

№6 (86), 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
Николай Паничкин
Александр Райхман
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:
17 мая 2010 г.

СОДЕРЖАНИЕ

БРЕНД НОМЕРА: *STMICROELECTRONICS*

• Мы сохраняем традиции инноваций и лидерства <i>Бруно Котта</i>	3
• Восемь преимуществ STM8 <i>Джафер Меджахед</i>	6
• Микроконтроллеры STM8 «с нуля» <i>Роман Попов</i>	8
• Новое семейство МК STM32L с ультранизким энергопотреблением <i>Алексей Пантелейчук</i>	15
• Регистратор напряжений трехфазных сетей переменного тока <i>Александр Шатохин, Петр Макарычев</i>	16
• Решения для измерения мощности на основе МК STM <i>Алексей Пантелейчук</i>	21
• Новые МЭМС-датчики STMicroelectronics <i>Константин Староверов</i>	24
• Микросхемы для DC/DC-преобразователей от STMicroelectronics <i>Евгений Звонарев</i>	27
• Современные высоковольтные драйверы MOSFET- и IGBT-транзисторов <i>Андрей Никитин</i>	32



STMicroelectronics

В СЛЕДУЮЩИХ НОМЕРАХ

- Высоковольтные ИС управления от IR
- Современные приемопередатчики интерфейсов
- Системы сбора и обработки данных

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

ОТ РЕДАКТОРА



Уважаемые читатели!

Европейский производитель полупроводников **STMicroelectronics** — один из самых ярких примеров грамотной инновационной политики на рынке электронных компонентов. Когда-то компания соединила в одно целое французскую Thomson и итальянскую SGS. И та и другая возникли на огромном расстоянии от традиционных мест разработки и производства полупроводников. И тогда ST стала создавать центры разработки по всей Центральной Европе, а также — в Северной Африке, привлекая местные «светлые головы» к разработке. А для строительства в 2002 году второй очереди центра разработок и крупного производства во французских Альпах, в городке Кроль (*Crolles*) близ Гренобля, был создан временный альянс ST с тогдашними Philips и Motorola.

Philips и Motorola уже нет на рынке (теперь это NXP, On Semi и Freescale, соответственно), а

компания STMicroelectronics занимает пятое место в мировом рейтинге производителей полупроводников, сразу после Texas Instruments. У компании — 18000 патентов, а на новые разработки и исследования она тратит более двух миллиардов долларов в год. Для сравнения — на запуск инновационного центра в Сколково под Москвой планируется потратить четыре с половиной миллиарда. Но — рублей.

STMicroelectronics во многих случаях выступает как первопроходец технологии — достаточно вспомнить, что именно эта компания вывела на рынок первый 32-битный микроконтроллер на ARM-ядре Cortex. Инновации компания осуществляет во всех сегментах рынка электронных компонентов: от новых видов корпусирования до создания силовых МОП-транзисторов с уникальными характеристиками и оригинального инструментария и средств разработки. В качестве яркого примера можно привести МЭМС-датчики. STMicroelectronics — производи-

тель номер один этой продукции в мире, и если бы на изделиях ставили знак «МЭМС от ST — Inside», подобный маркировке «Intel Inside» на корпусах компьютеров, то многие с удивлением увидели бы её на культовой электронике нашего времени. В Apple'овском **i-Phone** функцию датчика ускорения выполняет акселерометр от STMicro. В игровой консоли **Wii** пульт управления построен на трехосевом МЭМС-гироскопе ST.

КОМПЭЛ уже несколько лет сотрудничает с компанией STMicroelectronics и готов ответить на все ваши запросы по этой продукции. Поэтому и на нашем офисе вы вполне можете представить табличку «STMicroelectronics Inside».

С уважением,
Геннадий Каневский

Бруно Котта

МЫ СОХРАНЯЕМ ТРАДИЦИИ ИННОВАЦИЙ И ЛИДЕРСТВА



STMicroelectronics — компания, в линейку продукции которой входят как «рабочие лошади», так и инновационные изделия, базирующиеся на самых передовых технологиях сегодняшнего дня. Об этом и о своей уверенности в грядущем росте рынка рассказывает в интервью редактору «Новостей электроники» Геннадию Каневскому региональный вице-президент, директор по продажам в Восточной Европе компании STMicroelectronics Бруно Котта.

Геннадий Каневский: Какие новейшие «звездные» продукты компании STMicroelectronics, по Вашему мнению, подходят для российского рынка электроники?

Бруно Котта: Несомненно, в первую очередь нам бы хотелось отметить семейства микроконтроллеров ST: 8-битные STM8 и 32-битные Cortex-M3 STM32 — оба семейства широкие, инновационные, развивающиеся, устойчивые, эффективные и рентабельные. Поддерживаемые всеми лидирующими поставщиками инструментария, эти две линейки охватывают большинство потенциальных применений наших клиентов, позволяя им реализовывать эффективные рентабельные проекты с минимальным сроком выхода на рынок.

Ведущий производитель аналоговых и силовых полупроводников, компания STMicroelectronics сохраняет свои традиции новаторства и лидерства, предлагая широкий ассортимент устройств от датчиков до мощных ИС, дополненных большой линейкой мощных дискретных компонентов. Наши продукты предоставляют каждому инженеру первоклассный выбор, который поможет оптимизировать КПД и уменьшить затраты на разработку. Мы бы посоветовали всем клиентам ST обратить внимание на нашу продукцию из серии «Мир аналога», включающую датчики и MEMS, усилители, интерфейсы, аналоговые сигнальные и преобразовательные микросхемы, а также устройства управления питанием и многое другое.

Используя разнообразные технологии в области производства кремневых пластин и корпусирования изделий (многие из них запатентованы) линейка ASSP (изделий специализированного применения) от ST, предназначенная для промышленных применений,

включает большой список проектных решений для многих промышленных систем: от освещения до устройств управления электроприводом, робототехники, автоматизации производства и автоматизированных систем учета и контроля энергоресурсов. Первой представив комбинированные аналоговые/цифровые/силовые технологии изготовления полупроводников (например, хорошо известную BCD — Биполярную-КМОП-ДМОП), ST продолжает разрабатывать новые ASSP, позволяющее создавать высокоэнергоэффективные системы с минимальной занимаемой на плате площадью.

Также мы предлагаем широкую линейку технологий и ИС для промышленных применений, включающих промышленную и бытовую автоматизацию, системы учета энергоресурсов, решения для управления электроприводом и освещения, в том числе — драйверы светодиодов. Полупроводники для устройств управления питанием являются сердцем сверхэффективных систем. ST предлагает крупнейшую в мире номенклатуру устройств, способствующих энергосбережению, большей удельной плотности мощности и меньшему потреблению в режиме ожидания. Производимая на основе нашего богатого опыта в производстве ИС управления питанием и в разработке технологий интеллектуального управления питанием продукция компании ST включает высокоинтегрированные преобразователи напряжения линейного и переключающего типов, силовые ключи и драйверы.

Г.К.: Что отличает новые семейства микроконтроллеров STM32 и STM8 от решений, предлагаемых конкурентами?

Б.К.: STMicroelectronics предлагает широкую линейку мощных 8-битных

микроконтроллеров и высокоэффективных 32-битных микроконтроллеров на ARM-ядре с широким ассортиментом периферийных устройств. Расширенная поддержка благодаря сочетанию гибких и мощных инструментальных средств разработки, обучающих курсов, консультаций и web-поддержки способствуют уменьшению времени выхода готовой продукции на рынок.

STMicroelectronics представляет новую 8-битную платформу, разработанную для того, чтобы достичь высокого значения КПД и рентабельности в широком диапазоне применений. Реализованная на 8-битного ядре и совокупности современных периферийных устройств, платформа STM8 производится с использованием запатентованной ST 130 нм технологии встроенной энергонезависимой памяти.

Семейство STM32 32-битных флэш-микроконтроллеров основано на техническом усовершенствовании ядра ARM Cortex™-M3, специально разработанного для встроенных применений. Преимущества семейства STM32 основаны на использовании усовершенствования архитектуры Cortex-3M. Теперь она включает набор команд Thumb-2, позволяющих сочетать увеличение КПД с лучшей плотностью кода, добиться значительно более быстрого отклика на прерывания в сочетании с лучшим в отрасли энергопотреблением.

Семейство STM32 — это новая степень свободы для пользователей микроконтроллеров. Оно предлагает полную 32-битную продуктовую линейку, которая сочетает в себе высокий КПД, реальное время, работу на низкой и высокой мощности, одновременно поддерживая полную интеграцию и простоту разработки. Совместимость выводов, периферии и ПО для всех устройств STM32 является основной технической характеристикой микроконтроллеров этого семейства.

ST расширяет свою широкую номенклатуру микроконтроллеров для автомобильной электроники с 8 бит до 32 бит, запустив в производство STM8A и STM56, соответственно. Эти две новые платформы позволяют охватить все ав-

томобильные применения: от экономичных до очень сложных.

Г.К.: В чем, по Вашему мнению, заключаются особенности российского рынка электронных компонентов, и как STMicroelectronics смогла приспособиться к ним? Как ST планирует развивать отношения с Россией и странами СНГ?

Б.К.: Мы считаем, что рынок СНГ продолжит свое развитие, поэтому мы укрепляем наши позиции там, чтобы иметь возможность предлагать более масштабную поддержку, в особен-


ности — техническую. Кроме того, мы запустили серьезную программу подготовки по нашим продуктам и их применениям для инженеров технической поддержки наших дистрибьюторов для того, чтобы десятки инженеров продвигали на рынке наши основные устройства.

Г.К.: Каков Ваш прогноз относительно состояния российского рынка?

Б.К.: Российский рынок определенно вырастет, у него есть огромный потенциал, который рано или поздно будет реализован, и инвестиции окупятся.

Г.К.: Что бы Вы хотели пожелать российским разработчикам электронной техники?

Б.К.: Нам бы хотелось иметь возможность встретиться с каждым и позволить им испытать преимущества наших продуктов. Чтобы достигнуть этого, мы укрепляем нашу локальную сеть и устанавливаем все более тесные партнерские отношения с нашими дистрибьюторами, включая специализированное обучение.

Помимо этого, мы планируем открыть Интернет-сайт STMicroelectronics на русском языке. Это моя давняя мечта. 



Производственный корпус STMicroelectronics в г. Катания, Сицилия

Продукция STMicroelectronics

Применение	Функциональная группа													
	Бытовая техника	Промышленная электроника	Автомобильная электроника	Беспроводная связь	Телекоммуникационное оборудование	Мультимедиа приложения	Портативные устройства	Медицинская техника	Управление двигателями	Источники питания	Световое оборудование	Системы безопасности и наблюдения	Аэрокосмические приложения	Торговое оборудование
8-бит МК (ST6, ST7, UPST, STM8)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•
16-бит МК (ST10)		•	•		•			•	•	•				•
32-бит МК (ARM7, ARM9, Cortex M3)	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•		•
32-бит МК Power PC Architecture		•	•			•		•	•					•
Микросхемы памяти (EEPROM)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•
NVRAM, часы реального времени	•	•	•		•	•	•	•	•			•		•
BT, ZigBee, GPS-чипы и модули	•	•		•	•	•	•					•		•
Акселерометры	•	•	•			•	•	•				•		•
Датчики сенсорной клавиатуры	•	•		•		•	•	•				•		•
Датчики (температуры, зазора)	•	•	•			•	•	•			•	•		
Мощные RF-транзисторы		•		•	•		•							
Полевые МОП, биполярные и IGBT-транзисторы	•	•	•		•	•		•	•	•	•	•	•	•
Микросхемы защиты	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•		•
Силовые компоненты														
АС/DC-преобразователи	•	•			•	•		•	•	•		•		•
Модули источников питания		•						•	•					
DC/DC-преобразователи	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•		•
Линейные регуляторы	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•
Источники опорного напряжения	•	•	•		•	•	•	•	•					•
Интеллектуальные силовые ключи		•	•				•	•	•		•			
MOSFET/IGBT-драйверы	•	•	•		•	•		•	•		•			
Диоды	•	•	•		•			•	•	•	•	•	•	•
Интерфейсы	•	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•
Логика, коммутаторы	•	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•
Тиристоры, АС-коммутаторы		•							•	•	•	•		
Фильтры радиопомех	•	•		•	•	•	•	•				•		•
Усилители, линейные компоненты	•	•	•	•	•	•	•	•				•	•	•
Смарткарты	•	•			•		•					•		•
Специализированные микросхемы	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•			

Джафер Меджахед (КОМПЭЛ)

ВОСЕМЬ ПРЕИМУЩЕСТВ STM8



В России 8-битные микроконтроллеры ассоциируются в основном с продукцией компании ATMEL (ATtiny, AVR) и в меньшей степени — с продукцией компании Microchip (PIC18F). Многие разработчики, уже хорошо знакомые с этими микроконтроллерами, не видят никакого смысла работы с другими 8-битными изделиями. Но тем, кому еще предстоит сделать выбор, и тем, у кого возникли проблемы, стоит рассмотреть новую линейку микроконтроллеров STM8 компании STMicroelectronics.

Эта линейка по многим параметрам сравнима с 8-битными микроконтроллерами компаний ATMEL и Microchip, и вполне может их заменить. Но вдобавок она имеет ряд уникальных преимуществ, которые отличают ее от других решений:

1) **Повышенная надежность.** Это — наиболее ощутимое отличие семейства микроконтроллеров STM8. Достаточно сравнить технические руководства разных производителей, чтобы убедиться в этом: например, в руководстве по микроконтроллерам STM8 есть раздел, посвященный EMC- и ESD-характеристикам микроконтроллера. В описании других микроконтроллеров такой раздел зачастую просто отсутствует.

Высокая надежность микроконтроллеров STM8 проявляется во многих аспектах и является результатом долголетнего опыта STMicroelectronics в области производства микроконтроллеров для промышленных и автомобильных применений. При разработке линейки STM8 STMicroelectronics по максимуму учла все возможные улучшения по надежности.

Например, микроконтроллеры STM8 выдерживают электростатический импульс до 4 кВ (НВМ) в отличие от конкурентных решений, где это значение — на уровне 1 кВ. Устойчивость к электростатическим импульсам позволяет не использовать внешних защит и избежать дополнительных, часто очень сложных, проблем, связанных с этим вопросом. Микроконтроллеры STM8 имеют высокую устойчивость к электромагнитным помехам (по стандартам IEC 61000, 2 В по VFESD, 4 А по VEFTB для STM8S) и низкий излучаемый электромагнитный шум (по стандарту IEC61967-2, уровень SAE EMI = 2). Вдобавок, микроконтроллеры STM8 имеют дополнительную

возможность снизить генерируемые помехи благодаря специальному режиму работы входов-выходов с пониженной скоростью (менее резкие фронты).

Разные режимы работы микроконтроллеров управляются специальными регистрами в памяти (*option byte registers*). Микроконтроллеры STM8 имеют специальную схему работы регистра, контролирующего их конфигурацию: идет постоянная аппаратная проверка состояния данного регистра (сумма его значения с противоположным значением должна всегда быть нулевой). При обнаружении изменения в значении этого ключевого регистра (например, из-за жестких электромагнитных условий) сразу происходит сброс МК. Наличие двух независимых сторожевых таймеров, работающих от двух различных источников частоты тактирования, позволяет повысить надежность МК в жестких условиях.

Стоит отметить также, что в изделия семейства STM8 включена схема безопасного тактирования (*Clock Security System*), которая переключает микроконтроллер на внутренний генератор частоты тактирования (16 МГц) при обнаружении сбоя во внешнем генераторе.

2) **Гибкость работы.** Другая замечательная особенность семейства STM8 — гибкость во многих рабочих ситуациях. Например, вышеупомянутые регистры конфигурации запуска микроконтроллера часто программируются с помощью памяти OTP. Это означает, что после их программирования режим работы микроконтроллера нельзя больше менять. Но в случае микроконтроллеров STM8 этот регистр программируется во флэш-памяти и его содержимое меняется. Доступ к памяти защищен так же, как в конкурентных решениях. Но еще одно

важное отличие STM8 — единое адресное пространство памяти для ОЗУ и для флэш-памяти, размером до 16 МБ. Это увеличивает гибкость работы в сравнении с конкурентными решениями, особенно в случае применений, где программный код большой (128 кБ). У STM8 также имеются два высокоточных встроенных тактовых генератора частоты. Например, для STM8S частота высокочастотного генератора составляет 16 МГц, а низкочастотного 128 кГц, и, как следствие, для большинства приложений нет необходимости во внешнем кварцевом генераторе. Наконец, в отличие от некоторых конкурентов, миграция внутри семейства STM8 очень проста, и совместимость входов-выходов сохраняется по максимуму (те же самые сигналы с той же самой стороны печатной платы). Переход с STM8 на STM32 также упрощен благодаря наличию общей периферии и библиотек этой периферии.

3) **Стабильность параметров.** Микроконтроллеры STM8 отличаются от конкурентных решений также и своей стабильностью: их характеристики мало меняются при изменении напряжения питания или рабочей температуры. Это связано с тем, что ядро и периферия микроконтроллера работают на напряжении 1,8 В (благодаря новой технологии 130 нм). Например, скорость преобразования АЦП для STM8S гарантированно составляет 2,3 мкс и не ухудшается при колебаниях температуры и напряжения. Точность частоты тактирования встроенного высокочастотного генератора, которая калибруется на заводе до $\pm 2\%$ (при 5 В / 16 МГц — до $\pm 1\%$ при дополнительной программной калибровке пользователя), имеет разброс $\pm 5\%$ для температурного диапазона $-40 \dots 150^\circ\text{C}$ и напряжении 3...5,5 В.

Такая точность и стабильность позволяет работать с модулем UART для передачи данных, применяя внутренний тактовый генератор (16 МГц).

4) **Расширенные параметры.** Микроконтроллеры STM8 имеют по многим параметрам расширенные характеристики. Например, EEPROM память можно программировать и стирать до 300к циклов вместо обычных 100к.

Также встроенная память ОЗУ достигает размера 6 кБ. Диапазон рабочей температуры тоже расширен до 125°C для тех промышленных применений, где это требуется. Точность и скорость АЦП увеличены: у STM8S, 10-битный АЦП работает со скоростью 2,3 мкс, а у STM8L, 12-битный, 24-канальный АЦП работает со скоростью 1 мкс.

5) Соотношение цена/функциональность: STMicroelectronics — не просто мировой лидер в области микроконтроллеров, это и лидер по КМОП-технологиям со встроенной флэш-памятью, на основе которых производится большинство микроконтроллеров. Линейка STM8 производится на современной КМОП технологии 130 нм со встроенной флэш-памятью, в отличие от многих конкурентов, которые используют более старые технологии. Это позволило снизить себестоимость микроконтроллера, и в итоге, представить более дешевые решения с улучшенной функциональностью. Многие инновационные технологии исходят из европейских центров исследований и разработок компании ST — Crolles и Crolles II (Франция).


6) Производительность: ядро STM8 является собственной разработкой STMicroelectronics и отличается высокой производительностью (выше или равна значениям конкурентов). У STM8S производительность составляет 20 MIPS при 24 МГц, а у STM8L — 16 MIPS при

16 МГц. Такая высокая производительность связана с тем, что большинство инструкций микроконтроллера выполняются в одном цикле тактирования. Ядро STM8 также включает в себя аппаратные операции умножения и деления и арифметические операции со знаком.

7) Доступная среда: для начала работы с микроконтроллерами STM8 можно купить отладочный набор STM8S-Discovery менее чем за 15 долларов и скачать бесплатную среду разработки STVD и STVP и бесплатный C-компилятор (до 32 кбайт кода). Данный набор программно-аппаратных средств позволит довольно просто и быстро начать работу с STM8S. Вдобавок стоит заметить, что STMicroelectronics предоставляет многие библиотеки для микроконтроллеров STM8 бесплатно, например, библиотеки сенсорных клавиатур, библиотеку для работы с периферией микроконтроллера, для управления двигателями.

8) Перспективная платформа: STMicroelectronics активно развивает и поддерживает линейку STM8, и номенклатура микроконтроллеров постоянно обновляется и растет. Например, в ближайшее время линейка STM8 будет включать в себя варианты в корпусе SO (TSSOP и LQFP уже доступны). Встроенный USB-интерфейс с большой вероятностью тоже добавится в список периферии микроконтроллеров STM8. Возможный

переход на технологию 90 нм со встроенной флэш-памятью также откроет новые горизонты ценовых предложений.

В заключение можно сказать, что повышенная надежность позволяет успешно проходить сертификации и снижать до минимума количество брака. Гибкость решений и высокая производительность позволяет оснащать большой спектр изделий одним семейством микроконтроллеров STM8, а когда этого недостаточно по тем или иным причинам, переход на более производительное и мощное семейство STM32 осуществляется с минимальными затратами. Стабильность параметров МК STM8 и его расширенные параметры значительно упрощают работу разработчиков и сокращают сроки разработки. В случае больших партий, благодаря хорошему соотношению цена/функциональность семейства STM8, производитель значительно уменьшает свои расходы на BOM (Bill of Material). Дешевый инструментарий и бесплатные среды разработки позволяют работать с этими микроконтроллерами без значительных финансовых затрат. В статье рассмотрена только часть преимуществ микроконтроллеров STM8, для более подробного ознакомления со всеми их свойствами следует обратиться к документации. 

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



Вид на центр исследований и разработок новых технологий Crolles I и Crolles II в г. Гренобле, Франция

Роман Попов (КОМПЭЛ)

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ STM8 «С НУЛЯ»



В статье подробно рассказывается о том, как начать работу с микроконтроллерами STM8 компании STMicroelectronics. Мы рассмотрим среды разработки, разберемся, как настроить проект для работы, коснемся некоторых особенностей линковки библиотек к проекту, и, в конце концов, совместно разберем небольшой рабочий проект для закрепления полученных знаний.

Линейка микроконтроллеров STM8 заменила STR7 в 2008 году. На сегодня она состоит из трех семейств: для автомобильного, низкопотребляющего и общего применения. Это, соответственно, STM8A, STM8L и STM8S. Общая же номенклатура составляет более 160 позиций, и компания постоянно работает над расширением каждой линейки. Хотя на рынке наметилась тенденция перехода на 16/32-битные микроконтроллеры, 8-битные все еще составляют основную часть рынка, и в ближайшее десятилетие их доля останется значительной.

Инструментарий для работы

Для работы с любым микроконтроллером, и STM8 — в частности, нам понадобятся отладочный комплект и среда разработки с Си-инструментарием. В качестве отладочного комплекта можно использовать любой из предоставляемых комплектов как от ST, так и от сторонних производителей. Рассмотрим STM8S-Discovery, его внешний вид представлен на рис. 1.

Данный выбор обусловлен, в первую очередь, очень низкой стоимостью комплекта (меньше \$15), его доступностью и дальнейшей пригодностью. Комплект состоит из двух частей. Одна — это контроллер STM8S105C6 со светодиодом, сенсорной кнопкой и разъемами, на которые выведены все свободные порты ввода/вывода. Вторая — программатор-отладчик ST-Link с USB-интерфейсом. Если внимательно посмотреть на изображение отладочного комплекта, то можно увидеть, что с помощью небольших усилий его можно разделить на две части, и в дальнейшем использовать отдельный ST-Link для программирования и отладки своих собственных разработок. Всю необходимую документацию вы можете посмотреть и скачать по ссылке [http://](http://www.st.com/mcu/contentid-130-113-STM8S_DISCOVERY.html)

www.st.com/mcu/contentid-130-113-STM8S_DISCOVERY.html.

Выбор программного инструментария для разработки

На данный момент для разработки и отладки программного обеспечения для STM8 существует четыре среды: ST Toolset от STMicroelectronics (www.st.com), Ride7 от Raisonance (www.raisonance.com), CXSTM8 от Cosmic software (www.cosmicsoftware.com), IAR Embedded Workbench от IAR Systems (www.iar.com). Сравнительный анализ средств разработки программного обеспечения представлен в таблице 1.

Пакет ST Toolset включает в себя среду разработки ST Visual Develop и отдельную программу для более функционального внутрисхемного программирования flash-памяти микроконтроллеров ST Visual Programmer. Среда разработки ST Visual Develop имеет встроенный инструментарий для раз-

работки программного обеспечения на языке assembler, но у нее также имеется возможность подключения и использования Си-инструментария от Raisonance и Cosmic software. Стоит заметить, что все четыре среды с Си-инструментарием предоставляют возможность использования с некоторыми ограничениями, а именно — по загружаемому коду во flash-память. У Raisonance оно составляет 16 Кбайт, у Cosmic software — 32 Кбайт, а у IAR — 8 Кбайт или полную версию с 30-дневным ограничением. Самый дешевый и оптимальный вариант — это использование ST Visual Develop в качестве среды разработки и Си-инструментария либо от Raisonance, либо от Cosmic software. Вы, конечно же, можете заметить, что наиболее известным и популярным является инструментарий от IAR System, и тут с вами трудно не согласиться. Он представляет собой более серьезный продукт с лучшей технической поддержкой, но и является самым дорогим. Итак, мы останавливаем свой выбор на ST Visual Developer, плюс Си-инструментарий от Cosmic software и Raisonance. Большой разницы в использовании обоих инструментариев нет, и далее в своих разработках вы можете остановиться на любом из них. Если вы — начинающий

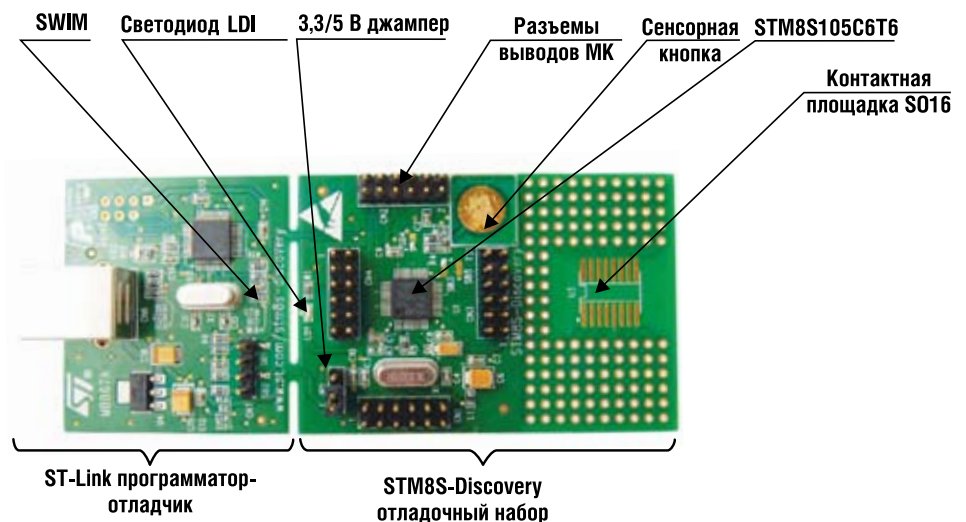


Рис. 1. STM8S-Discovery

Таблица 1. Сравнительный анализ средств разработки программного обеспечения

Инструментарий	Среда разработки	Си-инструментарий	Си-инструментарий других производителей	Ограничение Си-инструментария, Кбайт	Программатор-отладчик
STMicroelectronics	ST Visual Develop	Нет	Cosmic software, Raisonance	Нет	ST-Link R-Link STICE
Raisonance	Ride 7	Есть	Нет	16	R-Link
Cosmic software	CXSTM8	Есть	Нет	32	Нет
IAR Systems	IAR Workbench	Есть	Нет	8 или полная версия на 30 дней	ST-Link STICE

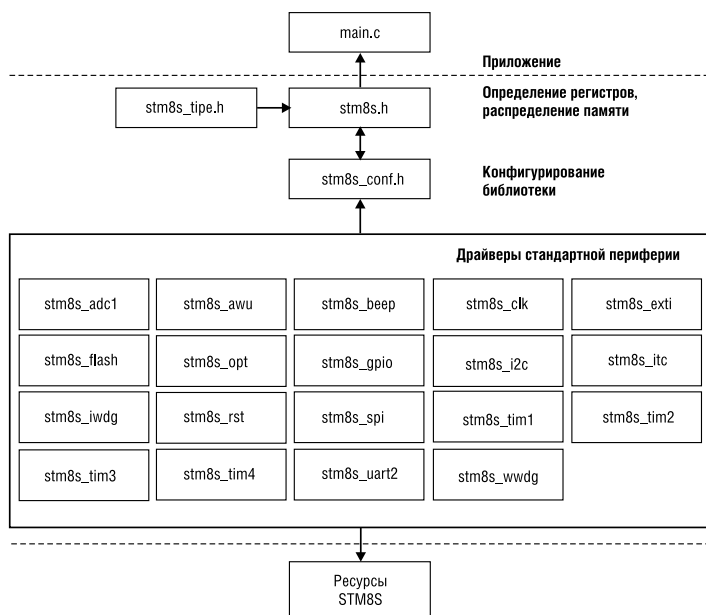


Рис. 2. Структура библиотеки стандартной периферии

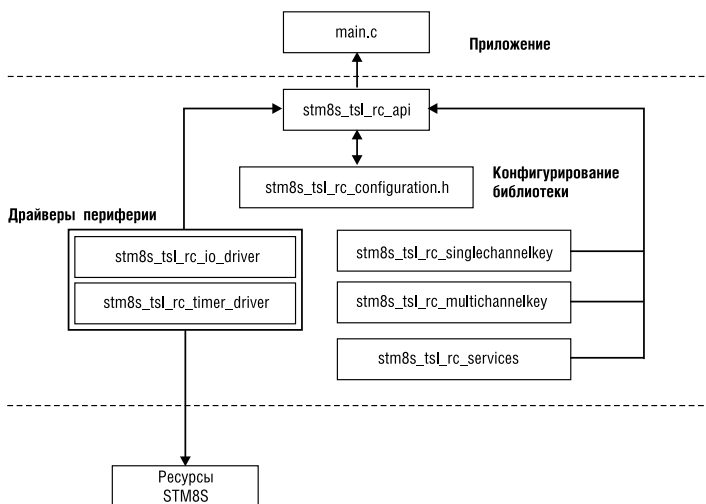


Рис. 3. Структура сенсорной библиотеки

разработчик, и у вас недостаточный опыт, рекомендую устанавливать все программное обеспечение по предполагаемым установщиком местам расположения, т.е. по умолчанию. Это необходимо для меньшей путаницы при дальнейшей настройке проектов, расположении файлов, библиотек и синхронизации с информацией приведенных материалов.

Установка программного инструментария для разработки

Итак, скачиваем и устанавливаем ST Toolset по ссылке <http://www.st.com/stonline/products/support/micro/files/sttoolset.exe>. Далее нам необходимо скачать Си-инструментарий от Raisonance и от Cosmic software.

Открываем браузер, входим по ссылке <http://www.mcu-raisonance.com/microcontrollers-link-free-download.html>, скачиваем два установочных файла – это среда разработки Ride7 и инструментарий RKit-STM8. Устанавливаем в той же последовательности. После установки, необходимо получить бесплатную лицензию на использование Си-инструментария, заполнив регистрационную форму http://www.mcu-raisonance.com/stm8_st7_registration.html. В течение короткого срока вы получите лицензионный ключ по указанной в регистрации электронной почте. Запускаем среду «Пуск → Программы → Raisonance Tools → Ride7 → Ride7» и переходим на «Help → License». Вводим общую информацию, выбираем «Manual Activation», копируем ключ из поля «This computer Serial Key» в поле «Serial Key», вводим ключ, присланный по электронной почте в поле «Paste the Activation code and Select Next» и, если все сделано верно, Си-инструментарий будет активирован и выдаст соответствующее сообщение.

Для установки Си-инструментария от Cosmic Software переходим по ссылке <http://www.cosmicsoftware.com/download.php> и скачиваем инструментарий «STM8 32k free tools 2010 special edition», предварительно заполнив регистрационные данные. Далее устанавливаем инструментарий, отправляем информацию, выданную при его установке, на электронную почту «stm8_32k@cosmic.fr». Спустя некоторое время вам придет ответное письмо с файлом лицензии. Теперь вы можете активировать Си-инструментарий, запустив среду разработки «Пуск → Программы → Cosmic Tools → STM8 32K Compiler 4.3.4 → CXSTM8», которая предложит вам активировать продукт двумя методами. Мы выбираем «Specify the License File» и указываем файл с лицензией.

На сайте STMicroelectronics вы можете найти всю необходимую информацию для работы с STM8S (<http://www.st.com/mcu/familiesdocs-113.html>). На основе одного из примеров мы рассмотрим проект, более подробно останавливаясь на ключевых моментах. Также мы остановимся на двух библиотеках – сенсорной и библиотеке стандартной периферии микроконтроллера – написанных инженерами STMicroelectronics для быстрого освоения всех линеек МК и вывода продукции на рынок. Вы можете отказаться от использования библиотек и работать напрямую с именами регистров или написать собственное программное обеспечение для работы с периферией микроконтроллера.

Обзор библиотек

Библиотека стандартной периферии содержит набор функций, структур данных и макросов, охватывающих свойства периферии микроконтроллеров STM8S. Использование библиотеки в значительной степени облегчает процесс разработки собственного программного обеспечения, т.к. устраняется необходимость изучения документации с именами регистров и их функционального назначения. Последняя версия библиотеки со всей необходимой информацией доступна по ссылке <http://www.st.com/mcu/familiesdocs-113.html>, раздел «firmware». Структура библиотеки представлена на рис. 2.

Заголовочный файл «stm8s.h» содержит определения констант и структур регистров для всей периферии. Для ис-

пользования библиотеки данный файл необходимо включить («#include "stm8s.h"») в основной листинг программы «main.c», и раскомментировать строку («#define USE_STDPERIPH_DRIVER»). Функционал каждого периферийного модуля состоит из заголовочного и исполняемого файла, например, для GPIO – это «stm8s_gpio.h» и «sym8s_gpio.c». В заголовочном файле описаны все переменные, константы, структуры данных и функции, обеспечивающие полный функционал конкретного периферийного модуля. В исполняемом файле осуществляется реализация функционала, описанного в заголовочном файле.

В заголовочном файле «stm8s_type.h» стандартные типы переменных стандарта ANSI C переопределены в более короткие и понятные имена типов. В конечном счете вы можете скорректировать данный файл под наиболее понятные и удобные для вас имена типов.

Заголовочный файл «stm8s_conf.h» используется для конфигурирования библиотеки необходимых для работы периферийных модулей, задания определенных констант (например, тактовой частоты работы ядра). Это осуществляется через раскомментирование макроопределений, соответствующих определенному периферийному модулю, например, в приведенном ниже листинге раскомментированы вторая и четвертая строки:

```
1. /***** CLK *****/
2. #define _CLK (1)
3. /***** EXTI *****/
4. #define _EXTI (1)
5. /**** FLASH/DATA EEPROM ****/
6. /**** #define _FLASH (1) ****/
7. /**** OPTION BYTES *****/
8. /**** #define _OPT (1) ****/.
```

В связи с наличием разной периферии в файле «stm8s_conf.h» учтены особенности периферийных модулей для определенного микроконтроллера. Например, в нижеприведенном листинге таймер 3 определен только в микроконтроллерах STM8S208, STM8S207 и STM8S105:

```
1. /***** TIM3 *****/;
2. #if defined(STM8S208) || defined(STM8S207) ||
   defined(STM8S105);
3. /**** #define _TIM3 (1) ****/;
4. #endif /**** (STM8S208) || (STM8S207) ||
   (STM8S105) ****/.
```

Работа с библиотекой и ее использование на конкретном примере будут рассмотрены ниже в разделе «Создание нового проекта, конфигурирование библиотек». Более подробную информацию, файл справки «stm8s_fwlib_um.chm» вы можете посмотреть либо по ссылке <http://www.st.com/mcu/familiesdocs-113.html>, либо в директории «STM8S_StdPeriph_Driver» загруженного пакета программного обеспечения.

При использовании прерываний необходимо быть внимательным, так как обработка источников прерывания различна для обоих инструментариев. Для инструментария от Raisonance используется функция без параметров (void) с префиксом «interrupt» и номера прерывания, например:

```
void timerA_handler(void)
interrupt 8
{
// Код обработки прерывания
}
void top_level_interrupt_handler(void)
interrupt 0
{
```

```
// Код обработки прерывания
}.
```

Для инструментария от Cosmic все «пустые» обработчики прерывания описаны в файле «stm8s_it.c», и весь код по обработке прерывания следует размещать здесь. Таблица векторов прерывания располагается в «stm8s_interrupt_vector.c», который связан с документом «stm8s_it.c» через заголовочный файл. Для более подробного ознакомления с обработкой прерываний и особенностями компилятора необходимо посмотреть документацию соответствующего компилятора.

Сенсорная библиотека разработана инженерами STMicroelectronics для применения в микроконтроллерах STM8, так как в настоящее время популярность и актуальность использования решений на основе сенсоров очень велика. Библиотека представляет собой набор совместимых C-файлов, включающих API, который образует интерфейс для работы с другими уровнями программного обеспечения. У компании STMicroelectronics существуют разнообразные решения в данной области, более подробную информацию вы можете получить на сайте компании. Структура библиотеки представлена на рис. 3.

Для использования библиотеки в приложении необходимо добавить все заголовочные и исполняемые файлы в проект. Исключение составляют два файла – «STM8_TSL_RC_Configuration_TOADAPT.h» и «STM8_TSL_RC_routines.asm». Первый копируется в директорию проекта и переименовывается в «stm8_TSL_RC_Configuration.h». Второй добавляется в проект только при использовании инструментария от Raisonance. Файлы «stm8_tsl_rc_api.h» и «stm8_tsl_rc_api.c» определяют функции API, переменные, структуры данных, константы для связи между библиотекой и кодом пользователя. Для использования библиотеки заголовочный файл «stm8_tsl_rc_api.h» должен быть включен в основной исполняемый файл «main.c». Документ «stm8_TSL_RC_Configuration.h» содержит статические конфигурационные параметры, которые должны быть сконфигурированы в соответствии с аппаратной частью проекта. Необходимо проверить все параметры с префиксом «#define» в соответствии с правильными значениями. Более подробно работа с библиотекой будет рассмотрена в разделе «Проект discover».

Среда разработки ST Visual Developer

Для начала работы нам необходимо ознакомиться со средой разработки ST Visual Developer. В среде существуют два основных понятия – проект и рабочая область.

Одна рабочая область может содержать несколько проектов. Это может быть удобно при разработке ПО. Рабочая область создается или открывается через «File → New Workspace...» или «File → Open Workspace...». В уже созданной рабочей области можно создавать, удалять и добавлять новый проект через «Project → Add New Project to WorkSpace...», «Project → Remove Project from WorkSpace» или «Project → Insert Project to WorkSpace...». Для работы с определенным проектом необходимо его сделать активным: «Project → Set Active Project». Все вышеописанные операции также можно выполнить, кликнув правой кнопкой мыши на проекте или рабочей области. Добавление папок и файлов в проект осуществляется кликом правой кнопки мыши на проекте или файле; в выпадающем меню вам будут доступны эти операции. Операции по компилированию и сборке проекта доступны во вкладке основного меню «Build → Compile filename», «Build → Build», «Build → Rebuild All». Выбор программатора-отладчика доступен во вкладке «Debug Instrument → Target Settings...», а все операции по отладке находятся во вкладке основного меню «Debug» и на дополнительной панели инструментов. Для отдельной настройки каждого проекта в среде, по умолчанию, доступны два режима конфигурации проекта –

«debug» и «release». Режим «debug» предназначен для использования в режиме отладки. Режим «release» предназначен для автономной работы ПО в микроконтроллере без избыточной функциональности режима «debug». Каждый из режимов вы можете настроить персонально или создать свой собственный режим со специфичными для вас настройками. Более подробную информацию для работы со средой вы можете прочитать в соответствующем руководстве.

Структура пакета программного обеспечения микроконтроллера STM8S-Discovery

Для дальнейшей работы нам необходимо скачать пакет программного обеспечения (примеры, библиотеки, файлы справки) для оценочного набора STM8S-Discovery (http://compeljournal.ru/images/articles/discover_pack.zip (8,5 Мбайт)). Пакет имеет следующую структуру:

- «Libraries» – директория состоит из двух частей:
 - STM8_TouchSensing_Driver – сенсорная библиотека с заголовочными, исполняемыми и справочными файлами;
 - STM8S_StdPeriph_Driver – библиотека периферии с заголовочными, исполняемыми и справочными файлами;
 - «Project» – директория с примерами готовых проектов:
 - discover – проект демонстрирующий работу сенсорной библиотеки и библиотеки периферии;
 - program_template – шаблон для быстрого создания проекта;
 - Справочная информация.
- Каждый проект состоит из трех поддиректорий:
- inc – в ней хранятся заголовочные файлы проекта, включая конфигурационные файлы для сенсорной библиотеки (STM8_TSL_RC_Configuration.h) и библиотеки периферийных устройств (stm8s_conf.h);
 - src – в ней хранятся все файлы исходных текстов, включенные и используемые в проекте (main.c, stm8_interrupt_vector.c и др.);
 - STVD\(\Raisonance, Cosmic) – в ней хранятся рабочие файлы проектов, областей, настроек (discover.stw).

Итак, копируем папки «Libraries» и «Project» в рабочую область, где мы предполагаем их использовать, например, в следующее местоположение: «C:\Program Files\STMicroelectronics\st_toolset». Теперь запускаем среду разработки «Пуск → Программы → ST Toolset → Development Tools – ST Visual Developer», кликаем «File → Open Workspace...» и открываем проект «discover» из папки «C:\Program Files\STMicroelectronics\st_toolset\Project\discover\STVD\Raisonance» или «C:\Program Files\STMicroelectronics\st_

toolset\Project\discover\STVD\Cosmic». Теперь мы можем скомпилировать, собрать, прошить микроконтроллер и запустить программу на исполнение. Сборка проекта должна пройти без каких-либо проблем, единственное, что понадобится сделать – это выбрать программатор-отладчик ST-Link через «Debug instrument → Target Settings → Swim ST-Link» (рис. 4). Если по каким-то причинам сборка проекта произошла с ошибками, ниже будут приведены все настройки проекта.

Самостоятельная настройка проекта

Если вы решили разместить проект, библиотеки, исходные и заголовочные файлы по вашему собственному усмотрению или создать проект «с нуля», то у вас могут возникнуть проблемы с линковкой файлов библиотек. Все пути к этим файлам можно прописать вручную, но это слишком загромождает проект и делает ваш код менее наглядным. Ниже будут приведены основные настройки проекта для каждого из Си-инструментария в отдельности, и начнем мы с настройки инструментария от Raisonance. Заметим, что в качестве примера будет использоваться проект «discover», скачанный по вышеприведенной ссылке. Переходим на «Projects → Settings...» (рис. 4).

В поле «Toolset» выбирается Си-инструментарий с необходимыми настройками, в нашем случае выбран инструментарий от Raisonance. В поле «Root path» указывается путь к Си-инструментариям, а в «Output directory» – режим конфигурации проекта, для которого и будут применяться все настройки; на рисунке 4 выбран режим «debug».

Следующая вкладка «Projects → Settings... → Debug». В данной вкладке нас интересует поле «Source Directories:», где прописываются пути к используемым файлам проекта с исходным кодом. Для проекта «discover» – это «C:\Program files\stmicroelectronics\st_toolset\project\discover\src», «C:\Program files\stmicroelectronics\st_toolset\libraries\stm8s_stdperiph_driver\src» и «C:\Program files\stmicroelectronics\st_toolset\libraries\stm8_touchsensing_driver\src».

Следующая вкладка «Projects → Settings... → MCU Selection». Здесь выбирается тип микроконтроллера – **STM8S105C6** для выбранного нами оценочного комплекта.

Следующая вкладка – «Projects → Settings... → C Compiler» (рис. 5). В поле «Category» необходимо выбрать «Preprocessor» и далее в поле «Additional include directories» прописать пути к заголовочным файлам, используемым в проекте. Для проекта «discover» – это «C:\Program Files\STMicroelectronics\st_toolset\Project\discover\inc», «C:\Program Files\STMicroelectronics\st_toolset\Libraries\STM8_TouchSensing_Driver\inc» и «C:\Program Files\STMicroelectronics\st_toolset\Libraries\STM8S_StdPeriph_Driver\inc».

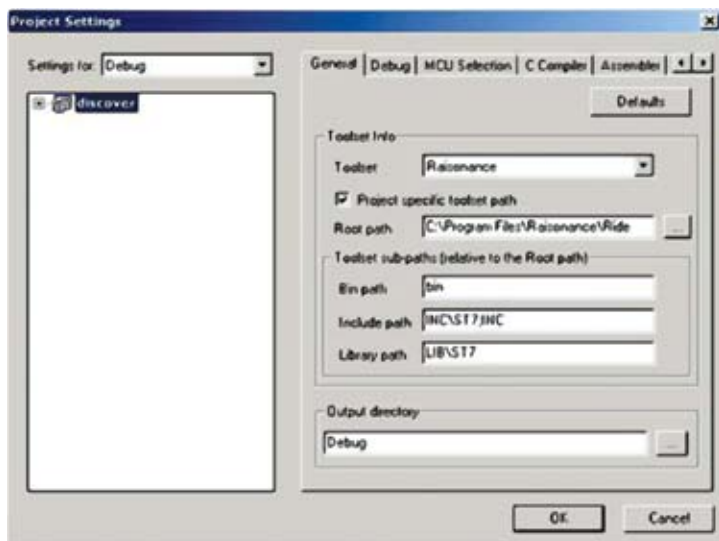


Рис. 4. Свойства проекта

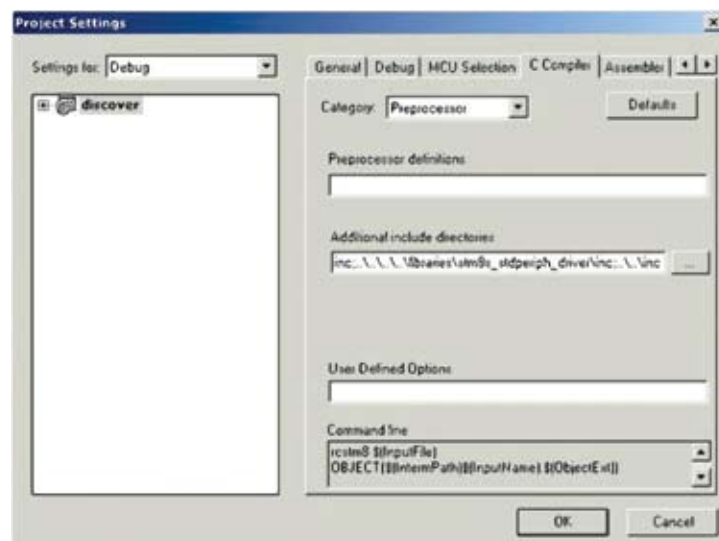


Рис. 5. Свойства проекта

И последняя вкладка — «Projects → Settings... → Linker». Если вы используете ограниченно-бесплатный Си-инструментарий, то необходимо убрать флажок «Run Code Compressor», иначе при сборке проекта будет сгенерирована ошибка.

Что касается использования Си-инструментария от Cosmic Software, необходимо всего лишь произвести некоторые изменения в поле «General» (рис. 6), остальные настройки идентичны приведенным выше для Raisonance. В частности в поле «Toolset» выбирается Си-инструментарий от Cosmic software и соответствующие настройки.

В разделе, посвященном настройке проекта, были затронуты лишь основные моменты. К сожалению, описать все настройки и тонкости не хватит места, да и в этом, собственного говоря, нет необходимости. Для более детальной информации вам следует обратиться к руководству описания среды ST Visual Developer. Что касается приведенных выше настроек проекта — путей к файлам, вы можете пересобрать и перекомпоновать проект по вашему усмотрению, нужно лишь прописать правильные пути к исходным и заголовочным файлам. По мере работы со средой и приобретения опыта вы сами разберетесь, какие настройки для чего необходимы.

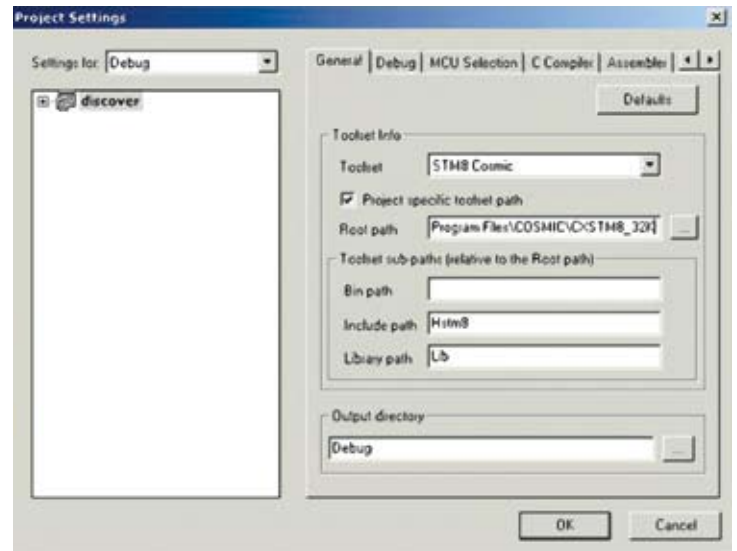


Рис. 6. Свойства проекта

Создание нового проекта, конфигурирование библиотек

Возможно, по каким-либо причинам у вас не возникнет желания использовать предоставляемые производителем библиотеки. В таком случае вам понадобится следующая информация. Все файлы с описанием регистров находятся в папке «C:\Program Files\STMicroelectronics\st_toolset\include». Пути для Си-компилятора прописываются в свойствах проекта «Project → Settings → C compiler → Category Preprocessor». Свойства линковщика находятся в «Project → Settings → Linker → Category Input».

Для создания собственного проекта с использованием библиотек наиболее простым и быстрым методом является использование шаблона проекта «Project_template», расположенного в скачанном пакете в папке «Project». При создании проекта вы вручную создаете папку с названием вашего проекта и копируете туда содержимое проекта «Project_template». Затем в среде ST Visual Developer открываем проект из вновь созданной папки (рис. 7). Структура проекта состоит из следующих директорий:

- Source Files — содержит исходные файлы проекта;
- Source Files\FWLib — содержит исходные файлы библиотеки периферии;
- Source Files\TSLib — содержит исходные файлы сенсорной библиотеки;
- Include Files — содержит заголовочные файлы проекта;
- Include Files\FWLib — содержит заголовочные файлы библиотеки периферии;
- Include Files\STLib — содержит заголовочные файлы сенсорной библиотеки.

Далее нам необходимо выбрать в свойствах проекта программатор-отладчик, Си-инструментарий, тип микроконтроллера, прописать пути к файлам, если они не указаны. Эти операции описывались выше.

Для использования библиотеки стандартной периферии необходимо убедиться, что в основном файле проекта «main.c» был подключен файл «stm8s.h» (#include <stm8s.h>), который содержится в директории «inc» библиотеки периферии микроконтроллера. Также файл «stm8s.h» необходимо добавить в поддиректорию «Include Files\FWLib», кликнув правой кнопкой мыши на папке, и выбрать в выпадающем меню «Add Files to Folder...» (рис. 7).

Шаблон проекта подразумевает, что разработчик будет использовать библиотеку стандартной периферии микроконтроллера. В другом случае вам нужно закомментировать строку

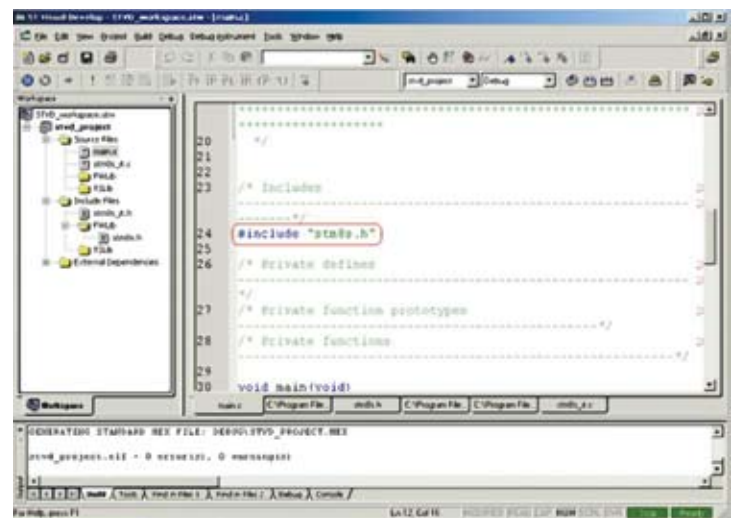


Рис. 7. Создание нового проекта

«#define USE_STDPERIPH_DRIVER» в файле «stm8s.h». Если вы все же будете использовать библиотеку стандартной периферии, то вам необходимо выполнить следующие шаги:

- 1) Убедиться, что строка «#define USE_STDPERIPH_DRIVER» в файле «stm8.h» раскомментирована;
- 2) Добавить файл «stm8s_conf.h» из директории вашего проекта «My Project\inc» в папку корневого каталога «Include Files» проекта с помощью операции «правая кнопка мыши → Add Files to Folder...». Для использования какого-либо периферийного модуля необходимо раскомментировать его название в файле «stm8s_conf.h» (рис. 8);
- 3) Вся периферия и функции работы с ней описаны в двух файлах: заголовочном (расширение .h) и исходном (расширение .c) с именем «stm8s_PeriphType». Данные файлы расположены в директориях «inc» и «src» по следующему пути «C:\Program Files\STMicroelectronics\st_toolset\Libraries\STM8S_StdPeriph_Driver». При использовании любого периферийного модуля в вашем проекте необходимо добавить исходный файл в поддиректорию «Source Files\FWLib», а заголовочный — в «Include Files\FWLib» (рис. 8). Данные операции выполняются кликом правой кнопкой мыши на соответствующей папке: «Правая кнопка мыши → Add Files to Folder...»

После вышеперечисленных действий вы можете использовать функционал библиотеки периферии. В примере «discover» используется сенсорная кнопка, работа с которой реализована в специальной библиотеке. Для использования библиотеки ее необходимо сконфигурировать следующим образом:

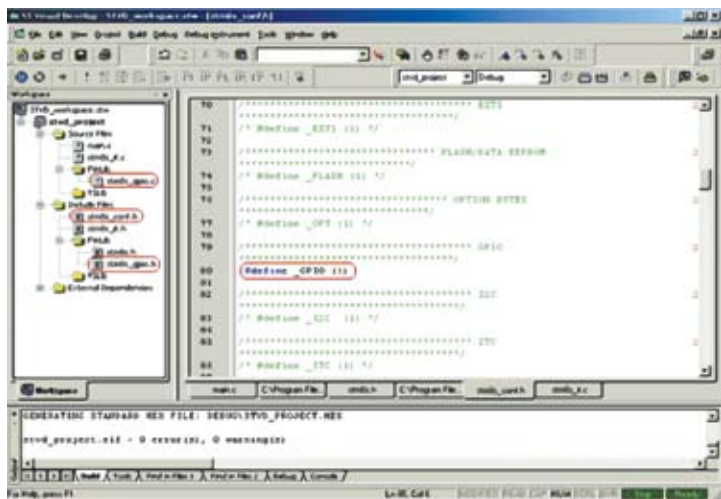


Рис. 8. Конфигурирование библиотеки периферии

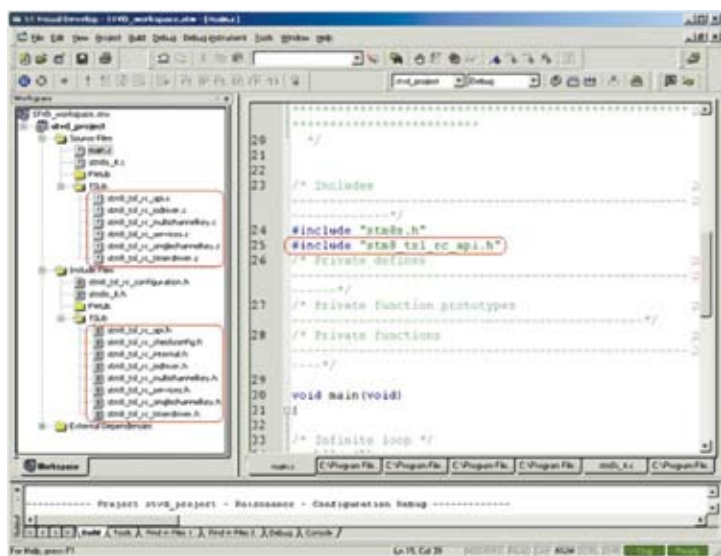


Рис. 9. Конфигурирование сенсорной библиотеки

1) Сконфигурировать библиотеку в соответствии с количеством сенсорных кнопок (до 24), ползунков (до двух) и колец (до двух):

- Скопировать файл «STM8_TSL_RC_Configuration_TOADAPT.h» из директории «C:\Program Files\STMicroelectronics\st_toolset\Libraries\STM8_TouchSensing_Driver\inc» в директорию проекта «C:\Program Files\STMicroelectronics\st_toolset\Project\new_project\inc» и переименовать данный файл в «STM8_TSL_RC_Configuration.h»;

- Сконфигурировать файл «STM8_TSL_RC_Configuration.h» в соответствии с аппаратными особенностями проекта;

- Добавить файл «STM8_TSL_RC_Configuration.h» в директорию «Include Files» проекта: «правая кнопка мыши→Add Files to Folder...»;

- При использовании инструментария от Raisonance добавить файлы с расширением «.h» и «.c», исключая файл «STM8_TSL_RC_Configuration_TOADAPT.h» из сенсорной библиотеки C:\Program Files\STMicroelectronics\st_toolset\Libraries\STM8_TouchSensing_Driver», соответственно, в директории «Include Files\TSLib» и «Source Files\TSLib» (рис. 9). При использовании инструментария от Cosmic Software файл «STM8_TSL_RC_routines.asm» также не добавляется, вместо него необходимо сконфигурировать «Project → Settings → Linker», что будет описано ниже;

- Добавить строку «#include <stm8_tsl_rc_api.h>» в основной файл проекта «main.c»;

- Некоторые функции библиотеки должны быть расположены в памяти по специальным адресам при использовании инструментария Cosmic software (рис. 10):

- Выбираем «Project → Settings → Linker»;
- На вкладке «Linker» в поле «Category» выбираем «Input»;

- В поле «Vector File name» прописываем путь к файлу «stm8_interrupt_vector.c»;

- В окне «Segment/Section name» добавляем «TSL_IO_ALCODE» в секции «Code,Constant» с опцией «-r2»;

- При использовании инструментария Raisonance в операциях с «Project → Settings → Linker» нет необходимости. Необходимо всего лишь добавить файл «STM8_TSL_RC_routines.asm» в директорию проекта «Source Files\FWLib».

Общую настройку проекта с обеими библиотеками вы можете посмотреть на примере «discover» в загруженном пакете программного обеспечения.

Проект «discover»

Алгоритм работы программного обеспечения проекта следующий: программа ожидает срабатывания нажатия сенсора TS1 и меняет частоту мерцания светодиода LD1. Рассмотрим проект более подробно. Открываем среду разработки ST Visual Developer, затем «File → Open Workspace...» и выбираем проект по следующему пути C:\Program Files\STMicroelectronics\st_toolset\Project\discover\STVD\Raisonance». Как вы можете заметить, у данного проекта структура фактически идентична шаблону проекта «project_template» и используются обе библиотеки – сенсорная библиотека и библиотека периферии. Рассмотрим более подробно основные моменты основного файла проекта «main.c».

```
#include <stm8s.h>
// Заголовочный файл библиотеки периферии
#include <stm8_tsl_rc_api.h>
// Заголовочный файл сенсорной библиотеки
// Макроопределения
.....
// Объявление функций
.....
// Объявление глобальных переменных
.....
// Главная функция
void main(void)
{
//Конфигурация тактового сигнала
CLK_Configuration();
// Конфигурация портов ввода/вывода
GPIO_Configuration();
// Инициализация сенсорной библиотеки
TSL_Init();
// Инициализация сенсорных кнопок
ExtraCode_Init();
// Старт таймера для управления частотой
мерцания светодиода LD1 с периодом 100 мс
TSL_Tick_Flags.b.User_Start_100ms = 1;
// Основной цикл программы
for (;;)
{
// Код разработчика
ExtraCode_StateMachine();
// Главная функция сенсорной библиотеки
TSL_Action();
}
}
// Реализация объявленных функций
.....
```

Программы для микроконтроллеров имеют похожие структуры, точкой входа программы является функция «main()». Для

начала работы с микроконтроллером, в зависимости от задачи, его необходимо сконфигурировать — настроить тактовые частоты, периферийные модули, разрешить прерывания, если необходимо. После этого уже запускается т.н. диспетчер, обычно — это бесконечный цикл «while(1){...}» или «for(;;){...}», в контексте которого уже и выполняются функции основной программы — реакция на события, выполнение вычислений и т.д.

В проекте из библиотеки стандартной периферии используются функции для настройки тактового сигнала, настройка работы с портами ввода/вывода. С помощью функции «CLK_HSIPrescalerConfig(CLK_PRESCALER_HSIDIV1)» в качестве источника тактового сигнала выбирается внутренний генератор HSI, работающий на частоте 16 МГц, коэффициент деления равен 1, соответственно рабочая частота микроконтроллера равна 16 МГц. Для работы со светодиодом LD1 необходимо настроить соответствующую ему ножку ввода/вывода. Данная операция выполняется с помощью функции библиотеки «GPIO_Init(GPIOD, GPIO_PIN_0, GPIO_MODE_OUT_PP_LOW_FAST)». По передаваемым параметрам функции видно, что используется ножка «0» порта «D» микроконтроллера, режим push — pull, режим быстрого переключения (до 10 МГц), и в данный момент на ее выходе — сигнал низкого уровня. Переключение состояния ножки осуществляется с помощью функции «GPIO_WriteReverse(GPIOD, GPIO_PIN_0)».

Процесс работы с сенсорной библиотекой начинается с ее инициализации: «TSL_Init()» — инициализация памяти, функций и структур данных. Далее необходимо настроить библиотеку согласно аппаратным требованиям. В нашем случае библиотека настраивается под сенсорную кнопку TS1 в функции ExtraCode_Init(). После того, как все настроено, можно начинать работать с библиотекой, которая предоставляет API для работы с ней, нам в частности необходимо определять событие нажатия TS1. Данная операция осуществляется в функции «ExtraCode_StateMachine()», также здесь задается режим мерцания светодиода LD1. Для работоспособности сенсорной библиотеки необходимо включать в основной цикл програм-

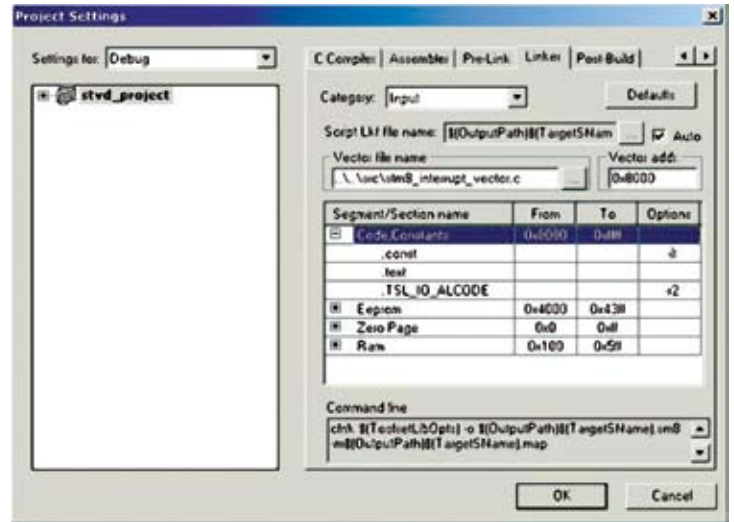


Рис. 10. Конфигурирование сенсорной библиотеки для Cosmic software

мы (диспетчер) функцию «TSL_Action()», которая выполняет необходимые операции для обработки и определения событий сенсорных кнопок и других сенсорных объектов.

Заключение

В статье мы представили необходимую информацию для начала работы с микроконтроллерами STM8. В материале были рассмотрены лишь основные моменты, для более подробного и глубокого ознакомления читателю следует обращаться к справочным материалам, доступным на сайте <http://www.st.com/mcu/>.

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



НОВЫЕ 8-БИТНЫЕ МК СО СВЕРХНИЗКИМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ



- Ядро STM8, 16 МГц
- От 4 до 32 Кбайт встроенной Flash, до 2 Кбайт SRAM
- $U_{пит}$ от 1,8 до 3,6 В (1,65 В в режиме «power down»)
- $I_{потр}$ при сохранении данных ОЗУ 350 нА
- Энергопотребление в активном режиме 150 мкА/МГц
- 12-битные АЦП и ЦАП
- Диапазон рабочих температур от -40...85°C или до 125°C

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

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

Компэл
www.compel.ru

Алексей Пантелейчук (г. Краснодар) НОВОЕ СЕМЕЙСТВО МК STM32L С УЛЬТРАНИЗКИМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ



В статье рассказывается о новом семействе микроконтроллеров **STM32L15xx** от **STMicroelectronics**. Это семейство обладает низким энергопотреблением и производится по технологии 130 нм. Оно найдет применение в портативных устройствах, системах с беспроводными датчиками, навигационных устройствах и др.

Рост спроса на микроконтроллеры (МК) с низким энергопотреблением вызван многими факторами. Во-первых, увеличивается число всевозможных портативных устройств с питанием от батареи, и время работы без подзарядки во многих случаях является определяющим при выборе такого устройства. Во-вторых, размер самой батареи напрямую зависит от напряжения питания и энергопотребления устройства, а пользователи очень ценят компактность. И, в-третьих, сейчас практически во всем

мире технологии становятся «зелеными», и во многих странах принимаются соответствующие законы.

В платформу МК с ультранизким энергопотреблением компании STMicroelectronics теперь входят 8-битное семейство **STM8L** и 32-битное семейство **STM32L** (рис. 1). Оба семейства производятся по технологии 130 нм с низкими токами утечки. О семействе STM8L шла речь в №14 за 2009 год, поэтому рассмотрим STM32L.

МК **STM32L15xx** построены на базе 32-битного RISC-ядра Cortex-M3, рабо-

тающего с частотой до 32 МГц (рисунок 2). Они содержат высокоскоростную встроенную память (до 128 Кбайт FLASH и до 16 Кбайт RAM), 12-битный АЦП, два ЦАП, два компаратора, шесть таймеров общего назначения, два системных таймера и часы реального времени. Кроме того, STM32L15xx имеют множество стандартных и специализированных коммуникационных интерфейсов: до двух I²C и SPI, три USART и USB. Встроенный ЖКИ-контроллер позволяет управлять внешними индикаторами.

STM32L15xx работает при напряжении питания 1,8...3,6 В, также есть возможность работы в диапазоне питающих напряжений 1,65...3,6 В.

Развитая система режимов сниженного энергопотребления дает возможность разрабатывать низкопотребляющие устройства.

STM32L15xx поддерживают динамическое изменение напряжения питания для оптимизации энергопотребления в активном режиме работы. Для этого в МК встроен регулятор, который выдает необходимый уровень напряжения в зависимости от требуемой производительности и доступного источника питания. В активном режиме при выполнении программы из flash-памяти энергопотребление составляет 230...290 мкА/МГц в зависимости от частоты ЦПУ. Семь режимов сниженного энергопотребления позволяют подобрать лучшее соотношение энергопотребления со способом и скоростью возврата в активный режим. В самом глубоком из них энергопотребление составляет 0,5 мкА (все выключено) и 1,3 мкА с включенными часами реального времени.

В число основных областей применения STM32L15xx входят портативные медицинские и носимые биометрические устройства, охранные системы, беспроводные системы, измерительные счетчики, навигационные устройства. МК доступны в трех типах корпусов с числом выводов от 48 до 100. Рабочий температурный диапазон -40...85°C.

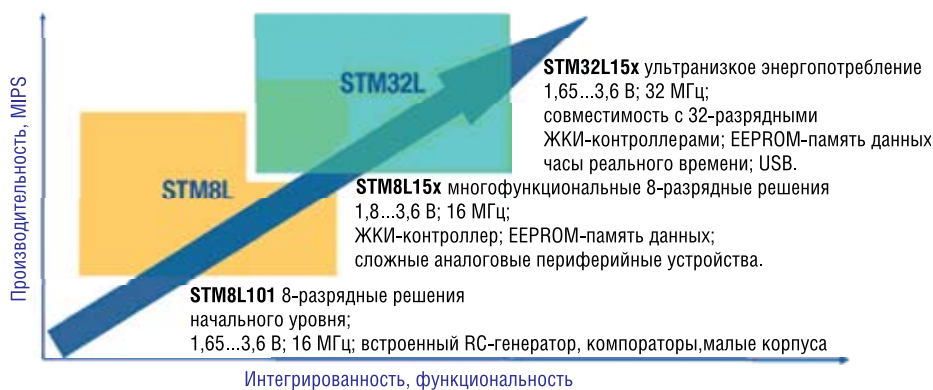


Рис. 1. Платформа микроконтроллеров с ультранизким энергопотреблением

128K FLASH 4K EEPROM	DMA 7 каналов	Контроль напряжения питания	Регулятор напряжения питания
16K RAM			
Система синхронизации	Cortex-M3 32 МГц	MPU	Контроллер ЖКИ 8x40
ФАПЧ	JTAG	контроллер прерываний	повышающий преобразователь
12-разрядный АЦП	Таймеры	2 I ² C	USB 2.0 FS
2 ЦАП 12-разрядный	Порты ввода/ вывода	3 USART	2 SPI

Рис. 2. Блок-схема архитектуры STM32L15xx

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

Александр Шатохин, Петр Макарычев (МЭИ (ТУ))

РЕГИСТРАТОР НАПРЯЖЕНИЙ 3-ФАЗНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В статье представлена информация о регистраторе напряжений на базе 32-разрядного ARM-контроллера STM32F103 производства STMicroelectronics, который позволит потребителю проводить длительную регистрацию исходных данных о фазных напряжениях в электрических сетях общего назначения.

Аномальные явления в сетях возникают эпизодически, и выявить их можно с помощью регистраторов, способных работать в течение длительных периодов времени без присмотра пользователей. Данные устройства должны обладать невысокой ценой, необходимыми метрологическими характеристиками, способностью работать от автономных источников, возможностью эксплуатации в жестких условиях окружающей среды и др.

В России в настоящее время действует стандарт [1], который дает формализованное описание т.н. показателей качества электрической энергии (ПКЭ): терминология, алгоритмы выделения из массивов оцифрованных данных, алгоритмы статистической обработки. Он же устанавливает и требования к точности измерений этих ПКЭ.

Опыт создания систем измерений (СИ) ПКЭ, удовлетворяющих в полной мере требованиям [1], показывает, что изделия получают принципиально дорогие и малодоступными для широкого круга потенциальных потребителей. Мы пошли по другому пути.

В качестве модели для применения разрабатываемых нами СИ ПКЭ была выбрана деятельность специалистов-аудиторов, выполняющих работы по т.н. энерготехнологическому аудиту энергетического и электротехнического оборудования предприятий различного назначения. Условия проведения такого рода аудитов достаточно жесткие, длительность их проведения – большая при множестве объектов контроля. Применение современных дорогостоящих СИ часто избыточно, в ряде случаев – малоэффективно, затратно и имеет ограничения, например, по температурному диапазону применения.

Было решено существенно упростить как структурную схему (рис. 1), так и ее реализацию в создаваемых СИ ПКЭ.

1) Т.к. изделие должно осуществлять контроль ПКЭ в течение долгого времени, и присутствие пользователя при этом необязательно, то из структуры были исключены развитые средства взаимодействия с оператором (полноценные дисплей и клавиатура), которые ограничивают температурную область применения, усложняют, удорожают СИ, приводят в ряде случаев к существенному возрастанию тока потребления. В изделии сохранены только простые служебные органы взаимодействия (отдельные светодиоды и кнопки). Что касается полноценного отображения получаемой измерительной информации, то мы его выполняем позднее – в компьютере. Для этого актуальная информация в проектируемом изделии регистрируется в извлекаемой flash-карте, и проектируемое изделие становится, таким образом, регистратором.

2) Исключается интерфейсный адаптер.

3) Поскольку в последнее время появились недорогие современные микроконтроллеры на ARM-ядре Cortex-M3 со следующими актуальными для нас особенностями: оптимизированное потребление, большой объем внутренней памяти, высокая производительность, встроенный 12-разрядный АЦП, развитые коммуникационные возможности – стало возможным реализовать АЦП, процессор и устройство управления (рис. 1) в виде одной микросхемы.

Однако требования [1] выполняются в такой структуре далеко не в полной мере: погрешности измерений старших гармоник исследуемых сигналов могут быть в два раза больше требуемых по стандарту; может не соблюдаться ограничение на время преобразования. При этом основной алгоритм выделения ПКЭ из массива оцифрованных значений остается.

Главное реализуемое преимущество таких регистраторов – их относительно низкая цена и стимулируемая этим фактом широкая востребованность. Струк-

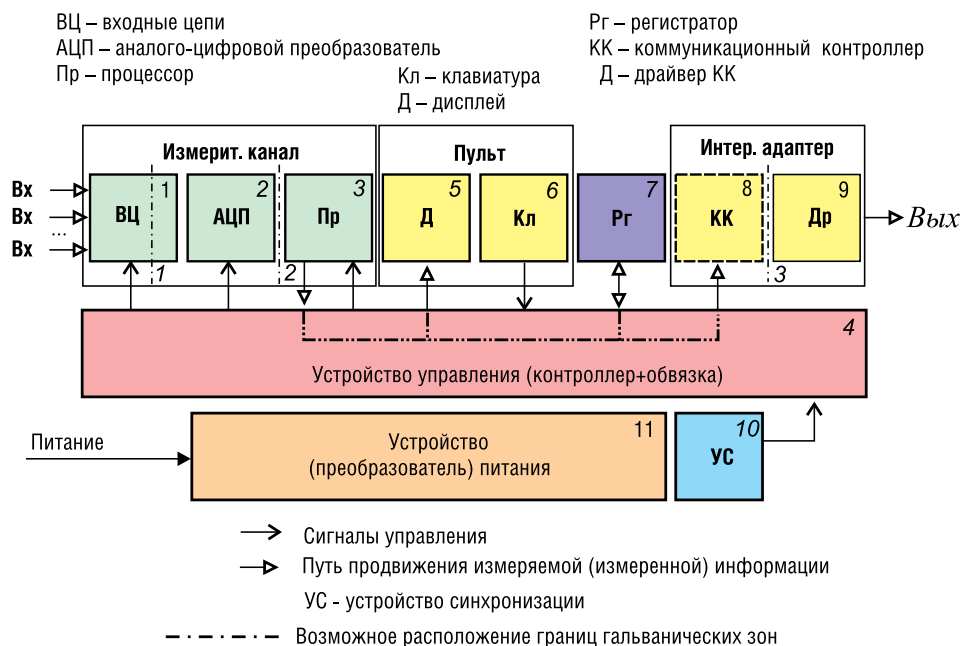


Рис. 1. Обобщенная структурная схема современных цифровых СИ

турная схема реализованного регистратора представлена на рис. 2.

Виды регистрации

Обработка данных в компьютере позволяет снизить требования к микроконтроллеру регистратора, задача которого в этом случае сводится к непрерывной оцифровке входных сигналов и трансляции получаемых кодов в карту памяти. Такая «бездумная» регистрация потребует карт большого объема и существенного времени на обработку массивов уже в компьютере. Этот режим регистрации назовем *непрерывным*.

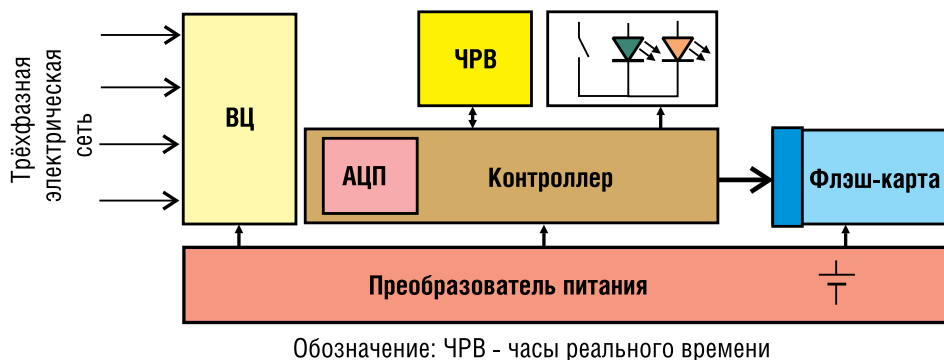
С целью экономии энергии применяемых батарей и расширения длительности сеансов регистрации, регистратор может обрабатывать данные в программируемые заранее моменты времени. Регистрация при этом может осуществляться либо равномерно во времени, либо выборочно. Этот режим регистрации назовем *зондовым*.

Другой вид регистрации, который «экономит» память flash-карты, но требует больших энергетических затрат, назовем *сторожевым*. В этом режиме контроллер производит непрерывное преобразование поступающих данных, анализирует результаты преобразования и регистрирует только аномальные их значения. Заметим, что потребляемая от источника питания энергия может быть оптимизирована в случае, если использовать эффективный алгоритм выявления аномалий, не требующий высокой тактовой частоты микроконтроллера.

Технические характеристики реализованного регистратора P15КИНР01.01A

Конвертер (преобразователь) измерительный носимый с регистрирующими функциями, семейство Росомаха, версия 01.01, производственная ревизия А, корпус типа ОКW TOPTEC 154F обладает следующими характеристиками:

- Зондовый или непрерывный тип регистрации;
- Вид регистратора – SD/MMC flash-карта нормального размера;
- Объем регистрируемых данных до 2 Гб;
- Продолжительность *непрерывного* сеанса регистрации одни сутки;
- Продолжительность *зондового* режима регистрации до нескольких месяцев;
- Питание от двух батарей типа АА;
- Рабочий диапазон температур -10...40°C;
- Входное сопротивление не менее 1000 кОм;
- Габаритные размеры не более 82x155x37 мм³
- Масса не более 500 г.



Обозначение: ЧРВ - часы реального времени

Рис. 2. Структурная схема реализованного регистратора значений фазных напряжений



Рис. 3. Регистратор P15КИНР01.01A

На рисунке 3 представлен вид разработанного регистратора со снятой крышкой.

Принципиальная схема реализованного регистратора

Выбор микроконтроллера. Как было сказано, микроконтроллер выбран среди современных 32-разрядных ARM Cortex-M3. Это **STM32F103** европейской фирмы STM [2], которая раньше других вышла на рынок с этим продуктом. Привлекательной особенностью семейства STM32 является последовательно реализуемая фирмой концепция – создание в его рамках линеек с различными техническими акцентами: дешевые (*access*); с высокой производительностью (*performance*); с большими объемами памяти (*density*); с оптимизированными объемами памяти и периферии (*low&medium-density*); с расширенными коммуникационными возможностями (*connectivity*); со сверхмалым потреблением (*ultra-low-power*) и др. Разработчик имеет возможность использовать один из выбранных типов и, освоив его, устанавливать в спроектированную плату другое изделие с наиболее подходящими свойствами из того же семейства.

Важной особенностью микроконтроллеров STM32 для решаемой задачи является наличие прямого доступа АЦП к оперативной памяти. Используемый

объем оперативной памяти 12 КБ, памяти программ – 16 КБ.

Выбор компонентов входных цепей. Входные цепи (см. табл. 1) в регистраторе выполняют три функции: защиты измерительных каналов от перенапряжений, нормализации входных сигналов и низкочастотной фильтрации (рис. 4).

Защита реализована стандартным способом: на входе измерительного канала устанавливается варистор с плавким предохранителем, а на входе фильтра нижних частот – защитные диоды.

Нормализатор входных сигналов выполнен в виде пассивного делителя (R1, R2) с источником смещения Есм в половину диапазона преобразования встроенного однополярного АЦП. Некоторую проблему составляет выбор резистора R1. Этот резистор обеспечивает входное сопротивление регистратора (1000 кОм) и принимает на себя

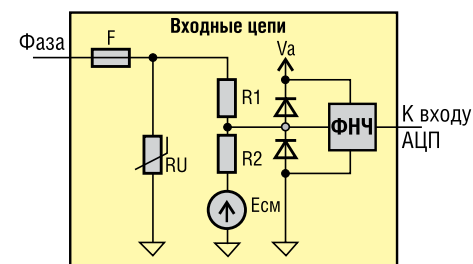


Рис. 4. Функциональная схема входных цепей

Таблица 1. Список основных примененных электронных компонентов

Тип	Назначение // Производитель
STM32F103C6	Микроконтроллер // STM
AD8542ARU	Два микромощных ОУ // Analog Devices
LTC3429ES6	Повышающий стабилизатор // Linear Technology
SPX5205M-3-3	LDO-стабилизатор // Exar-Sipex
SiT8002AI-33-33	MEMS-генератор // SiTime
C-00RX – 32,768 кГц	Кварцевый резонатор с гибкими выводами // Epson-Toyoocom
CR 2025 PCB	Элемент резервного питания впаиваемый // Panasonic
BLM21AG601SN1D	Чип-феррит 0805 // Murata
BAV199	Два защитных диода // NXP
ESDA5V3L	Два TVS-диода // STM
BAS40-05	Два диода Шотки с общим катодом // NXP
IRLML6401	P-канальный МОП-транзистор // International Rectifier
DO1608-682	Индуктивность 6,8 мкГ/1,4 А // Coilcraft
CR0603	Чип-резисторы общего назначения, размер 0603 ±5%/100ppm/°C // Bourns
RT0603	Чип-резисторы прецизионные, размер 0603 ±1%/25 ppm/°C // Yageo
MELF 0207	Чип-резисторы прецизионные, размер 0207 ±1%/25 ppm/°C // Vishay
SIOV-Q20K300	Варистор диаметром 20 мм/600 В // EPCOS

практически все входное напряжение, которое с учетом общепринятого запаса для подобных изделий принято рассчитывать как $2,5 \times 220 \text{ В} = 550 \text{ В}$. Требуемая номинальная или *прецизионная* мощность, таким образом, не превысит 100 мВт. Точность выбираемого номинала не обязана быть выше $\pm 1\%$, т.к. *мультипликативная* погрешность может быть компенсирована путем калибровки. Расчетное значение для температурного коэффициента для указанного выше температурного диапазона – $25 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$. Важным требованием к выбираемому R1 для малогабаритного регистратора является минимизация его размеров.

После долгих поисков было принято решение использовать в качестве R1 два последовательно включенных резистора типа **MELF 0207-560** кОм компании **Vishay**. Дополнительным полезным свойством этих резисторов является «терпимость» к высоковольтным импульсным напряжениям перегрузки.

Низкочастотная фильтрация входных сигналов осуществляется в два этапа: с помощью двухполюсного аналогового фильтра, а затем – посредством цифрового фильтра, реализуемого программно в микроконтроллере (см. далее).

Использование цифрового фильтра позволило снизить метрологические требования к пассивным компонентам аналогового фильтра. Точность выбранных номиналов резисторов не обязана превышать $\pm 1\%$, а конденсаторов $\pm 5\%$.

Актуальные требования к используемым в ФНЧ операционным усилителям: рабочая полоса частот $0 \dots 1 \text{ МГц}$; скорость нарастания больше $500 \text{ мВ}/\mu\text{с}$; малый входной ток; способность работать от однополярного напряжения; потребление меньше $100 \text{ мкА}/\text{канал}$. Как вариант был выбран двухканальный усилитель AD8542.

Основной алгоритм работы регистратора

Временная диаграмма, поясняющая работу регистратора в состоянии «Регистрация данных», представлена на рис. 5. Регистрация данных выполняется регулярно с периодом T_p , равным двум секундам. Значение этого периода обеспечивается часами реального времени (RTC), встроенными в микроконтроллер (МК).

Сначала выполняется сбор данных в течение 200 мс. При этом системная частота микроконтроллера устанавливается на максимум (72 МГц). На данном интервале необходимо одновременно преобразовывать в код мгновенные напряжения по четырем каналам. Встроенный в микроконтроллер АЦП1 строго реализовать это действие не позволяет. Однако благодаря широкому спектру режимов работы и запуска АЦП1 можно «практически точно» реализовать отмеченное действие. В данном слу-

чае используется *прерывистый режим функционирования* АЦП1, который компания-производитель МК назвала *Discontinuous mode* [3]. Этот режим, иллюстрируемый рис. 6, используется для последовательного преобразования в код напряжений ограниченной (до восьми) группы каналов АЦП1. Эта группа является частью последовательности каналов преобразования, заданной в регистре специальных функций микроконтроллера ADC_SQR1. Как видно из рис. 6, после очередного запуска группа регулярных преобразований выполняется без задержек. Число каналов в группе и их последовательность программируется. В данном случае числа совпадают и равны четырем. Запуск группы осуществляется с помощью сигнала TIM3_TRGO таймера TIM3. При выбранной тактовой частоте АЦП1 (9 МГц) длительность цикла преобразования T_c составляет примерно 1,55 мкс.

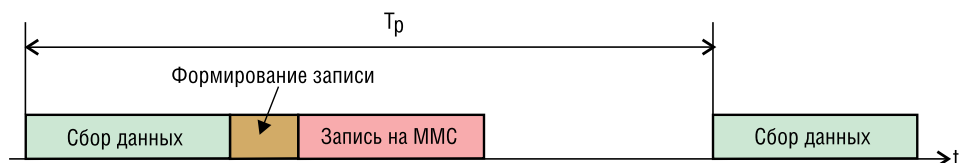


Рис. 5. Временная диаграммы регистратора в состоянии «Регистрация данных»

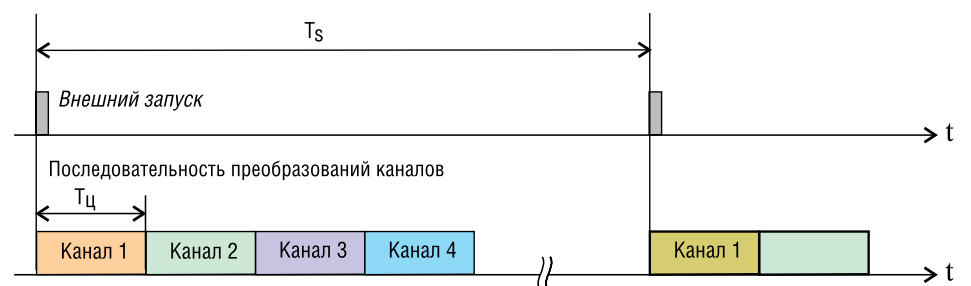


Рис. 6. Последовательность преобразования каналов

Поскольку верхняя частота спектра не превышает 2,3 кГц, то можно считать, что выборки по разным каналам производятся практически одновременно. Первые три канала служат для получения цифровых отсчетов фазных напряжений. Четвертый канал позволяет измерить специально введенное смещение в первых трех каналах, чтобы обеспечить униполярное напряжение на входе АЦП1. Код этого смещения при формировании записи вычитается из цифровых отсчетов фазных напряжений.

Для устранения наложения спектров применена двухступенчатая фильтрация. Сначала входной сигнал каждого из трех каналов проходит через аналоговый фильтр Баттерворта третьего порядка, схема которого представлена на рис. 7.

Для развязки динамического входа АЦП1 и выхода операционного усилителя фильтра служит фильтр первого порядка (R4-C7) с небольшой постоянной времени. С целью ослабления влияния отклонения параметров элементов фильтра от номинальных значений частота среза фильтра Баттерворта выбрана примерно 5 кГц. Однако в этом случае не обеспечивается достаточное подавление в полосе заграждения фильтра. Поэтому применена вторая ступень фильтрации в цифровой форме с избыточной частотой дискретизации на входе фильтра и децимацией на выходе.

Был выбран трехкаскадный СИС-фильтр с децимацией из-за его простой реализации [4]. Структурная схема этого фильтра представлена на рис. 8, где I – цифровой интегратор; R – операция децимации (прореживание отсчетов с коэффициентом R); С – гребенчатый фильтр, представляющий в данном случае цифровой дифференциатор первого порядка. Входная частота дискретизации F_s СИС-фильтра составляет 60 кГц, коэффициент децимации равен восьми. Амплитудно-частотные характеристики аналогового фильтра, цифрового фильтра и их результирующая АЧХ представлены на рис. 9.

Недостаток СИС-фильтра – неплоская АЧХ в полосе пропускания. Эта проблема может быть решена двумя путями. Во-первых, применяют цифровой корректирующий фильтр, который подключается к выходу СИС-фильтра и работает на частоте F_s/R . С целью упрощения программного обеспечения регистратора использован второй подход, основанный на свойстве всех цифровых фильтров – стабильности АЧХ. Поскольку накопленные на ММС-карте цифровые значения сигналов затем считываются в компьютер, то в нем влияние спада АЧХ цифрового фильтра может быть скомпенсировано или путем дополнительной корректирующей филь-

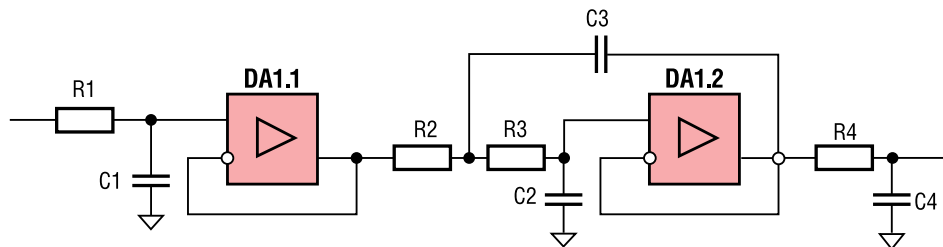


Рис. 7. Электрическая принципиальная схема аналогового фильтра

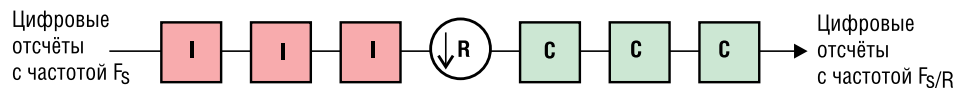


Рис. 8. Структурная схема трехкаскадного СИС-фильтра

трации, или путем соответствующего масштабирования гармоник сигнала.

На этапе сбора данных осуществляется дискретизация по четырем каналам с частотой 60 кГц. Порции цифровых отсчетов АЦП1 накапливаются в небольшом циклическом буфере канала прямого доступа к памяти (ПДП). Когда половина буфера заполнится, вырабатывается прерывание, которое используется для считывания накопленных отсчетов и их обработки цифровым фильтром, с выхода которого данные поступают в буфер регистрации. На этом интервале параллельно заполняется вторая половина циклического буфера ПДП. Когда она заполнится, вырабатывается прерывание, используемое аналогичным образом. Этот процесс повторяется до тех пор, пока не заполнится буфер регистрации, содержащий отсчеты по трем кана-

лам. Отметим, что отсчеты в буфер регистрации поступают с частотой 7,5 кГц. Четвертый канал обрабатывается особым образом: его цифровые отсчеты не подвергаются цифровой фильтрации, а используются для измерения среднего значения смещения.

По окончании сбора данных системная частота МК снижается до 8 МГц с целью уменьшения потребляемой мощности от источника питания. На этапе формирования записи из накопленных в буфере цифровых отсчетов вычитается смещение, и запись дополняется значениями текущего времени, коэффициентами преобразования по каждому каналу и частотой дискретизации F_s .

Далее сформированная запись переписывается на ММС-карту. Важным параметром для этой карты является длительность программирования бло-

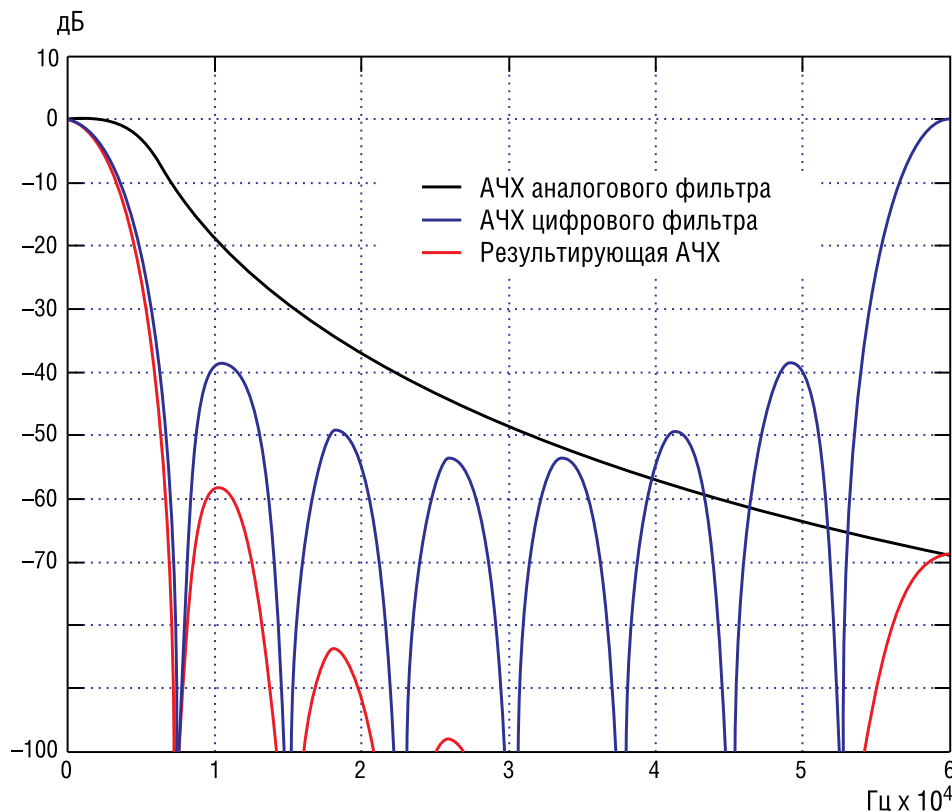


Рис. 9. АЧХ аналогового и цифрового фильтров и их результирующая АЧХ

ка Tprog, которая определяется тремя параметрами: TAAC, NSAC и R2W_FACTOR [5]. Эти значения можно получить при считывании регистра CSD MMC-карты. Значения этих параметров достаточно широко варьируются для разных типов карт. Оценить Tprog можно по следующей формуле:

$$(T_{PROG})^{R2W_FACTOR} = 2 \times \left(TAAC + \frac{100 \times NSAC}{F_{SPI}} \right), \quad (1)$$

где Fspi — частота интерфейса SPI, используемого для связи с MMC-карт.

Минимальное значение Tprog,min в основном определяется TAAC и R2W_FACTOR. Оценки показывают, что Tprog,min может находиться в диапазоне от единиц до сотен миллисекунд. В данном регистраторе буфер записи имеет емкость примерно 9 КБ, чтобы можно было работать с относительно медленными MMC-картами. Уменьшение емкости буфера возможно, если использовать достаточно быстродействующие карты и осуществлять запись и накопление данных поблочно на этапе сбора данных.

По окончании записи МК переходит в режим «Sleep» для дальнейшего уменьшения потребления от источника питания. Периодически (через 10 мс) он выводится из этого состояния прерыванием системного таймера, обработчик прерывания которого сканирует клавиатуру и управляет индикацией.

Литература

1. ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»

2. Староверов К. Микроконтроллеры на основе ARM Cortex-M3. Новости электроники №1 2008

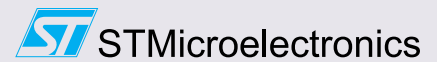
3. www.st.com/RM0008 Reference manual/ STM32F101xx, STM32F102xx, STM32F103xx, STM32F105xx and STM32F107xx advanced ARM-based 32-bit MCUs. Doc ID 13902 Rev 9 (June 2009). 995 pp.

4. Eugene B. Hogenauer, “An economical class of digital filters for decimation and interpolation,” IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, pp. 155-162, April 1981.

5. Samsung MultiMediaCard. Product Datasheet. Version 0.3/ September 2005.

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

STM32 Value Line



Компания **STMicroelectronics**, один из ведущих производителей микроконтроллеров в мире, анонсировала начало производства нового 32-битного дешевого микроконтроллера, использующего преимущества индустриального STM32-ядра и разработанного для недорогих приложений.

Микроконтроллеры семейства **STM32F100 («Value line»)** предназначены для применений, где мощность 16-битного микроконтроллера уже недостаточна, а богатый набор функционала обычных 32-битных микроконтроллеров избыточен. Линейка микроконтроллеров STM32F100 базируется на современном 24 МГц ARM Cortex-M3-ядре с периферией, оптимизированной для применения в типичных приложениях, где использовались 16-битные микроконтроллеры. Производительность этой линейки на 24 МГц, вкуче с нулевыми задержками при доступе ко встроенной флеш-памяти, составляет 30 DMIPS, что превосходит большинство 16-разрядных микроконтроллеров. Линейка включает следующую периферию – до 12-ти 16-битных таймеров с расширенными функциями, высокоскоростные 12-битные АЦП и ЦАП; протокол SEC (Consumer Electronics Control), включенный в HDMI стандарт. STM32F100 – это не только дешевый и оптимизированный микроконтроллер на ядре Cortex-M3, но и доступ к богатой среде разработки микроконтроллеров семейства STM32, которая включает в себя бесплатные библиотеки для всей периферии, управление моторами и сенсорными клавиатурами. Вдобавок, при работе с микроконтроллерами STM32F100 всегда есть возможность легко перейти на микроконтроллеры с более высокой функциональностью, если это требуется. На данный момент общая номенклатура STM32 состоит из пяти семейств и составляет более 110 позиций, предоставляя широкий выбор для разнообразных приложений.

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ STM32W

для беспроводной передачи данных
об энергопотреблении

- Встроенный радиоканал ZigBee 2,4 ГГц
- Малопотребляющая архитектура
- Применяется в беспроводных АСКУЭ

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

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

Компэл
www.compel.ru

Алексей Пантелейчук (г. Краснодар)

РЕШЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ НА ОСНОВЕ МК STM



В отличие от других услуг, использование которых возможно без учета (горячее и холодное водоснабжение, газ, отопление), оплата за электроэнергию производится в соответствии с показаниями приборов. Поэтому в интересах потребителя (как в быту, так и на производстве) — иметь точный, информативный, удобный в использовании (бесшумный, компактный) электросчетчик. Всем этим требованиям удовлетворяют решения на базе специализированных микросхем STPMxx компании STMicroelectronics в сочетании с микроконтроллерами серий STM8L и STM32L, о которых пойдет речь в этой статье.

Микросхемы семейства STPMxx построены по архитектуре, изображенной на рисунке 1.

Аналоговая часть включает несколько входных каналов для измерения тока и напряжения, предусилители, дельта-сигма АЦП первого порядка, схему детектирования вмешательства в электросчетчик (с целью хищения электроэнергии), генератор опорного напряжения, регулятор напряжения. В свою очередь, в цифровую часть входит системный модуль, специализированный DSP для вычисления электрических параметров, осциллятор и интерфейс SPI. Управление производится с помощью конфигурирования регистров через SPI.

Микросхемы имеют один дифференциальный вход для измерения напряжения и до двух дифференциальных входов для измерения тока. Вход для напряжения содержит дифференциальный усилитель с коэффициентом усиления 4. Максимальное дифференциальное напряжение для этого входа $\pm 0,3$ В. Два входа для измерения тока мультиплексируются, после чего поступают на предусилитель с коэффициентом усиления 4. После предусилителя идет программируемый усилитель с выбираемым коэффициентом усиления: 2, 4, 6, 8 (для STPM10 только 2 и 8). В результате входной сигнал усиливается в 8, 16, 24 или 32 раза (8 или 32 для STPM10). Коэффициент усиления задается через специальный регистр и может отличаться для двух входов для измерения тока. Если функция обнаружения хищения электроэнергии не используется, один из входов можно отключить.

Во внутренних регистрах STPMxx доступна очень важная информация для

систем измерения потребления электроэнергии, а именно — два значения активной мощности: общая активная мощность, вычисленная с учетом всех гармоник (до пятидесятой), и активная мощность первой гармоники. Вторая получается из первой путем фильтрации. Оба значения активной, а также реактивная и полная мощности имеют разрешение 20 бит.

STPM01 и STPM10, помимо мощности, измеряют среднеквадратические значения напряжения и тока сети. Вследствие динамического изменения напряжения, действительные значения его измеряются с разрешением 11 бит, в то время как действительные значения тока — с разрешением 16 бит. Мгновен-

ка STPM01 выполняется очень просто и быстро, и только для одного значения тока во всем диапазоне. Калибровочные параметры навсегда сохраняются в однократно программируемой памяти, что препятствует их изменению.

Микросхемы STPMxx выпускаются в корпусах TSSOP20, работают в температурном диапазоне от -40 до 85°C , соответствуют спецификациям IEC62052-11, IEC62053-2X и отличаются друг от друга числом входных каналов, поддерживаемыми датчиками тока и количеством измеряемых электрических характеристик (таблица 1).

Микросхема STPM01 способна работать в автономном режиме, самостоятельно измеряя электрические характеристики, управляя шаговым приводом через специально предназначенные для этого выводы и передавая по интерфейсу SPI информацию о вмешательстве в схему. Но чаще всего микросхемы STPMxx используются в сочетании с микроконтроллером для реализации однофазных и трехфазных счетчиков электроэнергии. Как известно, компания STMicroelectronics имеет множество развитых семейств микрокон-

Решение по измерению электроэнергии на базе STPM01 и STM32F103 производства STMicroelectronics характеризуется высокой точностью измерений, гибкостью при выборе датчика тока, простотой калибровки, функциональностью, способностью отслеживать вмешательства в электросчетчик с целью хищения электроэнергии, возможностью передачи данных различными способами (USB, CAN, SPI, USART, I²C).

ные значения напряжения и тока также доступны с разрешением 11 и 16 бит, соответственно. Частота сети измеряется с точностью 14 бит.

Измеренные значения активной мощности преобразуются в последовательности импульсов с частотой, пропорциональной измеренному значению. Этот импульсный сигнал используется при калибровке электросчетчика. Благодаря специальному алгоритму вычисления электрических характеристик, калибров-

троллеров для различных применений. Среди них есть микроконтроллеры, которые как нельзя лучше подходят для совместной работы с STPMxx в электросчетчиках. Это 8-битные микроконтроллеры STM8 для бюджетных решений с низким энергопотреблением и STM32 для производительных функциональных устройств. Для начала рассмотрим пример построения однофазного счетчика на базе STM8L152 и STPM10 (рисунок 2).

Таблица 1. Основные отличия микросхем STPMxx

Устройство	Измеряемые величины	Поддерживаемые датчики	Входные каналы (V+I)
STPM01	P, Q, S, Irms, Vrms, V, I	Токовый трансформатор, шунт, катушка Роговского	1 + 2
STPM10	P, Q, S, Irms, Vrms, V, I	Токовый трансформатор, шунт	1 + 2
STPM11, STPM12	P	Токовый трансформатор, шунт, катушка Роговского	1 + 1
STPM13, STPM14	P	Токовый трансформатор, шунт, катушка Роговского	1 + 2

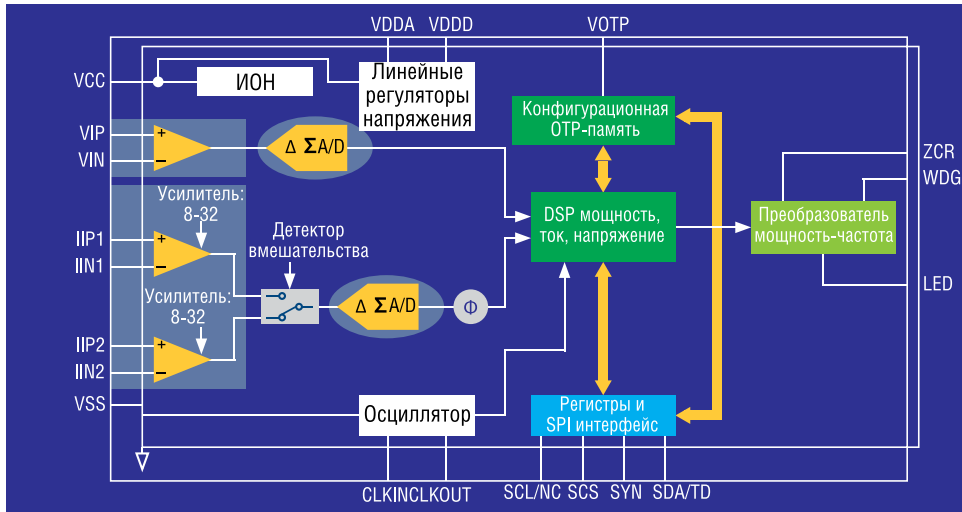


Рис. 1. Блок-схема STPM01

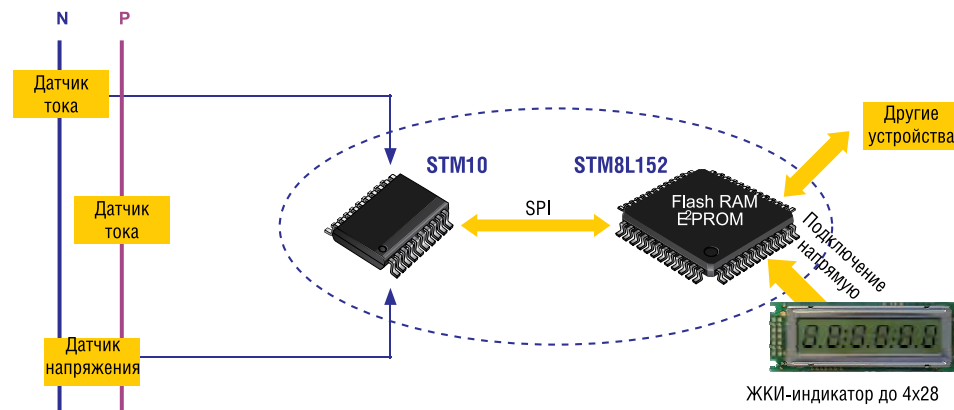


Рис. 2. Однофазный электросчетчик на базе STM8L152 и STPM10

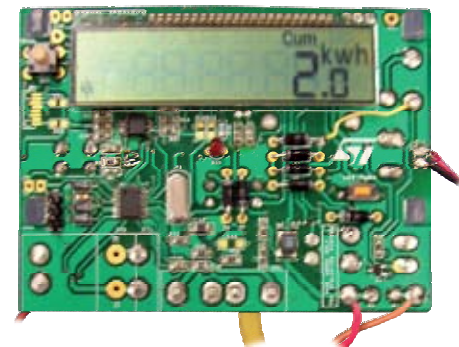


Рис. 3. Оценочная плата для электросчетчика STM8L152 + STPM10

Особенности микроконтроллера STM8L152:

- Производительность 16 МГц;
- Пять режимов энергопотребления;
- 1 мкА с RTC и сохранения данных ОЗУ;
- Переход в активный режим за 5 мкс;
- Аналоговая часть (АЦП, ЦАП, компараторы) работающая на 1,8 В;
- Развитые функции безопасности;
- Контроллер прямого доступа к памяти.

Особенности микросхемы STPM10:

- Измерение активной, реактивной и полной мощности, действующих значений тока и напряжения, частоты;

- Поддержка токовых трансформаторов и шунтов;
- Точность измерений 0,1;
- Обнаружение хищения электроэнергии;
- Соответствие IEC61036, EN62056-31, ANSI C12.1.

В рассматриваемом примере STPM10 с высокой точностью измеряет ток, напряжение и мощность однофазной сети. В качестве датчика используется токовый трансформатор. Измеренные значения передаются по интерфейсу SPI в 8-битный микроконтроллер STM8L152, который, в зависимости от требований решаемой задачи, сохраняет эти данные в памяти, отображает на индикаторе и/или передает их другим устройствам. 8-битные STM8L совместимы с 32-битными микроконтроллерами STM32L. Это означает, что при необходимости данное решение легко масштабировать (увеличить производительность, объем памяти, число коммуникационных интерфейсов и т.д.). Благодаря использованию двух токовых трансформаторов (STPM10 имеет два входа для измерения тока) и наличию встроенной схемы детектирования вмешательства, производится определение факта хищения электроэнергии. Если в приложении требуется измерять только мощность, STPM10 можно заменить на STPM11/12 (без детектирования хищения электроэнергии) или на STPM13/14.

Такое решение отличается низким энергопотреблением, высокой точностью измерений, надежностью передачи и хранения данных, а главное, низкой стоимостью. Кроме этого, компанией STMicroelectronics разработана оценочная плата (рисунок 3) для демонстрации работы решения на базе STM8L152 и STPM10. Все схемы аппаратной части и коды программ приложения доступны для разработчиков, что дает возможность снизить цену электросчетчика не только за счет компонентов, но также — трудозатрат и времени разработки.

Основные характеристики оценочной платы:

- Измеряемое номинальное напряжение: 240 В AC;
- Измеряемый номинальный ток: 5 А (тип.)/30 А (макс.);
- Рабочий диапазон: от 0,6 до 1,2 В;
- Класс точности: 1,0
- ЖКИ-дисплей: 6 + 1 символов;
- Разрешающая способность: 0,01 кВт/час;
- Детектирование вмешательства: обратный ток, потеря нейтрали, вскрытие корпуса;
- Датчик: токовый трансформатор, шунт;
- Коммуникация: IrDA, оптическая.

Более мощное по производительности и функциональности устройство измере-

ния электрических характеристик можно построить на базе микроконтроллеров STM32 и микросхемы STPM01 (рисунок 4). В отличие от STPM10, ко входу STPM01, помимо токового трансформатора и шунта, можно в качестве датчика тока подключать катушку Роговского (хотя в рассматриваемом примере используется токовый трансформатор).

Особенности микроконтроллера STM32F103:

- Ядро Cortex-M3, 72 МГц;
- 7 каналов DMA;
- до 128 КБ FLASH, до 20 КБ RAM;
- 2 АЦП 12-бит (16 каналов), 1 мкс;
- Встроенный RC-осциллятор 8 МГц;
- Встроенный RC-осциллятор 40 кГц;
- До 7 таймеров;
- USB 2.0, CAN, 2 SPI, 3 USART, 2 I²C.

Особенности микросхемы STPM01:

- Измерение активной, реактивной и полной мощности, действующих значений тока и напряжения, частоты;
- Поддержка токовых трансформаторов, шунтов, катушек Роговского;
- Точность измерений 0,1%;
- Обнаружение хищения электроэнергии;
- Соответствие IEC62052-11, IEC62053-2X.

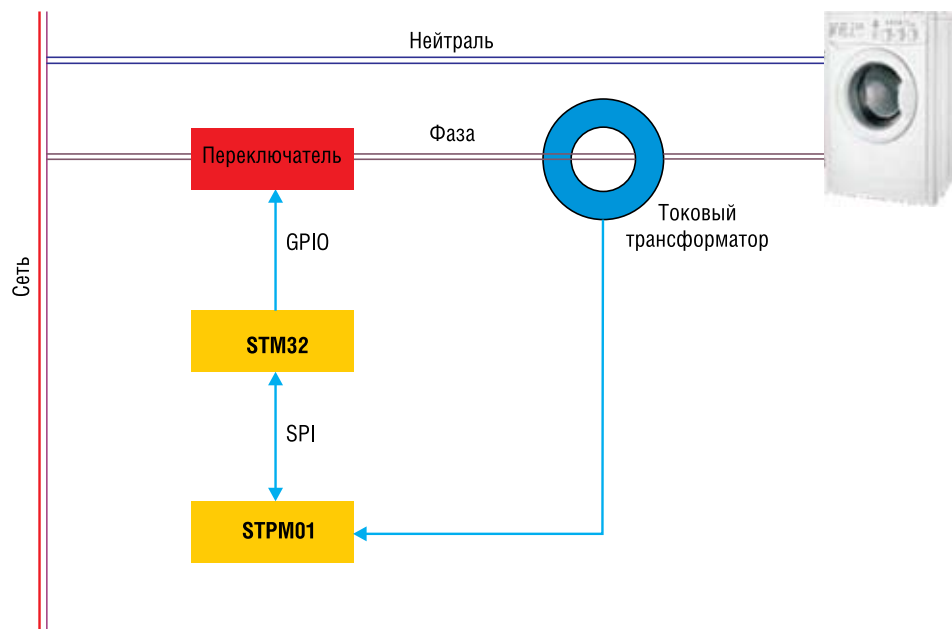


Рис. 4. Однофазный электросчетчик на базе STM32F103 и STPM01

Решение на базе STPM01 и STM32F103 характеризуется высокой точностью измерений, гибкостью при выборе датчика тока, простотой калибровки, функциональностью, способностью отслеживать вмешательства в электросчетчик с целью хищения электроэнергии, возможностью передачи данных различными способами (USB,

CAN, SPI, USART, I²C). На сайте компании-производителя доступно полное описание рассматриваемого примера, схемы реализации аппаратной части, коды программ.

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

ST Решение для однофазных и трехфазных счетчиков электроэнергии
МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ STM8 ИЛИ STM32 + МИКРОСХЕМЫ STPMxx

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ:

- Высокая производительность 16...90 MIPS
- 12-битные быстродействующие АЦП
- Часы реального времени, таймеры, SPI, CAN, DMA

МИКРОСХЕМЫ STPMxx:

- Измерение активной, реактивной и полной мощности, действующих значений тока и напряжения, частоты
- Определение факта хищения электроэнергии
- Высокая точность измерения (0,1%)

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

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

Компэл
www.compel.ru

Константин Староверов (г. Донецк)

НОВЫЕ МЭМС-ДАТЧИКИ STMICROELECTRONICS



В статье рассказывается о трехосевых гироскопах L3G4200D/DH с цифровым выходом и модулем цифрового компаса LSM303DLH – новинках текущего года от лидера МЭМС-индустрии – компании STMicroelectronics. Эти новинки отличаются улучшенными рабочими характеристиками и находят разнообразное применение в системах навигации, системах безопасности, промышленной электронике, в 3D-пультах дистанционного управления и др.

Компания STMicroelectronics (STM), ставшая по мнению авторитетной аналитической компании iSuppli восходящей звездой и номером один на рынке МЭМС-датчиков движения в 2008 году [1], по-прежнему остается ведущим игроком на этой арене. Успех компании связан с передовыми рабочими характеристиками их продукции, которые дополняются малыми габаритами, простой применения, экономичностью и адекватной стоимостью. Ассортимент МЭМС-датчиков компании STM преимущественно составляют акселерометры и гироскопы [2, 3], позволяющие контролировать параметры линейных и угловых перемещений, соответственно. Текущий год ознаменовался появлением в ассортименте STM новой оригинальной МЭМС-продукции: трехосевых гироскопов **L3G4200D/DH** с цифровым выходом и модуля цифрового компаса **LSM303DLH**.

Свой первый трехосевой гироскоп **LYPR540AH** компания STM представила в ноябре прошлого года. Этот МЭМС-датчик размещен в корпусе с размерами 4,4x7,5x1,1 мм и поддерживает два диапазона контроля угловых скоростей (± 400 и ± 1600 град/с). Вывод результатов измерений, так же как и у одно- и двухосевых предшественников [3], организован на усиленных и неусиленных аналоговых выходах. По сравнению с LYPR540AH трехосевые новинки этого года L3G4200D/DH существенно отличаются в сторону улучшения рабочих характеристик за счет расширения диапазона контролируемых угловых скоростей (поддерживаются три диапазона $\pm 250/500/2000$ град/с), применения цифрового SPI/I²C-совместимого интерфейса для вы-

вода данных, возможности перевода в экономичные режимы работы с малым потребляемым током (режим SLEEP: 1,5 мА; режим POWER-DOWN: 5 мкА) и размещения в ультракомпактном корпусе LGA-16 (4x4x1 мм). Добиться столь существенного отрыва в рабочих характеристиках удалось благодаря использованию единой измерительной структуры для контроля движения в трех ортогональных осях взамен традиционного подхода с использованием трех измерительных структур, как в случае LYPR540AH. Кроме того, при-

Перечисленные характеристики являются общим набором особенностей для L3G4200D/DH, а разобраться с их отличиями поможет рисунок 1. Из представленной здесь структурной схемы видно, что L3G4200DH отличается повышенной степенью интеграции. У L3G4200DH предусмотрен 96-уровневый буфер FIFO, который позволяет накопить 32 набора значений угловых скоростей относительно осей x, y и z. Использование буфера FIFO позволит снизить частоту генерации прерываний управляющего процессора, что, как следствие, дает ему возможность дольше находиться в дежурном режиме работы и, в конечном счете, позволяет существенно снизить средний потребляемый системой ток. L3G4200DH содержит дополнительный АЦП для 8-битной оцифровки напряжения встроенного датчика температуры, что дает возможность избавиться от внешней ИС датчи-

Несмотря на первоочередную ориентацию на потребительские применения, модуль цифрового компаса **LSM303DLH** от **STMicroelectronics** может с успехом использоваться в разнообразных промышленных приложениях: в системах навигации любых транспортных средств; охранных системах и системах безопасности; строительном оборудовании; системах позиционирования антенн; автоматических системах выравнивания; в буровом оборудовании; в системах управления автомобильным движением (в т.ч. в парковочных системах); в метеорологическом и геофизическом оборудовании (в т.ч. при мониторинге сейсмоактивности), а также в робототехнике.

менение единой измерительной структуры исключает проблему взаимного влияния, что положительно сказывается на точности измерений и способствует снижению потребляемого тока в активном режиме работы примерно на 40% — до уровня 6,1 мА (номинальное значение). Значения угловых скоростей выводятся в 16-битном формате. Обе микросхемы рассчитаны на работу при напряжении питания 2,4...3,6 В и в промышленном диапазоне температур -40...85°C.

ка температуры в системах, где необходима функция контроля температуры. Наличие у L3G4200DH буфера FIFO отразилось и на различиях в назначении выводов. В отличие от L3G4200D, у микросхемы с индексом DH вывод готовности данных (DRDY) имеет альтернативное назначение — выход генерации прерывания по заполнению буфера (INT2).

Благодаря малым размерам и низкому потребляемому току L3G4200D/

L3G4200DH перспективны для применения в набирающих популярность 3D-пультах дистанционного управления (например, для совместной работы с презентационным оборудованием) и 3D-манипуляторах «мышь», которые обеспечивают работу с системами трехмерного моделирования, включая компьютерные игры и САПР, через интуитивно-понятный интерфейс. Кроме того, эти трехосевые гироскопы могут применяться в системах позиционирования для повышения точности устройств спутниковой навигации и сохранения ее работоспособности в условиях нестабильного или полного отсутствия приема спутниковых сигналов. Пример – на рисунке 2. Здесь представлена структура системы автоматического мониторинга транспорта, предназначенной для формирования информации о местоположении транспортных средств в реальном времени. Для повышения точности спутниковой навигации дополнительно учитываются данные об инерциальном движении, которые оцениваются с помощью гироскопа и имеющегося в составе любого современного транспортного средства одометра (датчик количества оборотов колеса, предназначенный для измерения пройденного пути). После обработки всей оперативной информации формируются более точные данные о положении, направлении и скорости движения, которые передаются в коммуникационный центр через РЧ-канал, а затем выводятся на экран в диспетчерской и отправляются другим системам. Помимо L3G4200D/L3G4200DH отличным кандидатом для работы в подобном применении может служить модуль **LSM320HAY30**, который в 28-выводном корпусе LGA (4,4x7,5x1,1 мм) интегрирует трехосевой акселерометр и двухосевой гироскоп (pitch, yaw). Такой модуль способен полностью контролировать движение инерциальной системы, избавляет от необходимости использования одометра и создает предпосылки для беспрерывной реализации устройства мониторинга.

Следующий участник данного обзора является плодом сотрудничества STM и известного новатора в области измерительных технологий – компании **Honeywell**. Разработанная последней анизотропная магниторезистивная (AMR) технология позволяет создавать магниточувствительные элементы, способные контролировать силу и направление магнитного поля Земли и определять направление по отношению к Северному магнитному полюсу. Помимо лучшей в своем классе точности технология AMR обеспечивает малое электропотребление, автоматическую компенсацию смещений (исключает необходимость калибровки) и способность работать в условиях

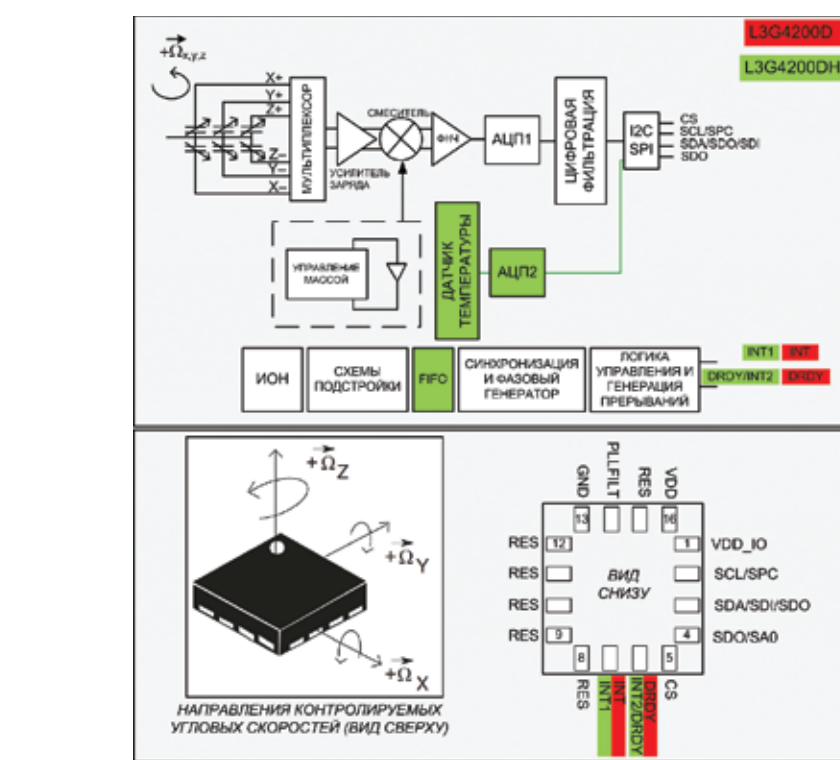


Рис. 1. Структурная схема и расположение выводов гироскопов L3G4200D/H

очень малой напряженности магнитного поля, в т.ч. внутри автомобилей и зданий из металлоконструкций, а также в географических зонах с большими значениями широты, включая север РФ. Перечисленные возможности разработки Honeywell теперь доступны в новой продукции компании STM – модуле цифрового компаса **LSM303DLH**. В дополнение к магнетометру модуль содержит трехосевой акселерометр (по набору регистров и программированию идентичен **LIS331DLH/М/Ф**). Появление LSM303DLH является ответом на возрастающую потребность в портативной электронной технике потребительского назначения (в т.ч. смарт-фоны и КПК) с расширенными функциональными возможностями навигации. Среди этих возможностей – автоматическая ориентация карты, индикация направления (в т.ч. при отсутствии движения), сигнализация о наличии интересных объектов (театры, рестораны, станции метро и т.п.) в выбранном направлении и сохранение функций навигации в условиях неустойчивого или полного отсутствия приема сигналов от систем глобального спутникового позиционирования.

Структура модуля LSM303DLH показана на рисунке 3. Каналы измерения напряженности магнитного поля предусматривают работу в одном из семи программно-выбираемых диапазонов от $\pm(0,13\dots0,81)$ мТл (ведется разработка модуля для диапазона до 2 мТл). В свою очередь каналы измерения линейных ускорений поддерживают работу в одном из трех программно-задаваемых

диапазонов $\pm 2/\pm 4/\pm 8g$. Вывод результатов измерений организован в цифровом виде (16-битный формат). Для этого в модуль интегрированы АЦП и два независимых последовательных интерфейса I²C (поддерживаются скоростные режимы 100 и 400 кГц). Модуль предусматривает возможность раздельного перевода в экономичный режим работы трактов магнетометра и акселерометра и генерации двух сигналов прерывания с гибкой программируемой настройкой.



Рис. 2. Система автоматического мониторинга транспорта

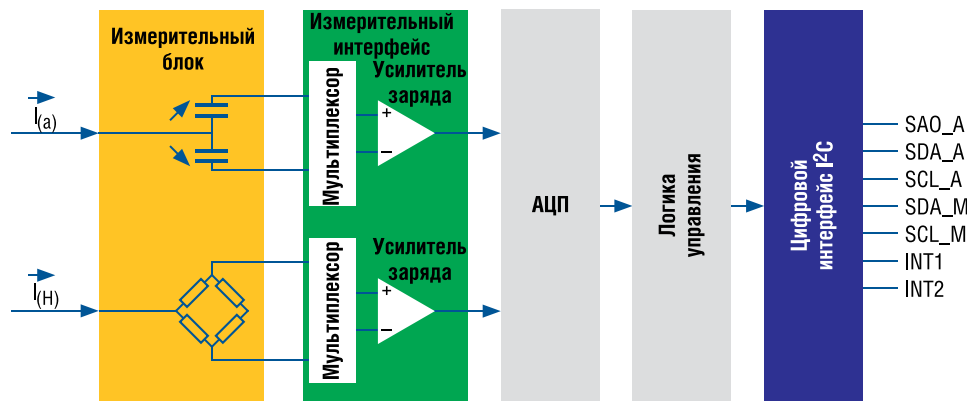


Рис. 3. Структурная схема модуля цифрового компаса LSM303DLH

Данные прерывания позволяют активизировать управляющий процессор в случае обнаружения движения и свободного падения. Функциональные возможности модуля завершают функции тестирования, которые могут быть инициированы по запросу пользователя отдельно для трактов магнетометра и акселерометра. Столь внушительные возможности модуля реализованы в рамках чрезвычайно компактного 28-выводного корпуса LGA с размерами 5x5x1 мм. Его рабочие характеристики гарантированы для диапазонов напряжения питания 2,5...3,3 В и температур -30...85°C.

Несмотря на первоочередную ориентацию на потребительские применения, модуль LSM303DLH может с успехом использоваться в разнообразных промышленных приложениях: в системах навигации любых транспортных средств; охранных системах и системах безопасности; строительном оборудовании; системах позиционирования антенн; автоматических системах выравнивания; в буровом оборудовании; в системах управления автомобилем движением (в т.ч. в парковочных системах); в метеорологическом и геофизическом оборудовании (в т.ч. при мониторинге сейсмоактивности), а также в робототехнике.

Модуль LSM303DLH доступен в предустановленном виде в составе демонстрационной платы iNEMO второго поколения (код заказа STEVAL-MKI062V2). Данная плата может выступать в роли завершённой платформы для контроля инерциальной системы с 10 степенями свободы. Для этой цели на ней установлены двухосевой гироскоп (roll, pitch) LPR430AL, одноосевой гироскоп (yaw) LY330ALH, рассмотренный только что модуль трехосевого магнетометра и трехосевого акселерометра LSM303DLH, датчик давления LPS001DL (300...1100 мбар) с функцией барометра и датчик температуры STLM75 (измеряемый диапазон -55...125°C). Логику работы платы определяет установленный на ней 32-битный микроконтроллер STM32F103RE (256...512 кбайт flash-памяти, модули USB и CAN, 11 таймеров, три АЦП и 13 коммуникационных интерфейсов). Для взаимодействия с внешним миром предусмотрены разъем для подключения устройств беспроводной связи, порты COM и USB 2.0 FS. Кроме того, на плате предусмотрены разъем для установки карт памяти MicroSD™, программируемые светодиод и кнопка. Примечательно, что при столь внушительных возможностях платы ее размеры чрез-

вычайно малы и составляют 4x4 см. В связи с этим она идеальна для использования в качестве завершённого решения для интеграции в разнообразные системы, в т.ч. системы виртуальной реальности, дополненной реальности [4], стабилизации изображений, человеко-машинных интерфейсов и робототехнические системы.

Заключение

Согласно прогнозам iSuppli, в ближайшие годы будет иметь место существенный рост объемов продаж электроники потребительского назначения с улучшенными функциями навигации на местности и улучшенными до интуитивного уровня возможностями пользовательского интерфейса. В частности, среднегодовой темп роста объемов продаж только одного мобильных телефонов со встроенным цифровым компасом составит порядка 130% и сохранится вплоть до 2013 г. Новая продукция STM имеет все шансы для успешной конкуренции на массовом рынке потребительской электроники. Помимо отличных рабочих характеристик этому способствует учет всех требований использования в портативной электронике, включая очень малые размеры корпуса, простоту схемы включения, низковольтное питание, малый потребляемый ток в активном режиме работы и возможность перевода в экономичный режим работы. Благодаря гарантированности рабочих характеристик в пределах широкого диапазона температур (-30/40...85°C) новая продукция STM также с успехом может применяться в разнообразных промышленных применениях.

Более детальная информация по гироскопам и прочим МЭМС-датчикам STM доступна по ссылке www.st.com/mems.

Литература

1. Jeremie Bouchaud, Richard Dixon. MEMS Market brief, iSuppli, January 2009
2. Староверов К. МЭМС-датчики движения от STMicroelectronics: акселерометры и гироскопы // Электронные компоненты, 2009, №12 – С.53-57.
3. Староверов К. Новое семейство одно- и двухосевых гироскопов // Новости электроники, 2009, №14 – С.16-18.
4. Статья Википедии. http://ru.wikipedia.org/wiki/Дополненная_реальность.

Цифровой МЭМС-компас
LSM303DLH

- Трехосевой акселерометр (от ±2 до ±8g) и трехосевой магнетометр (от ±1,3 до ±8,1 Гаусс)
- Цифровой I²C-интерфейс для вывода данных (16 бит)
- Два программируемых генератора прерываний

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

Евгений Звонарев (КОМПЭЛ)

МИКРОСХЕМЫ ДЛЯ DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ОТ STMICROELECTRONICS



В статье рассматриваются основные характеристики микросхем неизолированных DC/DC-преобразователей компании STMicroelectronics, отличающихся простотой, высокими эксплуатационными характеристиками и заслуженной популярностью у разработчиков электронной техники.

Компания STMicroelectronics выпускает микросхемы для создания неизолированных DC/DC-преобразователей с высокими качественными показателями, требующие небольшого количества внешних компонентов.

Постоянное развитие ИС для DC/DC-преобразователей характеризуется следующими факторами:

- повышением рабочих частот преобразования (максимальная частота преобразования для микросхем STMicroelectronics составляет 1,7 МГц), что позволяет резко уменьшить размеры внешних компонентов и минимизировать площадь печатной платы;
- уменьшением размеров корпусов микросхем благодаря высоким частотам преобразования (корпус DFN6D имеет размеры всего 3x3 мм);
- повышением удельной плотности выходного тока (корпус DFN6D обеспечивает выходной ток до 2,0 А; корпуса DFN8 и PowerSO-8 могут работать при токах до 3,0 А);
- повышением КПД и снижением потребляемой мощности при отключенном состоянии, что особенно важно для приборов с автономным питанием.

Компания STM разделяет свои микросхемы для неизолированных DC/DC-преобразователей на две группы. Первая группа имеет рабочую частоту до 1 МГц (параметры сведены в таблицу 1), вторая группа – с частотой преобразования 1,5 и 1,7 МГц (параметры см. в таблице 2). Во вторую группу добавлены также и микросхемы серии ST1S10 с номинальной частотой преобразования 0,9 МГц (максимальная частота преобразования для этих микросхем может достигать 1,2 МГц). Микросхемы серии ST1S10 могут работать при синхронизации от внешнего генератора в диапазоне частот от 400 кГц до 1,2 МГц.

Основная часть микросхем для DC/DC-преобразователей из таблицы 1 имеет частоту преобразования до 300 кГц. На таких частотах облегчается выбор индуктивностей на выходе DC/DC, т. е. для рабочих частот микросхем из таблицы 2 (1,5 и 1,7 МГц) на частотные характеристики индуктивностей необходимо обращать особое внимание. На рисунках 1 и 2 в качестве примеров приведены рекомендуемые производителем схемы включения микросхем L5973D (выходной ток до 2,0 А при частоте преобразования 250 кГц) и ST1S06 (выходной ток до 1,5 А при частоте преобразования 1,5 МГц).

Из рисунков 1 и 2 видно, что микросхемы с относительно низкими частотами преобразования по современным меркам требуют большого количества внешних электронных компонентов, имеющих увеличенные размеры по сравнению с компонентами преобразователей, работающих на частотах более 1 МГц. Микросхемы для DC/DC из таблицы 2 обеспечивают гораздо меньшие размеры печатной платы, но необходимо более внимательно относиться к разводке проводников для уменьшения излучаемых электромагнитных помех.

Некоторые микросхемы позволяют управлять включением и выключением конвертеров благодаря наличию входа INHIBIT. Пример включения таких микросхем приведен на рис. 3. ST1S09 (без входа INHIBIT) и ST1S09I (с входом INHIBIT). В нижней части этого рисунка приведены рекомендуемые значения номиналов резисторов R1 и R2 для формирования выходных напряжений 1,2 и 3,3 В.

При наличии на входе управления VINH высокого уровня напряжения (более 1,3 В) микросхема ST1S09I находится в активном состоянии; при напряжении на этом входе менее 1,4 В DC/DC-преобразователь отключается (собственное потребление при этом составляет менее 1 мкА). Вариант микросхемы без входа управления на выводе 6 вместо входа VINH имеет выход «PG = Power Good» (питание в норме). Формирование сигнала «Power Good» проиллюстрировано на рис. 4. Когда на входе «FB» (FeedBack или вход обратной связи) достигается значение $0,92 \times V_{FB}$, происходит переключение компаратора, и на выходе PG формируется высокий уровень напряжения, информирующий о том, что выходное напряжение находится в допустимых пределах.

Эффективность преобразования на примере микросхем ST1S09 и ST1S09I

Эффективность понижающего DC/DC-преобразователя сильно зависит от

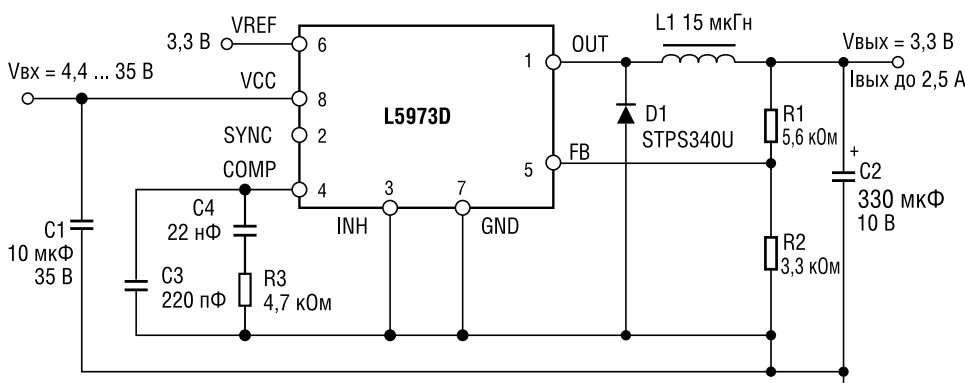


Рис. 1. Схема включения L5973D (частота преобразования 250 кГц)

Таблица 1. Микросхемы STMicroelectronics для DC/DC-преобразователей с частотой преобразования до 1 МГц

Наименование	Топология	Vвх., В	Vвых., В	Iвых., А	Частота преобразования, МГц	Вход отключения	Корпус
L296	Step-down	9...46	5,1...40	4	до 200	Есть	MULTIWATT-15
L4960	Step-down	9...46	5,1...40	2,5	до 200	Нет	HEPTAWATT-7
L4962	Step-down	9...46	5,1...40	1,5	до 200	Есть	HEPTAWATT-8, DIP-16
L4963	Step-down	9...46	5,1...40	1,5	42...83	Нет	DIP-18, SO-20
L4970A	Step-down	12...50	5,1...50	10	до 500	Нет	MULTIWATT-15
L4971	Step-down	8...55	3,3...50	1,5	до 300	Есть	DIP-8, SO-16W
L4972A	Step-down	12...50	5,1...40	2	до 200	Нет	DIP-20, SO-20
L4973D3.3	Step-down	8...55	0,5...50	3,5	до 300	Есть	DIP-8, SO-16W
L4973D5.1	Step-down	8...55	5,1...50	3,5	до 300	Есть	DIP-8, SO-16W
L4974A	Step-down	12...50	5,1...40	3,5	до 200	Нет	MULTIWATT-15
L4975A	Step-down	12...50	5,1...40	5	до 500	Нет	MULTIWATT-15
L4976	Step-down	8...55	0,5...50	1	до 300	Есть	DIP-8, SO-16W
L4977A	Step-down	12...50	5,1...40	7	до 500	Нет	MULTIWATT-15
L4978	Step-down	8...55	3,3...50	2	до 300	Есть	DIP-8, SO-16W
L5970AD	Step-down	4,4...36	0,5...35	1	500	Есть	SO-8
L5970D	Step-down	4,4...36	0,5...35	1	250	Есть	SO-8
L5972D	Step-down	4,4...36	1,23...35	1,5	250	Нет	SO-8
L5973AD	Step-down	4,4...36	0,5...35	1,5	500	Есть	HSOP-8
L5973D	Step-down	4,4...36	0,5...35	2	250	Есть	HSOP-8
L5987A	Step-down	2,9...18	0,6...Vвх.	3	250...1000	Есть	HSOP-8
L6902D	Step-down	8...36	0,5...34	1	250	Нет	SO-8
L6920D	Step-up	0,6...5,5	2...5,2	1	до 1000	Есть	TSSOP-8
L6920DB	Step-up	0,6...5,5	1,8...5,2	0,8	до 1000	Есть	miniSO-8

Таблица 2. Микросхемы для понижающих DC/DC-преобразователей с частотой преобразования от 0,9 до 1,7 МГц

Серия	Наименование	Iвых., А	Vвх., В	Vвых., В	Частота преобразования, МГц	Вход отключения	Корпус
ST1S03	ST1S03PUR	1,5	3...16	0,8...12	1,5	Нет	DFN6D (3x3 мм)
ST1S03A	ST1S03AIPUR		3...5,5	0,8...5,5	1,5	Есть	DFN6D (3x3 мм)
	ST1S03APUR				1,5	Нет	
ST1S06	ST1S06PUR		2,7...6	0,8...5,5	1,5	Есть	DFN6D (3x3 мм)
ST1S06A	ST1S06APUR				1,5	Нет	
ST1S06xx12	ST1S06PU12R		2,7...6		1,2	1,5	Есть
ST1S06xx33	ST1S06PU33R	3,3			1,5	Есть	
ST1S09	ST1S09IPUR	2,0	2,7...5,5	0,8...5	1,5	Есть	DFN6D (3x3 мм)
	ST1S09PUR				1,5	Нет	
ST1S10	ST1S10PHR	3,0	2,5...18	0,8...0,85Vвх.	0,9 (0,4...1,2)*	Есть	PowerSO-8
	ST1S10PUR						DFN8 (4x4 мм)
ST1S12xx	ST1S12GR	0,7	2,5...5,5	1,2...5	1,7	Есть	TSOT23-5L
ST1S12xx12	ST1S12G12R			1,2			
ST1S12xx18	ST1S12G18R			1,8			

* – в скобках указан диапазон частот преобразования при синхронизации от внешнего генератора.

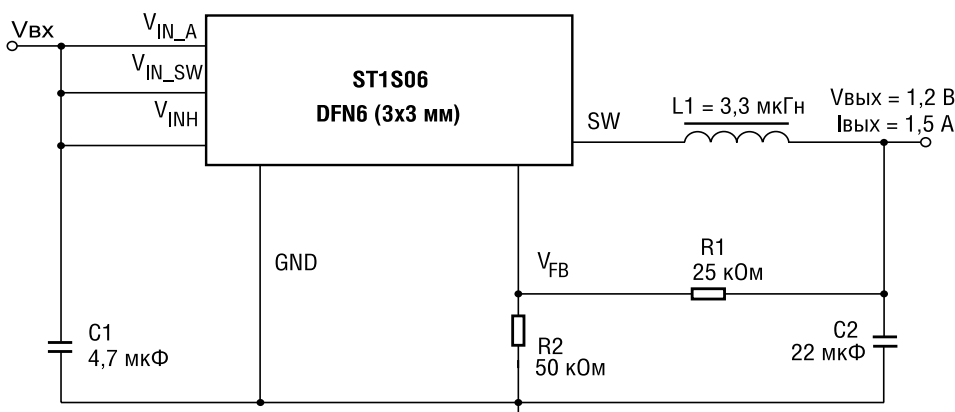


Рис. 2. Схема включения ST1S06 (ток до 1,5 А, частота преобразования 1,5 МГц)

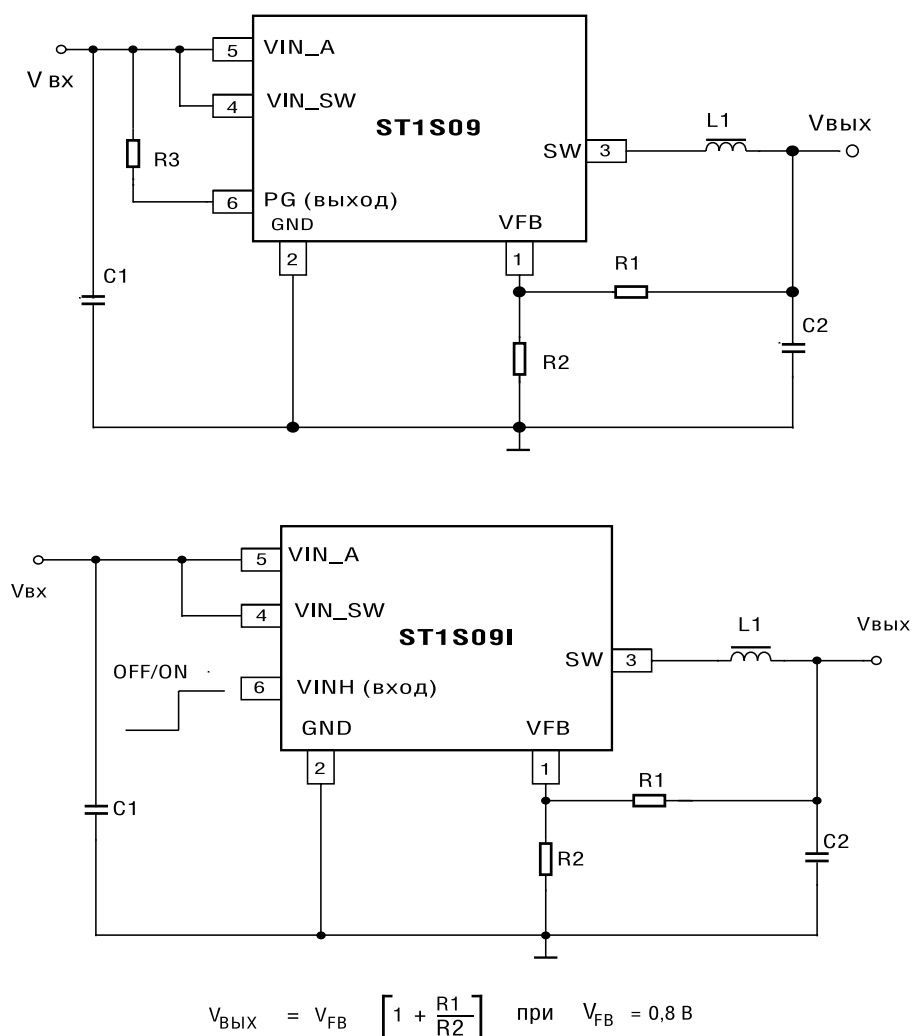
параметров интегрированных в микросхемы транзисторов с изолированным затвором (MOSFET), выполняющих роль ключа. Одна из проблем высокочастотных преобразователей связана с током заряда затвора транзистора при управлении им с помощью ШИМ-контроллера. Потери в этом случае практически не зависят от тока в нагрузке. Вторая проблема, снижающая КПД, – рассеиваемая в транзисторе мощность во время переключения из одного состояния в другое (в эти промежутки времени транзистор работает в линейном режиме). Уменьшить потери можно, обеспечив более крутые фронты переключения, но это повыша-

Таблица 3. Близкие замены микросхем для DC/DC-преобразователей от других производителей

Производитель	Наименование	Ивых макс., А	Частота преобразования, МГц	Power Good	Совместимость по выводам	Корпус
STMicroelectronics	ST1S09PUR	2	1,5	Есть	Есть	DFN3x3-6
	ST1S09IPUR			Нет	Есть	
Fairchild Semiconductor	FAN2013MPX	2	1,3	Нет	Есть	DFN3x3-6

Таблица 4. Близкие замены микросхем ST1S10PxR для понижающих DC/DC-преобразователей от других производителей

Производитель	Наименование	Ивых макс., А	Синхронное выпрямление	Компенсация	Мягкий запуск	Совместимость по выводам	Корпус
STMicroelectronics	ST1S10PHR	3	Есть	Внутренняя	Внутренний	—	PowerSO-8
	ST1S10PUR						DFN8 (4x4 мм)
Monolithic Power Systems	MP2307/MP1583	3	Есть/Нет	Внешняя	Внешний	Нет	SO8-EP
Alpha & Omega Semiconductor	AOZ1013	3	Нет	Внешняя	Внутренний	Нет	SO8
Semtech	SC4521	3	Нет	Внешняя	Внешний	Нет	SO8-EP
AnaChip	AP1510	3	Нет	Внутренняя	Внутренний	Нет	SO8



Рекомендуемые номиналы резисторов R1 и R2

Vвых	R1	R2
1,2 В	27 кОм	47 кОм
3,3 В	47 кОм	15 кОм

Рис. 3. Отличия схем включения ST1S09 (без входа отключения) и ST1S09I (с входом отключения)

ет электромагнитные шумы и помехи по цепям питания. Еще одна причина снижения КПД преобразователя – наличие активного сопротивления «сток – исток» (R_{dson}). В правильно спроектированной схеме КПД достигает максимального значения при равенстве статических (омических) и динамических потерь. Следует учесть, что выходной выпрямительный диод также вносит свою долю динамических и статических потерь. Некорректно выбранная индуктивность на выходе DC/DC-преобразователя может дополнительно существенно снизить эффективность преобразования, что заставляет помнить и об ее высокочастотных свойствах. В самом плохом случае на высоких частотах преобразования выходной дроссель может потерять свои индуктивные свойства, и преобразователь просто не будет работать.

Компания STMicroelectronics уже много лет выпускает мощные полевые транзисторы и диоды с очень высокими динамическими и статическими характеристиками. Обладание отлаженной технологией производства транзисторов MOSFET позволяет компании интегрировать свои полевые транзисторы в микросхемы для DC/DC-преобразователей и достигать высоких значений КПД преобразования.

На рис. 5 (а, б, в) в качестве примера приведены типовые зависимости эффективности преобразования от некоторых параметров при разных условиях работы. Графики зависимости КПД от величины выходного тока достигают максимальных значений около 95% при токе 0,5 А. Далее спад этих характеристик довольно пологий, что характеризует лишь небольшое увеличение потерь при росте выходного тока до максимального значения.

На рис. 5б показаны зависимости КПД от уровня выходного напряжения

Таблица 5. Близкие замены микросхем ST1S12 для понижающих DC/DC-преобразователей от других производителей

Производитель	Наименование	I _{вых} (макс.), мА	Частота преобразования, МГц	V _{вх} (макс.), В	Вход отключения	Совместимость по выводам	Корпус
STMicroelectronics	ST1S12	700	1,7	5,5	есть	—	TSOT23-5L
Monolithic Power Systems	MP2104	600	1,7	6	есть	есть	TSOT23-5L
National Semiconductor	LM3674	600	2	5,5	есть	нет	SOT23-5L
	LM3671	600	2	5,5	есть	нет	SOT23-5L

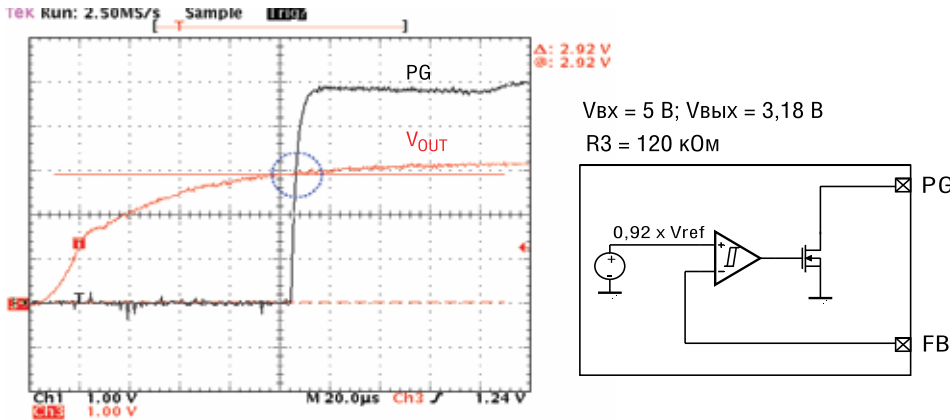


Рис. 4. Формирование сигнала «Power Good» на выходе PG микросхемы ST1S09

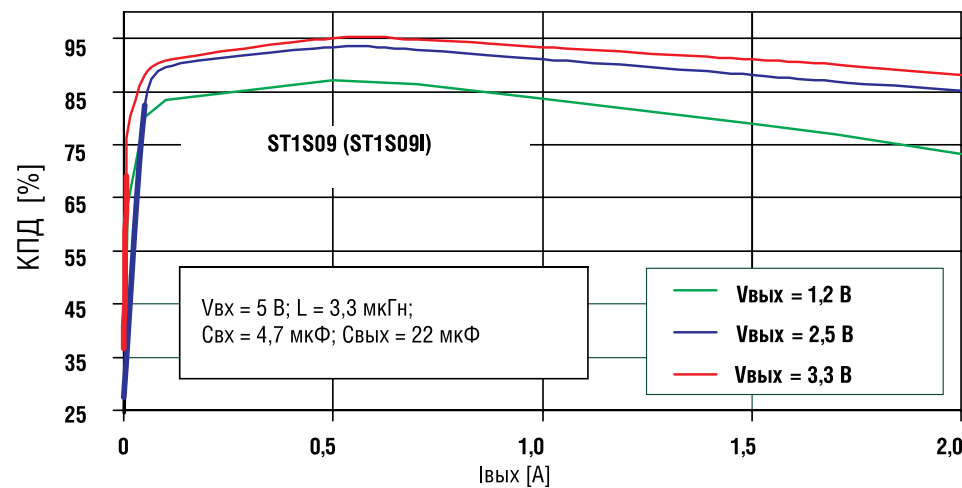


Рис. 5а. Зависимости КПД для серии ST1S09 от выходного тока

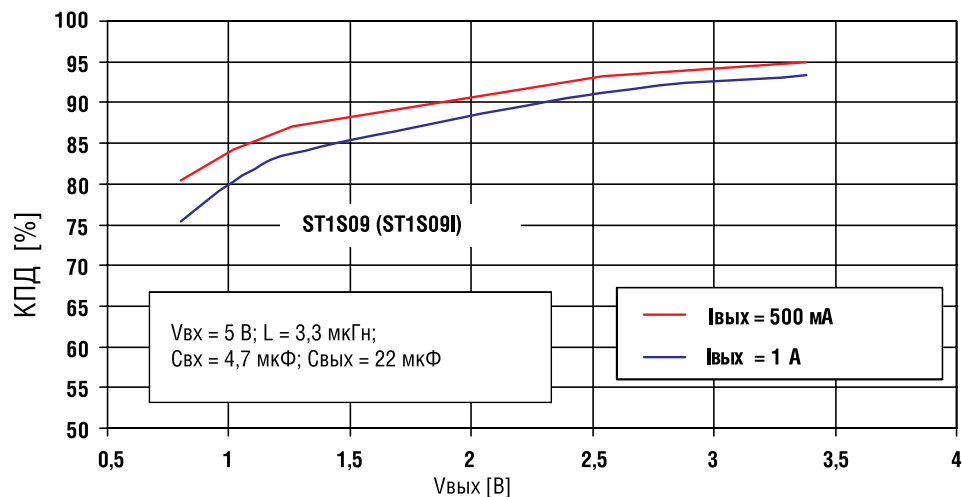


Рис. 5б. Зависимости КПД для серии ST1S09 от выходного напряжения

DC/DC-преобразователей на микросхемах ST1S09 и ST1S09I. С ростом выходного напряжения КПД возрастает. Это объясняется тем, что падение напряжения на транзисторах выходного каскада практически не зависит от выходного напряжения при неизменном выходном токе, поэтому с ростом выходного напряжения процент вносимых потерь будет уменьшаться.

На рис. 5в приведены зависимости КПД от величины индуктивности на выходе. В диапазоне от 2 до 10 мкГн эффективность преобразования практически не изменяется, что позволяет выбирать величину индуктивности из широкого диапазона номиналов. Конечно, нужно стремиться к максимально возможному уровню индуктивности для обеспечения лучшей фильтрации напряжения пульсаций выходного тока. Понятно, что с ростом значений выходного тока КПД уменьшается. Это объясняется ростом потерь в выходных каскадах DC/DC-преобразователей.

Сравнение с микросхемами других производителей

В таблицах 3, 4 и 5 приведены параметры близких по функциональному значению микросхем от других производителей.

Из таблицы 3 видно, что FAN2013MPX – это полный аналог для микросхемы ST1S09IPUR, но у компании STMicroelectronics дополнительно в этой серии есть микросхема ST1S09PUR с наличием выхода «Power Good», что расширяет выбор разработчика.

В таблице 4 приведены функциональные замены (нет совместимости по выводам) от других производителей для микросхем ST1S10. Основное преимущество микросхем ST1S10 – наличие синхронного выпрямления в выходных каскадах, что обеспечивает более высокий КПД преобразования. Кроме того, корпус DFN8 (4x4 мм) имеет меньшие размеры по сравнению с корпусами функционально близких микросхем других производителей. Внутренняя схема компенсации позволяет сократить количество внешних компонентов обвязки микросхем.

В таблице 5 показаны возможные замены для микросхем ST1S12. Основное преимущество микросхем ST1S12 – большее значение максималь-

но допустимого выходного тока: до 700 мА. Микросхема MP2104 фирмы MPS совместима по выводам с микросхемой ST1S12. Микросхемы LM3674 и LM3671 можно рассматривать только в качестве близкой функциональной замены для ST1S112 из-за отсутствия совместимости по выводам.

Выбор микросхем для DC/DC-преобразователей на сайте

Для быстрого поиска электронных компонентов по известным параметрам удобнее всего воспользоваться сайтом www.catalog.compel.ru. Для параметрического поиска на этом сайте настоятельно рекомендуется установить и использовать бесплатную программу для просмотра сайтов (браузер) «Google Chrome». Работа в этом браузере ускоряет поиск в несколько раз. Микросхемы для DC/DC-преобразователей компании STMicroelectronics можно найти на сайте по следующему пути: «Управление питанием» → «ИМС для DC/DC» → «Регуляторы (+ключ)». Далее можно выбрать бренд «ST» и активировать фильтр «Склад» для выбора только тех компонентов, которые имеются на складе. Результат этих действий показан на рис. 6. Можно сделать более конкретную выборку по требуемым параметрам, применяя другие фильтры.

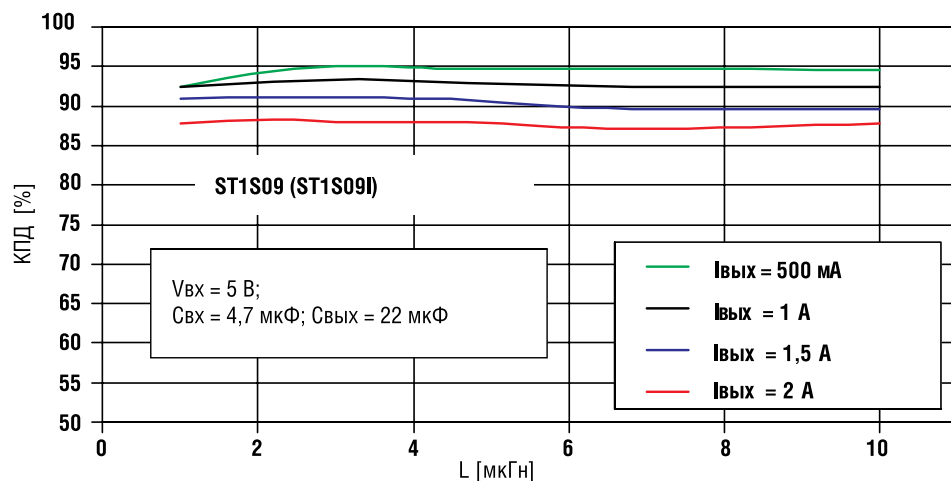


Рис. 5в. Зависимости КПД для серии ST1S09 от индуктивности

Заключение

Особенно важен правильный выбор микросхем для DC/DC-преобразователей в приборах с автономными источниками питания. В некоторых случаях выбор подходящей схемы питания может оказаться трудной задачей, но, уделив достаточно времени проработке и выбору схемы электропитания устройства, можно добиться определенного преимущества над конкурентами за счет более компактного и недорогого решения с более высокой эффективностью преобразования электрической энергии.

Микросхемы для DC/DC-преобразователей STMicroelectronics облегчают выбор и позволяют реализовать заложенные в них преимущества при создании конкурентоспособных схем электропитания.

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

Интегральные DC/DC-регуляторы ST1S09/ST1S09I

- Повышенная частота преобразования 1,5 МГц
- Выходной ток до 2 А
- Диапазон входного напряжения 2,7...5,5 В
- Миниатюрный корпус микросхемы DFN6D (3 x 3 мм)
- Управление включением и выключением DC/DC-преобразователей через вход INHIBIT (для ST1S09I)
- Выход «Power Good»

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

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

Компэл

www.compel.ru

Андрей Никитин (г. Минск)

СОВРЕМЕННЫЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ДРАЙВЕРЫ MOSFET- И IGBT-ТРАНЗИСТОРОВ



В линейке аналоговых и смешанных интегральных схем, выпускаемых компанией **STMicroelectronics**, важное место занимают **драйверы MOSFET- и IGBT-транзисторов**. В статье рассматриваются высоковольтные драйверы компании **STM**. Основное внимание уделяется современным сериям высоковольтных драйверов **L638x** и **L639x**.

Мощные полевые MOSFET-транзисторы и биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT-транзисторы) являются базовыми элементами современной силовой электроники и используются в качестве элементов коммутации больших токов и напряжений. Однако для согласования низковольтных логических управляющих сигналов с уровнями управления затвора MOSFET- и IGBT-транзисторов требуются промежуточные устройства согласования — высоковольтные драйверы (в дальнейшем, для краткости, под «высоковольтными драйверами» будем понимать «высоковольтные драйверы MOSFET- и IGBT-транзисторов»).

В большинстве случаев используется следующая классификация высоковольтных драйверов:

- Независимые драйверы верхнего и драйверы нижнего плеча полумоста, интегрированные в одной микросхеме (*High and Low Side Driver*);
- Драйверы верхнего и драйверы нижнего плеча, включенные по схеме полумоста (*Half-Bridge Driver*);
- Драйверы верхнего плеча (*High Side Driver*);
- Драйверы нижнего плеча (*Low Side Driver*).

На рис. 1 показаны соответствующие этим типам драйверов схемы управления.

В первом случае (рис. 1а) управление двумя независимыми нагрузками осуществляется от единых управляющих сигналов. Нагрузки, соответственно, включаются между истоком нижнего транзистора и шиной высоковольтного питания (драйвер нижнего плеча), а также между стоком верхнего транзистора и землей (драйвер верхнего плеча). Так называемые средние точки (сток верхнего транзистора и исток

нижнего транзистора) не соединены между собой.

Во втором случае (рис. 1б) средние точки соединены. Причем нагрузка может быть включена как на верхнее, так и на нижнее плечо, но подключена к средней точке аналогично полумостовой схеме (т.н. полная мостовая схема). Строго говоря, в схеме 1а ничто не мешает соединить средние точки. Но в этом случае при определенной комбинации входных сигналов возможно одновременное открытие сразу двух транзисторов и, соответственно, протекание чрезмерно большого тока от высоковольтной шины на землю, что приведет к выходу из строя одного или сразу обоих транзисторов. Исключение подобной ситуации в данной схеме является заботой разработчика. В полумостовых драйверах (схе-

ма 1б) подобная ситуация исключается на уровне внутренней логики управления микросхемы.

В третьем случае (1в) нагрузка включается между стоком верхнего транзистора и землей, а в четвертом (1г) — между истоком нижнего транзистора и шиной высоковольтного питания, т.е. отдельно реализованы две «половинки» схемы 1а.

Компания **STMicroelectronics** в последние годы ориентируется (в нише высоковольтных драйверов) только на драйверы первых двух типов (семейства **L638x** и **L639x**, которые будут рассмотрены ниже). Однако более ранние разработки содержат микросхемы драйверов, управляющих включением или выключением одиночного MOSFET- или IGBT-транзистора (категория «Single» в терминах компании **STMicroelectronics**). При определенной схеме включения данные драйверы могут управлять нагрузкой как верхнего, так и нижнего плеча. Отметим также микросхему **TD310** — три независимых одиночных драйвера в одном

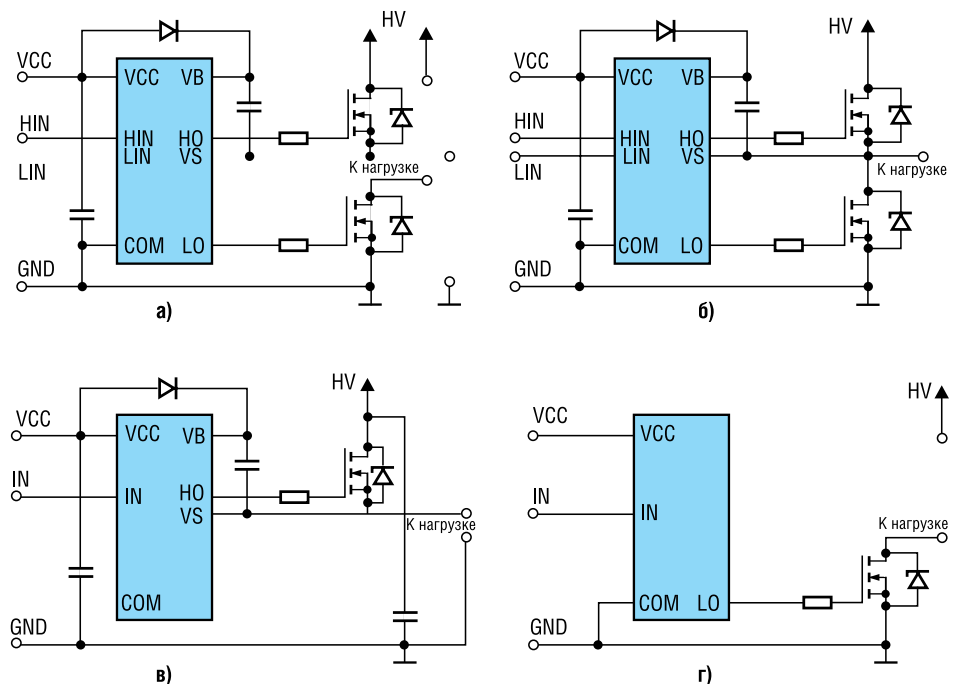


Рис. 1. Упрощенные схемы управления MOSFET- и IGBT-транзисторами

Таблица 1. Параметры драйверов семейства L638x

Наименование	Voffset, В	Io+, мА	Io-, мА	Ton, нс	Toff, нс	Tdt, нс	Тип	Управление
L6384E	600	400	650	200	250	Prog.	НВ	IN/-SD
L6385E	600	400	650	110	105		Н&L	HIN/LIN
L6386E	600	400	650	110	150		Н&L	HIN/LIN/-SD
L6387E	600	400	650	110	105		Н&L	HIN/LIN
L6388E	600	200	350	750	250	320	НВ	HIN/LIN

корпусе. Такое решение будет эффективным при управлении трехфазной нагрузкой. Данную микросхему компания STMicroelectronics относит к драйверам категории «Multiple».

Семейство высоковольтных драйверов L368x

В таблице 1 приводятся состав и параметры микросхем семейства L368x. Микросхемы данного семейства включают в себя как независимые драйверы верхнего и нижнего плеча (Н&L), так и драйверы полумостовой схемы (НВ).

Поясним некоторые параметры:

V_{OFFSET} — максимально возможное напряжение между истоком верхнего транзистора и землей;

I_{O+} (I_{O-}) — максимальный выходной ток при открытом верхнем (нижнем) транзисторе выходного каскада микросхемы;

T_{ON} (T_{OFF}) — задержка распространения сигнала от входов HIN и LIN до выходов HO и LO при включении (выключении);

T_{DT} — время паузы — параметр, имеющий отношение к драйверам полумостовой схемы. При смене активных состояний логическая схема принудительно вводит паузы, позволяющие избежать включения верхнего и нижнего плеча одновременно. Например, если выключается нижнее плечо, то какое-то время оба плеча выключены и только потом включается верхнее. И, наоборот, если выключается верхнее плечо, то какое-то время оба плеча выключены и затем включается нижнее. Это время может быть либо фиксированным (как в L6388E), либо задаваться путем выбора номинала соответствующего внешнего резистора (как в L6384E).

Управление. Микросхемы независимых драйверов верхнего и нижнего плеча управляются по входам HIN и LIN. Причем высокий уровень логического сигнала включает, соответственно, верхнее или нижнее плечо драйвера. В микросхеме L6386E помимо этого используется дополнительный вход SD, отключающий оба плеча независимо от состояния на входах HIN и LIN.

В микросхеме L6384E применяются сигналы SD и IN. Сигнал SD отключает оба плеча независимо от состояния на входе IN. Сигнал IN = 1 эквивалентен комбинации сигналов {HIN = 1, LIN = 0} и, наоборот, IN = 0 эквивалентен ком-

бинации сигналов {HIN = 0, LIN = 1}. Таким образом, одновременное включение транзисторов верхнего и нижнего плеча невозможно в принципе.

В микросхеме L6388E управление осуществляется по входам HIN и LIN, поэтому принципиально возможно подать на входы комбинацию {HIN = 1, LIN = 1}, однако внутренняя логическая схема преобразует ее в комбинацию {HIN = 0, LIN = 0}, исключив, таким образом, одновременное включение обоих транзисторов.

Что касается параметров, начнем с микросхем типа Н&L.

Значение V_{OFFSET} , равное 600 Вольт, является в каком-то смысле стандартом для микросхем данного класса.

Значение выходного тока I_{O+} (I_{O-}), равное 400/650 мА, является показателем средним, ориентированным на типовые транзисторы общего назначения. Если сравнивать с микросхемами семейства IRS (поколение G5 HVIC), то компания International Rectifier предлагает, главным образом, микросхемы с параметром 290/600 мА. Однако в линейке International Rectifier есть также модели с параметрами 2500/2500 мА (IRS2113) и несколько меньшим быстродействием или микросхемы с выходными токами до 4000/4000 мА (IRS2186). Правда, в этом случае время переключения по сравнению с L6385E увеличивается до значения 170/170 нс.

Время переключения. Значения T_{ON} (T_{OFF}), равные 110/105 нс (для L6385E), превышают аналогичные значения микросхем семейства IRS (пусть и не очень значительно). Лучших показателей (60/60 нс) компания International Rectifier добилась в модели IRS2011, но за счет снижения напряжения VOFFSET до 200 В.

Однако отметим, что компания STMicroelectronics предлагает драйверы, в которых общий провод входного (низковольтного) и выходного (высоковольтного) каскадов — единый. Компания International Rectifier, помимо микросхем с аналогичной архитектурой, предлагает драйверы с отдельными общими шинами для входного и выходного каскадов.

Сравнивая параметры драйвера полумостовой схемы L6384E с изделиями International Rectifier, можно сделать вывод, что он уступает (и по выходным токам, и по быстродействию) только модели IRS21834, в которой реализована входная логика HIN/-LIN. Если критичной является входная логика IN/-SD, то драйвер L6384E превосходит по своим параметрам изделия International Rectifier.

Более подробно рассмотрим микросхему драйвера L6385E, структура и схема включения которой приведена на рис. 2.

Микросхема содержит два независимых драйвера верхнего (выход HVG) и нижнего плеча (выход LVG). Реализация драйвера нижнего плеча достаточно тривиальна, поскольку потенциал на выводе GND постоянен и, следовательно, задача состоит в преобразовании входного низковольтного логического сигнала LIN до уровня напряжения на выходе LVG, необходимого для открытия транзистора нижнего плеча. В верхнем плече потенциал на выводе OUT изменяется в зависимости от состояния нижнего транзистора. Существуют различные схемотехнические решения, применяемые для построения каскада верхнего плеча. В данном случае применяется относительно простая и недорогая бутстрепная схема управления (схема с «плавающим» источником

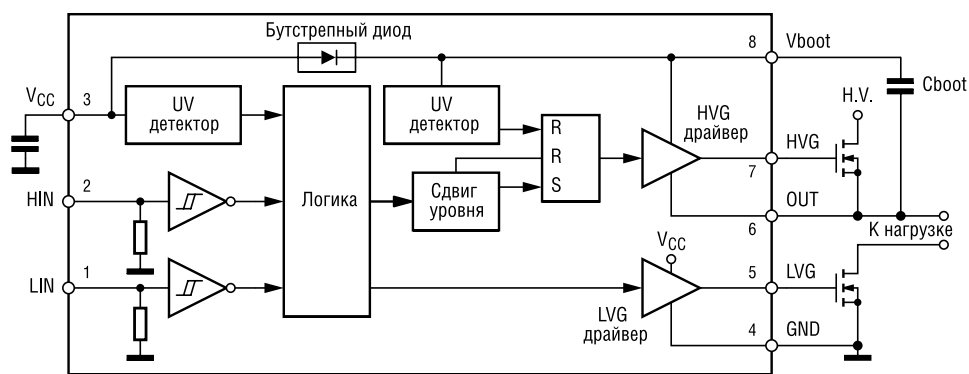


Рис. 2. Структура и схема включения L6385E

Таблица 2. Параметры драйверов семейства L639х

Наименование	Voffset, В	Io+, мА	Io-, мА	Ton, нс	Toff, нс	Tdt, мкс	Тип	Smart SD	OУ	Комп.	Управление
L6390	600	270	430	125	125	0,15...2,7	НВ	есть	есть	есть	HIN/-LIN/-SD
L6392	600	270	430	125	125	0,15...2,7	НВ		есть		HIN/-LIN/-SD
L6393	600	270	430	125	125	0,15...2,7	НВ			есть	PH/-BR/-SD

питания). В такой схеме длительность управляющего импульса ограничена величиной бутстрепной емкости. Кроме того, необходимо обеспечить условия для ее постоянного заряда с помощью высоковольтного быстродействующего каскада сдвига уровня. Этот каскад обеспечивает преобразование логических сигналов до уровней, необходимых для устойчивой работы схемы управления транзистора верхнего плеча.

При падении напряжения управления ниже определенного предела выходные транзисторы могут перейти в линейный режим работы, что, в свою очередь, приведет к перегреву кристалла. Для предотвращения этого должны использоваться схемы контроля на-

пряжения (UVLO – *Under Voltage LockOut*) и для верхнего (контроль потенциала V_{boot}), и для нижнего (контроль V_{CC}) плеча.

Для современных высоковольтных драйверов характерна тенденция интегрировать бутстрепный диод в корпус интегральной схемы. Благодаря этому отпадает необходимость в применении внешнего диода, который является достаточно громоздким по сравнению с самой микросхемой драйвера. Встроенный бутстрепный диод (точнее, бутстрепная схема) применен не только в драйвере L6385E, но и во всех остальных микросхемах этого семейства.

Микросхема L6386E является вариантом L6385E с дополнительными функ-

циями. Ее структура и схема включения приведены на рис. 3.

Основные отличия L6386E от L6385E. Во-первых, добавлен дополнительный вход SD, низкий уровень сигнала на котором выключает оба транзистора независимо от состояния входов HIN и LIN. Часто используется как сигнал аварийного отключения, не связанный со схемой формирования входных управляющих сигналов. Во-вторых, добавлен каскад контроля тока, протекающего через транзистор нижнего каскада. Сравнивая с предыдущей схемой, видим, что сток транзистора нижнего плеча подключен к земле не непосредственно, а через токовый резистор (токовый датчик). Если падение напряжения на нем превышает пороговое значение V_{REF} , то на выходе DIAG формируется низкий уровень. Отметим, что данное состояние не влияет на работу схемы, а является только индикатором.

Несколько слов о применении микросхем семейства L638х. Ограниченный объем статьи не позволяет рассмотреть примеры применения, однако в документе «L638xE Application Guide» компании STMicroelectronics [1] приведены примеры схемы управления трехфазным двигателем, схемы балласта люминесцентной лампы с диммированием, DC/DC-преобразователей с различной архитектурой и ряд других. Также приведены схемы демонстрационных плат для всех микросхем данного семейства (в том числе и топология печатных плат).

Подводя итог анализа семейства L638х, отметим: не обладая уникальными характеристиками по каким-то отдельным параметрам, драйверы данного семейства относятся к одним из лучших в отрасли как по совокупности параметров, так и по примененным техническим решениям.

Семейство высоковольтных драйверов полумостовой схемы L639х

На первый взгляд, микросхемы этого семейства можно считать развитием микросхемы L6384E. Однако анализируя функциональные возможности драйверов семейства L639х, признать L6384E в качестве прототипа весьма сложно (разве что за отсутствием других драйверов полумоста в линейке STMicroelectronics). В таблице 2 приводятся состав и параметры микросхем семейства L639х.

Основная особенность микросхем данного семейства – наличие дополнительных встроенных элементов: опе-

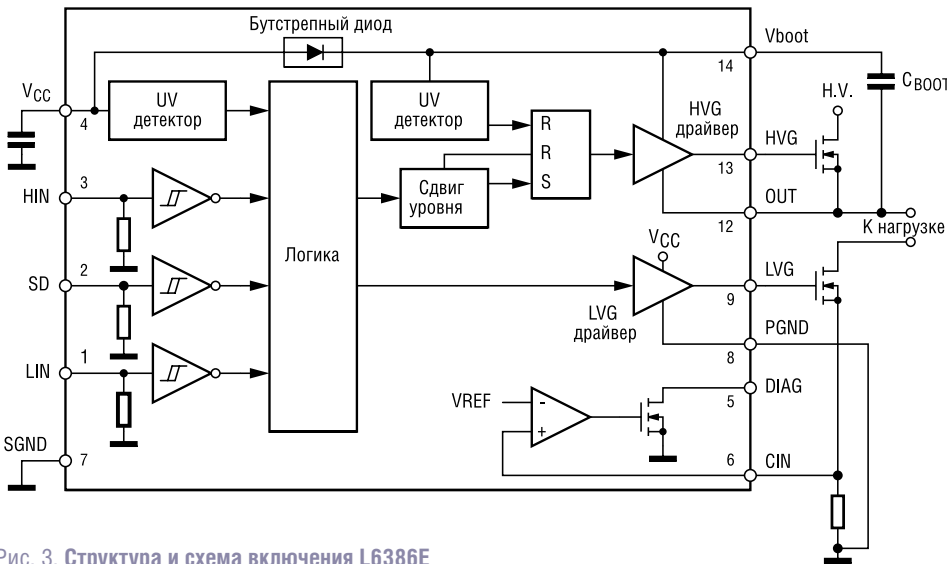


Рис. 3. Структура и схема включения L6386E

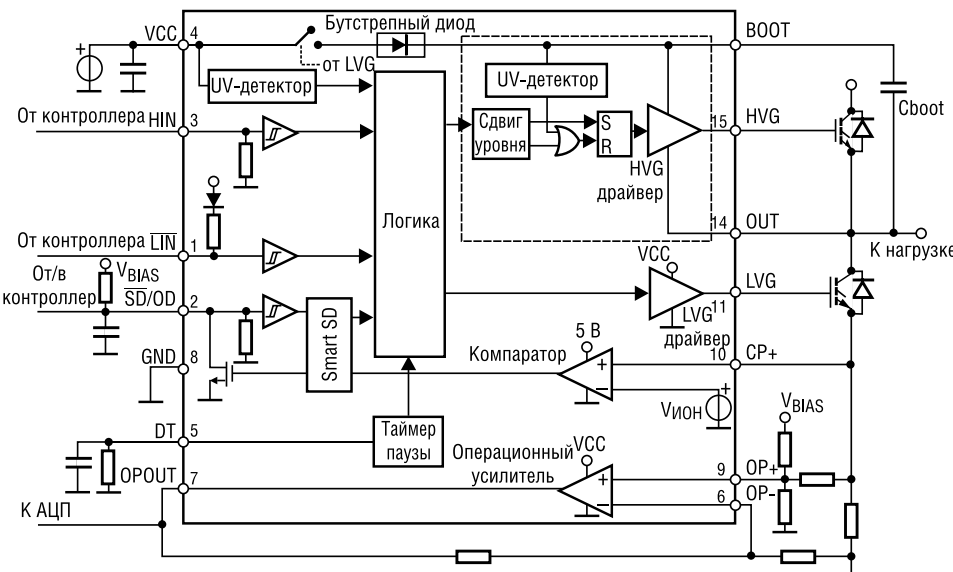


Рис. 4. Структура и схема включения L6390

рационного усилителя или компаратора (для L6390 — и того, и другого). На рис. 4 показана структура и схема включения микросхемы L6390.

Какие преимущества дают дополнительные элементы в практических приложениях? Операционные усилители (в L6390 и L6392) предназначены для измерения тока, протекающего через нагрузку. Причем, поскольку доступны оба вывода (OP+ и OP-), возникает возможность формировать на соответствующем выходе микросхемы и абсолютное значение, и отклонение от некоторого опорного напряжения (соответствующего, например, максимально допустимому значению). В драйвере L6390 компаратор выполняет вполне конкретную функцию «интеллектуального отключения» (*Smart Shutdown*) — т.е. при превышении максимально допустимого тока в нагрузке компаратор начинает влиять на логику работы драйвера и обеспечивает плавное отключение нагрузки. Скорость отключения задается RC-цепью, подключенной к выводу SD/OD. Причем, поскольку данный вывод является двунаправленным, то он может являться как выходом индикации ошибки для управляющего микроконтроллера, так и входом для принудительного отключения.

Все микросхемы содержат логику защиты от одновременного открытия транзисторов верхнего и нижнего плеча и, соответственно, формирования паузы при изменении состояния выхода. Время паузы T_{DT} для всех микросхем семейства программируемое и определяется номиналом резистора, подключенного к выводу DT.

Логика управления в микросхемах L6390 и L6392 однотипная — сигналы HIN, LIN и SD.

Отличие микросхемы L6393 от L6390 и L6392 заключается не только в отсутствии операционного усилителя. Компаратор в L6393 независим от остальных элементов схемы и, в принципе, может быть использован в произвольных целях. Однако наиболее разумное применение — контроль тока и формирование признака превышения (по аналогии с выводом DIAG в микросхеме L6386E, рассмотренной выше). Основное отличие заключается в логике управления — комбинация управляющих сигналов PHASE, BRAKE и SD является достаточно редкой (если не уникальной) для микросхем данного класса. Циклограмма управления представлена на рис. 5.

Циклограмма ориентирована на управление непосредственно от сигналов двигателя, например, постоянного тока и реализует т.н. механизм отложенного останова. Предположим, что BRAKE — это сигнал на исполнительный механизм, т.е. его низкий уровень включает двигатель независимо от со-

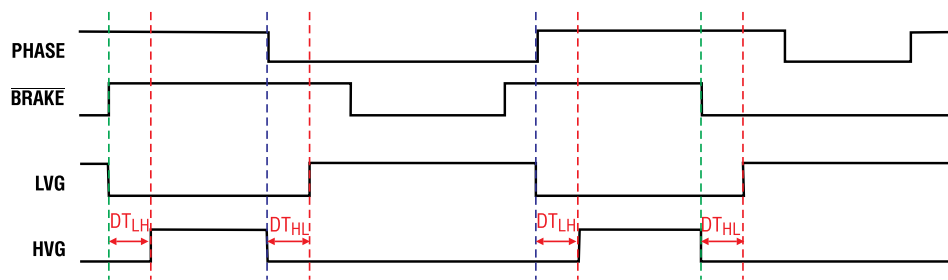


Рис. 5. Циклограмма управления логики PHASE/BRAKE/SD

стояния сигнала PHASE. Опять же предположим, что PHASE — это сигнал с датчика обратной связи, например, с частотного датчика, установленного на валу двигателя, или концевого датчика, обозначающего точку останова. Тогда высокий уровень сигнала BRAKE остановит двигатель не немедленно, а только по положительному перепаду сигнала PHASE. Скажем, если речь идет о приводе каретки, то сигнал останова (высокий уровень BRAKE) может быть подан заблаговременно, но останов произойдет только в конкретной точке (при срабатывании датчика PHASE).

На рис. 6 показана структура и схема включения микросхемы L6393.

О параметрах. Значения выходных токов I_{O+} (I_{O-}), равные 270/430 мА, уступают микросхемам компании International Rectifier (у которых, как отмечалось выше, типичными являются 290/600 мА). Тем не менее, динамические параметры T_{ON}/T_{OFF} (125/125 нс) превосходят (и часто существенно) все микросхемы семейства IRS.

Выводы по семейству L639x. При достаточно высоких количественных характеристиках, что само по себе по-

зволяет отнести семейство L639x к группе лидеров отрасли, дополнительные функции придают качественный скачок, поскольку позволяют реализовать в одной микросхеме те функции, которые ранее реализовывались с использованием ряда дополнительных компонентов.

Заключение

Безусловно, номенклатуру высоковольтных драйверов компании STMicroelectronics нельзя признать очень широкой (хотя бы в сравнении с аналогичными изделиями компании International Rectifier). Тем не менее, количественные и качественные характеристики рассмотренных семейств не уступают лучшим изделиям IR.

Говоря о драйверах MOSFET- и IGBT-транзисторов, нельзя не упомянуть и сами транзисторы; компания STMicroelectronics выпускает достаточно широкую линейку полевых (например MDMESH V и SuperMesh3) и биполярных транзисторов с изолированным затвором. Поскольку эти электронные компоненты совсем недавно освещались в данном журнале [2, 3, 4], то они оставлены за рамками данной статьи.

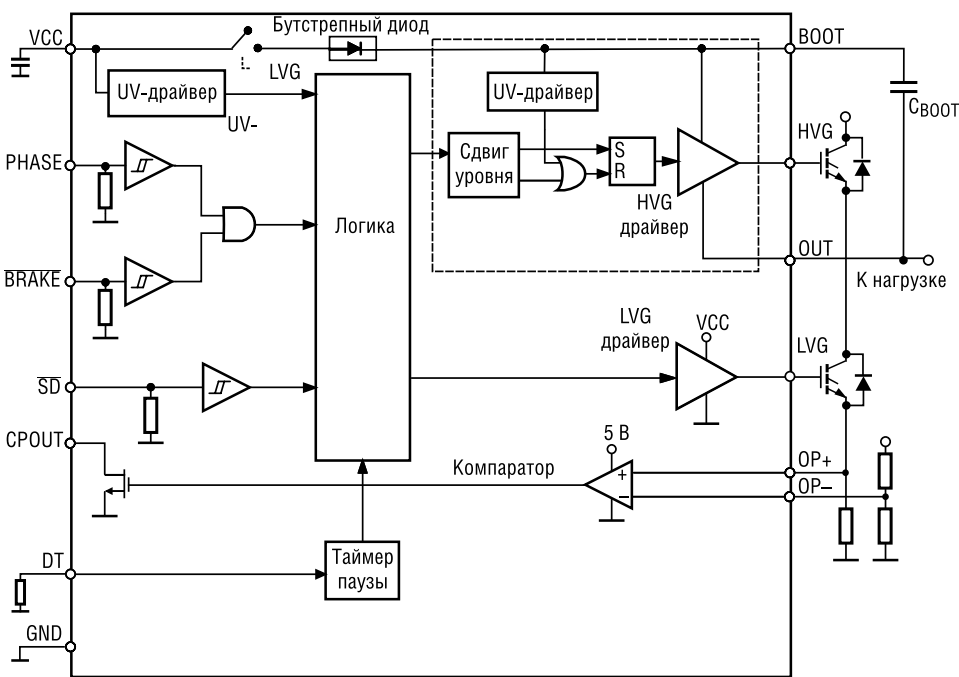


Рис. 6. Структура и схема включения L6393

И наконец, как упоминалось выше, линейка драйверов MOSFET- и IGBT-транзисторов компании STMicroelectronics не исчерпывается драйверами полумостовой схемы. С номенклатурой драйверов категорий «Single» и «Multiple» и их параметрами можно ознакомиться на официальном сайте компании STMicroelectronics – www.st.com.

Литература

1. L638xE Application Guide// документ компании ST Microelectronics an5641.pdf.

2. Ячменников В. Повышаем эффективность с транзисторами MDmesh V// Новости электроники, №14, 2009.

3. Ильин П., Алимов Н. Обзор MOSFET и IGBT компании STMicroelectronics// Новости электроники, №2, 2009.

4. Меджахед Д. Высокоэффективные решения на базе транзисторов SuperMESH3 // Новости электроники, №16, 2009.

MDMEDH V в корпусе PowerFlat



STMicroelectronics, мировой лидер в области силовых МОП транзисторов, разработала для транзисторов семейства **MDMESH V** новый корпус PowerFlat с улучшенными характеристиками, специально предназначенный для поверхностного монтажа. Размеры корпуса 8x8 мм при высоте 1 мм (PowerFlat 8x8 HV). Его малая высота позволяет создавать более тонкие блоки питания, а также – снизить размер печат-

ной платы или увеличить плотность монтажа. Контактном стока в корпусе PowerFlat является большая открытая металлическая поверхность, которая способствует улучшению теплоотвода и, соответственно, повышению надежности. Данный корпус способен работать в диапазоне температур -55...150°C.

Транзисторы семейства MDMESH V – это лучшие транзисторы в мире с точки зрения сопротивления открытого канала в области рабочих напряжений 500...650 В. Например, транзисторы серии **STW77N65M5** из семейства MDMESH V имеют для рабочего напряжения 650 В максимальное значение $R_{ds(on)}$ на уровне 0,033 Ом и максимальный статический ток 69 А. При этом заряд затвора такого транзистора составляет всего 200 нК. **STL21N65M5** – это первый транзистор из семейства MDMESH V в корпусе PowerFlat. При рабочем напряжении 650 В транзистор STL21N65M5 имеет сопротивление открытого канала на уровне 0,190 Ом и максимальный статический ток на уровне 17 А, при этом заряд его затвора составляет 50 нК.

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



ПАМЯТИ АЛЕКСАНДРА РАЙХМАНА

Утром 5 апреля в редакцию журнала пришла печальная весть. Накануне скорпостижно скончался один из старейших сотрудников компании КОМПЭЛ, член редколлегии журнала «Новости электроники» Александр Райхман.

Ему недавно исполнилось 60, но все коллеги звали его просто Сашей. В этом не было никакой фамильярности, а была особая теплота и любовь, которую испытывали к нему все, кто его знал. В Саше была та особая спокойная мудрость, которая заставляла прибегать к его опыту во всех спорных и запутанных ситуациях. Он был своего рода третейским судьей.

Александр Райхман пришел работать в КОМПЭЛ с одной из мо-

сковских «фирм», разрабатывавшей и внедрявшей электронику для подводного флота России. Многие из нас помнят его увлекательные рассказы о поездках на Дальний Восток на испытания оборудования, о морских походах. А в компании КОМПЭЛ ему пришлось первым освоить работу с зарубежными производителями электронных компонентов, принимать участие в заключении первых дистрибьюторских контрактов, в том числе – самого первого, с компанией Burt-Brown, в дальнейшем приведшего к многолетнему и успешному сотрудничеству с Texas Instruments. Но контракт заключить мало – нужно продвигать продукцию на российском рынке. И Саша

начал писать и публиковать статьи о продукции, которую КОМПЭЛ продавал в России. В этом он также был пионером, а стиль его изложения остается непревзойденным до сих пор: Райхман был природным техническим писателем, умевшим понятно и просто рассказать о самых сложных вещах.

В последнее время Александр Райхман координировал в компании работу с продукцией STMicroelectronics и немало сделал для популяризации среди разработчиков электроники компонентов ST. Номер журнала, который лежит перед вами, мы начинали готовить вместе с ним. Редакция и редколлегия посвящают его памяти Александру Райхмана. Нашего Саши...