НОВОСТИ ЭЛЕКТРОНИКИ

№12 (92), 2010 г.

Информационно-технический журнал

Учредитель – ЗАО «КОМПЭЛ»

Издается с 2005 г.

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-19835

Редактор:
Геннадий Каневский
vesti@compel.ru
Выпускающий редактор:
Анна Заславская

Редакционная коллегия:
Андрей Агеноров
Евгений Звонарев
Сергей Кривандин
Александр Маргелов
Николай Паничкин
Борис Рудяк
Илья Фурман

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

Распространение:
Анна Заславская

Электронная подписка:
www.compeljournal.ru

Отпечатано:
«Гран При»
г. Рыбинск

Тираж – 1500 экз.
© «Новости электроники»
Подписано в печать:
2 декабря 2010 г.

СОДЕРЖАНИЕ

БРЕНД НОМЕРА: *STMICROELECTRONICS*

Новая продукция подчеркнет наше лидерство
Бернгард Раушер 3

VIPer: 1) Vertical Intelligent Power enhanced regulator; 2) гадюка
Михаил Новиков 6

Новые MOSFETs: нет лавинному пробою
Юрий Захаров 13

Диоды Шоттки от ST – самый широкий выбор
Сергей Агеев 16

Промышленный Ethernet от ST: всё и сразу
Роман Иванов 22

STM8L: энергосберегающее решение
Кирилл Автушенко 27

ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ 32

STMicroelectronics

Редакция «Новостей электроники» поздравляет читателей с наступающим 2011 годом!

Бесплатная подписка на журнал и новые приложения **«НЭ+Промавтоматика»** и **«НЭ+Светотехника»** – с 1 декабря на сайте ***http://www.compeljournal.ru/subscribe***

ОТ РЕДАКТОРА

Уважаемые читатели!

Наступают новогодние праздники. В Южной Европе есть традиция в эти дни выкидывать из окон старые, ненужные вещи. Считается, что чем решительней перед Новым годом ты расстанешься со старым, тем больше Новый год принесет тебе удачи. Туристам, приезжающим на праздники в города Италии и Южной Франции, даже рекомендуют в новогоднюю ночь воздержаться от прогулок под окнами жилых домов.

Крупнейшая полупроводниковая компания Европы **STMicroelectronics** не боится «выкидывать из окон» старое. Видимо, благодаря этому она все последние годы не просто остается «на плаву», но и увеличивает доли рынка в традиционно сильных для себя направлениях: управление электропитанием, транспортная электроника, портативная вычислительная техника и мультимедиа.

Что в последнее время «выкинула из окна» компания STM, и каких удачных приобретений следует ожидать?

Специфичный и затратный бизнес микросхем флеш-памяти (подразделение Numonics) передан компании Micron.

Зато работы по запуску на Сицилии совместной с Sharp и Enel Green Power производственной линии по выпуску панелей для солнечных батарей завершатся в первом квартале 2011 года.

Уходят в прошлое технологические процессы 55/45 нм для высокопроизводительной логики и 0,16 мкм для аналоговых и силовых ИС. Они заменяются на 40/32 нм и 0,13 мкм, соответственно.

Свернуто производство старых серий MOSFETs и диодов Шоттки.

Но при этом внедрен инновационный технологический процесс для MOSFETs – STripFET VI DeepGATE.

А 23 ноября компания ST объявила о выпуске первого в отрасли hi-end-модуля управления электроприводом с возможностью управления по сети Ethernet и монтажом непосредственно на электродвигателе – **SPIMD20.**

Пожелаем нашим европейским партнерам STMicroelectronics, да и самим себе, и всем вам, уважаемые читатели журнала, успехов и процветания в наступающем 2011 году!

С уважением,
Геннадий Каневский

Бернгард Раушер (STMicroelectronics)

НОВАЯ ПРОДУКЦИЯ ПОДЧЕРКНЕТ НАШЕ ЛИДЕРСТВО

STMicroelectronics** – один из признанных мировых лидеров в области **силовой электроники, управления питанием и учета электроэнергии.** Новинки, которые компания собирается представить на рынке в 2011 году, должны подтвердить высокую репутацию компании. О них информирует разработчиков в своем интервью, данном редактору «Новостей электроники» Геннадию Каневскому, **директор по маркетингу и применениям промышленных компонентов и компонентов общего назначения по региону EMEA компании STMicroelectronics Бернгард Раушер.

Геннадий Каневский: Компания STMicroelectronics является одним из мировых лидеров в производстве интегральных схем для счетчиков расходуемых ресурсов. Какие из них, на Ваш взгляд, наиболее подходят для российского рынка?

Бернгард Раушер: Хорошим решением для российского рынка является то, которое в результате сотрудничества с местными компаниями приспособлено к специфическим требованиям этого рынка. ST может помочь развитию технологий российских интеллектуальных энергосетей **Smart Grid** своим уникальным опытом на местных рынках и быстро внедрить наиболее подходящее решение, используя проверенные компоненты и программные решения.

Компания ST стала лидером в производстве микросхем для точных измерений благодаря многолетним инвестициям в ключевые двусторонние проекты, например, в проект, начатый в Италии 15 лет назад, а также в ряд новых, запущенных в последние несколько лет в Испании, Великобритании, Франции, Германии, Китае, Мексике, США. Мы начинаем и несколько проектов в Восточноевропейских странах. Это помогло нам понять технические проблемы как системы (сети Smart Grid) в целом, так и ее элементов (например, интеллектуальные счетчики), а также, что еще более важно – определить региональные особенности и общие черты для всех регионов. Этот опыт позволил STMicroelectronics разработать полные пакеты программного, программно-аппаратного и аппаратного обеспечения, предназначенные для применения в сети Smart Grid. В качестве примера можно привести семейство микроконтроллеров **STM32,** превосходно адаптированное ко всем видам измерительных платформ Smart Meter – от индустриальных счетчиков энергии до недорогих бытовых однофазных счетчиков. Единая для семейств **STM32L** и **STM8L** периферия позволяет применять одни и те же платформы для создания как недорогих счетчиков, так и приборов high-end-класса. Семейство модемов для обеспечения связи по силовым линиям **STarGRID** поддерживает все открытые стандарты: IEC61334, «Meter and More» и «PRIME».

Благодаря развитым партнерским программам STMicroelectronics предлагает законченные решения, включающие чипсеты с установленным ПО. Например, для счетчиков, работающих в стандарте IEC61334 плюс измерительные модули, работающие по протоколам DLSM/COSEM, ST предоставляет полностью законченную разработку с установленным ПО. Туда входят микроконтроллер STM32 с ОС RTOS и библиотекой для периферии на языке С, измерительная микросхема **(STPMxx)**, специальная ассоциированная библиотека на языке С для STM32; PLC-модем STarGRID™ **ST7570** и поставляемую третьим поставщиком библиотеку для DLSM/COSEM, протестированную и адаптированную для STM32 и ST7570. Покупатели ST получают решение «под ключ», сокращают время вывода своей продукции на рынок и снижают риск, неизбежный при выборе наиболее экономичного решения.

С помощью этого решения от ST производители счетчиков могут удовлетворить все специфичные требования заказчиков (защита от хищений энергии, особый объект измерения, уникальные дополнительные сервисные услуги), что позволит их продукции завоевать лидерство на рынке.

Г.К.: Мировая популярность семейства 8-битных микроконтроллеров STM8 все более возрастает. Каковы, на Ваш взгляд, основные причины такого успеха?

Б.Р.: Основные причины популярности – следующие:

- Инновационная 130 нм технология, которая допускает высокую степень интеграции и удовлетворяет потребность индустрии в интегрированной полноценной EEPROM-памяти;
- Высокопроизводительное ядро STM8 с трехступенчатым конвейером и 1,6 циклами на команду с оптимальной поддержкой языка С, превосходящее по производительности другие 8-битные архитектуры;
- Комплексная периферия, позволяющая выполнять многие прикладные задачи с минимальной загрузкой ядра, что повышает производительность STM8;
- Семейство со сверхнизким потреблением, отвечающее требованиям батарейного питания и портативных приложений;
- Наличие линейки для автомобильной электроники, удовлетворяющее требованиям стандарта AEC-Q100 для приложений с рабочей температурой до 150°C;
- STM8 прекрасно подходит для индустриальных приложений;
- По отзывам наших покупателей, STM8 просты в использовании;
- Стратегия невысоких цен на средства разработки, позволяющая инженеру начать разработку, затратив менее 10$;
- Наличие большой библиотеки применений, позволяющей разработчику быстро начать работу;
- Прекрасное соотношение цена/производительность у всего семейства STM8;
- Всемирная известность ST как производителя наиболее продвинутых микроконтроллеров, которая подтверждается

большим успехом стандартных микроконтроллеров на ядре ARM Cortex.

Г.К.: Семейство микроконтроллеров на ядре Cortex-M3 было переведено на технологию 90 нм с целью повышения производительности. Есть ли планы перевести на эту технологию и семейство STM8 с целью достижения новых показателей цена/функциональность? Каких новых разработок можно ожидать в семействе Cortex-M3?

Б.Р.: Для удовлетворения требований рынка по соотношению цена/производительность будут предприняты определенные меры. ST инвестирует значительные средства в оптимизацию производственных процессов, чтобы повысить эффективность продукции. Однако 90 нм FLASH технологический процесс не является оптимальным решением для дальнейшего улучшения ценовой структуры относительно небольших 8-битных микроконтроллеров. 90 нм процесс наиболее эффективен для объемов памяти более 256 кбайт. А вот другие недорогие технологические процессы вполне подходят для простых 8-битных МК.

Как партнер компании ARM, STMicroelectronics имеет доступ ко всему набору ядер Cortex M. Успешное семейство микроконтроллеров на ядре Cortex-M3, которое сегодня состоит из 144 изделий, в 2011 году будет дополнено линейкой **M0 –** «начальными» изделиями семейства, в то время как контроллеры на базе ядра **Cortex-M4** откроют новые области применения STM32 благодаря встроенному DSP и командам FPU.

Г.К.: Компания STMicroelectronics заняла ведущие позиции на рынке силовой электроники, выпустив такие инновационные изделия, как транзисторы MDMESH V, Supermesh III, корпуса PowerFlat, диоды на основе карбида кремния, силовые диоды Шоттки с низким значением Vf. Какие новинки ожидаются в ближайшие годы в этом сегменте изделий ST?

Б.Р.: ST готовится выпустить ряд новых силовых продуктов, которые еще более подчеркнут наше лидирующее положение в этом секторе рынка.

В первую очередь компания представит новое семейство **SupermeshV.** Эта линейка силовых MOSFETs, в которой уже выпущены первые изделия на 950 В, будет иметь беспрецедентно низкое значение RDson на высоких рабочих напряжениях. Вся линейка будет рассчитана на напряжения 950, 1050 и 1200 В. Первое серийное изделие в этом семействе – **STP20N95K5** со значением RDson 330 мОм на 950 В – выпущено в корпусе TO220. Изделия, готовящиеся к выпуску по этой технологии, найдут применение в однотактных источниках питания, фотоэлектрических преобразователях и высококлассных ИП.

В первом полугодии 2011 года STMicroelectronics представит семейство **FDmesh™V.** Это линейка быстрых (body) диодов, выпускаемых по benchmark-технологии MDmesh™V с самым низким в мире значением RDson на 650 В. Технология сочетает самые низкие значения RDson с наилучшими характеристиками переключения. Одно из первых изделий в корпусе TO247 будет иметь значение RDson 40 мОм.

Предполагается, что новая низковольтная серия **STripFET VII DeepGATE™** повторит успех высоковольтных MOSFETs компании ST. У новых изделий напряжение пробоя составляет 30 В, а значение RDson снижено на 20% по сравнению с изделиями предыдущих серий.

Для повышения плотности мощности и увеличения эффективности драйверов электропривода компания ST представит на рынок новое семейство IGBT под названием **HF.** Улучшенная технология "punch through" позволила нам разработать очень быстродействующие IGBT с весьма низким падением напряжения. Примером является **STGW45HF60WD** с уменьшенным на 10% значением VCEsat и на 25% меньшим показателем энергии отключения Eoff при рабочей температуре 125°C. Для работы трехуровневых инверторов фотоэлектрических систем со смешанной рабочей частотой наилучшим образом подходит комбинация из сверхбыстрых IGBT и IGBT со сверхнизким значением Vf STGW50HF60SD.

Еще одна новинка – семейство **IPM** (интеллектуальных силовых модулей) – предназначена для таких бытовых применений, как стиральные машины, кондиционеры и насосы. В этих изделиях сочетаются высоковольтные драйверы затвора и IGBT, упакованные по технологии IPM, с самыми низкими значениями термосопротивления. Используя эти изделия, разработчик может спроектировать надежный драйвер привода стиральной машины за минимальный срок, сократив время выхода нового изделия на рынок.

Для дискретных изделий компания ST предлагает новые корпуса **PowerFlat 8x8** и **H2Pak.** Первый из них сейчас становится новым стандартом отрасли для высоковольтных изделий, еще недавно выпускавшихся в TO220 или D2PAK. Его площадь – на 60%, а высота – на 80% меньше, чем у прежних корпусов. Первое изделие, выпущенное в новом корпусе – 160 мОм **STL21N65M5** с применением технологии MDmesh™V.

Корпус же H2PAK с ленточной пайкой и количеством выводов до семи повысит эффективность низковольтных MOSFETs. Он позволяет достичь значения RDson в 2,6 мОм при напряжении 75 В.

TSC103 – новый высоковольтный токоизмерительный усилитель

Компания **STMicroelectronics** выпустила на рынок высоковольтный токоизмерительный усилитель **TSC103.**

Данная микросхема измеряет малое дифференциальное напряжение на шунтирующем резисторе и преобразует его в выходное пропорциональное напряжение. Коэффициент усиления контролируется двумя входными сигналами и может иметь значение от 20 В/В до 100 В/В.

Широкий диапазон входного синфазного напряжения, ток покоя и миниатюрная упаковка TSSOP8 позволяют использовать его в самых различных приложениях.

Входное синфазное напряжение и напряжение питания независимы друг от друга. Синфазное напряжение может варьировать от 2,9 до 70 В в режиме однополярного питания или может быть сдвинуто в случае режима двухполярного питания.

При потреблении ниже, чем 360 мкА, и практически нулевом входящем токе утечки в режиме ожидания – потребляемая мощность сводится к нулю.

Основные характеристики микросхемы TSC103:

- Независимость синфазного напряжения от напряжения питания
- Широкий диапазон синфазного напряжения: от 2,9 до 70 В в режиме однополярного питания и в режиме двухполярного питания диапазон входных напряжений смещается до -2,1...65 В
- Гарантированная безотказная работа от -16 до 75 В
- Диапазон напряжения питания: от 2,7 до 5,5 В
- Малое потребление тока: Icc max = 360 мкА
- Коэффициенты усиления: 20 В/В, 25 В/В, 50 В/В или 100 В/В
- Буферизированный выход

Более подробно о высоковольтном токоизмерительном усилителе TSC103 можете узнать по ссылке: *http://www.st.com/internet/analog/product/245795.jsp.*

Электропитание от STMicroelectronics:
ГОРЯЧАЯ ДЕСЯТКА

1. ST1S10
Высокоэффективный 3 А понижающий синхронный ШИМ-преобразователь напряжения, работающий с напряжением на входе от 2,5 до 18 В. Частота преобразования регулируется от 400 кГц до 1,2 МГц

2. L5973D
2,5 А понижающий DC/DC-преобразователь, работающий с напряжением от 2,5 до 36 В на входе, и подающий напряжения от 1,23 до 35 В на выход. Частота преобразования 250 кГц

3. STW77NM65M5
Высоконадежный 650 В полевой n-канальный МОП-транзистор с рабочим током 70 А и ультранизким сопротивлением открытого канала Rds < 0,038 мОм в корпусе TO-247

4. STW4N150
Высоконадежный 1500 В полевой n-канальный МОП-транзистор с рабочим током 4 А и сопротивлением открытого канала Rds < 7 Ом в корпусе TO-247

5. VIPER22
Низкопотребляющий интегрированный Offline AC/DC-преобразователь ИП, имеющий встроенный ШИМ-контроллер и встроенный 800 В МОП-транзистор. Мощность до 20 Вт. Частота преобразования 60 кГц

6. VIPER12
Низкопотребляющий интегрированный Offline AC/DC-преобразователь ИП, имеющий встроенный ШИМ-контроллер и встроенный 800 В МОП-транзистор. Мощность до 12 Вт. Частота преобразования 60 кГц

7. STPSC1006
Карбид-кремниевый Шоттки диод, работающий с напряжением 600 В, пропускающий ток до 10 А, с емкостью перехода 50 пФ в корпусе TO220AC

8. L4981
Корректор мощности, благодаря которому можно достичь КПД до 99%, корпус DIP20

9. STW15NK90Z
Высоконадежный 900 В полевой n-канальный МОП-транзистор со встроенным защитным диодом, с рабочим током 15 А и сопротивлением открытого канала Rds < 0,55 Ом, в корпусе TO-247

10. LD29150
Линейный стабилизатор с низким падением напряжения (0,4 В @ 1,5 А), с высокой точностью выходного напряжения (±1% @ 25°C) и выходным током до 1,5 А; в корпусе DPAK

Михаил Новиков (г. Москва)

VIPER: 1) VERTICAL INTELLIGENT POWER ENHANCED REGULATOR; 2) ГАДЮКА

*Часто система питания электронного прибора содержит множество звеньев с потенциальной развязкой и обратными связями. Применив микросхемы управления **AC/DC-преобразованием** семейства **VIPer,** можно максимально упростить топологию вторичных источников питания, а также повысить их надежность при уменьшении стоимости.*

Уже долгое время компания STMicroelectronics выпускает интеллектуальные микросхемы управления преобразователями напряжения. Классическая схема преобразователя AC/DC имеет большое количество дискретных элементов, что приводит к увеличению размеров конечного устройства и затрудняет его последующий ремонт. Одним из способов решения проблемы является использование компактных микросхем с наибольшим количеством интегрированных элементов. Применение силовых транзисторов с вертикальной структурой позволило совместить в одном корпусе не только схему управления транзистором и схему его защиты, но и сам высокочастотный силовой транзистор.

За несколько лет комбинированные микросхемы источников питания серии Viper от компании STMicroelectronics хорошо зарекомендовали себя на рынке. С каждым годом их популярность растет, поскольку идет постоянное обновление и расширение линейки.

Интеграция в одном кристалле ШИМ-контроллера и высоковольтного МДП-транзистора, а также встроенных в микросхему схем защиты от перегрузки по току и перегрева позволяет значительно повысить надежность источников питания, построенных с использованием микросхем семейства VIPer. Уменьшение числа компонентов упрощает процесс конструирования, а также позволяют понизить общую стоимость разработки и производства источников питания.

Область применения микросхем семейства Viper – практически все возможные бытовые источники питания мощностью до 100 Вт: зарядные устройства, источники питания для светодиодных источников света, а также вторичные источники питания для всевозможной бытовой электроники. Именно по этой причине популярность данного типа микросхем постоянно увеличивается

Ранее в журнале Новости Электроники [1] были описаны микросхемы серии Viper17, однако стоит более подробно остановиться на всем семействе микросхем Viper, а также – на новинках от STMicroelectronics.

Основным достоинством микросхем семейства Viper является совмещение силового ключа и системы управления в едином корпусе. Первые представители семейства до сих пор активно используются в преобразовательной технике за счет постоянно снижающейся стоимости и довольного большого функционала.

Например, микросхемы серии VIPer22, рассчитанные на преобразователи мощностью до 20 Вт (в корпусе DIP8) имеют встроенную защиту по току транзистора, а также встроенную защиту от срыва управления при работе на холостой ход.

Структура микросхемы представлена на рис. 1.

Как видно из структурной схемы, микросхема имеет систему запуска от высокого потенциала в виде источника тока, подключенного к стоку силового транзистора, схему слежения за напряжением питания, а также защиту от сверхвысоких токов, проходящих через силовой транзистор.

Вывод FB необходим для заведения обратной связи. Однако в данной микросхеме осуществляется параметрический контроль выходного напряжения, поскольку напряжение на входе FB лишь регулирует максимальное значение тока через транзистор.

На рынке микросхемы серии VIPer22 представлены в двух корпусных исполнениях: DIP8 и SO8. Причем максимальная мощность преобразователя, построенного на микросхеме в корпусе DIP8, может достигать 20 Вт.

В большинстве случаев предоставленных функций достаточно для построения источника питания, однако он должен быть спроектирован только по схеме с фиксированной частотой.

Современные нормы по энергосбережению и защите окружающей среды требуют повышения энергоэффективности устройств. Для удовлетворения повышенным нормам было разработано семейство микросхем управления преоб-

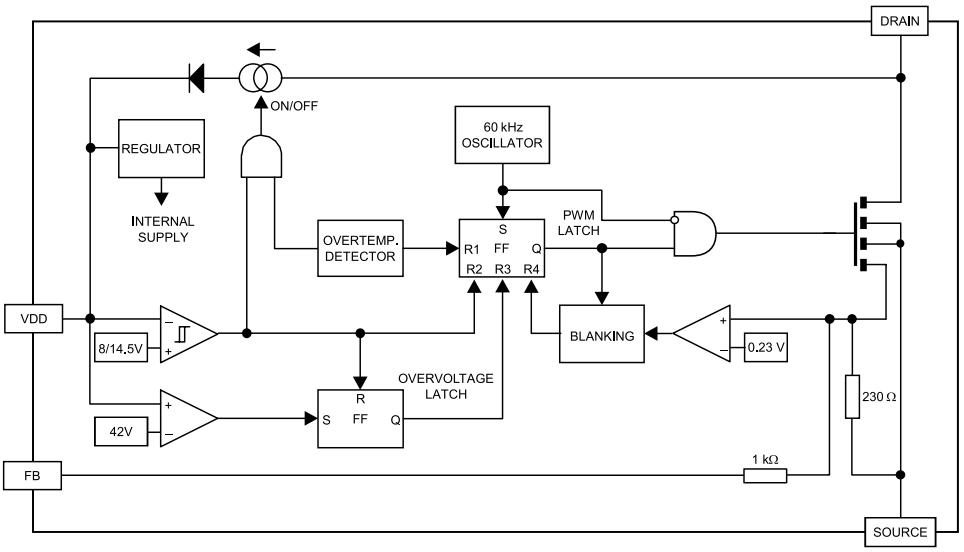

Рис. 1. **Структура микросхемы VIPer22**

Таблица 1. **Основные параметры семейства VIPerPlus**

Наименование	Корпус	Сопротивление канала Rds(on), Ом	Максимальное значение тока стока, мА	Максимально допустимое напряжение, В	Напряжение питания, В	Схема применения	Частота, кГц
VIPER15LN	DIP-7	24	400	800	8,5…23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 150
VIPER15HN	DIP-7	24	400	800	8,5…23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 225
VIPER15LD	SO16N	24	400	800	8,5…23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 150
VIPER15HD	SO16N	24	400	800	8,5…23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 225
VIPER15LDTR	SO16N	24	400	800	8,5…23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 150
VIPER15HDTR	SO16N	24	400	800	8,5…23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 225
VIPER16LN	DIP-7	24	400	800	8,5…23(1)	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER16HN	DIP-7	24	400	800	8,5…23(1)	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER16LD	SO16N	24	400	800	8,5…23(1)	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER16HD	SO16N	24	400	800	8,5…23(1)	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER16LDTR	SO16N	24	400	800	8,5…23(1)	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER16HDTR	SO16N	24	400	800	8,5…23(1)	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER17LN	DIP-7	24	400	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER17HN	DIP-7	24	400	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER17LD	SO16N	24	400	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER17HD	SO16N	24	400	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER17LDTR	SO16N	24	400	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER17HDTR	SO16N	24	400	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER25LN	DIP-7	7	700	800	8,5…23	Квазирезонансная	Переменная, ограниченна 150 кГц
VIPER25HN	DIP-7	7	700	800	8,5…23	Квазирезонансная	Переменная, ограниченна 225 кГц
VIPER25LD	SO16N	7	700	800	8,5…23	Квазирезонансная	Переменная, ограниченна 150 кГц
VIPER25HD	SO16N	7	700	800	8,5…23	Квазирезонансная	Переменная, ограниченна 225 кГц

Таблица 1. **Основные параметры семейства VIPerPlus** (окончание)

Наименование	Корпус	Сопротивление канала Rds(on), Ом	Максимальное значение тока стока, мА	Максимально допустимое напряжение, В	Напряжение питания, В	Схема применения	Частота, кГц
VIPER25LDTR	SO16N	7	700	800	8,5…23	Квазирезонансная	Переменная, ограниченна 150 кГц
VIPER25HDTR	SO16N	7	700	800	8,5…23	Квазирезонансная	Переменная, ограниченна 225 кГц
VIPER26LN	DIP-7	7	700	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER26HN	DIP-7	7	700	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER26LD	SO16N	7	700	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER26HD	SO16N	7	700	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER26LDTR	SO16N	7	700	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER26HDTR	SO16N	7	700	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER27LN	DIP-7	7	700	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER27HN	DIP-7	7	700	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER27LD	SO16N	7	700	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER27HD	SO16N	7	700	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER27LDTR	SO16N	7	700	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER27HDTR	SO16N	7	700	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER28LN	DIP-7	7	800	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER28HN	DIP-7	7	800	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER28LD	SO16N	7	800	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER28HD	SO16N	7	800	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER28LDTR	SO16N	7	800	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER28HDTR	SO16N	7	800	800	8,5…23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115

разователями VIPerPlus. Они выполнены на основе инновационного MOSFET-транзистора SuperMESH (напряжение пробоя 800 В) и современного ШИМ-контроллера. Их применение в AC/DC-преобразователях является гарантом эффективной и надежной работы. Кроме того, за счет снижения количества внешних компонентов использование микросхем VIPerPlus позволяет снизить себестоимость конечного устройства.

Семейство включает в себя интегральные схемы VIPer15/16/25/27/28, основными достоинствами которых являются:

- Возможность построения схем как на топологии с постоянной частотой коммутации, так и квазирезонансных схем,
- Минимальное потребление энергии в дежурном режиме,
- Минимально возможное количество элементов обвязки,
- Комбинированная внутренняя структура (технологический процесс 0,35 мкм для системы управления и вертикальная пентодная структура для силового транзистора),
- Наличие ШИМ-контроллера с флуктуацией частоты для снижения электромагнитного эмиссионного излучения,
- Увеличенное максимальное допустимое напряжение транзистора,
- В зависимости от модели, контроллеры могут работать на фиксированных частотах или в квазирезонансном режиме,
- Встроенный ограничитель тока с регулируемой контрольной точкой,
- Безопасный режим автоматического перезапуска при обнаружении сбоев,
- Гистерезисная схема отключения при перегреве.

Как видно из рис. 2, каждая микросхема рассчитана на соответствующую топологию схемы преобразователя, а так же на определенную мощность конечного устройства.

Основные параметры представителей семейства VIPerPlus представлены в табл. 1.

Рассмотрим более подробно свойства микросхемы VIPer25 и пример ее применения. Данная микросхема предназначена для использования в источниках питания, работающих по квазирезонансной схеме. Подобные преобразователи используются в зарядных устройствах для переносных приложений, а также в драйверах светодиодов и в иных источниках питания низкой и средней мощности.

Микросхема выпускается в двух корпусах: SO16 и DIP7. Выводы стока транзистора находятся близко друг к другу. Это сделано специально для увеличения отвода тепла от силового транзистора за счет «залитой» медью области под контактными площадками микросхемы.

Среди особенностей микросхемы VIPer25 можно выделить:

- Расширенный диапазон входных напряжений (вплоть до 800 В) позволяет использовать их в универсальных источниках питания, которые можно подключить к напряжению любого стандарта (85…265 В, 50…60 Гц);
- Контроллер топологии квазирезонансной схемы;
- Потребление в режиме ожидания менее 50 мВт;
- Ограничение тока силового транзистора;
- Ограничение напряжения нагрузки;
- Защита от низкого напряжения на входе.

Внутренняя структура микросхемы представлена на рис. 3. Микросхема VIPer25 включает в себя:

- ШИМ-контроллер со слежением за током;
- Детектор нуля тока для работы в квазирезонансном режиме;
- Схему запуска с функцией плавного пуска;
- Встроенный генератор;
- Схему ограничения тока;
- Схему защиты от низкого напряжения;
- Схему автоматического перезапуска;
- Схему защиты по температуре.

Основными входами, на которых необходимо заострить внимание, являются:

- Vdd – Напряжение питания схемы управления. В начальный момент работы через данный вывод микросхемы идет заряд внешнего конденсатора питания.
- ZCD – Многофункциональный вывод.

– Может выполнять функцию детектора нулевого тока трансформатора. Это необходимо для определения момента размагничивания трансформатора в квазирезонансных схемах.

– Резистор, подключенный между данным выводом и нулевым потенциалом, может определять максимальный ток стока силового транзистора.

– Резистор, подключенный между данным выводом и выводом дополнительной обмотки, будет регулировать максимальный ток транзистора с учетом напряжения на входе устройства.

– вывод может выполнять функцию защиты от повышенного напряжения

- FB – Вход, определяющий скважность импульсов управления транзистором. Внутренний источник тока создает опорный ток для формирования ШИМ сигнала. Если напряжение на данном выходе меньше порога, то включается режим работы защиты от холостого хода.
- BR-Вход защиты. Если напряжение на данном входе опускается до значения VBRth, микросхема выключается и остается в таком состоянии до тех пор, пока напряжение не дорастет до напряжения VBRth + VBRhyst. В случае, если данная функция не используется, целесообразно подключить вывод к нулевому потенциалу.

Полнофункциональная схема подключения микросхемы VIPer25 показана на рис. 4.

Рассмотрим особенности работы микросхемы.

Высоковольтная часть. Встроенный силовой транзистор способен выдержать напряжение 800 В и имеет сопротивление канала 7 Ом при температуре 25°C. Он имеет SenseFet-структуру, позволяющую измерять ток истока практически без потерь мощности. Драйвер, управляющий транзистором, контролирует ток его затвора. Это гарантирует оптимальное включение силового ключа, а также способствует уменьшению высокочастотных помех. В те моменты, когда силовой

Рис. 2. **Сводный график представителей семейства VIPerPlus**

транзистор выключен, его затвор подключается к нулевому потенциалу, что предотвращает самопроизвольное включение ключа.

Включение микросхемы. Внутренняя структура содержит в себе запускающий источник тока. Он служит для заряда конденсатора, подключенного к выводу Vdd и для запуска микросхемы. Источник тока включается только если напряжение на стоке транзистора достигло порогового значения Vdrain_start. В случае перезапуска после аварии, ток источника ограничивается значением 0,6 мА для увеличения времени заряда конденсатора.

Когда напряжение Vdd достигает порогового значения (Vddon), начинает переключаться силовой транзистор, а внутренний источник тока работать перестает. Микросхема питается энергией, запасенной в конденсаторе Cvdd, до тех пор, пока не начнет работать схема основного питания (обычно напряжение Vdd берется с дополнительной обмотки трансформатора).

Ограничение выходного тока. VIPer25 – микросхема для построения импульсных источников питания со слежением по току. В случае если ток, зарегистрированный схемой SenseFet, достигает значения Idlim, силовой транзистор выключается. Увеличить значение Idlim с помощью внешних элементов невозможно, однако его можно уменьшить. Для этого необходимо между выходом ZCD и нулевым потенциалом подключить сопротивление. Причем, максимальный ток транзистора прямо пропорционален сопротивлению, подключенному к выводу ZCD.

Более подробно о системе ограничения тока транзистора можно прочитать на сайте STMicroelectronics, а также – в описании к микросхеме Viper25.

В случае работы схемы в квазирезонансном режиме вывод ZCD действует как детектор нулевого тока трансформатора.

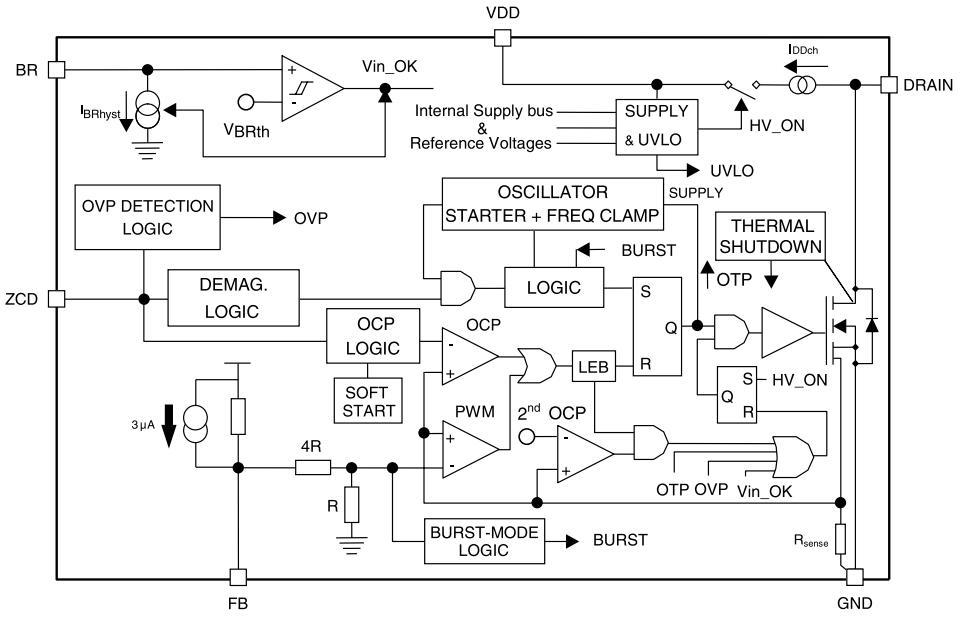

Рис. 3. **Внутренняя структура микросхемы VIPer25**

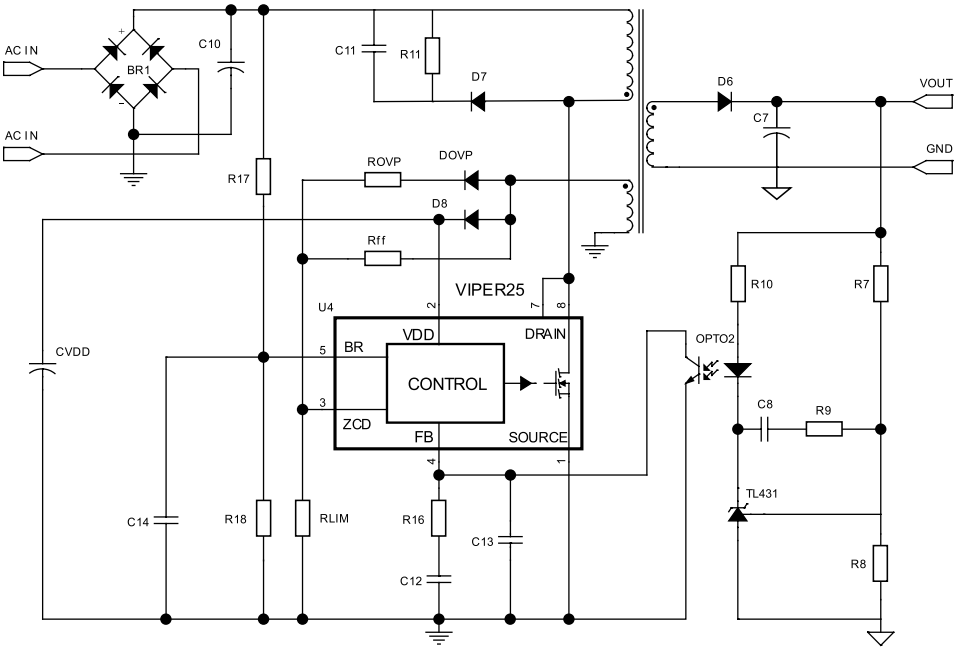

Рис. 4. **Полнофункциональная схема подключения микросхемы VIPer25**

Защита от перенапряжения. Микросхема VIPer25 имеет встроенную логику для слежения за выходным напряжением. Сигнал о выходном напряжении микросхема считывает и со входа ZCD в моменты времени, когда силовой транзистор выключен.

Когда силовой транзистор выключен, напряжение на дополнительной обмотке трансформатора пропорционально выходному напряжению.

В случае если напряжение окажется больше порогового значения, микросхема перейдет в режим перезапуска.

Обобщение по выводу ZCV. В общем случае, при подключении всего

Таблица 2. **Оценочные наборы**

Наименование	Используемая ИС	Мощность источника питания, Вт	Стабилизированный выход	Входное переменное напряжение, В	Топология
EVALVIPer17H-6W	VIPer17HN	6	12 В	85…270	Изолированная обратноходовая
EVALVIPer17L-7W	VIPer17LN	7	12 В	85…270	Изолированная обратноходовая
EVALVIP17-SWCHG	VIPer17HN	5	5 В	85…270	Обратноходовая
STEVAL-ILL017V1	VIPer17xN	2	500 мА	176…264	Неизолированная обратноходовая

четырех внешних элементов (рис. 5), микросхема VIPer25 будет выполнять следующие функции:

- Ограничение выходного тока в заданном уровне;
- Ограничение выходного напряжения;
- Уменьшение потерь на силовом ключе за счет обеспечения работы в квазирезонансном режиме.

Обратная связь и защита от перегрузки. Сигнал с вывода FB микросхемы поступает на ШИМ-компаратор, который срабатывает в моменты включения и выключения силового транзистора.

Как видно из структурной схемы VIPer25 (рис 4), параллельно ШИМ-компаратору подключен компаратор OCP (*Over Current Protection*), который отвечает за обеспечение защиты от перегрузки.

Принцип работы следующий: при увеличении нагрузки напряжение на входе FB увеличивается. Если оно достигает порогового уровня Vfblin, ток стока, ограниченный значением IDlin, начинает заряжать внешний конденсатор Cfb. Если напряжение на нем достигнет определенного порогового уровня, схема защиты выключит микросхему, и она перейдет к режим автоматического перезапуска.

Таким образом, за счет одного внешнего конденсатора можно организовать защиту микросхемы от перегрузки.

Работа преобразователя на холостой ход. В случае если нагрузка

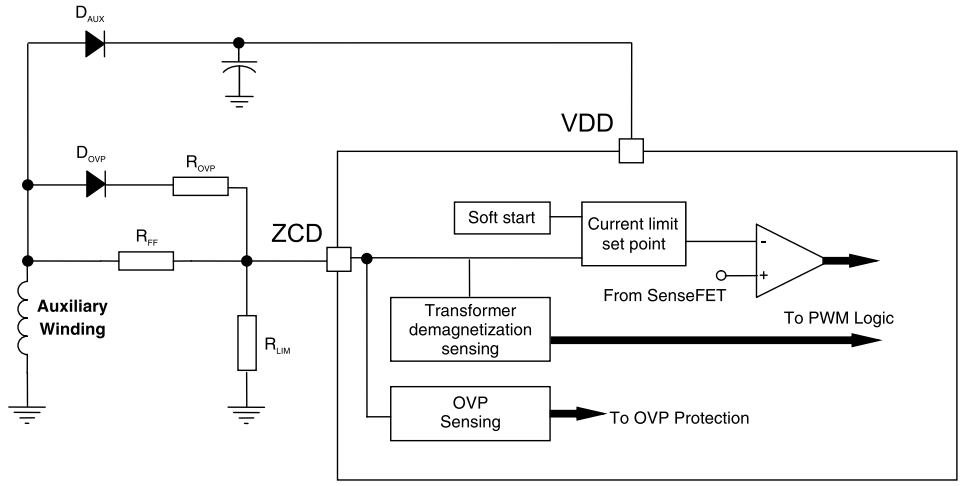

Рис. 5. **Полнофункциональное подключение вывода ZCD**

уменьшается или отключена вовсе, напряжение на входе обратной связи fb также уменьшается. Если оно достигнет порогового значения Vfbbm, силовой транзистор перестанет включаться, что приведет к увеличению напряжения на входе fb. И после того, как напряжение достигнет определенного порога, транзистор снова включится.

В данном случае получается, что частота включения и выключения преобразователя резко уменьшится и в некоторых случаях может достичь сотен герц. Это приводит к резкому уменьшению потерь.

Выводы по микросхеме VIPer25. Микросхема VIPer25 идеально подходит для построения схем питания мощностью до 20 Вт с входным напряжением 230 В, 50 Гц. Малое количество внешних элементов позволяет выполнить преобразователь в компактном корпусе, а также упростить процесс проектирования, производства и возможного последующего ремонта. Однако микросхема содержит многоуровневую систему защиты от сверхтоков и перенапряжений, что увеличивает ее отказоустойчивость и сильно уменьшает возможный вывод ее из стоя.

Множество предоставленных компанией STMicroelectronics схем применения позволит без дополнительных затрат времени построить работоспособные источники питания на различные выходные напряжения. Например, всевозможные зарядные устройства для переносных устройств, блоки вторичного питания для электроники и т.д.

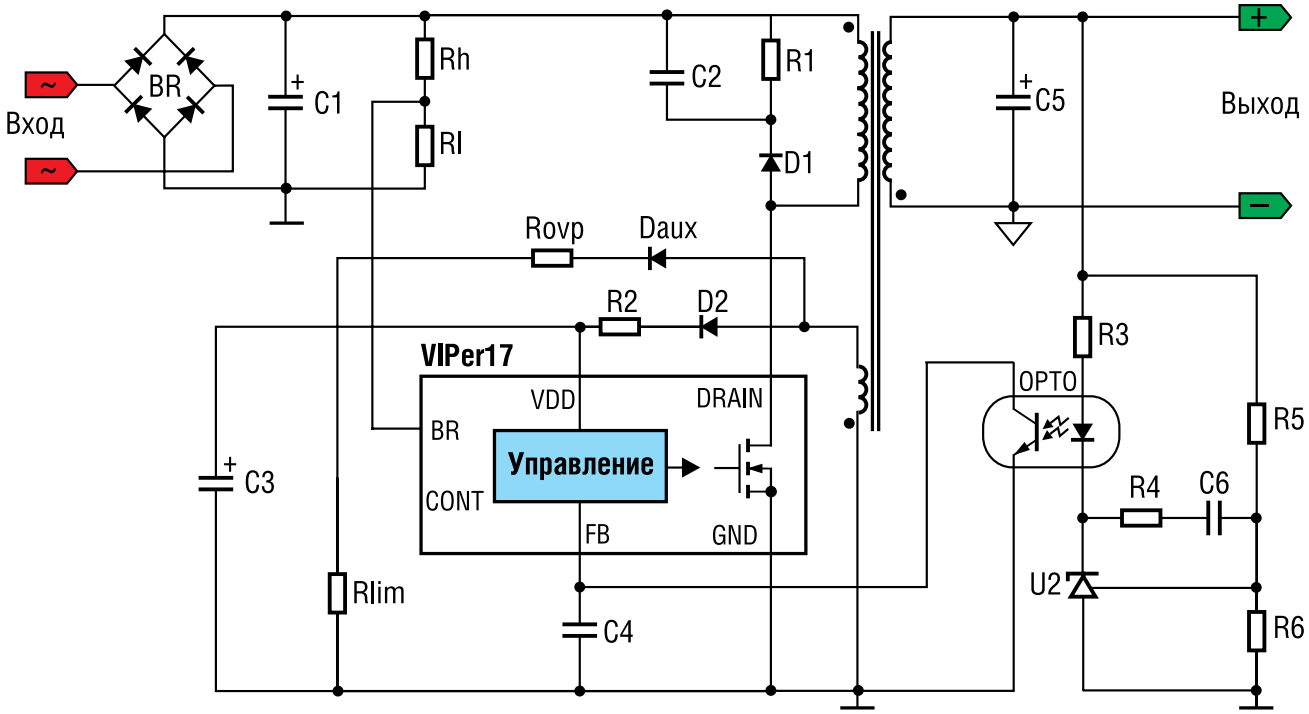

Рис. 6. **Пример сетевого источника питания на основе ИС VIPer17L**

Рис. 7. **Оценочный набор STEVAL-ILL017V1**

STMicroelectronics предоставляет детальное описание принципа работы микросхемы, что позволяет при наличии соответствующих навыков довольно свободно использовать ее для всевозможных нестандартных решений.

Инженеры компании STMicroelectronics постоянно работают над микросхемами семейства VIPer. В микросхемах VIPerPlus реализовано большее количество защит и дополнительных функций по сравнению с микросхемами VIPer. Также появилась возможность использовать их в квазирезонансных схемах, что привело к увеличению КПД конечных устройств и уменьшению их габаритов.

Важным преимуществом семейства VIPer по сравнению с контроллерами других производителей является чрезвычайно широкий диапазон рабочего цикла – от 0 до 90%.

Зачастую источники питания, построенные на микросхемах других производителей, требуют небольшой балластной нагрузки, чтобы источник не вышел за пределы регулирования при работе в режиме холостого хода. У VIPer этот недостаток отсутствует. Находясь в режиме холостого хода, они переходят в режим отдельных импульсов тока, позволяющий осуществить регулирование напряжения на нагрузке по значению напряжения на дополнительной обмотке трансформатора.

Нельзя не отметить и улучшенные тепловые характеристики микросхем семейства VIPer. Тепловое сопротивление корпуса Pentawatt достигает 60°C/Вт, а корпуса PowerSO-10 – 50°C/Вт. При этом корпуса очень удобны при применении технологии поверхностного монтажа и могут быть установлены на контактную медную площадку на поверхности печатной платы с широкой подложкой, соединенной со стоком мощного транзистора.

Компания STMicroelectronics предоставляет для разработчиков пакеты автоматизированного расчета параметров источника питания на основе VIPer (*VIPerXXX Design Software*). При использовании специального программного обеспечения VIPer Software, которое может быть бесплатно предоставлено разработчикам, работа еще более упрощается. Интуитивно понятный интерфейс программы позволяет задать любой из параметров расчета стабилизатора (вплоть до температуры сердечника трансформатора), получить на выходе готовую схему и перечень элементов и посмотреть параметры работы стабилизатора в виде осциллограмм и графиков.

Пример применения VIPer17

На рисунке 6 показан пример реализации сетевого ИП (изолированный обратноходовой AC/DC-преобразователь) мощностью 7 ватт с универсальным входом и выходом 12 В/600 мА. Схема выполнена на основе 60 килогерцовой ИС VIPer17L. Здесь предусмотрены несколько резисторов для настройки защит ИП, в т.ч. R2, R4, R5 задают порог блокировки при снижении входного напряжения (данная функция в указанном положении перемычки J3 неактивна), R3 задает порог ограничения тока, а R14 совместно с R3 задает порог срабатывания защиты от перенапряжения. Цепь обратной связи по напряжению выполнена на основе источника опорного напряжения шунтового типа (TL431) и оптопары PC817 (или ее аналога TLP621), что типично для любого изолированного обратноходового преобразователя.

Поддержка проектирования VIPer17

Для ускорения проектирования импульсных ИП на основе ИС VIPer17 компания STMicroelectronics предлагает несколько оценочных наборов, информация о которых представлена в таблице 2. Каждая из этих опорных разработок демонстрирует примеры реализации нескольких практичных разработок обратноходовых преобразователей с выходным напряжением 5 и 12 В. Одна из опорных разработок (STEVAL-ILL017V1) (рисунок 7) демонстрирует пример реализации источника питания мощной светодиодной нагрузки со стабилизацией на выходе тока, а не напряжения.

Также необходимо отметить, что ИС VIPer17 еще не поддерживается доступной на сайте STMicroelectronics версией 2.24 программы для проектирования обратноходовых преобразователей VIPer Switch Mode Power Supply Design.

Литература

1. Новости Электроники №2 2009 г.
2. Low Power Off Line SMPS Primary Switcher. *http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00084384.pdf.*
3. Monolithic Off-Line Chips To Meet New Efficiency Standards. *http://www.st.com/stonline/products/families/power_management/ac_dc_conversion/high_voltage_converters/related_info/viper22a.htm.*
3. High-voltage converters. *http://www.st.com/stonline/products/families/power_management/ac_dc_conversion/high_voltage_converters/high_voltage_converters.htm.*
4. VIPerPlus. *http://www.st.com/stonline/domains/support/epresentations/viperplus/viperplus.htm.*
4. Brownout protection in low power designs. *http://energyefficiency.wordpress.com/2007/09/11/brownout-protection-in-low-power-designs/.*

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

Юрий Захаров (КОМПЭЛ)

НОВЫЕ MOSFETS: НЕТ ЛАВИННОМУ ПРОБОЮ

*Новые низковольтные **MOSFET-транзисторы** линейки **STripFET VI DeepGATE** от **STMicroelectronics** производятся по технологии с глубинным затвором. Это привело к **снижению сопротивления открытого канала на 10…15%** и **повышению устойчивости к лавинному пробою.***

Крупнейший европейский производитель полупроводниковой техники STMicroelectronics является и одним из ведущих мировых поставщиков силовых транзисторов MOSFET. Тем не менее, на российском рынке известность компании в этом секторе — явно меньше, чем она того заслуживает. В данный момент ST активно развивает силовое направление: расширяется номенклатура товаров, используются новые высокотехнологичные решения при разработке топологий кристаллов, что ведет к улучшению характеристик.

Семейства низковольтных транзисторов от ST имеют общее название STripFET и отличаются индексом, который соответствует порядковому номеру поколения технологии (рисунок 1). Технология STripFET III была представлена в 2005 году, по ней выполнены транзисторы серий «N…F3» и «N&NH». Транзисторы STripFET V серий «F5» и «H5» появились в 2008 году. В этом же году начали производиться транзисторы серии «F4», выполненные по технологии STripFET DeepGATE. В последующем эта технология была усовершенствована до STripFET VI DeepGATE — серии «F6» и «H6».

Как правило, полевые транзисторы характеризуются тремя основными параметрами: сопротивление между стоком и истоком транзистора в открытом состоянии — RDson или RCИ, максимальное напряжение между стоком и истоком — BVDSS или UCИ, MAX и полный заряд затвора, требуемый для переключения транзистора — QG.

Основные характеристики транзисторов, выполненных по технологии STripFET III, представлены в таблице 1. На месте символа «x» в таблицах 1, 2, 3 и 5 подставляется буквенное обозначение типа корпуса (см. рисунок 3).

Транзисторы STripFET V стали следующей ступенью развития технологии STripFET. По сравнению с предыдущим поколением STripFET V имеет следующие усовершенствования:

- Снижено сопротивление слоя металла благодаря увеличению его толщины,
- Улучшена структура затвора,
- Использован вертикальный контакт µ-trench

Эти улучшения привели к снижению сопротивления канала и уменьшению полного заряда затвора. Так, например, применение технологии вертикального контакта µ-trench снижает сопротивление открытого канала в среднем на 10…15%.

Отличительной особенностью последнего на данный момент поколения низковольтных транзисторов ST является использование глубинного за-

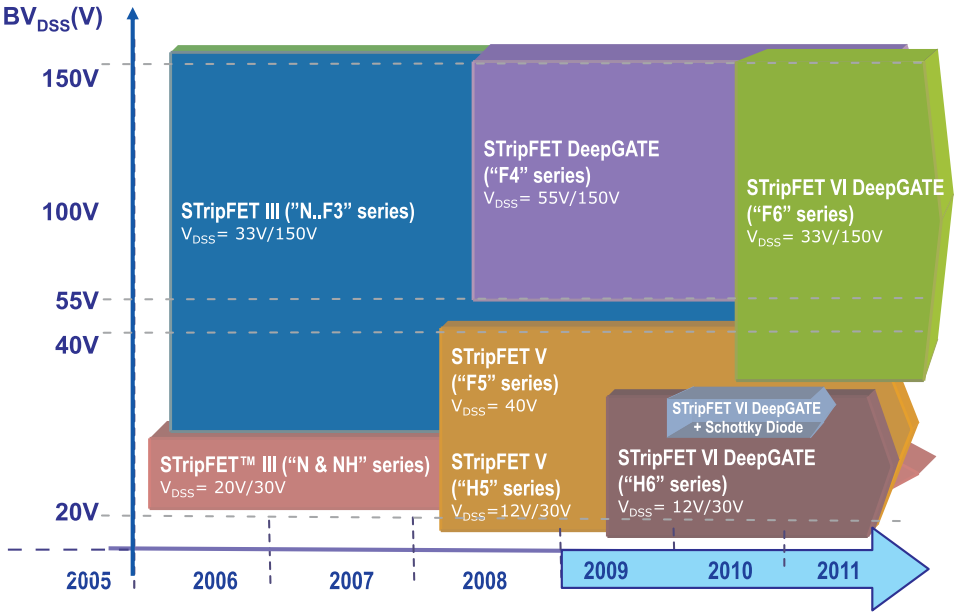

Рис. 1. **Развитие технологии STripFET**

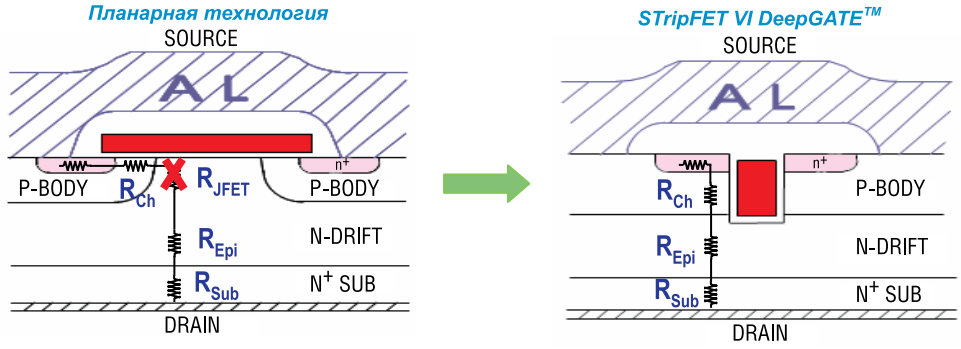

Рис. 2. **Иллюстрация преимуществ транзисторов с глубинным затвором**

Таблица 1. **Номенклатура транзисторов STripFET III**

Наименование	Статус	Uси, max, В	Iс, max, А	Rси, мОм	Полный заряд затвора, нКл	Pс, max, Вт	Корпус
Серия «N&NH»							
STV300NH02L	Серия	24	300	1	109,4	300	PowerSO 10
STB300NH02L	Серия	24	120	2,2	–	300	D2PAK
STB230NH03L	Серия	30	120	3	80	300	D2PAK
STS9D8NH3LL	Серия	30	8	2,5	7	2	SO8
Серия «N…F3»							
STx100N3LF3	Серия	30	80	5,5	20	110	DPAK
STx200N4F3	Серия	40	120	4,4	75	300	D2PAK/TO 220
STx270N4F3	Серия	40	160/120/270	2,5/2,9/1,5	110	330	D2PAK/I2PAK/PowerSO 10
STx95N4LF3	Серия	40	80	6	50	110	DPAK
STx90N4F3	Серия	40	80	6,5	40	110	DPAK/TO 220/IPAK/ I2PAK
STx95N4F3	Серия	40	80	6,5	40	110	DPAK/TO 220
STx190N55LF3	Серия	55	120	3,7	60	312	TO 220
STx250N55F3	Серия	55	250	2,2	100	300	PowerSO 10
STx180N55F3	Серия	55	120	3,5/3,8	105	315	D2PAK/TO 220
STx185N55F3	Серия	55	120	3,8	110	315	D2PAK/TO 220
STx60N55F3	Серия	55	65	8,5	33,5	110	D2PAK/DPAK/TO 220/ IPAK
STx65N55F3	Серия	55	65	10,5	33,5	110	DPAK
STx65N55LF3	Образцы	55	65	8,5	33,5	110	DPAK
STx200N6F3	Серия	60	120	3,6/3,9/3,9	100	330	D2PAK/I2PAK/TO 220
STx85N6F3	Серия	60	19	5,7	60	4	VFDFPN8
STx160N75F3	Серия	75	85/120	3,7/4	110/85	315	D2PAK/TO 220/TO 247
STx240N75F3	Серия	75	240	2,6	100	300	PowerSO 10
STx180N10F3	Образцы	100	–	–	–	–	TO 220
STx5N15F3	Серия	150	4,50	57	35	–	SO8
STx25N15F3	Серия	150	25	57	35	–	VFDFPN8
STx70N6F3	Анонс	–	–	10,5	35	110	DPAK

Таблица 2. **Номенклатура транзисторов STripFET V**

Наименование	Статус	Uси, max, В	Iс, max, А	Rси, мОм	Полный заряд затвора, нКл	Pс, max, Вт	Корпус
Серия «F5»							
STD55N4F5	Серия	40	55	8,5	30	60	DPAK
STL140N4LLF5	Серия	40	140	2,7	45	–	VFDFPN8
STL15DN4F5	Серия	40	15	0,9	25	–	VFDFPN8
STL70N4LLF5	Серия	40	18	0,9	13	–	VFDFPN8
STS15N4LLF5	Серия	40	15	6,7	12,9	–	SO8
Серия «H5»							
STD86N3LH5	Серия	30	80	5	14	70	DPAK
STL150N3LLH5	Серия	30	34	2	42	80	VFDFPN8
STL65N3LLH5	Серия	30	19	5,8	12	60	VFDFPN8
STL9N3LLH5	Серия	30	–	5,4	12	50	VFQFPN Power Flat 8L 3,3x3,3
STS10DN3LH5	Серия	30	10	21	4,6	2,5	SO8
STS10N3LH5	Серия	30	10	21	4,6	2,5	SO8
STS11N3LLH5	Серия	30	11	14	5	–	SO8
STS14N3LLH5	Серия	30	14	7	–	–	SO8
STS8DN3LLH5	Серия	30	10	19	5,4	2,7	SO8
STx27N3LH5	Серия	30	27	19	4,6	30/45/30	DPAK/TO 220/IPAK
STx40N2LH5	Серия	25	40	12	8	35	DPAK/IPAK
STx60N3LH5	Серия	30	48	8	–	60	DPAK/TO 220/IPAK
STx70N2LH5	Серия	25	48	10	8	60	DPAK/IPAK
STx85N3LH5	Серия	30	80	5,4	14	70	DPAK/TO 220/IPAK
STx95N2LH5	Серия	25	80	6	13,4/25/13,4	70	DPAK/TO 220/IPAK
STD35N3LH5	Анонс	–	–	16	6	35	DPAK
STL60N3LLH5	Анонс	–	–	–	–	–	VFDFPN8
STL75N3LL2H5	Анонс	–	75	6,1	–	–	VFDFPN8
STS12N3LLH5	Анонс	–	–	7,3	8	2,7	SO8

Таблица 3. **Номенклатура транзисторов STripFET VI DeepGATE**

Наименование	Статус	Uси, max, В	Iс, max, А	Rси, мОм	Полный заряд затвора, нКл	Pс, max, Вт	Корпус
Серия «H6»							
STL11N3LLH6	Анонс	30	11	7,5	17	–	VFQFPN Power Flat 8L 3.3x3.3
STL17N3LLH6	Серия	30	17	3,6	15	50	VFDFPN8
STL80N3LLH6	Анонс	30	–	5	17	60	VFDFPN8
STL90N3LLH6	Серия	30	24	4	15	60	VFDFPN8
STS20N3LLH6	Серия	30	20	4	15	2,7	SO8
STS30N3LLH6	Серия	30	30	2	–	2,7	SO8
STx155N3LH6	Анонс	–	80	3	–	–/110	D2PAK/DPAK
STx95N3LLH6	Серия	30	80	4,2	24,5	70	D2PAK/DPAK/TO 220 IPAK
STx150N3LLH6	Серия	30	80/150/–/80	2,8/2/–/3,3	29	110/80/–/110	DPAK/VFDFPN8/TO 220/ IPAK
STx75N3LLH6	Серия	30	75,00	5,90	17	–	DPAK/IPAK
Серия «F6»							
STx120N4LF6	Анонс	40	80	4	80	110	D2PAK/DPAK
STI300N4F6	Анонс	40	160	2	200	300	I2PAK
STD44N4LF6	Анонс	40	44	12,5	22	50	TO 252 DPAK
STx120N4F6	Серия	40	80	4	80	110	D2PAK/DPAK/TO 220
STP260N6F6	Анонс	60	120	3	150	300	TO 220

Таблица 4. **Эволюция технологии STripFET**

Параметры	STripFET III	STripFET V	STripFET VI
Uси, max	>30	>30	>30
Плотность кристалла	1	+93%	+130%
Удельное сопротивление канала при Uзи=10 В	1	-47%	-72%
Удельное сопротивление канала при Uзи=4,5 В	1	-50%	-67%
Комплексный показатель потерь (Rси x Qg)	1	-56%	-60%

твора. Данная технология, названная «DeepGATE», позволяет решить проблему паразитных транзисторов, повысить устойчивость кристалла к лавинному пробою и повысить плотность структуры кристалла.

Сопротивление открытого канала RDSon транзистора с глубинным затвором уменьшается за счет исключения сопротивления паразитного транзистора – RJFET (см. рисунок 2).

В таблице 3 представлены транзисторы компании STMicroelectronics, изготовленные с применением технологии STripFET VI DeepGATE.

Из таблиц, приведенных выше, видно, что структуры с глубинным затвором обеспечивают значительное преимущество в сопротивлении канала, а топологии с планарным затвором имеют меньшую емкость затвора и больше подходят для работы в импульсном режиме.

С развитием технологии изготовления MOSFET-транзисторов производители стремятся к снижению удельного сопротивления открытого канала, повышению удельной мощности и улучшению комплексного показателя потерь, учитывающего как сопротивление канала, так и затраты на переключение транзистора.

Изменение основных параметров транзисторов по мере развития технологии STripFET показано в таблице 4.

P-канальные транзисторы STMicroelectronics изготавливаются по технологиям STripFET и STripFET II и имеют максимальное напряжение пробоя 60 В. Эти транзисторы применяются в защитах от инверсного включения элементов питания, в мостовых схемах управления двигателями постоянного тока, схемах верхнего ключа и др.

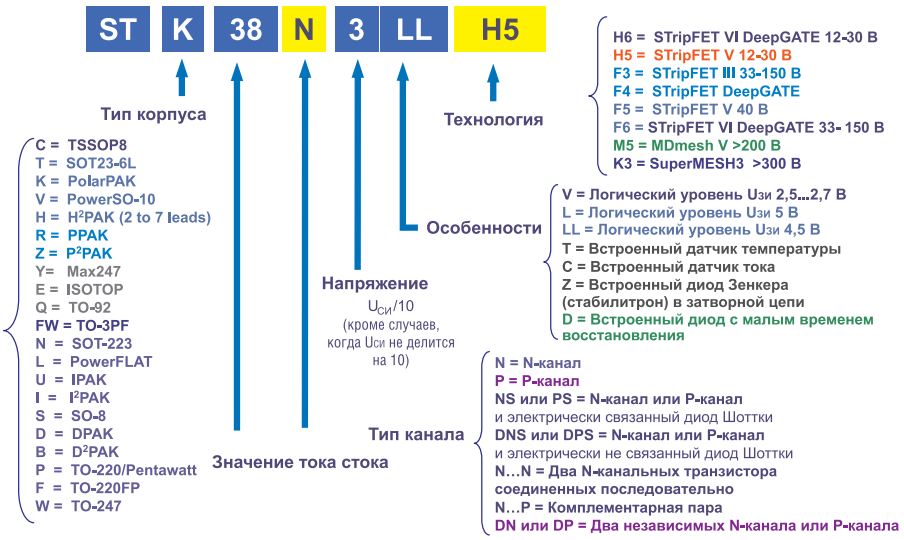

Рис. 3. **Система обозначений транзисторов STMicroelectronics**

Система обозначений транзисторов STMicroelectronics представлена на рисунке 3.

Заключение

Транзисторы STMicroelectronics семейства STripFET сочетают в себе высокую проводимость открытого канала, низкую емкость заряда затвора и широкую номенклатуру используемых корпусов. Это отвечает современным требованиям к транзисторам, используемым при разработке высокоэффективных DC/DC-преобразователей, элементов контроля электроприводов и систем управления питанием.

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

Сергей Агеев (г. Москва)

ДИОДЫ ШОТТКИ ОТ ST – САМЫЙ ШИРОКИЙ ВЫБОР

***Диоды Шоттки** от **STMicroelectronics** – это, пожалуй, самый широкий выбор изделий данного класса среди ведущих производителей полупроводников. В ассортименте можно найти диоды практически для любой области применения. Диапазон токов – **от 0,5 до 200 А.** Ряд изделий (в статье ниже приведены примеры) являются уникальными для всего рынка полупроводников.*

Кремниевые силовые диоды Шоттки уже много лет как стали привычными компонентами. Широко известны их основные преимущества – сниженное (по сравнению с «обычными» кремниевыми диодами) прямое падение напряжения и отсутствие накопления заряда, задерживающего выключение диода (т.е. потенциально лучшие частотные свойства).

Однако ничто в технике не дается бесплатно. За улучшение одних свойств всегда приходится чем-то платить, не только деньгами, но и изменением других характеристик. Чем больше таких зависимостей, тем больше оказывается «степеней свободы» при оптимизации элемента под конкретное применение. Не являются исключением из этого правила и диоды Шоттки.

В конструкции «обычных» диодов этих «степеней свободы» в общем, всего три, и они мало влияют друг на друга – площадь p-n перехода, уровень легирования (удельное сопротивление) высокоомной области и время жизни неосновных носителей. Прямое падение напряжения в установившемся режиме при заданном токе зависит в основном от температуры и площади p-n перехода, и то очень слабо: от площади – по логарифмическому закону (минус ~20 мВ на удвоение площади/снижение тока вдвое), от температуры – в пределах +1…-2 мВ на градус. Удельное сопротивление материала высокоомной области у «обычных» диодов благодаря эффекту модуляции проводимости почти не влияет на прямое падение напряжения. Время жизни носителей определяет время обратного восстановления диода на основе p-n перехода (и косвенно – его ток утечки).

Для диодов Шоттки время жизни носителей не имеет прямого влияния на характеристики диода в рабочих режимах, но зато добавляется две других «степени свободы». Это выбор величины потенциального барьера (то есть, фактически, порогового напряжения – и тока утечки) и необходимость обеспечения защиты от перенапряжений (незащищенный переход Шоттки, в отличие от обычного p-n перехода, практически всегда выходит из строя при пробое обратным напряжением). Именно поэтому внутри подавляющего большинства диодов Шоттки есть еще и параллельно включенный p-n переходный «охранный» диод Кроме того, у диодов Шоттки есть сильная связь между удельным сопротивлением высокоомной области и прямым падением напряжения на больших токах (из-за отсутствия механизма модуляции проводимости). Отсутствие же эффекта модуляции проводимости уменьшает устойчивость диодов к ударному току, что вынуждает увеличивать площадь перехода (снижать плотность тока). Из-за этого емкость диодов Шоттки, отнесенная к единице номинального тока, как правило, выше, чем у обычных диодов. Наглядный пример – **UF4001** имеют емкость около 15…20 пФ, **1N5819 –** около 50…80 пФ (при обратном напряжении 4 В). По той же причине диоды Шоттки изготавливают с более «плотным» рядом по величине допустимого обратного напряжения – чтобы не вводить излишний запас, увеличивающий прямое сопротивление диодов.

Даже из этого упрощенного описания видно, что в конструкции диодов Шоттки намного больше вариантов для выбора компромиссов, чем в «обычных» диодах.

Именно поэтому разнообразие типов диодов Шоттки столь велико. И для осмысленного выбора лучших (для требуемого применения) вариантов нужно учитывать большее число параметров, чем при выборе «обычных» диодов. Высоковольтным диодам Шоттки на основе карбида кремния была посвящена статья [1], однако в применениях с рабочими напряжениями ниже 100…200 В лучшие характеристики (благодаря меньшему прямому падению напряжения) в настоящее время обеспечивают кремниевые диоды Шоттки.

Диоды Шоттки от STMicroelectronics

Одним из лидеров по выпуску высококачественных диодов Шоттки является компания ST Microelecronics (далее – ST), входящая в десятку лидеров в производстве компонентов для силовой электроники (См. табл. 1…5). Ряд продуктов ST просто уникален: к примеру, никто больше не в состоянии массово производить 30+30 А/170 В диоды Шоттки в корпусе TO-220.

Обозначение выпрямительных диодов Шоттки у ST состоит из следующих элементов:

- префикса STPS (ST Power Shottky);
- первого числа, указывающего номинальный ток в амперах;
- необязательного суффикса (например, H, L, M, S, SM, U), указывающего серию диодов: H – высоковольтные/высокотемпературные (Tj MAX = 150…175°C), L – с низким VF, U – Ultra Low VF (для относительно высоковольтных диодов);
- второго числа – допустимого обратного напряжения в Вольтах;
- необязательного буквенного обозначения схемы соединений: с общим катодом – C, одиночных в многовыводном корпусе – S;
- буквенного обозначения типа корпуса: A – SMA, AF – SMA Flat, B – DPAK, D – DO-220, DJF – PQFN8, FP – TO-220 ISO, G – D2PAK, H – IPAK, R – I2PAK, S – SMC, T – TO-220, TV – ISOTOP (SOT-227), U – SMB, UF – SMB Flat, W – TO-247, Y – MAX-247, Z – SOD123.

Пример: **STPS160U –** диод Шоттки на 1 А, 60 В, в корпусе SMB.

Таблица 1. **Диоды Шоттки на ток до 200 мА...1 А**

Тип диода	Корпуса	U_F@I_F, В/А	U_F@I_F, В/А	U_R, В	I_{AV}, А	I_{FSM}, А	I_R@85°C, мА	$T_{J\ max}$,°C	C_D@4V, пФ	BAX
BAT20J	SOD323	0,40@0,1	0,62@1	23	1	5	0,25@15V	150	25	R
BAT30 (1x, 2x)	SOT23, SOD323/523/923	0,43@0,03	0,58@0,2	30	0,3	1	0,04@20V	150	8	D÷R
BAT60J	SOD323	0,42@0,1	0,58@1	10	0,5	5	0,08	150	40	R
STPS0520Z	SOD123	0,30@0,1	0,38@0,5	20	0,5	5,5	1,2@15V	125	65	R+
STPS0530Z	SOD123	0,37@0,1	0,43@0,5	30	0,5	5,5	0,4@20V	150	80	R
STPS0540Z	SOD123	0,38@0,1	0,47@0,5	40	0,5	5,5	0,8@30V	150	80	R
STPS0560Z	SOD123	0,43@0,1	0,55@0,5	60	0,5	5,5	0,3@50V	150	45	D-
TMBAT49	MELF	0,32@0,01	0,42@0,1	80	0,5	10*	0,6	125	40	D÷R
TMBYV10-40	MELF	0,37@0,1	0,55@1	40	1	25	1	125	70	R+
TMBYV10-60	MELF	0,41@0,1	0,70@1	60	1	20	0,5	125	45	D
1N5817	DO-41	0,35@0,1	0,45@1	20	1	25	0,6	150	120	R
1N5818	DO-41	0,37@0,1	0,50@1	30	1	25	0,8	150	120	R
1N5819	DO-41	0,40@0,1	0,55@1	40	1	20	0,4	150	80	D
STPS120M/MF	DO-216/DO-222	0,41@0,1	0,49@1	20	1	45	0,15	150	150	D
STPS130A/U	SMA/SMB	0,44@0,1	0,54@1	30	1	45	0,4	150	100	D÷R
STPS140A/U/Z	SMA/SMB/SOD-123	0,45@0,1	0,55@1	40	1	50	0,6	150	80	D÷R
STPS160A/MF	SMA/DO-222/DO-41	0,49@0,1	0,67@1	60	1	75	0,15	150	100	D-
STPS1150A	SMA/DO-41	0,58@0,1	0,82@1	150	1	50	0,02	175	38	D-
STPS1L20M/MF	DO-216/DO-222	0,32@0,1	0,40@1	20	1	50	1	150	170	D÷R
STPS1L30A/U/M/MF	SMA/SMB/DO-216/DO-222	0,31@0,1	0,39@1	30	1	75	2	150	200	R
STPS1L40A/U/M/MF	SMA/SMB/DO-216/DO-222	0,37@0,1	0,50@1	40	1	60	0,6	150	70	D
STPS1L60A/MF	SMA/DO-222/DO-41	0,42@0,1	0,57@1	60	1	40	0,8	150	56	D-
STPS1H100A/U/AF/MF	SMA/SMB/DO-221/DO-222	0,54@0,1	0,77@1	100	1	50	0,01	175	55	D-

Примечания к таблице см. в конце статьи.

Таблица 2. **Диоды Шоттки на ток до 2...3 А (включая сдвоенные, для них – данные одного диода)**

Тип диода	Корпуса	U_F@I_F, В/А	U_F@I_F, В/А	U_R, В	I_{AV}, А	I_{FSM}, А	I_R@85°C, мА	$T_{J\ max}$,°C	C_D@4V, пФ	BAX
STPS2L25U/UF	SMB/SMBF	0,36@0,2	0,45@2	25	2	75	1,5	150	210	D÷R
STPS2L30A/AF/UF	SMA/SMAF/SMBF	0,35@0,2	0,45@2	30	2	75	2,0	150	210	D÷R
STPS2L40AF/U/UF	SMAF/SMB/SMBF	0,34@0,2	0,43@2	40	2	75	4,0	150	280	D
STPS2L60/A/UF	DO-41/SMA/SMBF	0,40@0,2	0,60@2	60	2	75	0,8	150	120	D-
STPS2H100A/U/UF/RL	SMA/SMB/SMBF/DO-41	0,56@0,2	0,79@2	100	2	75	0,05	175	50	D-
STPS2150A/AF	SMA/SMAF	0,55@0,2	0,82@2	150	2	75	0,05	175	70	D-
1N5821	DO-201	0,37@0,2	0,47@3	30	3	80	3,0	150	300	D÷R
1N5822	DO-201	0,38@0,2	0,48@3	40	3	80	1,5	150	200	D
STPS3L25S	SMC	0,37@0,25	0,49@3	25	3	75	1,5	150	200	D-
STPS3L40S/UF	SMC/SMBF	0,37@0,3	0,5@3	40	3	75	1,5	150	200	D
STPS340B/S/U/UF	DPAK/SMC/SMB/SMBF	0,45@0,2	0,63@3	40	3	75	0,25	150	150	D-
STPS3L60/Q/U/UF	DO-201/DO-215/SMB/SMBF	0,40@0,25	0,62@3	60	3	100	1,5	150	160	D-
STPS3L60S	SMC	0,35@0,25	0,70@3	60	3	75	0,8	150	100	D-
STPS3H100U/UF	SMB/SMBF	0,57@0,25	0,84@3	100	3	75	0,04	175	50	D-
STPS3150/U/UF	DO-201/SMB/SMBF	0,60@0,3	0,82@3	150	3	100	0,05	175	100	D
STPS640CT/B/FPAB*	TO-220/DPAK/ISO-220	0,35@0,3	0,63@3	40	3	75	0,3	150	150	R
STPS660CB*	DPAK	0,38@0,3	0,65@3	60	3	50	0,3	125	350*	D

Примечания к таблице см. в конце статьи.

При выборе диодов Шоттки нужно четко различать две группы областей применения – относительно низкочастотную коммутацию (OR-ing источников питания, суммирование напряжений, выпрямление 50/60 Гц с минимальными потерями), где нужны минимальные потери от прямого падения напряжения и/или токов утечки, и применение в высокочастотных импульсных преобразователях, где важна минимальная величина общих потерь, то

Таблица 3. **Диоды Шоттки на ток до 2…3 А (включая сдвоенные, для них – данные одного диода)**

Тип диода	Корпуса	U_F@I_F, В/А	U_F@I_F, В/А	U_R, В	I_{AV}, А	I_{FSM}, А	I_R@85°C, мА	$T_{J\ max}$, °C	C_D@4V, пФ	ВАХ
STPS5L25	DPAK	0,35@0,5	0,47@5	25	5,0	75	16	150	600	D÷R
STPS5L40	DO201	0,37@0,5	0,50@5	40	5,0	150	5	150	300	D
STPS5L60/S	DO201/SMC	0,37@0,5	0,52@5	60	5,0	150	4	150	400	D-
STPS745D/FP/G	TO220/ISO220/ D2PAK	0,47@0,5	0,70@7	45	7,5	150	0,8	175	320	D-
STPS8L30B/H	DPAK/IPAK	0,33@1	0,49@8	30	8,0	75	10	150	600	R
STPS8H100G/FP/D	TO220/ISO220/ D2PAK	0,51@1	0,71@8	100	8,0	250	0,2	175	500	D-
STPS10L40CT/CG/CFP*	TO220/ D2PAK/ ISO220	0,41@0,5	0,53@5	40	5,0	150	4	150	340	D
STPS10L45CT/CG/CFP/ CR*	TO220/ D2PAK/ ISO220/I2PAK	0,41@0,5	0,53@5	45	5,0	150	5	150	340	D÷R
STPS10L60CFP/CG*	ISO220/D2PAK	0,42@0,5	0,55@5	60	5,0	180	7	150	400	D
STPS10H100CT/CFP/CG/ CR*	TO220/ISO220/ D2PAK/I2PAK	0,53@0,5	0,73@5	100	5,0	180	0,08	175	340	D
STPS10120CT/CFP*	TO220/ISO220	0,64@0,5	0,85@5	120	5,0	120	0,08	175	120	D
STPS10150CT/CFP/CG*	TO220/ISO220/ D2PAK	0,68@0,5	0,92@5	150	5,0	120	0,03	175	100	D÷R
STPS10170CT/CG/CR/CB	TO220/ D2PAK/ I2PAK/DPAK	0,68@0,5	0,92@5	170	5,0	75	0,1	175	100	D÷R
STPS15L30CDJF*	PQFN8	0,37@1	0,48@7,5	30	7,5	150	8	150	500	D-
STPS15L30CB*	DPAK	0,38@1	0,48@7,5	30	7,5	75	8	150	850	D÷R
STPS1545CT/CFP/CG/ CR/CB*	TO220/ISO220/ D2PAK/ I2PAK/DPAK	0,56@1	0,72@7,5	45	7,5	150	0,6	175	320	D-
STPS15L45CB*	DPAK	0,40@1	0,52@7,5	45	7,5	75	5	150	520	D-
STPS15L60CB*	DPAK	0,48@1	0,62@7,5	60	7,5	75	7	150	360	D-
STPS15H100CB/CH*	DPAK/IPAK	0,58@1	0,80@7,5	100	7,5	75	0,08	175	300	D-
STPS16L40CT*	TO220	0,41@1	0,50@8	40	8,0	180	6	150	700	D÷R
STPS16H100CT/CFP/CG/ CR*	TO220/ISO220/ D2PAK/I2PAK	0,54@1	0,77@8	100	8,0	200	0,1	175	400	D
STPS16150CT/CG/CR*	TO220/ D2PAK/I2PAK	0,70@1	0,92@8	150	8,0	150	0,05	175	160	D-
STPS16170CT/CG/CR/CB*	TO220/ D2PAK/ I2PAK/DPAK	0,70@1	0,92@8	170	8,0	75	0,1	175	150	D-

Примечания к таблице см. в конце статьи.

есть нужен минимум суммы статических и динамических потерь.

Диоды, оптимизированные для первой группы применений – это диоды с минимальными прямыми падениями напряжения, получаемыми, как правило, за счет больших площадей переходов (больших емкостей), или специальные микросхемы с использованием управляемого МОП-транзистора, внешне выглядящие как диод, но с чрезвычайно малым падением напряжения. Пример первого подхода – изделие ONSemi **MBRB2515,** с V_F ~250 мВ при токе 56 А, и с емкостью перехода, приближающейся к 10 нФ. Диод подобного класса от ST – **STPS40L15CT,** сдвоенный и с примерно вдвое меньшей емкостью переходов. Пример второго подхода – диод от ST SPV1001T40, V_F ~80…100 мВ при токе 5…6 А, 230…250 мВ при токе 15 А. Преимущество этого решения от ST очевидно.

Что же касается диодов Шоттки для применения в DC/DC-конверторах, то минимальные общие потери совершенно необязательно обеспечит диод с минимальным V_F. Особенно при широком диапазоне нагрузок (когда нужно учитывать потери не только от прямого падения напряжения, но и от токов утечки – их величина экспоненциально зависит не только от температуры, но и от начального падения напряжения). Связано это с тем, что за снижение прямого падения напряжения приходится платить либо ростом площади перехода (и емкости диода, что приводит к росту коммутационных потерь, пропорциональных f×CдU2/2), либо резким ростом тока утечки (когда для минимизации прямого падения напряжения выбрано практически нулевое пороговое напряжение за счет подбора материала контакта металл-полупроводник). Примером диода, имеющего минимальные емкости, но небольшой диапазон рабочих токов и температур, может служить поставляемый NXP **PMEG1030** (3 А, 10 В), обратный ток которого при температуре перехода 25…30°C составляет около 1 мА, но при 125°C достигает порядка 100 мА (это не опечатка!).

ST Microelectronics, как один из лидеров в силовой электронике, предлагает, пожалуй, самую широкую в индустрии гамму диодов Шоттки на токи от 0,5 до 200 А, оптимизированных по соотношению статических и динамических потерь.

Обратим к примеру, внимание на *серию ULVF.* **STPS50U100C –** сдвоенный (25+25 А) 100 В диод в корпусе TO-220, обладающий одновременно низким прямым падением напряжения (~600 мВ при 15 А/диод) и умеренными как токами утечки (~10 мА при 125°C), так и емкостью перехода (~2200 пФ при 0 В, ~1500 пФ при 10 В, с резким снижением выше 20 В, до 300 пФ на

Таблица 4. **Диоды Шоттки на ток до 10…25 А (включая сдвоенные, для них – данные одного диода)**

Тип диода	Корпуса	U_F@I_F, В/А	U_F@I_F, В/А	U_R, В	I_{AV}, А	I_{FSM}, А	I_R@85°C, мА	$T_{J\ max}$,°C	C_D@4V, пФ	ВАХ
STPS10L25D/G	TO220/D2PAK	0,36@1	0,46@10	25	10	200	15,0	150	1300	D÷R
STPS1045B	DPAK	0,45@1	0,63@10	45	10	75	0,7	175	500	D-
STPS1045D/FP	TO220/ISO220	0,57@1	0,72@10	45	10	180	0,8	175	500	D-
STPS10L60D/FP	TO220/ISO220	0,42@1	0,60@10	60	10	220	6,0	150	600	D
STPS15L25D/G	TO220/D2PAK	0,34@1	0,46@15	25	15	250	20,0	150	2300	R+
STPS20L15D/G	TO220/D2PAK	0,23@1	0,41@20	15	20	310	40,0	125	1400	R
STPS20L25CT/CG*	TO220/D2PAK	0,36@1	0,46@10	25	10	220	16,0	150	1300	R
STPS2030CT/CG/CR*	TO220/D2PAK/I2PAK	0,39@1	0,50@10	30	10	180	10,0	150	1000	D÷R
STPS20L40CFP*	ISO220	0,41@1	0,55@10	40	10	180	5,0	150	700	D÷R
STPS20L45CT/CFP/CG*	TO220/ISO220/D2PAK	0,41@1	0,55@10	45	10	180	7,0	150	700	D÷R
STPS2045CT/CFP/CG/CR*	TO220/ISO220/D2PAK/I2PAK	0,57@1	0,72@10	45	10	180	0,8	175	500	D-
STPS20L60CT/CG/CR*	TO220/D2PAK/I2PAK	0,42@1	0,60@10	60	10	220	7,0	150	600	D-
STPS2060CT*	TO-220	0,60@1	0,80@1	60	10	200	0,5	150	550	D
STPS20100CT*	TO-220	0,58@1	0,84@10	100	10	200	1,6	175	560	D
STPS20H100CT/CFP/CG/CR*	TO220/ISO220/D2PAK/I2PAK	0,54@1	0,77@10	100	10	250	0,08	175	500	D-
STPS20S100CT/CFP/CR*	TO220/ISO220/I2PAK	0,58@1	0,85@10	100	10	180	0,08	175	300	D-
STPS20120D	TO220	0,63@2	0,93@20	120	20	200	0,25	175	370	D-
STPS20120CT/CFP/CR*	TO220/ISO220/I2PAK	0,63@1	0,92@10	120	10	150	0,15	175	200	D-
STPS20L120CT/CFP*	TO220/ISO220	0,57@1	0,86@10	120	10	200	1,0	150	320	D-
STPS20150CT/CFP/CG/CR*	TO220/ISO220/D2PAK/I2PAK	0,67@1	0,92@10	150	10	180	0,02	175	260	D-
STPS20170CT/CFP/CG/CR*	TO220/ISO220/D2PAK/I2PAK	0,65@1	0,90@10	170	10	180	0,02	175	260	D
STPS2545CT/CFP/CG*	TO220/ISO220/D2PAK	0,53@1	0,68@10	45	12,5	200	0,7	175	600	D-
STPS30L30CT/CG/CR*	TO220/D2PAK/I2PAK	0,32@1	0,46@15	30	15	220	20,0	150	1300	R
STPS3030CT/CG/CR*	TO220/D2PAK/I2PAK	0,36@1	0,49@15	30	15	250	10,0	150	1000	R
STPS30L40CW/CT/CG*	TO247/TO220/D2PAK	0,37@1	0,55@15	40	15	220	8,0	150	650	D÷R
STPS30L45CW/CT/CG/CR*	TO247/TO220/D2PAK/I2PAK	0,37@1	0,55@15	45	15	220	12,0	150	650	D÷R
STPS3045CW/CP/CPI/CT/CFP/CG/CR*	TO247/TO218/ISO218/TO220/ISO220/D2PAK/I2PAK	0,52@1	0,7@15	45	15	220	1,0	175	800	D÷R
STPS30L60CW/CT/CG/CR*	TO247/TO220/D2PAK/I2PAK	0,39@1	0,60@15	60	15	230	8,0	150	800	D-
STPS3060CW*	TO247	0,60@1	0,85@15	60	15	200	0,4	150	550	D÷R
STPS30H60CW/CT/CFP/CG/CR*	TO247/TO220/ISO220/D2PAK/I2PAK	0,45@1	0,66@15	60	15	230	0,8	175	800	D-
STPS30H100CW/CT*	TO247/TO220	0,52@1	0,80@15	100	15	250	0,1	175	500	D
STPS30L120CT/CFP*	TO220/ISO220	0,60@1	0,88@15	120	15	220	1,0	150	500	D÷R
STPS30120CT/CR*	TO220/I2PAK	0,60@1	0,92@15	120	15	180	0,2	175	300	D-
STPS30150CW/CT/CFP/CG*	TO247/TO220 /D2PAK	0,62@1	0,92@15	150	15	220	0,03	175	400	D-
STPS30170CW/CT/CFP/CG*	TO247/TO220/ISO220/D2PAK	0,62@1	0,92@15	170	15	220	0,03	175	400	D-
STPS40L15CW/CT*	TO247/TO220	0,25@2	0,42@20	15	20	310	60,0	125	1300	R
STPS41L30CT/CG/CR*	TO220/D2PAK/I2PAK	0,37@2	0,48@20	30	20	220	15,0	150	1600	R
STPS40L40CW/CT*	TO247/TO220	0,38@2	0,53@20	40	20	230	15,0	150	1600	R
STPS40L45CW/CT/CG*	TO247/TO220/D2PAK	0,38@2	0,53@20	40	20	230	20,0	150	1500	R

Таблица 4. **Диоды Шоттки на ток до 10…25 А (включая сдвоенные, для них – данные одного диода)** (окончание)

Тип диода	Корпуса	$U_F@I_F$, В/А	$U_F@I_F$, В/А	U_R, В	I_{AV}, А	I_{FSM}, А	$I_R@85°C$, мА	$T_{J\ max}$,°C	$C_D@4V$, пФ	ВАХ
STPS4045CW/CT*	TO247/TO220	0,53@2	0,76@20	45	20	220	1,0	175	550	D-
STPS41L45CT/CG/CR*	TO220/D2PAK/I2PAK	0,38@2	0,53@20	45	20	220	10,0	150	1300	D÷R
STPS41L60CT/CG/CR*	TO220/D2PAK/I2PAK	0,39@2	0,60@20	60	20	220	12,0	150	1700	D
STPS40M100CT/CR*	TO220/I2PAK	0,53@2	0,78@20	100	20	530	1,5	150	1000	D-
STPS40SM100CT/CG/CR*	TO220/D2PAK/I2PAK	0,54@2	0,80@20	100	20	530	1,0	150	750	D-
STPS40H100CT/CG/CR*	TO220/D2PAK/I2PAK	0,53@2	0,80@20	100	20	220	0,25	175	850	D
STPS40H100CW*	TO247	0,50@2	0,73@20	100	20	300	0,6	150	1300	D-
STPS41H100CT/CG/CR*	TO220/D2PAK/I2PAK	0,53@2	0,80@20	100	20	220	0,2	175	850	D
STPS40120CT/CR*	TO220/I2PAK	0,60@2	0,90@20	120	20	200	0,4	175	470	D
STPS40150CW/CT/CG*	TO247/TO220/D2PAK	0,66@2	0,92@20	150	20	250	0,2	175	500	D-
STPS40170CW/CT/CG*	TO247/TO220/D2PAK	0,65@2	0,92@20	170	20	250	0,5	175	500	D
STPS50U100CT/CR*	TO220,I2PAK	0,47@2	0,73@25	100	25	250	1,5	150	1600*	D

Примечания к таблице см. в конце статьи.

100 В). Потери переключения каждого такого диода на частоте 100 кГц составляют десятые доли ватта, на частоте 500 кГц – единицы ватт.

Далее, для популярных в настоящее время максимально компактных применений ST выпускает серию 15/30 А диодов в корпусе для поверхностного монтажа Power Flat (PQFN8) – его высота чуть больше 1 мм, размер в плане – 5x6 мм. Это **STPS15L30CDJF** (7,5+7,5 А), **STPS3045DJF, STPS30M100DJF, STPS30U100DJF, STPS30120DJF, STPS30170DJF.** Эти диоды рассчитаны на использование в печатных платах с малым тепловым сопротивлением, например, на металлическом основании.

Для сильноточных применений ST производит самые мощные диоды Шоттки из имеющихся в корпусах TO-220 **(STPS40M100CT, STPS40120CT, STPS50U100C, STPS60H100CT, STPS60150CT, STPS60170CT, STPS61L45CT, STPS61L60CT)** и TO-247/MAX247 **(STPS61H100CW, STPS80L60CW, STPS80H100CY, STPS80150CY, STPS80170CY)**. Наличие столь мощных диодов в стандартных широко распространенных корпусах позволяет упростить и удешевить конструкцию устройств с их применением.

Для приложений, требующих еще больших токов, ST выпускает сдвоенные диоды в изолированном корпусе ISOTOP/ISOT4D (SOT227) – **STPS80H100TV, STPS120L15TV, STPS12045TV, STPS160H100TV, STPS24045TV, STPS200170TV** (ток до 100…120 А на диод, напряжение 15…170 В).

Другой край ассортимента – диоды, оптимизированные для маломощных применений, такие как **STPS0520Z** (0,5 А, 20 В) – емкость ~120 пФ при 1 В, ~35 пФ при 20 В, VF ~320…350 мВ при 0,5 А, ток утечки ~80 мкА при температуре перехода 30°C и ~5 мА при 100°C. Такие диоды, благодаря малым емкостям и умеренным утечкам – очень полезный компонент для самых распространенных относительно маломощных преобразователей. Малые емкости позволяют поднять рабочую частоту без ущерба для КПД. Аналогичную область применения имеют диоды **BAT30, TMBAT49, TMBYV10-40, TMBYV10-60, BAT20, BAT60.**

Естественно, кроме этих «маточных» продуктов, ST выпускает аналоги популярных стандартных продуктов, от **BAT30-0X, BAT41, BAT42, TMBAT49, TMBYV10-40, TMBYV10-60, BAT60, 1N5817-1N5819, 1N5821-1N5822,** до **MBR20100 (STPS20S100C)**.

Весьма существенной особенностью большинства диодов Шоттки от ST является подробное нормирование динамических тепловых параметров и работы в режиме лавинного пробоя (абсорбции выбросов перенапряжений, возникающих, к примеру, на индуктивностях монтажа). Это позволяет использовать диоды с меньшим допустимым обратным напряжением, получая выигрыш либо в виде снижения потерь (за счет меньших V_F и/или Сд), либо снижения стоимости комплектующих. Экономия на стоимости диодов возможна благодаря тому, что вместо диодов с большим максимальным напряжением часто можно выбрать диод, рассчитанный на меньшее максимальное напряжение и максимальный ток, но обеспечивающий при данном рабочем токе то же значение потерь и V_F, что и более высоковольтный, рассчитанный на больший ток. В результате получается, что можно либо снизить потери в выпрямителях примерно на 20…25%, либо на примерно такую же величину снизить стоимость используемых диодов.

Однако автор хотел бы предостеречь от распространенной ошибки – попытки использования диодов Шоттки «на пределе» по току, особенно в схемах с «жестким» переключением токов. Во-первых, это крайне нежелательно с точки зрения динамических потерь, поскольку при больших токах (соответствующих падениям напряжения более 0,6…0,9 В в зависимости от типа диода) в структуре диодов Шоттки начинает работать параллельно включенный p-n переходный «охранный» диод. В первую очередь это проявляется появлением накопления заряда выключения, что может вызывать большие импульсные токи/напряжения.

Во-вторых, нужно помнить, что нагрев диодов Шоттки почти не влияет на прямое падение напряжения при больших токах, но вызывает резкий рост токов утечек. Последнее опасно проявлением эффекта саморазогрева обратными токами. Увеличение размера радиатора, необходимое для предотвращения этого риска, часто в итоге обходится дороже, чем использование диодов на больший ток, имеющих меньшие статические потери. Нормирование лавинных характеристик у диодов ST в этом отношении оказывается весьма кстати, поскольку позволяет обойтись диодами на минимальное обратное напряжение (и соответственно, как более дешевыми, так и имеющими меньшее V_F).

В заключение стоит сказать, что номенклатура быстродействующих выпрямительных диодов, производимых ST, не ограничивается диодами Шоттки. ST производит большое число Ultrafast-диодов (trr ~50…80 нс), в том числе

Таблица 5. **Диоды Шоттки на ток до 30…120А (включая сдвоенные, для них – данные одного диода)**

Тип диода	Корпуса	U_F@I_F, В/А	U_F@I_F, В/А	U_R, В	I_{AV}, А	I_{FSM}, А	I_R@85°C, мА	$T_{J\ max}$,°C	C_D@4V, пФ	BAX
STPS3045DJF	PQFN8	0,50@5	0,64@30	45	30	200	2,5	150	1200	D
STPS30100ST	TO220	0,53@5	0,80@30	100	30	300	1,6	150	1300	D-
STPS30M100ST/SFP/SR	TO220/ISO220/I2PAK	0,53@5	0,80@30	100	30	300	2	150	1100	D-
STPS30SM100ST/SFP/SG/SR	TO220/ISO220/D2PAK/I2PAK	0,58@5	0,87@30	100	30	530	0,9	150	900	D-
STPS30M100DJF	PQFN8	0,62@5	0,96@30	100	30	200	0,8	150	600	D-
STPS30U100DJF	PQFN8	0,57@5	0,85@30	100	30	200	2	150	1500	D-
STPS30120DJF	PQFN8	0,70@5	0,92@30	120	30	200	0,3	150	650	D
STPS30170DJF	PQFN8	0,77@5	0,92@30	170	30	200	0,25	150	450	D
STPS60L30CW*	TO247	0,36@5	0,46@30	30	30	600	30	150	2800	R
STPS60L40CW*	TO247	0,41@5	0,55@30	40	30	600	12	150	2400	R
STPS60L45CW*	TO247	0,41@5	0,55@30	45	30	600	12	150	2400	R
STPS6045CW/CP/CPI*	TO247/TO218/ISO218	0,52@5	0,69@30	45	30	400	2,5	175	1600	D÷R
STPS61L45CT/CW*	TO220/TO247	0,43@5	0,56@30	45	30	500	20	150	1700	D÷R
STPS61L60CT/CW*	TO220/TO247	0,43@5	0,66@30	60	30	400	15	150	1300	D
STPS60H100CT*	TO220	0,59@5	0,84@30	100	30	300	0,2	175	850	D-
STPS61H100CW*	TO247	0,56@5	0,79@30	100	30	450	0,25	175	1200	D-
STPS60150CT*	TO220	0,73@5	0,94@30	150	30	270	0,2	175	600	D-
STPS61150CW*	TO247	0,63@5	0,84@30	150	30	500	0,6	175	1200	D-
STPS60170CT*	TO220	0,73@5	0,94@30	170	30	270	0,6	175	1200	D÷R
STPS61170CW*	TO247	0,63@5	0,84@30	170	30	500	0,9	175	1200	D÷R
STPS80L60CY*	MAX247	0,37@5	0,57@40	60	40	400	35	150	5500	R
STPS80H100CY*	MAX247	0,55@5	0,80@40	100	40	400	1	175	1900	D
STPS80H100CTV*	ISOTOP4	0,54@5	0,78@40	100	40	700	1	150	1900	D
STPS80150CW*	TO247	0,61@5	0,84@40	150	40	500	0,6	175	1300	D
STPS80170CW*	TO247	0,60@5	0,84@40	170	40	500	1,5	175	1300	D÷R
STPS120L15CTV*	ISOTOP4	0,24@10	0,43@60	15	60	1200	340	125	6800	D
STPS12045CTV*	ISOTOP4	0,63@10	0,78@60	45	60	900	6	150	3100	D
STPS16045CTV*	ISOTOP4	0,60@10	0,80@80	45	80	900	6	150	3100	D
STPS160H100CTV*	ISOTOP4	0,56@10	0,80@80	100	80	1000	2,5	150	3800	D-
STPS200170CTV*	ISOTOP4	0,52@10	0,83@100	170	100	700	2,5	150	3800	D-
STPS24045CTV*	ISOTOP4	0,54@10	0,74@120	45	120	1500	10	150	8500	R

Примечания к таблице см. в конце статьи.

высоковольтных (на напряжения до 1200 В) и токи до 60 А/диод, 120 А на корпус (серия **STTH**). В ряде случаев их применение обеспечивает еще меньшие динамические потери, чем у диодов Шоттки (за счет меньших емкостей переходов), см. например структуру PFC, описанную в US pat.№ 6987379.

Естественно, в производственной программе ST есть и большое число «малосигнальных» диодов Шотки, таких как **BAS70-0X, BAR18, TMM6263, TMMBAT41…43, TMMBAT46, TMMBAT48, BAT54.**

Стоит также отметить, что многие изготовители до сих пор считают излишним предоставлять SPICE-модели своих диодов. У ST их можно получить на сайте. Качество этих моделей, конечно, не идеальное, но они вполне пригодны для оценочных расчетов с «инженерной точностью», т.е. с погрешностями не более 10…20%.

Примечания к таблицам

1. Величины прямых падений напряжения даны для температуры перехода 25°C, максимальные значения (типовые – на 50…80 мВ меньше), с указанием тока в амперах. ТКН прямых напряжений при малых токах всегда отрицателен, но при больших токах – часто может становиться положительным, особенно для диодов с UR > 40…60 В.

2. Величины обратных токов (IR) даны типовые, в миллиамперах.

3. IFSM – величина однократного ударного тока в виде одного полупериода частоты 50 Гц, амплитудное значение.

4. Емкость диода – величина нелинейная, здесь дана в пикофарадах при обратном напряжении 4 В. Позволяет оценить порядок динамических потерь переключения (точнее, заряда переключения) в большинстве схем применения.

5. «BAX» – условный параметр. Качественно описывает поведение диода при больших токах. «R» – резистивный характер, «R+» – резистивный с заметным положительным ТКН, «D» – «диодный» (сильно выражено влияние параллельного p-n переходного диода), «D-» – диодный с выраженным отрицательным ТКН, «D÷R» – нечто среднее.

6. Звездочкой («*») отмечены сдвоенные диоды.

Литература

1. «Идеальные диоды» от компании STMicroelectronics – Джафер Меджахед, Дмитрий Цветков/Новости электроники, 2009, №14, с.23-25.

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

Роман Иванов (г. Санкт-Петербург)

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ETHERNET ОТ ST: ВСЁ И СРАЗУ

Необходимо передавать данные со скоростью до 10 Гбит/с? Обратите внимание на ***промышленную сеть Ethernet.*** *Необходимо недорогое и надежное комплексное решение? Выбор – продукция* ***STMicroelectronics.***

Ethernet (от лат. *aether* – эфир) – это одна из самых распространенныхтехнологий пакетной передачи данных.

Днем рождения Ethernet считается 22 мая 1973 г. Именно тогда Роберт Меткалф и Дэвид Боггс опубликовали описание экспериментальной сети, построенной ими в Исследовательском центре Xerox. Базировалась она на толстом коаксиальном кабеле и обеспечивала скорость передачи данных 2,94 Мбит/с. Новая технология получила имя Ethernet (эфирная сеть), в честь радиосети Гавайского университета ALOHA, в которой был использован схожий механизм разделения среды передачи (радиоэфира).

К концу 70-х годов под Ethernet была подведена солидная теоретическая база. А в феврале 1980 года фирма Xerox, совместно с DEC и Intel, представила разработку IEEE, которая спустя три года утвердила ее в качестве стандарта IEEE 802.3.

На сегодняшний день Ethernet – это самый распространенный стандарт организации локальных сетей.

Industrial Ethernet (промышленный Ethernet) – стандартизованный (IEEE 802.3 и 802.11) вариант Ethernet для применения в промышленности. Industrial Ethernet обычно используется для обмена данными между программируемыми контроллерами и системами человеко-машинного интерфейса, обмена данных между контроллерами, подключения к контроллерам удаленного оборудования (датчиков и исполнительных устройств).

Отличия промышленного Ethernet от обычного:

- Стандарты на кабели и разъемы, удовлетворяющие специфическим требованиям промышленности: усиленное экранирование и стойкость к агрессивным средам;
- Специальные стандарты и устройства для связи с подвижными объектами: гибкие кабели, устройства беспроводной связи;
- Дополнение стека протоколов TCP/IP протоколом RFC1006 обеспечивает регулярную и частую передачу по сети небольших объемов информации, что характерно для обмена данными между промышленными контроллерами;
- С помощью специальных коммутаторов можно организовать кольцевую топологию, которая при обрыве восстанавливает связь, то есть находит новый путь для передачи данных значительно быстрее, чем применяемый в обычных сетях «алгоритм избыточного дерева»;
- Частое использование наряду со стеком протоколов TCP/IP специфического стека протоколов ISO Transport Protocol.

Основной причиной нарастающей популярности использования промышленного Ethernet-протокола является его повышенная скорость передачи данных (до 10 Гбит/с) в сравнении с протоколами RS-232 и RS-485, где это значение не превышает 10 Мбит/с. Также благодаря этому протоколу можно соединить множество устройств в одну сеть (возможность передачи данных по схеме peer-to-peer), что исключается в случае протоколов RS-232 и RS-485. Благодаря этим двум преимуществам можно получить значительное улучшение в производительности всей системы. Вдобавок, на рынке существует множество недорогих устройств, работающих на основе протокола Ethernet (роутеры, хабы, точки доступа, оптические провода и т.д.), тогда как стоимость и разнообразие устройств, работающих на основе серийных протоколов, оставляет желать лучшего.

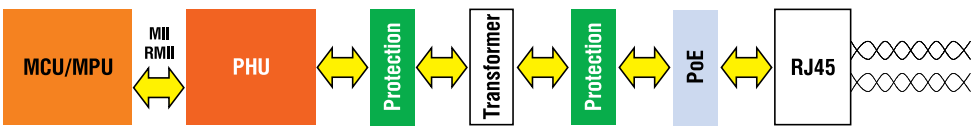

Рис. 1. **Схема построения устройства с Ethernet-каналом**

В Ethernet-сетях непредсказуемые коллизии в процедуре CSMA/CD могут быть причиной того, что доставка пакета будет задержана, или пакет полностью исчезнет. По этой причине используют протоколы реального времени. Примером может служить стандарт IEEE 1588. Он определяет специальную процедуру «синхронизации часов».

Стандарт IEEE 1588 известен как «Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems» или, для краткости, «PTP». PTP определяет процедуру, позволяющую многим пространственно-распределенным часам реального времени синхронизироваться через сеть Ethernet. Технология, заложенная в стандарт, была первоначально разработана компанией Agilent и использовалась для распределенных измерений и контроля. Задача состояла в том, чтобы синхронизовать по времени сетевые измерительные устройства так, чтобы они могли записывать измеряемые значения с точным системным штампом времени. На основе этого штампа времени измеренные значения впоследствии могли быть соотнесены друг с другом.

Реализация Ethernet компанией STMicroelectronics

Типичная схема построения устройства с Ethernet-каналом представлена на рисунке 1. Основные узлы:

- MCU/MPU – микроконтроллер с MAC (media access controller);
- PHY – трансивер физического уровня;
- Protection – защита Ethernet порта;

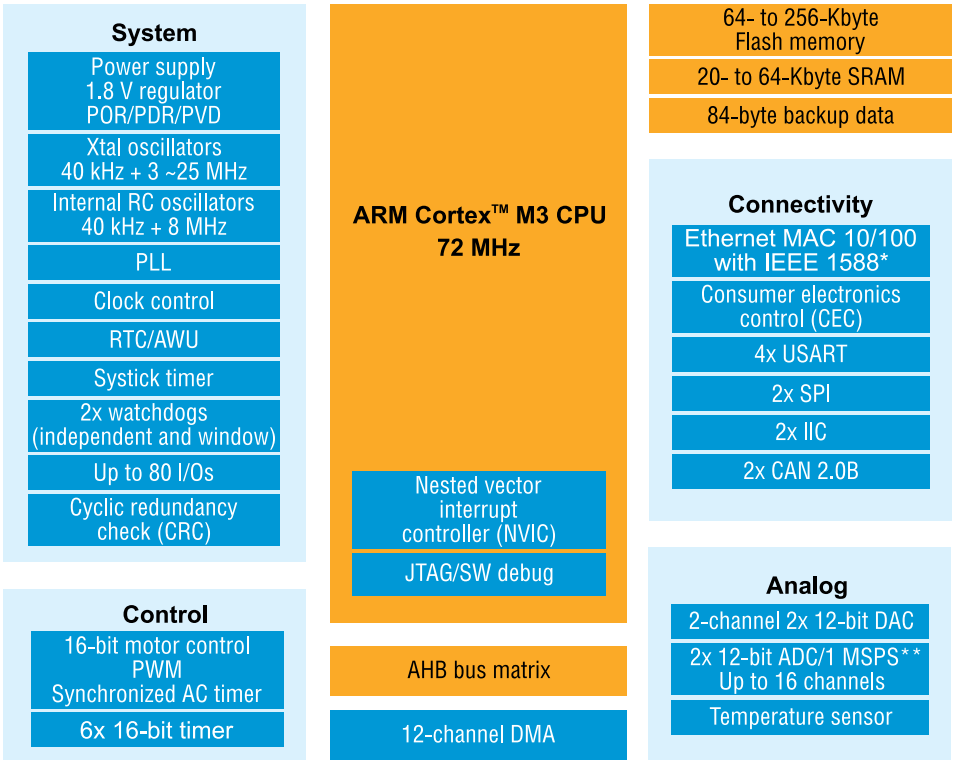

Рис. 2. **Обобщенная структурная схема микроконтроллеров STM32F107**

- Transformer – изолирующий трансформатор;
- PoE – микросхема подачи питания через Ethernet;
- RJ45 – разъем RJ45.

В статье мы попробуем выстроить эту схему, используя решения от компании STMicroelectronics, надежные в работе и, вместе с тем, более дешевые в закупке, чем изделия для Ethernet компаний Texas Instruments и Freescale.

Микроконтроллер с MAC

Для реализации Ethernet компания STMicroelectronics предлагает семейство контроллеров **STM32F107** с Ethernet MAC-блоком, входящий в обширную линейку микроконтроллеров STM32, базирующееся на современном ядре ARM Cortex-M3. Модуль MAC обеспечивает адресацию и механизмы управления доступом к каналам, что позволяет нескольким терминалам или точкам доступа общаться между собой в многоточечной сети.

Микроконтроллеры реализованы на ядре ARM Cortex™-M3, обладают развитыми системными ресурсами и имеют малое энергопотребление. Ядро ARM Cortex™-M3 выполнено по Гарвардской архитектуре и имеет несколько шин, что позволяет распараллеливать операции обмена данными, тем самым достигая высокой производительности. Максимальная тактовая частота ядра микроконтроллеров STM32F107 составляет 72 МГц.

Микроконтроллеры STM32F107 имеют довольно широкий набор встроенной периферии: АЦП, датчик температуры, Ethernet, USART, I²C, SPI, CAN, USB, часы реального времени и многое другое. Также нельзя не отметить широкую программную поддержку семейства STM32 как компанией STMicroelectronics, так и сторонними производителями ПО. Например, это библиотека стандартной периферии, аудиобиблиотека, DSP-библиотека, библиотека управления двигателями, бесплатные TCP/IP стеки с руководством по использованию.

Для более эффективного использования ресурсов ядра микроконтроллера реализован 12 канальный контроллер прямого доступа к памяти (DMA), позволяющий осуществлять параллельный обмен данными между периферийными устройствами, не затрагивая ресурсов ядра.

Обобщенная функциональная схема микроконтроллера STM32F107 представлена на рисунке 2.

Ethernet модуль микроконтроллеров STM32F107 имеет достаточно широкий набор функций, вот лишь некоторые из них:

- Соответствует стандарту IEEE802.3;
- Осуществляет передачу данных на скоростях 10 и 100 Мбит/с;
- Поддержка протокола IEEE1588 на аппаратном уровне;
- Поддерживает VLAN (виртуальная локальная сеть);
- Поддерживает Half-duplex (CSMA/CD) и Full-duplex режимы;
- Поддержка MAC control sublayer (подуровень управления доступом к среде).

Для упрощения процесса разработки Ethernet-приложений компания STMicroelectronics представила на сайте несколько рекомендаций по применению. Например, описано применение lwIP TCP/IP- и NicheLite™ TCP/IP-стеков. Также имеется подробное руководство по внутрисхемному программированию через Ethernet.

Полную информацию можно получить на сайте производителя по адресу: *http://www.st.com*.

Трансивер физического уровня

Следующим важным звеном при реализации Ethernet-интерфейса является трансивер физического уровня (PHY). Устройство физического уровня обеспечивает кодирование данных, поступающих от MAC-подуровня для передачи их по транспортной среде, синхронизацию передаваемых данных, а также прием и декодирование данных. Трансиверы могут подключаться как к медному проводу, так и к оптическому кабелю.

Одной из последних разработок компании STMicroelectronics является трансивер **ST802RT1.** Он имеет два исполнения. **ST802RT1A** – для работы с витой парой (рисунок 3). **ST802RT1B –** для работы с оптическим приемопередатчиком (рисунок 4).

Основные возможности трансивера ST802RT1:

- Поддерживает IEEE802.3 10Base-T и IEEE802.3u 100Base-TX, 100Base-FX (только для ST802RT1B);
- Работает в режиме Full-duplex (дуплекс) на скоростях 10 и 100 Мбит/с;

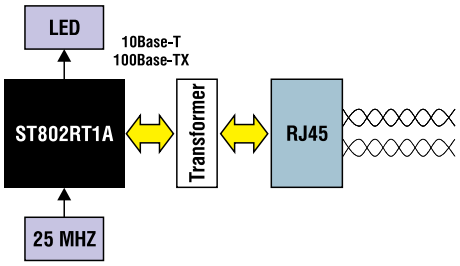

Рис. 3. **Трансивер ST802RT1A для работы с витой парой**

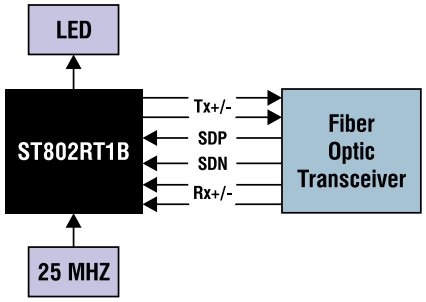

Рис. 4. **Трансивер ST802RT1B для работы с оптическим приемопередатчиком**

• Auto MDI-X. Эта функция позволяет использовать для подключения как прямой, так и кроссовый кабель. Трансивер сам выберет тип кабеля;

• Auto-negotiation. Эта функция автоматического определения типа сети, позволяющая существенно облегчить жизнь пользователям сети. Функция автодиалога или автосогласования (так можно перевести auto-negotiation) позволяет адаптерам, в которых предусмотрено переключение скорости передачи, автоматически подстраиваться под скорость обмена в сети. При этом пользователь сети не должен следить за тем, на какую скорость обмена настроена его аппаратура: система сама выберет максимально возможную скорость;

• Режим Loop-back для тестирования состояния линии;

• MII/RMII-интерфейс для связи с MAC-контроллером;

• MDC/MDIO-интерфейс для управления работой трансивера;

• Расширенный температурный диапазон: -40…105°C.

Рассмотрим подробнее подключение трансивера к микроконтроллеру. Для связи MAC с устройством физического уровня используется один из трех интерфейсов: MII, RMII или SMII.

Интерфейс MII (рисунок 5) состоит из двух частей: собственно канала приема-передачи данных (MII) и служебного канала управления (MDIO и MDC). Все операции интерфейса MII выполняются в синхронном режиме.

Канал передачи данных MII содержит следующие сигналы:

• MII_TXD (3..0) – группа параллельных сигналов данных, которые поступают в трансивер из MAC;

• MII_TX_CLK – частота для тактирования передачи данных. Вырабатывается в трансивере и передается в MAC: 2,5 МГц для операций 10 Мбит/с, 25 МГц для операций 100 Мбит/с;

• MII_TX_EN – разрешение передачи. MAC устанавливает этот сигнал, когда установлены достоверные данные на передачу;

• MII_CRS – опрос несущей. В течение полудуплексной операции трансивер устанавливает этот вывод, когда передает или принимает пакеты данных. В течение дуплексной операции CRS устанавливается при приеме;

• MII_COL – детектирование коллизии. Трансивер устанавливает этот вывод, когда обнаружено столкновение на линии. Этот вывод остается высоким во время столкновения на линии. Этот сигнал – асинхронный и неактивен в течение дуплексной операции;

• MII_RXD (3..0) – группа параллельных сигналов данных, выдаются из трансивера в MAC-контроллер;

• MII_RX_CLK – частота для тактирования приема данных. Вырабатывается в трансивере и передается в MAC: 2,5 МГц для операций 10 Мбит/с, 25 МГц для операций 100 Мбит/с;

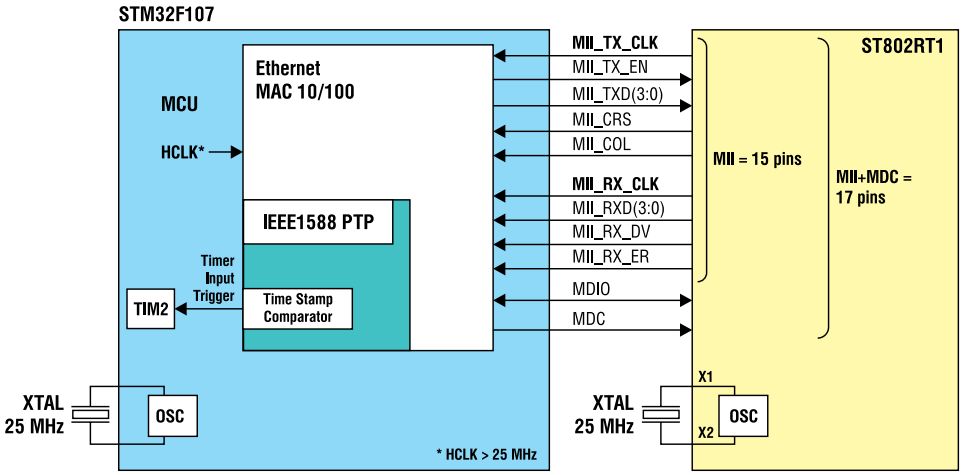

Рис. 5. **Структура интерфейса MII**

• MII_RX_DV – достоверность принятых данных. Трансивер устанавливает этот сигнал, когда он получает достоверный пакет данных и, соответственно, выдает достоверные данные на RXD;

• MII_RX_ER – ошибка приема. Трансивер сообщает о том, что в приемном потоке данных произошла ошибка.

Служебный канал содержит следующие сигналы:

• MDC – частота для последовательного канала данных MDIO;

• MDIO – двунаправленный последовательный канал данных для связи с регистрами управления трансивера.

Наряду с программным конфигурированием, можно использовать аппаратное. Суть аппаратного конфигурирования заключается в том, что трансивер непосредственно после сброса считывает состояние нескольких выводов. Каждый из считываемых выводов отвечает за определенную функцию. Задание состояния вывода осуществляется его подтяжкой через резистор 2,2 кОм (такой номинал рекомендован производителем) на питание или ноль. Аппаратно можно задавать следующие функции:

• Выбор MII/RMII интерфейса для связи с MAC-контроллером;

• Задание скорости передачи: 10 или 100 Мбит/с;

• Задание режима: Half-duplex или Full-duplex;

• Разрешение или запрещение Auto-negotiation;

• Разрешение или запрещение Loop-back;

• Задание адреса трансивера.

Кроме интерфейса MII можно использовать «сокращенный» MII – RMII (Reduced MII). Этот трансивер имеет возможность работать с сокращенным набором сигналов интерфейса MII. В таком режиме работы разрядность шин RXD и TXD сокращается вдвое, но соответственно вдвое поднимается частота синхронизации MAC. Такое решение позволяет упростить конструкцию печатной платы и сократить количество используемых выводов микроконтрол-

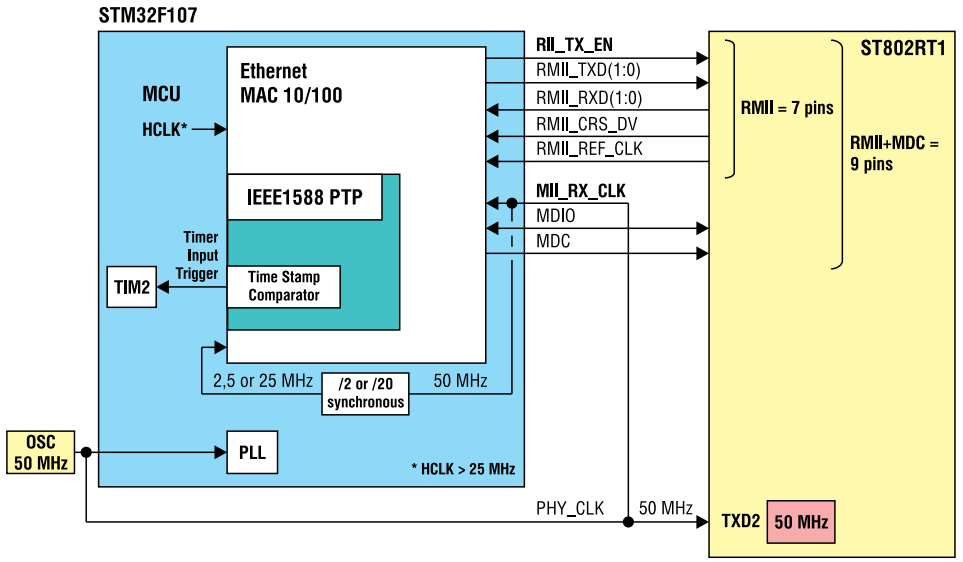

Рис. 6. **Структура интерфейса RMII**

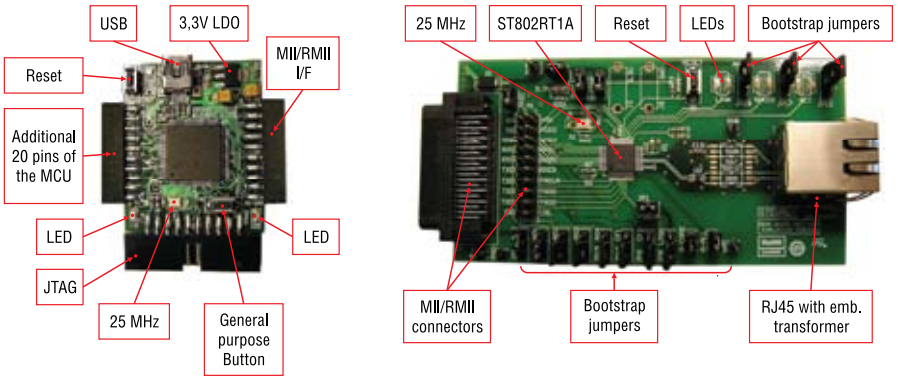

Рис. 7. **Отладочный набор STEVAL-PCC010V1**

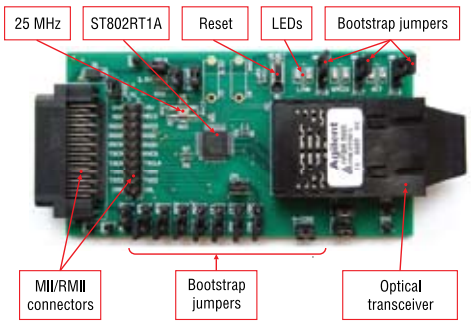

Рис. 8. **Отладочный набор STEVAL-PCC011V1**

лера. В ряде случаев возможно использовать единую частоту синхронизации для MAC и PHY.

Интерфейс RMII имеет сокращенный набор сигналов и полностью совместим с IEEE 802.3u. Он позволяет работать в режимах 10 и 100 Мбит/с, имеет частоту синхронизации 50 МГц. Реализация представлена на рисунке 6.

Кроме ST802RT1 можно упомянуть **STE101P.** Основное отличие – это наличие интерфейса SMII. Интерфейс имеет сокращенный набор сигналов и полностью совместим с IEEE 802.3u. Он поддерживает режимы работы 10 и 100 Мбит/с.

Интерфейс SMII состоит из сигнала для приема данных от MAC в PHY, сигнала для передачи данных в MAC из PHY, сигнала синхронизации и общего опорного синхросигнала. Сигналы SMII синхронизированы на частоте 125 МГц. Высокая скорость работы интерфейса требует соответственно более тщательной разводки топологии печатной платы. Главное достоинство SMII – минимальное количество задействованных выводов.

Компания STMicroelectronics предлагает разработчикам два отладочных набора на базе микроконтроллера STM32F107 и трансиверов серии ST802RT1.

STEVAL-PCC010V1 – набор на основе трансивера ST802RT1A – для работы с витой парой. Набор состоит из двух плат (рисунок 7).

На первой плате расположен микроконтроллер STM32F107 с Ethernet MAC-блоком на борту. Имеется кнопка сброса микроконтроллера (Reset) , пара светодиодов (Led) и кнопка общего назначения (General purpose Button). На плате установлен стандартный 20-контактный разъем JTAG для отладки. Для тактирования микроконтроллера установлен кварцевый резонатор на 25 МГц. Питание осуществляется от USB через преобразователь 3,3 В LDO. Также на плате установлен дополнительный 20-контактный разъем для подключения к плате внешней периферии. На второй плате установлен трансивер ST802RT1A. Для тактирования микросхемы установлен кварцевый резонатор на 25 МГц. 12 перемычек позволяют аппаратно задавать начальную конфигурацию трансивера. Соединение двух плат осуществляется через 20-контактный разъем (MII/RMII connectors).

STEVAL-PCC011V1 – набор на основе трансивера ST802RT1B для работы с оптическим приемопередатчиком (рисунок 8). Основное отличие от PCC010V1 – оптический приемопередатчик **Agilent HFBR5803,** установленный вместо разъема RJ45.

Защита Ethernet-порта

В качестве защиты Ethernet-порта обычно используются диодные сборки. SLVU2.8 – защитная диодная сборка, производимая компанией STMicroelectronics. Подробная статья о ней опубликована в восьмом номере журнала «Новости электроники» за текущий год.

Микросхема подачи питания через Ethernet

Power-over-Ethernet, или PoE – технология, позволяющая использовать имеющиеся кабели Ethernet для одновременной передачи данных и подачи электропитания. Это устраняет необходимость в применении дополнительных кабелей питания.

Данная технология предназначается для IP-телефонии, IP-камер, сетевых концентраторов и других устройств, к которым нежелательно или невозможно проводить отдельный электрический кабель.

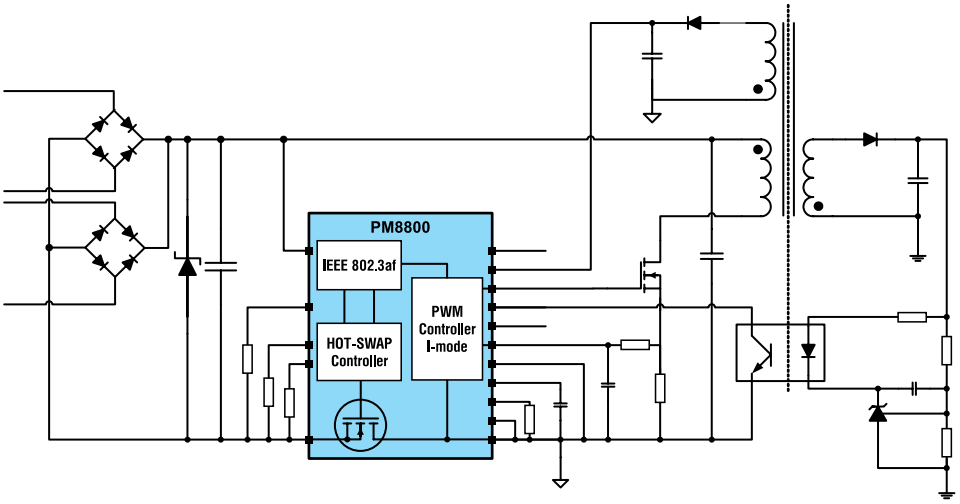

Рис. 9. **Структура PM8800**

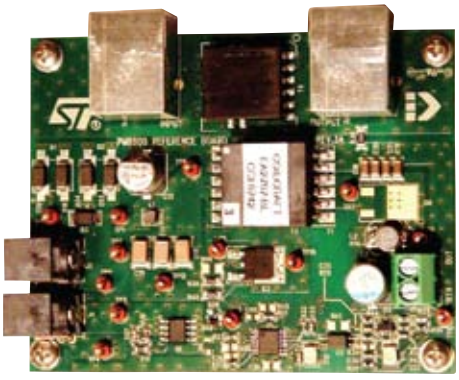

Рис. 10. **Демоплата PM8800 demonstration kit**

Power-over-Ethernet стандартизирована по стандарту IEEE 802.3af. Существует несколько вариантов этой технологии, предшествующих данному стандарту, но они мало распространены.

Согласно стандарту IEEE 802.3af обеспечивается постоянный ток с номинальным напряжением 48 В (мин. = 36 В, макс. = 57 В) через две пары проводников с максимальным током 400 мА. Стандарт определяет пять классов устройств, питаемых по PoE: 0...4. Каждому классу соответствуют свои параметры мощности и тока. Наиболее распространен первый класс. Для него входной ток равен 120 мА, а мощность может варьироваться от 0,44 до 3,84 Вт. Четвертый класс не используется и зарезервирован на будущее.

Для подачи энергии используются, как правило, свободные витые пары 4/5 и 7/8. Предусмотрено и фантомное питание через передатчик по витым парам 1/2 и 3/6.

Компания STMicroelectronics предлагает несколько микросхем PoE (PM8800, PM8803). Остановимся подробнее на микросхеме PM8800 (рисунок 9).

Основные возможности PM8800:

- Поддерживает IEEE 802.3af;
- Две схемы включения: с изоляцией по питанию и без изоляции;
- Работает с двумя источниками питания: от Ethernet и от вспомогательного (локального);
- Функция мягкого старта и другие функции защиты.

Подробное описание с примерами схем включения можно найти в техническом описании на микросхему.

Приятным бонусом от производителя является демонстрационная плата — PM8800 demonstration kit (рисунок 10). К плате прилагается подробное описание со схемами и разводкой.

Изолирующий трансформатор и разъем RJ45

Рекомендации по выбору изолирующего трансформатора и разъема RJ45 приведены в описании трансивера. Можно использовать разъем со встроенным изолирующим трансформатором. В случае использования оптической линии связи вместо трансформатора и разъема устанавливается оптический приемопередатчик.

Заключение

Компания STMicroelectronics предоставляет пользователям все необходимые аппаратные средства для реализации Ethernet-канала в своих разработках: высокопроизводительные и недорогие микроконтроллеры на базе ядра ARM Cortex™-M3, трансиверы физического уровня, защитные диодные сборки, линии передачи и микросхемы PoE.

Это является основным конкурентным преимуществом, т.к. производитель уже проработал все вопросы сопряжения микросхем цепи Ethernet. Разработчик может пользоваться готовыми наработками компании STMicroelectronics и сэкономить свое время.

Также для ускорения и упрощения процесса разработки компания предлагает широкий выбор отладочных плат. На сайте можно найти большое количество рекомендаций по применению и примеров программного кода.

В заключение хочется отметить, что использование элементной базы одного производителя позволяет уменьшить общую стоимость изделия, поскольку «пакетные» закупки комплектующих всегда более выгодны в финансовом плане.

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

Кирилл Автушенко (КОМПЭЛ)

STM8L: ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ РЕШЕНИЕ

*В семействе **низкопотребляющих восьмибитных микроконтроллеров STM8L** компании **STMicroelectronics** – пополнение: линейки **STM8L101x** и **STM8L15x/162.** Статья – своего рода инструкция для разработчиков по оптимальному использованию различных **режимов энергосбережения,** предусмотренных для этих микроконтроллеров.*

Несмотря на постоянное удешевление 16- и 32-битных микроконтроллеров, 8-битные не сдают позиций, особенно в области систем с низким энергопотреблением. Очередным доказательством этого утверждения следует считать новую серию микроконтроллеров **STM8L** [1] (рис. 1) компании **STMicroelectronics.** Микроконтроллеры серии STM8L обладают рекордно низкими токами утечки, а также рядом особенностей, позволяющих добиться в активном режиме потребления на уровне 150 мкА/МГц.

Особенности архитектуры

Несмотря на то, что изделия семейства STM8L являются микроконтроллерами с 8-битной Гарвардской архитектурой, их ядро имеет ряд особенностей, значительно повышающих конечную производительность:

- 32-битный интерфейс памяти программ позволяет производить выборку большинства команд за один цикл;
- 16-битные индексный регистр и регистр указателя стека обеспечивают повышенную плотность кода и скорость работы с табличными данными;
- усовершенствованные механизмы работы с указателем стека, что обеспечивает улучшенную поддержку СИ-кода и операционных систем реального времени (RTOS);
- 16 Мб линейное адресное пространство;
- расширенный набор методов адресации позволяет добиться большей эффективности СИ-кода и обеспечивает высокую плотность исполняемого кода;
- расширенный набор инструкций повышает скорость выполнения арифметических операций.

В ядре микроконтроллеров используется трехступенчатый конвейер, позволяющий выполнять большинство команд за один такт, что приводит к повышению пиковой производительности до 16 CISC MIPS при тактовой частоте 16 МГц. Эти и другие особенности микроконтроллеров семейства STM8L подробно рассматриваются в [2] (электронная версия доступна на *http://www.compeljournal.ru/enews/2010/6/3*).

Вся линейка STM8L производится по технологии 130 нм, позволяющей получать структуры с ультранизкими токами утечки. Встроенный регулятор напряжения позволяет микроконтроллерному ядру работать с максимальной производительностью при питании устройства в широком диапазоне входных напряжений от 1,65 до 3,6 В. Данная особенность позволяет значительно увеличить время работы микроконтроллера от батарейных элементов питания.

Режимы энергосбережения микроконтроллеров STM8L

В связи с тем, что семейство STM8L ориентировано на применение в устройствах с пониженным энергопотреблением, естественной их особенностью является наличие различных режимов энергосбережения. Общие характеристики режимов и их особенности, представлены в таблице 1.

STM8L101

Микроконтроллеры данной линейки имеют три режима пониженного энергопотребления:

- Wait – CPU остановлен, периферия работает;
- Active-halt – CPU остановлен, AWU и WDT продолжают работать;
- Halt – тактирование CPU и периферии прекращено.

STM8L15x/162

В этой линейке микроконтроллеров реализовано пять режимов энергосбережения:

- Wait – CPU остановлен, периферия работает;
- Low power run – программа выполняется из RAM с тактированием медленными осцилляторами (LSI, LSE), выбранная периферия активна;
- Low power wait – CPU остановлен, выбранная периферия активна;
- Active-halt – CPU остановлен, AWU, WDT и RTC продолжают работать, если включены;
- Halt – тактирование CPU и периферии прекращено (все остановлено).

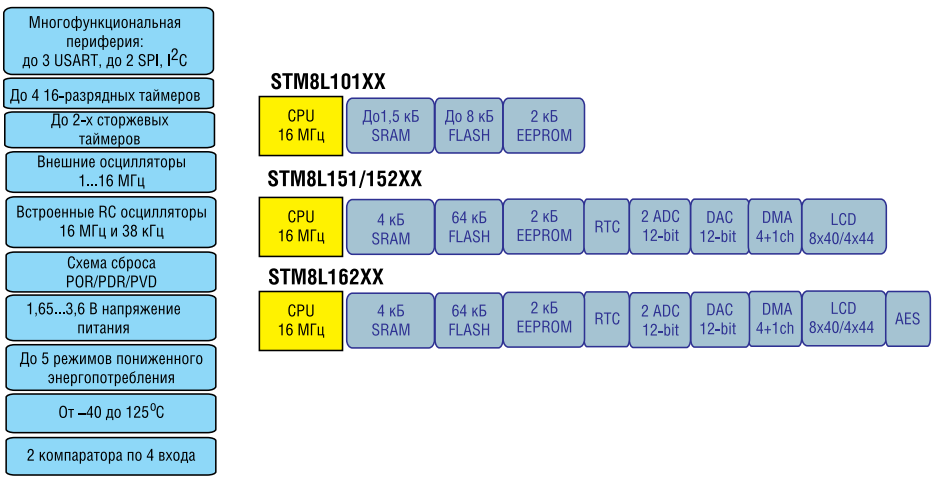

Рис. 1. **Структура семейства МК STM8L**

Таблица 1. **Режимы пониженного энергопотребления STM8L**

Режимы пониженного энергопотребления	Функциональные блоки							Энергопотребление, мкА	
	ЦПУ	Периферия	Основной осцил (HSI)	RTC	LSI LSE	Флэш-память	RAM	@ 3V/25°C	@ 3V/85°C
Low power run*	ВКЛ	выборочно	ВЫКЛ	ВКЛ	ВКЛ	ВЫКЛ	ВКЛ	5,4	6,8
Low power wait*	ВЫКЛ	выборочно	ВЫКЛ	ВКЛ	ВКЛ	ВЫКЛ	ВКЛ	3,3	4,4
Active-halt (RTC тактир-ся HSI)*	ВЫКЛ			ВКЛ	ВКЛ	ВЫКЛ	ВКЛ	1,0(1)	1,4
Active-halt (RTC тактир-ся LSI)				ВЫКЛ	ВКЛ	ВЫКЛ	ВКЛ	0,8(1)	1,2
Halt				ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВКЛ	0,35(1)	1,0

* только для STM8L15x/162
(1) — BOR и внутреннее опорное напряжение отключены
RTC — real time clock; HSI — High Speed Internal oscillator; LSI — Low Speed Internal oscillator; LSE — Low Speed External oscillator.

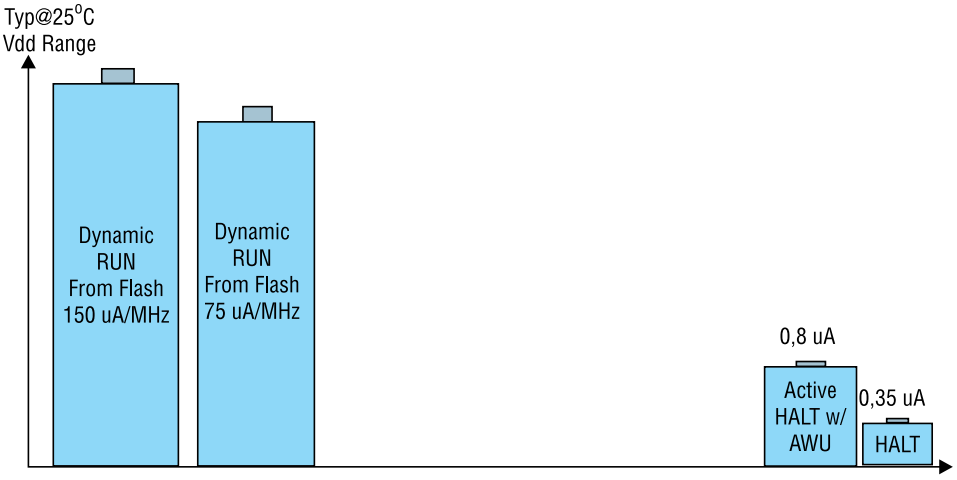

Рис. 2. **Энергопотребление МК линейки STM8L101x**

Особенности работы памяти

Flash-память всех линеек серии STM8L поддерживает режим низкого энергопотребления IDDQ, в котором память, по сути, является неактивной. Flash-память автоматически переходит в IDDQ-режим, когда микроконтроллер входит в Halt, Active-halt или Low power wait режимы.

Линейки STM8L15x/162 также имеют специальный флаг EEPM в регистре управления Flash-памятью FLASH_CR1. Если данный флаг установлен, то Flash-память автоматически входит в IDDQ-режим, когда программа исполняется из RAM-памяти или микроконтроллер находится в Wait-режиме.

Если Flash-память находится в IDDQ-режиме, то время восстановления и выхода из режимов пониженного энергопотребления увеличивается (вплоть до 2,8 мкс) и зависит от напряжения питания микроконтроллера и его температуры. Кроме того, из-за разницы в размерности шины данных и программ (Flash — 32 бита, RAM — 8 бит), программа из RAM выполняется медленнее, чем из Flash.

Далее рассмотрены особенности функционирования микроконтроллера в энергосберегающих режимах. На рисунке 2 проиллюстрировано потребление МК линейки STM8L101x в различных режимах. Более подробно с процедурами входа и выхода из режимов можно ознакомиться в [3].

Микроконтроллеры семейства **STM8L** обладают рекордно низким потреблением и при температуре 85°C. Это достигается за счет особой 130 нм технологии, обеспечивающей сверхнизкие токи утечки, и низкого внутреннего напряжения питания ядра. У других популярных 8-битных аналогов показатели энергопотребления меняются на порядок при повышении температуры.

Wait-режим

Предусмотрено 2 типа Wait-режима: WFI (wait-for-interrupt — ожидание прерывания) и WFE (wait-for-event — ожидание события). Вход в эти режимы осуществляется одноименными командами. Для успешного входа в режимы должно быть разрешено хотя бы одно прерывание или событие, соответственно.

Выход из режимов осуществляется:

- для WFI — по прерываниям от интерфейсов, AWU/RTC, ADC, компаратора, таймеров, внешнего источника прерывания, по команде переключения тактового источника (см. «Управление тактированием»);
- для WFE — по событиям от интерфейсов, ADC, компаратора, таймеров, внешнего источника прерывания.

При выходе из режимов выполняется подпрограмма обработки прерывания или события, и выполнение программы продолжается. В случае возникновения прерывания в режиме WFE, исполняется соответствующая подпрограмма обработки прерывания, а затем микроконтроллер снова возвращается в режим WFE.

Low power run-режим

Режим основан на выполнении программы из RAM-памяти с использованием низкочастотного источника тактовых импульсов. Flash-память при этом находится в режиме IDDQ. Работа АЦП не поддерживается данным режимом, т.к. АЦП требует для своей работы тактовой частоты не ниже 1 МГц. Обработка прерываний в данном режиме также недоступна — таблица векторов расположена во Flash, а она включена. Данный режим доступен только в линейках STM8L15x/162.

Low power wait

Переход в этот режим осуществляется из Low power run режима путем выполнения команды WFE. Обратный переход происходит только по внутреннему или внешнему событию. WFI-инструкция не может использоваться из-за невозможности разрешения и обработки прерываний.

Active halt-режим

В данном режиме тактирование ЦПУ и почти всей периферии прекращено. Активным остаются только LSI- и LSE-источники, которые используются для тактирования SWIM-, WDT-, RTC- или LCD-модулей. Вход в режим осуществляется командой HALT в случае, когда активен хоть один из перечисленных выше модулей периферии. Время выхода из режима в стандартный активный режим занимает около 4 мкс.

Halt-режим

В этом режиме системное тактирование прекращено. Это означает, что ЦПУ и все модули периферии неактивны, за исключением следующих случаев:

- HSI активен, если он используется как тактовый источник для SWIM (однопроводной интерфейс);
- системное тактирование не прекращается, если выполняется процедура записи в Flash или EEPROM;
- LSI активен, если он используется для тактирования SWIM или WDT.

Вход в режим осуществляется командой HALT. Перед выполнением данной инструкции необходимо очистить флаги всех необработанных прерываний, иначе выход из Halt-режима произойдет сразу после входа в него.

Выход из режима осуществляется по приходу внешнего прерывания от порта ввода-вывода, предварительно сконфигурированного в качестве источника прерывания. Выход из режима происходит за 5…6 мкс. Данный режим следует использовать для построения приложений, основная работа которых состоит в обработке внешних прерываний.

На рисунке 3 проиллюстрировано потребление МК линеек STM8L15x/162 в различных режимах.

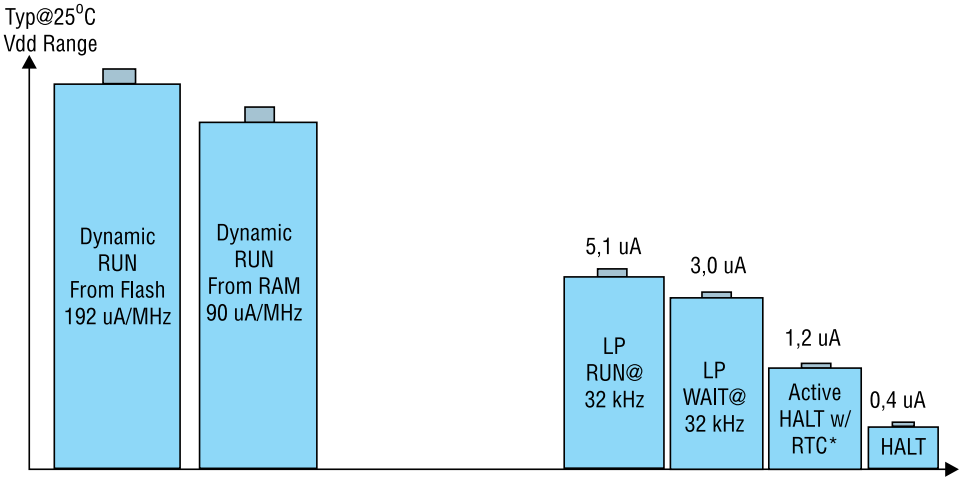

Рис. 3. **Энергопотребление МК линеек STM8L15x/162**

Схема питания STM8L

Одной из особенностей микроконтроллеров семейства STM8L, позволяющей добиться дополнительного снижения энергопотребления, является наличие двух внутренних регуляторов напряжения – MVR и LPVR.

MVR-регулятор — это основной регулятор питания, обеспечивающий напряжение питания ядра микроконтроллера на уровне 1,8 В и ток до 25 мА. Регулятор используется только при стандартных режимах работы микроконтроллера, т.к. сам потребляет значительный ток.

LPVR-регулятор обладает очень низким собственным током потребления и обеспечивает питание ядра напряжением 1,55 В и током до 200 мкА. Этот регулятор используется для работы МК в различных режимах пониженного энергопотребления.

При сбросе МК включается MVR, который обеспечивает питание 1,8 В цифровой части микроконтроллера. В зависимости от текущего режима энергопотребления он может быть выключен, и тогда его функции примет LPVR. Напряжение питания ядра отслеживается системами POR/PDR (power-on-reset/power_down-reset), которые обеспечивают корректность запуска и сброса МК. Ниже приводится описание способов включения регуляторов для различных линеек микроконтроллеров серии STM8L:

- в Run- и Wait-режимах напряжение питания ядра обеспечивается обоими регуляторами;
- в LPR-(Low Power Run) и LPW-(Low Power Wait) режимах питание обеспечивает LPVR, MVR — выключен;
- в Active halt-режиме в ходе halt-фазы пользователь сам может назначать активный регулятор;
- в Halt-режиме автоматически используется LPVR-регулятор, MVR — выключен.

Микроконтроллеры STM8L15x/162 содержат детектор напряжения питания (BOR – Brownout detector), который гарантирует правильную работу аналоговой периферии. Этот детектор включен по умолчанию, но может быть отключен пользователем для того, чтобы дополнительно снизить энергопотребление микроконтроллера примерно на 2,8 мкА.

Управление тактированием

Энергопотребление микроконтроллера линейно зависит от тактовой частоты работы ядра и периферии: Idyn = C · V^2 · f, где

C — паразитная емкость транзисторов;

V — напряжение питания микросхемы;

f — тактовая частота.

Таким образом, управление частотами тактирования ядра и различных модулей оказывает значительное влияние на общее энергопотребление микроконтроллера. Рассмотрим особенности тактирования ядра и периферии у различных линеек STM8L.

STM8L101

Данная линейка микроконтроллеров имеет два возможных источника тактирования:

- внутренний высокоскоростной осциллятор на 16 МГц (HSI – high speed internal), используемый для тактирования ядра микроконтроллера;
- внутренний низкоскоростной осциллятор на 38 кГц (LSI – low speed internal), используемый для тактиро-

Таблица 2. **Источники тактирования STM8L15x/162**

	HSE осцил.	HSE генер.	HSI	LSE генер.	LSE резон.	LSI
Цена	Низ. – средн.	Низ. – высок.	–	Низ. – средн.	Низ. – средн.	–
Точность	~ppm/%	генератор	~%	генератор	~ppm	~%
Потребление	TBD	Выс./средн.	100…200 мкА		TBD	100…400 нА
Установление	2 мс	генератор	2 мкс	генератор	TBD	TBD
Примечание	кристалл или керамический резонатор	внешний генератор	внутренний	внешний генератор	часовой кварц	внутренний

вания сторожевого таймера (IWDG) и устройства автоматического выхода из sleep-режимов (AWU — auto-wakeup unit).

После сброса микроконтроллера в качестве системного сигнала тактирования автоматически выбирается HSI/8. После этого, пользователь может назначить другой сигнал тактирования с помощью несложной процедуры:

- выбрать делитель (/1, /2, /4 или /8) для внутреннего источника (HIS), используя HSIDIV[1:0] биты в регистре CLK_CKDIVR.

Тактирование любого модуля периферии может быть независимо включено или отключено для обеспечения режима минимального энергопотребления.

STM8L15x/162

Для тактирования системы в данной линейке используются несколько типов источников тактовых импульсов:

- внешний высокоскоростной осциллятор 1…16 Мгц (HSE crystal);
- внешний высокоскоростной генератор до 16 Мгц (HSE bypass);
- внутренний высокоскоростной осциллятор 16 МГц (HSI);
- внешний низкоскоростной осциллятор 32,768 кГц (LSE);
- внутренний низкоскоростной осциллятор 38 кГц (LSI).

Каждый источник тактовых импульсов может быть включен или отключен в зависимости от текущих потребностей системы. Тактирование любого модуля периферии также может быть независимо включено или отключено. Одновременно может быть включено любое количество источников. Все эти особенности позволяют добиться оптимального энергопотребления в зависимости от решаемых контроллером задач. Особенности каждого из источников тактирования приводятся в таблице 2.

После сброса микроконтроллера в качестве системного сигнала тактирования автоматически выбирается HSI/8. После этого пользователь может назначить другой сигнал тактирования с помощью несложной процедуры:

- выбрать делитель (/1, /2, … /128) для внутреннего источника (HIS), используя CKM[2:0] биты в регистре CLK_CKDIVR;
- изменить источник тактирования (HSE, LSE или LSI).

Перед тем, как отключить любой из источников тактовых импульсов (HSI, HSE и т.д.), пользователь должен убедиться в том, что данный источник больше не используется для тактирования ядра. Это означает, что источник может быть выключен только после того, как был установлен флаг SWIF. Если пользователь попробует отключить источник до того, как флаг будет установлен аппаратно, то отключения не произойдет, т.к. система до сих пор использует обозначенный источник для своего тактирования.

В связи с тем, что переключение тактового источника может производиться в Wait-режиме (например, если HSE выбран новым источником), исполнение процедуры переключения источников может вывести MCU из Wait-режима. Это позволяет синхронизировать AWU с новым источником.

Переключение источников тактового сигнала может также применяться в начале и в конце любой рабочей подпрограммы или процедуры обработки прерываний для повышения скорости ее выполнения (например, если для тактирования системы используется LSI, но некоторые подпрограммы требуют более быстрого исполнения с применением HSI).

Влияние тактирования на энергопотребление

В дополнение к переключению источников тактирования, микроконтроллеры предоставляют ряд возможностей для оптимизации энергопотребления:

- любое тактирование периферии может быть включено или отключено настройками, производимыми в регистрах CLK_PCKENRx. Т.к. микроконтроллеры серии STM8L ориентированы на минимальное энергопотребление, то все тактирование периферии выключено по умолчанию. Для работы периферийных модулей тактирование всегда необходимо предварительно включать;
- для линейки STM8L101x может быть выбран делитель в диапазоне от 1 до 8 (биты HSIDIV[1:0] в регистре CLK_CKDIVR);
- для линейки STM8L15x/162 может быть выбран делитель в диапазоне от 1 до 128 (биты CKM[2:0] в регистре CLK_CKDIVR).

Снижение тактовой частоты приводит к снижению энергопотребления, но не является хорошим решением для всех случаев. Естественно, при снижении тактовой частоты снижается также производительность микроконтроллера, поэтому для выполнения действий и вычислений требуется большее время, что может привести к увеличению суммарного потребления. Для снижения среднего потребления более удачным решением может оказаться исполнение операций на более высокой частоте за малое время, с последующим переходом микроконтроллера в режим с выключением тактового сигнала. Данная ситуация должна приниматься во внимание при разработке устройств, обладающих минимальным энергопотреблением.

Методы снижения энергопотребления

Все микроконтроллеры семейства STM8L выполнены по CMOS-технологии. В устройствах такого типа полное энергопотребление является суммой статического и динамического потреблений:

- статическое потребление — определяется энергией, затрачиваемой на поляризацию транзисторов, а также токами утечки транзисторов. Именно оно определяет потребление микросхемы в режиме, когда тактовый генератор выключен;
- динамическое потребление — определяется энергией, затрачиваемой на перезарядку паразитной емкости подзатворного слоя при переключении транзисторов. Динамическое потребление определяется величиной емкости, напряжением питания транзисторов, а также частотой их переключения:

Динамическое потребление является определяющим в режимах работы микроконтроллера, когда тактовый генератор запущен. В этом случае, статическое потребление пренебрежимо мало.

Как было сказано выше, микроконтроллеры STM8L выполнены по особой 130 нм технологии, обеспечивающей ультранизкие значения токов утечки. Таким образом, статическое потребление микроконтроллеров очень мало, а динамическое потребление может быть снижено следующими методами:

1) снижение напряжения питания микроконтроллера — влияет на динамические потери. Для микроконтроллеров серии STM8L данный метод имеет малое значение, т.к. все линейки STM8L снабжены встроенными регуляторами напряжения (см. «Схема питания»), и выигрыш получается незначительным;

2) снижение частоты тактирования ЦПУ для задач, не требующих высокой производительности;

3) отключение питания и тактирования неиспользуемых модулей периферии — один из самых эффективных способов снижения энергопотребления;

4) использование режимов пониженного энергопотребления;

5) при работе с внешними сигналами, требующими подвязки к питанию для задания неактивного уровня, следует использовать встроенные резисторы подтяжки портов и отключать их в начале процедуры обработки прерывания

Средства отладки и программирования

Для быстрого освоения микроконтроллеров серии STM8L компания STMicroelectronics предлагает ряд отладочных наборов. Все отладочные наборы можно разделить на два типа:

- оценочные платы — предназначены для знакомства с линейками STM8L101 и STM8L15x;
- демонстрационная плата — для линейки STM8L15x.

Оценочные платы представлены тремя изделиями — STM8L-Discovery,

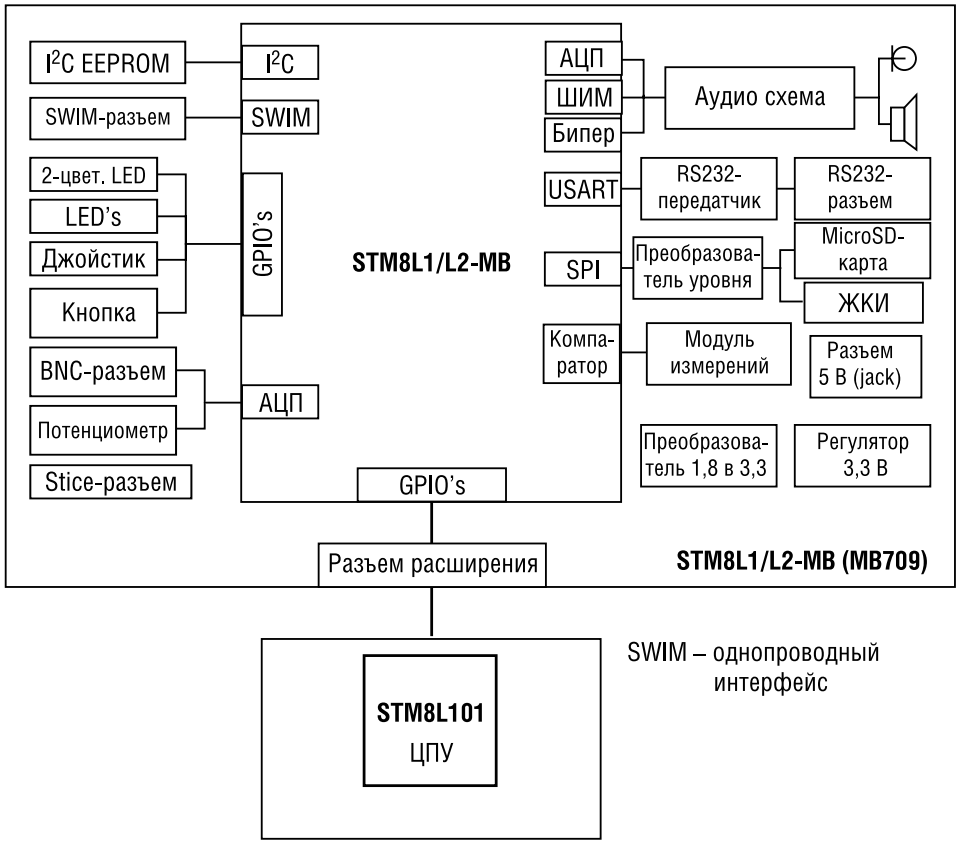

Рис. 4. **Энергопотребление МК линеек STM8L15x/162**

STM8L101-EVAL и STM8L1526-EVAL. STM8L101-EVAL содержит в своем составе:

- микроконтроллер соответствующей линейки;
- микросхему EEPROM;
- ЖКИ 122x32 с последовательным интерфейсом;
- светодиоды;
- механический джойстик;
- разъем для micro-SD карты.

Блок-схема оценочной платы STM8L101-EVAL приведена на рисунке 4.

Для начального знакомства с МК серии STM8L лучше всего подойдет оценочная плата STM8L-Discovery (рис. 5). Одним из достоинств этой платы является ее низкая цена (порядка 20$). В ближайшее время данная оценочная плата будет доступна на складе КОМПЭЛ.

Более подробную информацию об отладочных платах можно найти на сайте компании ST — *http://www.st.com/mcu/inchtml-pages-stm8_tools.html*, а отладочные средства и среды разработчика для микроконтроллеров семейства STM8 подробно рассмотрены в [4] (электронная версия доступна на *http://www.compeljournal.ru/enews/2010/6/4*).

Заключение

В статье была рассмотрена новая серия микроконтроллеров STM8L фирмы ST, обладающих очень низким энергопотреблением — 150 мкА/МГц (STM8L101x) и 192 мкА/МГц (STM8L15x/162) в активном режиме. Приведено описание различных стандартных режимов пониженного энергопотребления, а также даны рекомендации по методам обеспечения минимального энергопотребления.

Микроконтроллеры серии STM8L отлично подойдут для применения в тех направлениях, где низкое энергопотребление должно совмещаться со стоимостью и производительностью 8-битных микроконтроллеров. Для приложений, требующих значительно более высокой производительности, компания STMicroelectronics выпускает серию МК **STM32L** [5] (электронная версия доступна на *http://www.compeljournal.ru/enews/2010/6/5*) на базе ядра Cortex-M3, имеющую идентичный STM8L набор периферийных модулей.

Рис. 5. **Внешний вид оценочной платы STM8L-DISCOVERY**

Литература

1. Алексей Пантелейчук «Новые 8-битные микроконтроллеры STM8L», журнал «Новости электроники», №14, 2009, сс. 26-28.
2. Джафер Меджахед (КОМПЭЛ) «Восемь преимуществ STM8», журнал «Новости электроники», №6, 2010, сс. 6-7.
3. AN3147 "STM8L family power management".
4. Попов Роман (КОМПЭЛ) «Микроконтроллеры STM8 «с нуля», журнал «Новости электроники», №6, 2010, сс. 8-14.
5. Алексей Пантелейчук «Новое семейство МК STM32L с ультранизким энергопотреблением», журнал «Новости электроники», №6, 2010, с.15.

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

ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ

Выпускает ли компания STMicroelectronics датчики давления?

Отвечает бренд-менеджер по продукции STMicroelectronics
Джафер Меджахед:

На днях компания STMicroelectronics выпустила на рынок новые МЭМС-датчики давления – **LPS001WP.** Эти датчики измеряют абсолютное давление с точностью 0,065 мбар в диапазоне от 300 до 1100 мбар. Преимущества МЭМС-технологии – высокая степень интеграции (размер корпуса 3x5 мм), а также полная совместимость со стандартными интерфейсами (I^2C и SPI). С помощью датчика LPS001WP, встроенного в портативное изделия (спортивное оборудование, навигаторы, смартфоны, и т.д.), можно измерить изменения в высоте положения изделия с точностью до ±80 см.

В настоящее время на рынке 32-разрядных микроконтроллеров на основе популярного ядра ARM Cortex-M3 довольно много конкурирующих друг с другом производителей. В чем преимущества или недостатки 32-битных решений STM32 компании STMicroelectronics?

Отвечает инженер по микроконтроллерам STMicroelectronics
Роман Попов:

Компания STMicroelectronics на данный момент является лидером в данном сегменте и предоставляет довольно обширную и продуманную линейку микроконтроллеров STM32 с первоклассной периферией, покрывающую большинство потребностей текущего рынка. Для промышленных и общих приложений предлагается довольно обширная линейка **STM32F1x,** в которой есть довольно серьезные устройства с большими объемами памяти – 1 МБ flash-памяти/96 кБ SRAM-памяти (Performance Line, Connectivity line) и всем современным набором высококлассной периферии. Также есть и недорогие устройства (Value Line), с оптимальным набором периферии и объемов памяти для конкуренции в 8-битном сегменте как по ценовому, так и по функциональному критерию. Для низко-потребляющих приложений предлагается линейка STM32L, особенность которой – ультранизкое энергопотребление до 270 нА в спящем режиме. Основные преимущества линеек на основе ядра ARM Cortex-M3 перед конкурентами – высокая надежность, высококлассная периферия, pin-to-pin-совместимость по всему семейству и широкая номенклатура. STMicroelectronics постоянно работает над усовершенствованием и расширением линейки STM32. Уже сейчас анонсирована новая высокопроизводительная линейка STM32F2x.

Какие средства разработки и отладки вы порекомендуете для начала работы с микроконтроллерами STM32 компании STMicroelectronics?

Отвечает инженер по микроконтроллерам STMicroelectronics
Роман Попов:

Под STM32 на данный момент существует очень большой выбор как аппаратных, так и программных средств разработки. С точки зрения аппаратных решений, есть довольно большой выбор оценочных наборов как от STMicroelectronics, так и от сторонних производителей – **Терраэлектроника, IAR, Keil, Raisonance** и другие. Наиболее простой и недорогой вариант для начала знакомства и работы с STM32 – это оценочный набор **STM32VLDiscovery.** Набор включает в себя микроконтроллер **STM32F100,** внешние компоненты и встроенный программатор/отладчик ST-Link, поддерживаемый такими популярными средами разработки, как **IAR EW, Keil uVision, Atollic TrueSTUDIO.** Также нам поступает много вопросов по наличию бесплатных средств ПО для STM32. По данному вопросу могу привести следующие варианты: **Eclipse/GCC** – бесплатно, **Atollic TrueSTUDIO/GCC –** ограничение только по функциональности среды, **Raisonance Ride7/GCC –** ограничение только в процессе отладки. В заключение можно сказать, что выбор средств разработки действительно очень большой, и я думаю, что каждый сможет выбрать себе подходящий вариант.