

№2 (114), 2013 г.

Информационно-технический
журнал

Учредитель — ООО «КОМПЭЛ»

Издается с 2005 г.

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-43993

Редактор:

Геннадий Каневский
vesti@compel.ru

Выпускающий редактор:

Снежана Холодова

Редакционная коллегия:

Андрей Агеноров
Евгений Звонарев
Сергей Кривандин
Александр Маргелов
Николай Паничкин
Борис Рудяк

Дизайн, графика, верстка:

Елена Георгадзе
Екатерина Беляева
Евгений Торочков

Распространение:

Снежана Холодова

Электронная подписка:
www.compeljournal.ru

Отпечатано:

«Гран При»
г. Рыбинск

Распространяется бесплатно

Тираж — 1500 экз.
© «Новости электроники»

Подписано в печать:
15 марта 2013 г.

СОДЕРЖАНИЕ

БРЕНД НОМЕРА: *STMICROELECTRONICS*

• Ключ внутри: импульсные понижающие DC/DC от STMicroelectronics Андрей Никитин	4
• Микросхемы часов реального времени (RTC) от STMicroelectronics Андрей Самоделов	13
• Все для литиевых аккумуляторов: микросхемы STM для зарядных устройств Андрей Никитин	21
• Программа eDesignSuite от STM – ателье по пошиву источников питания Андрей Колдунов	27
• STM32F3Discovery: компас на отладочной плате от STMicroelectronics Михаил Гонин	31
• Средства первой необходимости: защита цепей питания и других элементов схем на базе решений ST Андрей Самоделов	39
• Новые технологии STMicroelectronics в MOSFET Александр Калачев	51



life.augmented

В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ: **МОДУЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ** –

- Для медицины
- Для промышленной автоматики
- Для систем безопасности

Если вы хотите предложить интересную тему для статьи в следующий номер журнала – пишите на адрес vesti@compel.ru с пометкой «Тема в номер» или в рубрику «Я – автор» раздела «Разработчикам» сайта www.compel.ru.

ОТ РЕДАКТОРА



Уважаемые читатели!

За крупными, задающими тон на рынке, компаниями — а европейский электронный гигант **STMicroelectronics**, несомненно, относится к таковым — всегда интересно следить. Чтобы оставаться в лидерах, им нужно следовать за рыночными тенденциями и постоянно изменяться. (Что бывает, если компании отказываются от этой стратегии, мы наглядно видим на печальном примере **Nokia**).

10 декабря 2012 года президент и главный управляющий **STMicroelectronics** Карло Бозотти объявил о новом стратегическом плане компании. Главных пунктов в новом плане — два:

- компания объявила об окончательном уходе с рынка встраиваемых беспроводных систем, и, соответственно, о начале процесса разрыва существовавшего несколько лет стратегического альянса с компанией **Ericsson**;

- компания начинает новую рыночную политику, основанную на выделении двух глобальных приоритетных направлений, условно обозначенных как «датчики/электропитание/автоэлектроника» и «встроенные процессорные решения» и на достижении безусловного лидерства по этим направлениям с одновременным отсечением всех непрофильных.

Оба этих шага, в общем-то — ожидаемые: об отказе ST от «беспроводки» говорят уже давно, это связано с усиливающейся вертикальной интеграцией на беспроводном рынке и с такими приметами нового времени, как безоговорочная победа ОС Android для мобильных устройств. Второй шаг также логичен: всякий, кто прослушал в своей жизни хотя бы одну лекцию по бизнес-стратегиям, знает словосочетание «усиливать сильные стороны». Нет сомнения, что именно перечисленные направления — самые сильные у STMicro. В особенности это касается **аналоговой части**: успех компании в сфере датчиков основан на ее мировом лидерстве в области MEMS-технологии; в области электропитания компания гордо следует со знаменем в руках в авангарде движения «Smart Power», и на этом знамени написан лозунг «Интеллектуальное управление электропитанием»; что до автомобильных приложений — ST является мировым лидером в производстве микросхем для бортового электропитания автомобилей, для систем электронного управления двигателем и мультимедийных систем, а также дискретной силовой продукции для тех же применений.

Компания КОМПЭЛ всегда любила ST и ее продукцию: как не любить и не продвигать

компанию, которая поставляет все для сигнального тракта плюс практически все для электропитания, включая MOSFETы, произведенные по собственной технологии? В этом разнообразии с STMicro может соперничать разве что Texas Instruments. И концентрация компании на выигрышных направлениях для нас, как для продавцов, и для вас, уважаемые читатели, как для потребителей — только плюс!

В этом номере журнала мы постарались подробно рассказать об одном из двух стратегических направлений ST — об аналоговой продукции. Здесь есть статьи и о MEMS-датчиках, и о DC/DC, и о MOSFETs. Любые вопросы по опубликованным материалам вы можете адресовать к специалистам компании КОМПЭЛ — официального дистрибьютора STMicro. Мы всегда готовы помочь вам.

С уважением,
Геннадий Каневский

КОМПЭЛ предлагает весь спектр аналога от STMicroelectronics



Лучшие в своем классе высоковольтные силовые MOSFET MDmesh V для AC/DC

STP12N65M5, STP21N90K5, STP14NM50N, STD18N55M5, STW19NM50N, STL21N65M5, STP18N55M5



Микросхемы для создания высокоэффективных AC/DC, DC/DC-преобразователей и LED-драйверов

ST1S10PHR, ST1S14PHR, L5973D013TR, L6562DTR, VIPER22ADIP-E, HVLED805



MEMS-акселерометры, гироскопы и магнетометры

LIS3DSH, LSM303DLHTR, LIS331DL, LSM330DLC, LIS302DLTR, LIS331HH, LSM330DLC



Мощные усилители звуковой частоты 1...200 Вт

TDA2003AV, TDA2822M, TDA7233D013TR, TDA7265, TDA7294V



Новые микромощные широкополосные ОУ

TSX561AILT, TSX561ILT, TSX562AIST



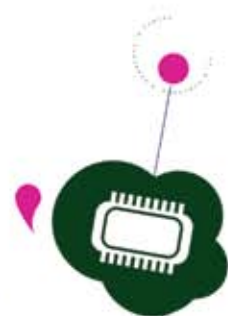
Стандартные продукты: ОУ, стабилизаторы, аналоговые датчики температуры по реально низким ценам

LM2904DT, LM335Z, LM358DT, NE555DT, MC34063ACD-TR, LM317T



Диоды, тиристоры, элементы защиты, транзисторы

BAV99LT1G, ESDA6V1L, BTA16-600BRG, SMBJ30A-TR, 2N7002



Андрей Никитин (г. Минск)

КЛЮЧ ВНУТРИ: ИМПУЛЬСНЫЕ ПОНИЖАЮЩИЕ DC/DC ОТ STMICROELECTRONICS



Компания **STMicroelectronics** производит широкий спектр **импульсных DC/DC-преобразователей**, работающих в повышающем, понижающем и инвертирующем режимах. Одними из основных по частоте применения в современной электронике являются **импульсные понижающие стабилизаторы напряжения (ИПСН) со встроенным ключом**. В номенклатуре STM — более 70 таких изделий с самыми разнообразными характеристиками.

Работа практически любой электронной схемы требует наличия одного или нескольких источников постоянного напряжения, причем в подавляющем большинстве случаев используется стабилизированное напряжение. В стабилизированных источниках питания применяются либо линейные, либо импульсные стабилизаторы. Каждый тип преобразователей имеет свои достоинства и, соответственно, свою нишу в схемах электропитания. К несомненным достоинствам импульсных стабилизаторов относятся более высокие значения коэффициента полезного действия, возможность получения высоких значений выходного тока и высокая эффективность при большой разнице между значениями входного и выходного напряжений.

Принцип работы понижающего импульсного стабилизатора

На рисунке 1 представлена упрощенная схема силовой части ИПСН. Полевой транзистор VT осуществляет высокочастотную коммутацию тока. В импульсных стабилизаторах транзи-

стор работает в ключевом режиме, то есть может находиться в одном из двух стабильных состояний: полной проводимости и отсечки. Соответственно, работа ИПСН состоит из двух сменяющих друг друга фаз — фазы накачки энергии (когда транзистор VT открыт) и фазы разряда (когда транзистор закрыт). Работа ИПСН иллюстрируется рисунком 2.

Фаза накачки энергии продолжается на протяжении интервала времени $T_{ин}$. В это время ключ замкнут и проводит ток I_{VT} . Далее ток проходит через дроссель L к нагрузке R, шунтированной выходным конденсатором C_{OUT} . В первой части фазы конденсатор отдает ток I_C в нагрузку, а во второй половине — отбирает часть тока I_L от нагрузки. Величина тока I_L непрерывно увеличивается, и происходит накопление энергии в дросселе L, а во второй части фазы — и на конденсаторе C_{OUT} . Напряжение на диоде V_D равно U_{IN} (за вычетом падения напряжения на открытом транзисторе), и диод на протяжении этой фазы закрыт — ток через него не протекает. Ток I_R , протекающий через нагрузку R, постоянен (разность $I_L - I_C$), соответствен-

но, напряжение U_{OUT} на выходе также постоянно.

Фаза разряда протекает в течение времени $T_{п}$: ключ разомкнут и ток через него не протекает. Известно, что ток, протекающий через дроссель, не может измениться мгновенно. Ток I_L , постоянно уменьшаясь, протекает через нагрузку и замыкается через диод V_D . В первой части этой фазы конденсатор C_{OUT} продолжает накапливать энергию, отбирая часть тока I_L от нагрузки. Во второй половине фазы разряда конденсатор тоже начинает отдавать ток в нагрузку. На протяжении этой фазы ток I_R , протекающий через нагрузку, также постоянен. Следовательно, напряжение на выходе также стабильно.

Основные параметры импульсных стабилизаторов напряжения

В первую очередь отметим, что по функциональному исполнению различают ИПСН с регулируемым и с фиксированным выходным напряжением. Типичные схемы включения обоих типов ИПСН представлены на рисунке 3. Различие между ними заключается в том, что в первом случае резисторный делитель, определяющий значение выходного напряжения, находится вне интегральной схемы, а во втором — внутри. Соответственно, в первом случае значение выходного напряжения задается пользователем, а во втором — устанавливается при изготовлении микросхемы.

К важнейшим параметрам ИПСН относят:

- Диапазон допустимых значений входного напряжения $U_{IN_MIN} \dots U_{IN_MAX}$.
- Максимальное значение выходного тока (тока в нагрузке) I_{OUT_MAX} .
- Номинальное значение выходного напряжения U_{OUT} (для ИПСН с фиксированным значением выходного напряжения) или диапазон значений выходного напряжения $U_{OUT_MIN} \dots U_{OUT_MAX}$ (для ИПСН с регулируемым значением выходного напряжения). Часто в справочных материалах указывается, что максимальное значение выходного напряжения U_{OUT_MAX} равно максимальному значению входного напряжения U_{IN_MAX} . В действительности это не совсем

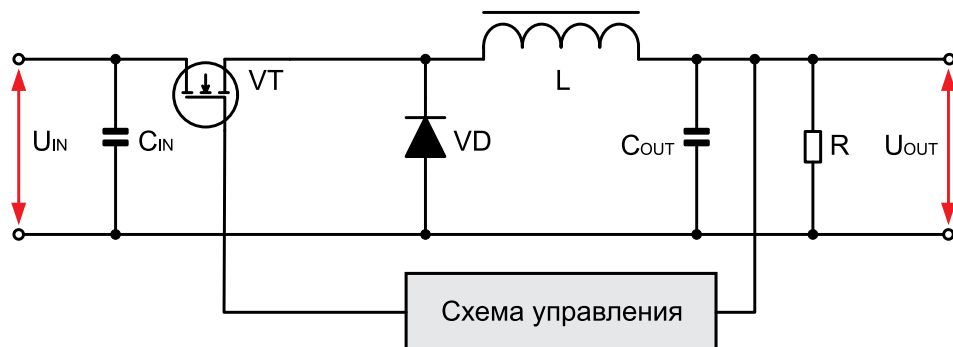


Рис. 1. Упрощенная схема силовой части ИПСН

так. В любом случае выходное напряжение меньше входного, как минимум, на величину падения напряжения на ключевом транзисторе U_{DROP} . При значении выходного тока, равного, например, 3 А, величина U_{DROP} составит 0,1...1,0 В (в зависимости от выбранной микросхемы ИПСН). Примерное равенство $U_{\text{OUT_MAX}}$ и $U_{\text{IN_MAX}}$ возможно только при очень малых значениях тока нагрузки. Отметим также, что и сам процесс стабилизации выходного напряжения предполагает потерю нескольких процентов входного напряжения. Декларируемое равенство $U_{\text{OUT_MAX}}$ и $U_{\text{IN_MAX}}$ следует понимать только в том смысле, что других причин снижения $U_{\text{OUT_MAX}}$, кроме тех, что указаны выше в конкретном изделии, не существует (в частности, нет явных ограничений на максимальную величину коэффициента заполнения D). В качестве $U_{\text{OUT_MIN}}$ обычно указывают значение напряжения обратной связи U_{FB} . В реальности $U_{\text{OUT_MIN}}$ всегда должно быть на несколько процентов выше (из тех же соображений стабилизации).

- Точность установления выходного напряжения. Задается в процентах. Имеет смысл только в случае ИПСН с фиксированным значением выходного напряжения, поскольку в этом случае резисторы делителя напряжения находятся внутри микросхемы, а их точность является параметром, контролируемым при изготовлении. В случае ИПСН с регулируемым значением выходного напряжения параметр теряет смысл, поскольку точность резисторов делителя выбирается пользователем. В этом случае можно говорить только о величине колебаний выходного напряжения относительно некоторого среднего значения (точность обработки сигнала обратной связи). Напомним, что в любом случае этот параметр для импульсных стабилизаторов напряжения в 3...5 раз хуже по сравнению с линейными стабилизаторами.

- Падение напряжения на открытом транзисторе $R_{\text{DS_ON}}$. Как уже отмечалось, с этим параметром связано неизбежное уменьшение напряжения на выходе по отношению к входному напряжению. Но важнее другое — чем выше значение сопротивления открытого канала, тем большая часть энергии рассеивается в виде тепла. Для современных микросхем ИПСН хорошим значением являются величины до 300 мОм. Более высокие значения характерны для микросхем, разработанных не менее чем пять лет назад. Заметим также, что значение $R_{\text{DS_ON}}$ не является константой, а зависит от величины выходного тока I_{OUT} .

- Длительность рабочего цикла T и частота коммутации F_{SW} . Длительность рабочего цикла T определяется как сумма интервалов $T_{\text{И}}$ (длительность импульса) и $T_{\text{П}}$ (длительность паузы). Соответственно, частота F_{SW} — вели-

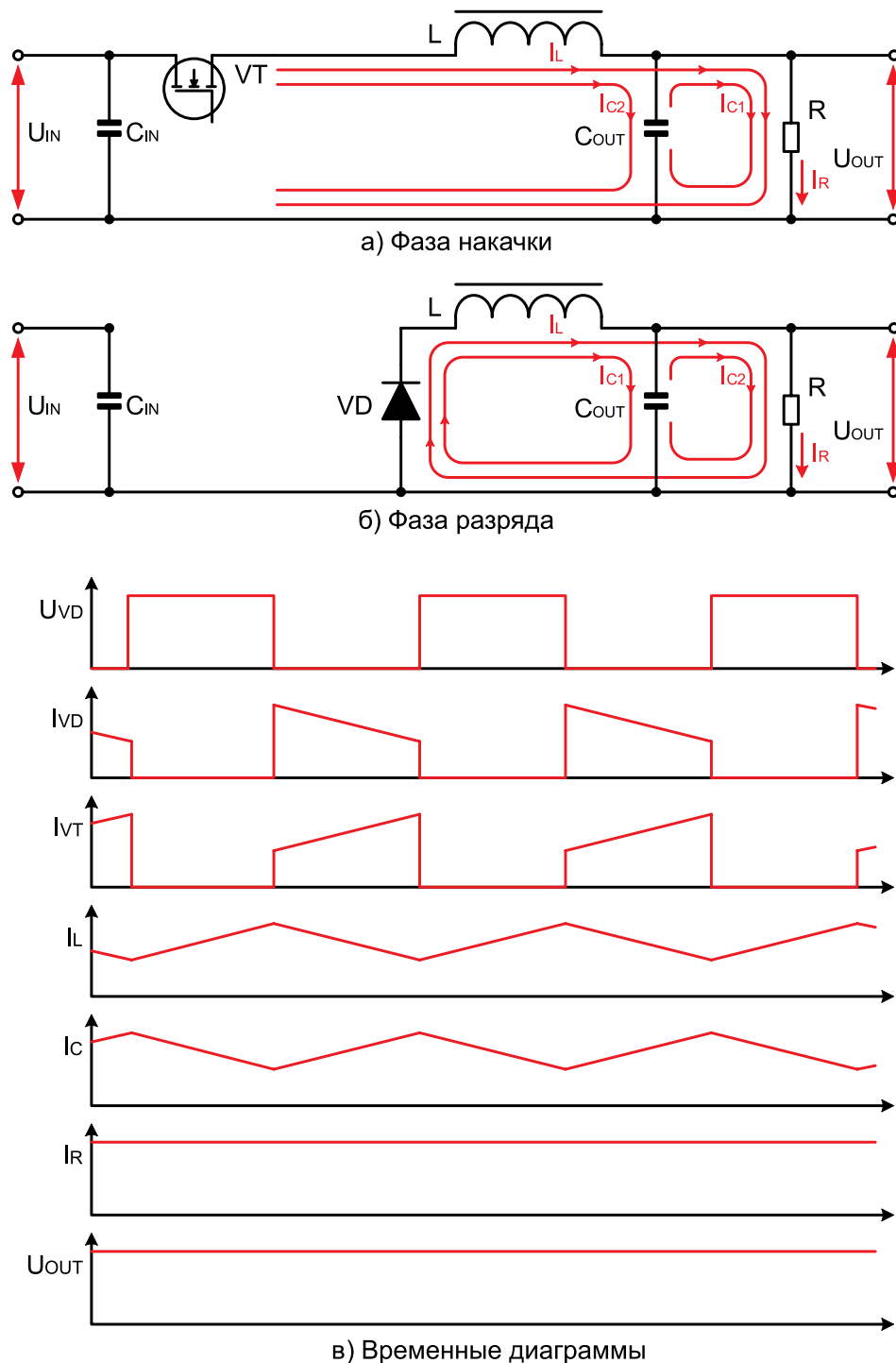


Рис. 2. Принцип работы ИПСН: а) фаза накачки; б) фаза разряда; в) временные диаграммы

чина, обратная длительности рабочего цикла. Для некоторой части ИПСН частота коммутации — величина постоянная, определяемая внутренними элементами интегральной схемы. Для другой части ИПСН частота коммутации задается внешними элементами (как правило, внешней RC-цепью), в этом случае определяется диапазон допустимых частот $F_{\text{SW_MIN}} \dots F_{\text{SW_MAX}}$. Более высокая частота коммутации позволяет применять дроссели с меньшим значением индуктивности, что положительно сказывается и на габаритах изделия, и на его цене. В большинстве ИПСН используется ШИМ-регулирование, то

есть величина T постоянна, а в процессе стабилизации регулируется величина $T_{\text{И}}$. Существенно реже используется частотно-импульсная модуляция (ЧИМ-регулирование). В этом случае величина $T_{\text{И}}$ постоянна, а стабилизация осуществляется за счет изменения длительности паузы $T_{\text{П}}$. Таким образом величины $T_{\text{И}}$ и, соответственно, F_{SW} становятся переменными. В справочных материалах в этом случае, как правило, задается частота, соответствующая скважности, равной 2. Отметим, что следует отличать диапазон частот $F_{\text{SW_MIN}} \dots F_{\text{SW_MAX}}$ регулируемой частоты от «ворот» допуска на фиксированную частоту, поскольку

Таблица 1. ИПСН с малым входным напряжением

Наименование	Выходной ток, А	Входное напряжение, В		Выходное напряжение, В		КПД, %	Частота коммутации, кГц	Сопротивление открытого канала, мОм	Функции и флаги			
	I_{OUT}	V_{IN}		V_{OUT}		η	F_{SW}	$R_{DS(on)}$	On/Off	Sync. Pin	Soft Start	Pow Good
	Макс	Мин	Макс	Мин	Макс	Макс	Тип					
L6925D	0,8	2,7	5,5	0,6	5,5	95	600	240	+	+	+	+
L6926	0,8	2,0	5,5	0,6	5,5	95	600	240	+	+	+	+
L6928	0,8	2,0	5,5	0,6	5,5	95	1450	240	+	+	+	+
PM8903A	3,0	2,8	6,0	0,6	6,0	96	1100	35	+	+	+	+
ST1S06A	1,5	2,7	6,0	0,8	5,0	92	1500	150	+	—	+	—
ST1S09	2,0	4,5	5,5	0,8	5,0	95	1500	100	*	—	+	+
ST1S12	0,7	2,5	5,5	0,6	5,0	92	1700	250	+	—	+	—
ST1S15	0,5	2,3	5,5	Фикс. 1,82 и 2,8 В		90	6000	350	+	—	+	—
ST1S30	3,0	2,7	6,0	0,8	5,0	85	1500	100	*	—	+	+
ST1S31	3,0	2,8	5,5	0,8	5,5	95	1500	60	+	—	+	—
ST1S32	4,0	2,8	5,5	0,8	5,5	95	1500	60	+	—	+	—

* — функция присутствует не для всех исполнений.

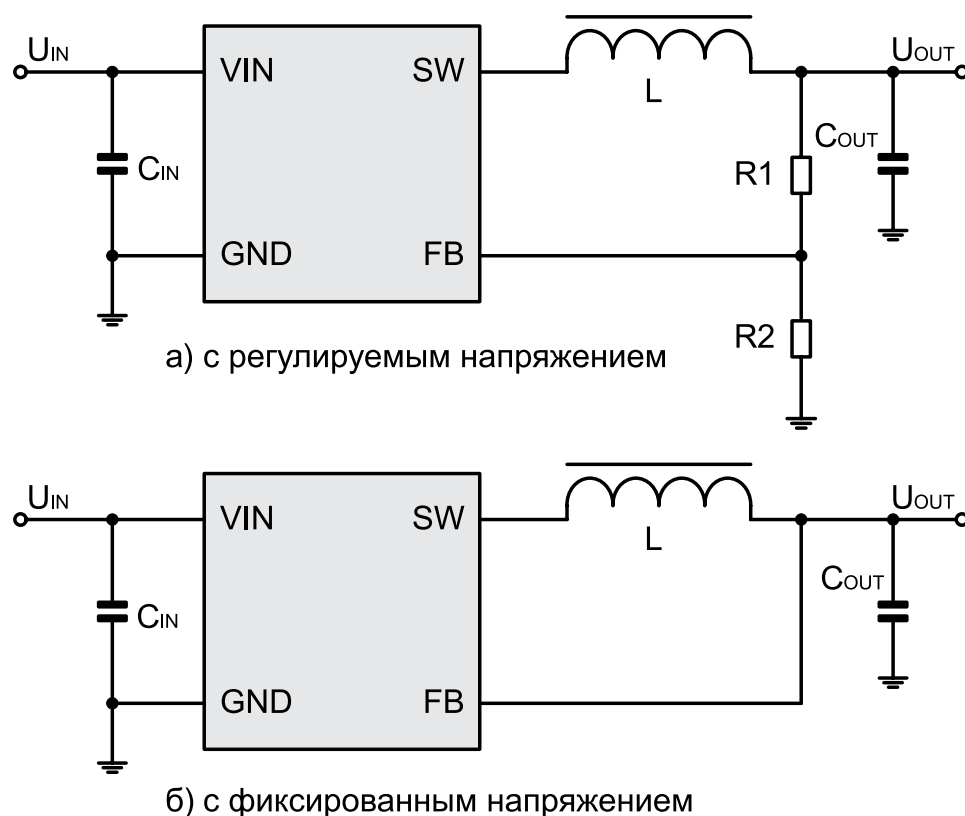


Рис. 3. Типичная схема включения ИПСН: а) с регулируемым и б) с фиксированным выходным напряжением

величина допуска часто указывается в справочных материалах производителя.

• Коэффициент заполнения D , который равен процентному отношению T_{on} к T . Часто в справочных материалах указывают «до 100%». Очевидно, что это преувеличение, поскольку если ключевой транзистор постоянно открыт, то отсутствует процесс стабилизации. В большинстве моделей, выпущенных на рынок примерно до 2005-го года, из-за ряда технологических ограничений значение этого коэффициента было ограничено сверху величиной 90%. В современных

моделях ИПСН большая часть этих ограничений преодолена, но фразу «до 100%» не следует понимать дословно.

• Коэффициент полезного действия (или эффективность). Как известно, для линейных стабилизаторов (что принципиально — понижающих) это процентное отношение выходного напряжения к входному, поскольку величины входного и выходного тока почти равны. Для импульсных стабилизаторов входной и выходной токи могут существенно отличаться, поэтому в качестве КПД берется процентное отношение выходной

мощности к входной. Строго говоря, для одной и той же микросхемы ИПСН значение этого коэффициента может существенно отличаться в зависимости от соотношения значений входного и выходного напряжения, величины тока в нагрузке и частоты коммутации. Для большинства ИПСН максимум КПД достигается при значении тока в нагрузке порядка 20...30% от максимально допустимого значения, поэтому численное значение не очень информативно. Целесообразнее пользоваться графиками зависимости, которые приводятся в справочных материалах производителя. На рисунке 4 в качестве примера приведены графики эффективности для стабилизатора **ST1S14**. Очевидно, что использование высоковольтного стабилизатора при невысоких реальных значениях входного напряжения не является хорошим решением, поскольку значение КПД существенно падает при приближении тока в нагрузке к максимальному значению. Вторая группа графиков иллюстрирует более предпочтительный режим, поскольку значение эффективности слабо зависит от колебаний выходного тока. Критерием правильного выбора преобразователя является даже не столько численное значение КПД, сколько именно плавность графика функции от тока в нагрузке (отсутствие «завала» в области больших токов).

Приведенным перечнем весь список параметров ИПСН не исчерпывается. С менее значимыми параметрами можно ознакомиться в литературе [1].

Специальные функции импульсных стабилизаторов напряжения

В большинстве случаев ИПСН имеют ряд дополнительных функций, расширяющих возможности их практического применения. Наиболее часто встречаются следующие:

• Вход отключения нагрузки «On/Off» или «Shutdown» позволяет разомкнуть ключевой транзистор и, таким образом, отключить напряжение от нагрузки. Как правило, используется для дистанционного управления группой стабилизаторов, реализуя определенный алгоритм подачи и отключения отдельных напряжений в системе электропитания. Кроме того, может применяться как вход для аварийного выключения питания при нештатной ситуации.

• Выход нормального состояния «Power Good» — обобщающий выходной сигнал, подтверждающий, что ИПСН находится в нормальном рабочем состоянии. Активный уровень сигнала формируется после завершения переходных процессов от подачи входного напряжения и, как правило, используется или в качестве признака исправности ИПСН, или для запуска следующих ИПСН в последовательных системах электропитания. Причины, по которым этот сигнал может быть сброшен: падение входного напряжения ниже определенного уровня, выход выходного напряжения за определенные рамки, отключение нагрузки по сигналу Shutdown, превышение максимального значения тока в нагрузке (в частности, факт короткого замыкания), температурное отключение нагрузки и некоторые другие. Факторы, которые учитываются при формировании этого сигнала, зависят от конкретной модели ИПСН.

• Вывод внешней синхронизации «Sync» обеспечивает возможность синхронизации внутреннего генератора с внешним синхросигналом. Используется для организации совместной синхронизации нескольких стабилизаторов в сложных системах электропитания. Отметим, что частота внешнего синхросигнала не обязательно должна совпадать с собственной частотой FSW, однако, она должна лежать в допустимых пределах, оговоренных в материалах производителя.

• Функция плавного старта «Soft Start» обеспечивает относительно медленное нарастание выходного напряжения при подаче напряжения на вход ИПСН или при включении по заднему фронту сигнала Shutdown. Данная функция позволяет снизить броски тока в нагрузке при включении микросхемы. Параметры работы схемы плавного старта чаще всего являются фиксированными и определяются внутренними компонентами стабилизатора. В некоторых моделях ИПСН присутствует специальный вывод Soft Start. В этом случае параметры запуска определяются номиналами внешних элементов (резистор, конденсатор, RC-цепь), подключенных к данному выводу.

• Температурная защита предназначена для предотвращения выхода

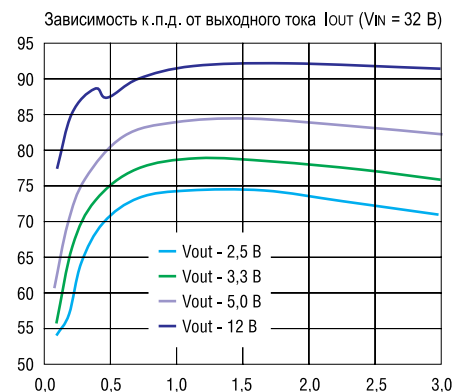
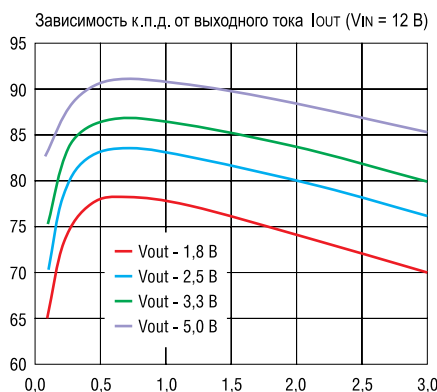


Рис. 4. Графики зависимости КПД от тока в нагрузке для ИПСН ST1S14

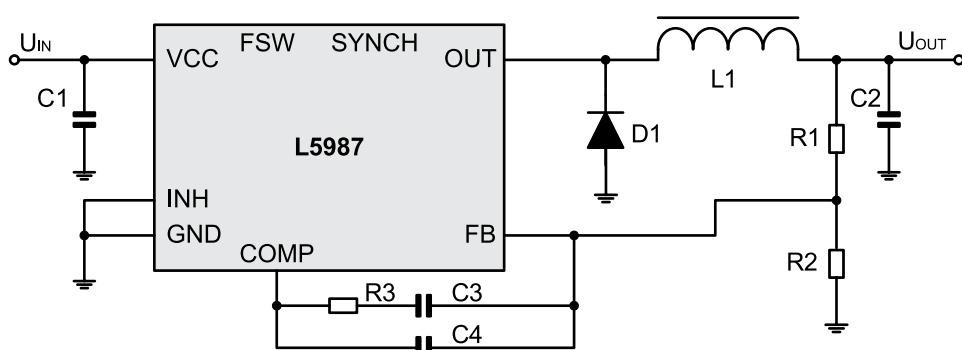


Рис. 5. Типовая схема включения микросхемы L5987

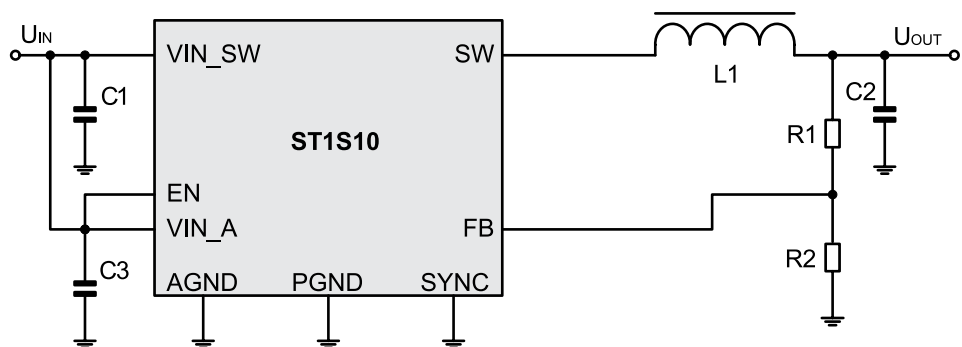


Рис. 6. Типовая схема включения микросхемы ST1S10

из строя микросхемы в случае перегрева кристалла. Повышение температуры кристалла (независимо от причины) выше определенного уровня вызывает срабатывание защитного механизма — снижение тока в нагрузке или ее полное отключение. Это предотвращает дальнейшее повышение температуры кристалла и повреждение микросхемы. Возврат схемы в режим стабилизации напряжения возможен только после остывания микросхемы. Отметим, что температурная защита реализована в подавляющем большинстве современных микросхем ИПСН, однако отдельная индикация именно этого состояния не предусмотрена. Инженеру предстоит самому догадаться, что причиной отключения нагрузки является именно срабатывание температурной защиты.

• Защита по току заключается либо в ограничении величины тока, протекающего через нагрузку, либо в отключении нагрузки. Защита срабатывает, если сопротивление нагрузки оказывается слишком малым (например, имеет место короткое замыкание), а ток превышает определенное пороговое значение, что может привести к выходу микросхемы из строя. Как и в предыдущем случае, диагностика этого состояния является заботой инженера.

Последнее замечание, касающееся параметров и функций ИПСН. На рисунках 1 и 2 присутствует разрядный диод V_D . В довольно старых стабилизаторах этот диод реализован именно как внешний кремниевый. Недостатком такого схемотехнического решения было высокое падение напряжения

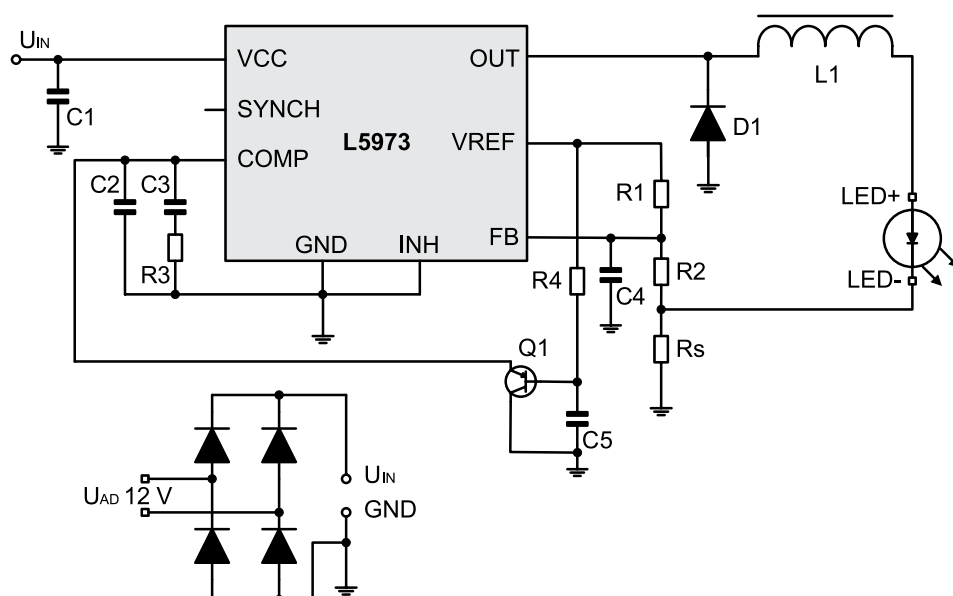


Рис. 7. Вариант использования микросхемы L5973AD в качестве основы драйвера для мощных светодиодов

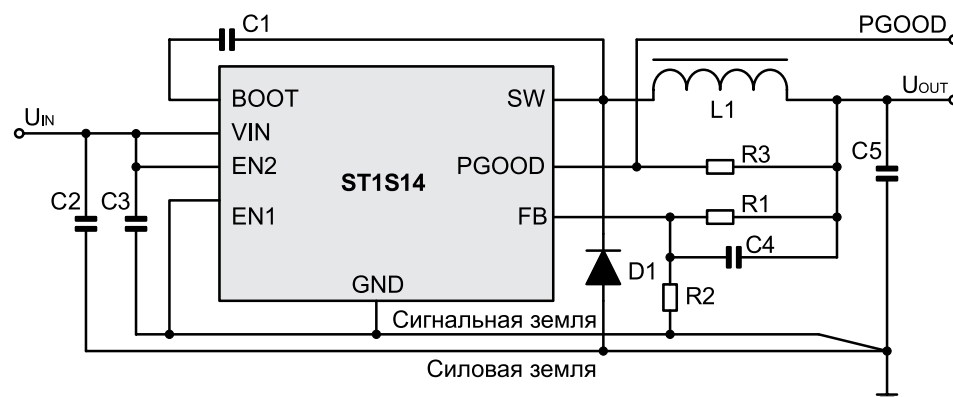


Рис. 8. Типовая схема включения микросхемы ST1S14

(примерно 0,6 В) на диоде в открытом состоянии. В более поздних схемах использовался диод Шоттки, падение напряжения на котором составляло примерно 0,3 В. В разработках последних пяти лет эти решения используются только для высоковольтных преобразователей. В большинстве современных изделий разрядный диод выполняется в виде внутреннего полевого транзистора, работающего в противофазе с ключевым транзистором. В этом случае падение напряжения определяется сопротивлением открытого канала и при небольших токах нагрузки дает дополнительный выигрыш. Стабилизаторы, использующие это схемотехническое решение, называются синхронными. Обратим внимание, что возможность работы от внешнего синхросигнала и термин «синхронный» не связаны никаким образом.

Импульсные понижающие стабилизаторы с малым входным напряжением

Учитывая тот факт, что в номенклатуре STMicroelectronics присутству-

ет примерно 70 типов ИПСН с встроенным ключевым транзистором, имеет смысл систематизировать все многообразие. Если в качестве критерия взять такой параметр, как максимальное значение входного напряжения, то можно выделить четыре группы:

1. ИПСН с малым входным напряжением (6 В и менее);
2. ИПСН с входным напряжением 10...28 В;
3. ИПСН с входным напряжением 36...38 В;
4. ИПСН с высоким входным напряжением (46 В и выше).

Параметры стабилизаторов первой группы приведены в таблице 1.

Еще в 2005 году линейка стабилизаторов этого типа была неполной. Она ограничивалась микросхемами L692x [2]. Эти микросхемы обладали хорошими характеристиками: высокой точностью и КПД, отсутствием ограничений на значение коэффициента заполнения, возможностью регулировки частоты при работе от внешнего синхросигнала, при-

емлемым значением $R_{DS(on)}$. Все это делает данные изделия востребованными и в настоящее время. Существенный недостаток — невысокие значения максимального выходного тока. Стабилизаторы на токи нагрузки от 1 А и выше в линейке низковольтных ИПСН компании STMicroelectronics отсутствовали. В дальнейшем этот пробел был ликвидирован: сначала появились стабилизаторы на 1,5 и 2 А (ST1S06 и -09), а в последние годы — на 3 и 4 А (ST1S30, -31 и -32). Кроме повышения выходного тока, увеличилась частота коммутации, снизилось значение сопротивления открытого канала, что положительно сказалось на потребительских свойствах конечных изделий. Отметим также появление микросхем ИПСН с фиксированным выходным напряжением (ST1S12 и -15) — в линейке STMicroelectronics таких изделий не очень много. Последняя новинка — PM8903A со значением $R_{DS(on)}$ в 35 мОм — это один из лучших показателей в отрасли, что в сочетании с широкими функциональными возможностями обещает этому изделию хорошие перспективы.

Основная область применения изделий данного типа — мобильные устройства с батарейным питанием. Широкий диапазон входного напряжения обеспечивает устойчивую работу аппаратуры при различных уровнях заряда аккумуляторной батареи, а высокий КПД минимизирует преобразование входной энергии в тепло. Последнее обстоятельство определяет преимущества импульсных стабилизаторов по сравнению с линейными именно в этой области пользовательских приложений.

В целом, данная группа у компании STMicroelectronics развивается достаточно динамично — примерно половина всей линейки появилась на рынке в последние 3-4 года.

Импульсные понижающие стабилизаторы с входным напряжением 10...28 В

Параметры преобразователей этой группы приведены в таблице 2.

Восемь лет назад данная группа была представлена только микросхемами ST730, -750 и -763 с входным напряжением до 11 В. Диапазон от 16 до 28 В оставался не заполненным. Из всех перечисленных модификаций в настоящее время в линейке присутствует только ST763AC, но параметры этого ИПСН современным требованиям соответствуют слабо. Можно считать, что за это время номенклатура рассматриваемой группы обновлена полностью.

В настоящее время база данной группы — микросхемы L598x. Данная линейка рассчитана на весь диапазон токов нагрузки от 0,7 до 4 А, обеспечивает полный комплект специальных функ-

Таблица 2. ИПСН со входным напряжением 10...28 В

Наименование	Выходной ток, А	Входное напряжение, В		Выходное напряжение, В		КПД, %	Частота коммутации, кГц	Сопротивление открытого канала, мОм	Функции и флаги			
	I_{OUT}	V_{IN}		V_{OUT}		η	F_{SW}	$R_{DS(on)}$	On/Off	Sync. Pin	Soft Start	Pow Good
	Макс	Мин	Макс	Мин	Макс	Макс	Тип					
L5980	0,7	2,9	18,0	0,6	18,0	93	250...1000	140	+	+	+	—
L5981	1,0	2,9	18,0	0,6	18,0	93	250...1000	140	+	+	+	—
L5983	1,5	2,9	18,0	0,6	18,0	93	250...1000	140	+	+	+	—
L5985	2,0	2,9	18,0	0,6	18,0	93	250...1000	140	+	+	+	—
L5986	2,5	2,9	18,0	0,6	18,0	93	250...1000	140	+	+	+	—
L5987	3,0	2,9	18,0	0,6	18,0	93	250...1000	140	+	+	+	—
L5988D	4,0	2,9	18,0	0,6	18,0	95	400...1000	120	+	+	+	—
L5989D	4,0	2,9	18,0	0,6	18,0	95	400...1000	120	+	—	+	+
L7980	2,0	4,5	28,0	0,6	28,0	93	250...1000	160	+	+	+	—
L7981	3,0	4,5	28,0	0,6	28,0	93	250...1000	160	+	+	+	—
ST1CC40	2,0	3,0	18,0	0,1	18,0	н.д.	850	95	+	—	+	—
ST1S03	1,5	2,7	16,0	0,8	12,0	79	1500	280	—	—	+	—
ST1S10	3,0	2,7	18,0	0,8	16,0	95	900	120	+	+	+	—
ST1S40	3,0	4,0	18,0	0,8	18,0	95	850	95	+	—	+	—
ST1S41	4,0	4,0	18,0	0,8	18,0	95	850	95	+	—	+	—
ST763AC	0,5	3,3	11,0	Фикс. 3,3		90	200	1000	+	—	+	—

Таблица 3. ИПСН со входным напряжением 36...38 В

Наименование	Выходной ток, А	Входное напряжение, В		Выходное напряжение, В		КПД, %	Частота коммутации, кГц	Сопротивление открытого канала, мОм	Функции и флаги			
	I_{OUT}	V_{IN}		V_{OUT}		η	F_{SW}	$R_{DS(on)}$	On/Off	Sync. Pin	Soft Start	Pow Good
	Макс	Мин	Макс	Мин	Макс	Макс	Тип					
A5970AD	1,0	4,0	36,0	1,2	36,0	90	500	250	+	+	—	—
A5970D	1,0	4,0	36,0	1,2	36,0	92	250	250	+	+	—	—
A5972D	1,5	4,0	36,0	1,2	36,0	90	250	250	—	—	—	—
A5973AD	1,5	4,0	36,0	1,2	36,0	90	500	250	+	+	—	—
A5973D	2,0	4,0	36,0	1,2	36,0	90	250	250	+	+	—	—
A5974AD	2,0	4,0	36,0	1,2	36,0	93	500	250	+	+	—	—
A5974D	2,5	4,0	36,0	1,2	36,0	94	250	250	+	+	—	—
A5975AD	2,5	4,0	36,0	1,2	36,0	93	500	250	+	+	—	—
A5975D	3,0	4,0	36,0	1,2	36,0	94	250	250	+	+	—	—
A6902D	1,0	8,0	36,0	1,2	36,0	90	250	250	—	—	—	—
A7985A	2,0	4,5	38,0	0,6	38,0	92	250...1000	200	+	+	+	—
A7986A	3,0	4,5	38,0	0,6	38,0	92	250...1000	200	+	+	+	—
B5973D	2,0	4,0	36,0	1,2	36,0	90	250	250	+	+	—	—
L5970AD	1,0	4,4	36,0	1,2	36,0	90	500	250	+	+	—	—
L5970D	1,0	4,4	36,0	1,2	36,0	92	250	250	+	+	+	—
L5972D	1,5	4,4	36,0	1,2	36,0	90	250	250	—	—	—	—
L5973AD	2,0	4,0	36,0	1,2	36,0	90	500	250	+	+	—	—
L5973D	2,5	4,0	36,0	1,2	36,0	90	250	250	+	+	—	—
L6902	1,0	8,0	36,0	1,2	36,0	90	250	250	—	—	—	—
L7985	2,0	4,5	38,0	0,6	38,0	92	250...1000	200	+	+	+	—
L7986	3,0	4,5	38,0	0,6	38,0	92	250...1000	200	+	+	+	—
L7986TA	3,0	4,5	38,0	0,6	38,0	92	250...1000	200	+	+	+	—

ций, частота коммутации регулируется в достаточно широких пределах, отсутствуют ограничения на значение коэффициента заполнения, значения КПД и сопротивления открытого канала отвечают современным требованиям. Суще-

ственных минусов в данной серии два. Во-первых, отсутствует встроенный разрядный диод (кроме микросхем с суффиксом D). Точность регулирования выходного напряжения достаточно высока (2%), но наличие трех и более внешних

элементов в цепи компенсации обратной связи нельзя отнести к достоинствам. Микросхемы **L7980** и **-81** отличаются от серии L598x только иным диапазоном входных напряжений, но схемотехника, а, следовательно, достоинства и не-

Таблица 4. ИПСН с входным напряжением 46 В и выше

Наименование	Выходной ток, А	Входное напряжение, В		Выходное напряжение, В		КПД, %	Частота коммутации, кГц	Сопrotивление открытого канала, мОм	Функции и флаги			
	I_{OUT}	V_{IN}		V_{OUT}		η	F_{SW}	$R_{DS(on)}$	On/Off	Sync. Pin	Soft Start	Pow Good
	Макс	Мин	Макс	Мин	Макс	Макс	Тип					
L4960	2,5	9,0	46,0	5,1	40,0	91	100	560	—	—	+	—
L4962	1,5	9,0	46,0	5,1	40,0	92	100	1000	—	+	+	—
L4963	1,5	9,0	46,0	5,1	36,0	90	60	1000	+	+	+	—
L4964	4,0	9,0	46,0	5,1	38,0	90	50	750	+	+	+	—
L4970A	10,0	15,0	50,0	5,1	40,0	92	200	110	—	+	+	—
L4971	1,5	8,0	55,0	3,3	50,0	95	100	300	+	+	+	—
L4972	2,0	15,0	50,0	5,1	40,0	90	200	125	—	+	+	—
L4973	3,5	8,0	55,0	0,5	50,0	90	300	150	+	+	+	—
L4974A	4,0	15,0	50,0	5,1	40,0	90	100	130	+	+	+	—
L4975A	5,0	15,0	50,0	5,1	40,0	92	200	110	—	+	+	—
L4976	1,0	8,0	55,0	0,5	50,0	93	100	300	—	+	+	—
L4977A	7,0	15,0	50,0	5,1	40,0	95	200	160	—	+	+	—
L4978	2,0	8,0	55,0	3,3	50,0	95	100	290	+	+	+	—
ST1S14	3,0	5,5	48,0	0,8	48,0	93	850	200	+	—	+	+

достатки аналогичны семейству L598x. В качестве примера на рисунке 5 представлена типовая схема включения трехамперной микросхемы **L5987**. Присутствует и разрядный диод D, и элементы цепи компенсации R4, C4 и C5. Входы F_{sw} и SYNCN остаются свободными, следовательно, преобразователь работает от внутреннего генератора с частотой F_{sw} , заданной по умолчанию.

Микросхема **ST1S10** по своим эксплуатационным параметрам близка к L5987. В ней сохранено большинство положительных качеств серии L598x, а именно: высокое значение КПД, малое значение сопротивления открытого канала, высокая (2%) точность регулирования. Собственная частота коммутации фиксирована, но при работе от внешнего синхросигнала может изменяться в значительном диапазоне частот (400...1200 кГц), что, как минимум, не хуже, чем в L5987. Характерные для L598x недостатки устранены: внешний разрядный диод отсутствует, и его функции выполняет встроенный полевой транзистор с малым значением $R_{DS(on)}$; цепь коррекции обратной связи не требует внешних элементов. Типовая схема включения ИПСН ST1S10 представлена на рисунке 6. Очевидно, что число внешних элементов практически сведено к минимуму. Единственный минус, по сравнению с L5987, — коэффициент заполнения ограничен максимальным значением 90%, что привело к снижению значения $V_{OUT,MAX}$ до 16 В.

Преобразователь ST1S10 является весьма популярной микросхемой для значительного круга разработчиков и широко востребованной позицией на российском рынке. Популярность микросхемы положительно сказывается на ее цене и доступности в любых раз-

ных количествах. С момента появления ST1S10 на рынке накоплен значительный опыт ее применения в различных приложениях. В материале производителя [3] приводится пример построения ИПСН с частотой коммутации 900 кГц и выходным током до 3 А. Документ включает в себя пошаговую методику расчета внешних элементов, в зависимости от особенностей применения (в частности, от предполагаемого значения коэффициента заполнения D), содержит рекомендации по оптимальному выбору типа конденсаторов (керамика, тантал, алюминий), учету температурного диапазона работы схемы, содержит пример хорошей разводки печатной платы. Микросхема применяется в качестве светодиодных драйверов. В [4] приводится пример построения драйвера с током на 1 А для светодиодной цепочки. Помимо традиционной методики расчета номиналов внешних элементов (входного и выходного конденсаторов, дросселя), приводится способ расчета токозадающего резистора. Отличительной особенностью предлагаемой схемы является более сложная схемотехника цепи коррекции FB, использующая операционный усилитель и несколько дополнительных элементов. Как и большинство материалов с рекомендациями от компании STMicroelectronics, данный документ содержит указания по разводке и перечень необходимых элементов.

Еще более новые изделия — ST1S40 и -41 — являются дальнейшим развитием этой линии. Во-первых, помимо трехамперной микросхемы **ST1S40**, предложена модификация **ST1S41** с максимальным током нагрузки в 4 А. По сравнению с ST1S10, еще больше снижено значение $R_{DS(on)}$ (до 95 мОм) и, кроме того, сняты ограничения на

значение коэффициента заполнения D. В отличие от предыдущих изделий, частота коммутации фиксирована и синхронизация от внешнего синхросигнала не предусмотрена. Типовая схема включения ST1S40 и -41 аналогична ST1S10, количество и назначение внешних элементов полностью совпадает.

Иной диапазон (по сравнению с низковольтными ИПСН) входных напряжений рассматриваемой группы стабилизаторов рассчитан на иную сферу применения данных микросхем. Производитель определяет следующие основные направления: бытовые электронные приборы (видеотехника, DVD-проигрыватели, жидкокристаллические мониторы), автомобильная электроника, системы электропитания для FPGA и микропроцессорных устройств. Из всей номенклатуры ИПСН компании STMicroelectronics рассмотренная группа является наиболее динамичной.

Импульсные понижающие стабилизаторы со входным напряжением 36...38 В

Параметры преобразователей этой группы приведены в таблице 3.

Выделение импульсных стабилизаторов с входным напряжением 36...38 В в отдельную группу сделано по следующим причинам. Во-первых, это наиболее обширная группа во всей номенклатуре ИПСН компании STMicroelectronics. Во-вторых, данный диапазон входных напряжений предназначен для работы во вполне определенных нишах приложений пользователя:

- Автомобильная электроника грузовых автомобилей, автобусов, трамваев, троллейбусов, то есть, транспортных средств с аккумуляторами напряжением 24 В.

• Электроника, питаемая от «военной» бортовой сети 27 В.

• Промышленная электроника, питаемая от сетей постоянного тока напряжением 24 и 36 В.

С точки зрения хронологии появления на рынке микросхема **L5973AD** была «первой ласточкой» в обширной номенклатуре изделий этой и предыдущей групп. Данная микросхема за почти десять лет присутствия на рынке показала себя с наилучшей стороны и в настоящее время является широко востребованным изделием, закупаемым многими клиентами в значительных объемах. Микросхема нашла применение в ряде серийно выпускаемых GSM-устройств. С развитием светодиодных источников света L5973AD находит применение в качестве драйвера мощных светодиодов. Так в [5] приводятся варианты принципиальных схем драйверов светодиодов мощностью 3 и 5 Вт, для шин питания 12 В постоянного тока или 6...24 В переменного тока. Вариант такой схемы приведен на рисунке 7. В нижней части рисунка — дополнение по работе от цепи переменного тока.

Данная микросхема может быть использована не только в традиционном применении, как основа для понижающих преобразователей, но и в иных вариантах подключения [6]: как позитивный повышающий-понижающий преобразователь, преобразователь на два выхода с дополнительной обмоткой дросселя. Приводится пример применения двух микросхем L5973AD с общей линией синхронизации. Материалы компании [5-6] содержат все данные для расчета номиналов внешних элементов, типы рекомендуемых элементов и примеры разводки печатных плат и другую полезную для разработчика информацию.

Семейство L597x стало основой для модификаций **L598x**, **A597x**, **L798x**, которые отличаются некоторыми количественными или функциональными параметрами, но с точки зрения схе-

технических решений представляют собой одно большое семейство с общими достоинствами и недостатками. Эти достоинства и недостатки рассмотрены в предыдущем разделе применительно к **L598Z**, поэтому отметим только, что все микросхемы этой группы требуют наличия внешнего разрядного диода, и всем микросхемам этой группы в цепи компенсации обратной связи необходимо, как минимум, три внешних элемента.

Исходя из хронологии развития предыдущей группы, в ближайшем будущем в линейке компании могут появиться некие аналоги ST1S10 и ST1S40 для данного диапазона входных напряжений, но в настоящее время подобные микросхемы отсутствуют.

Импульсные понижающие стабилизаторы со входным напряжением 46 В и выше

Параметры преобразователей данной группы приведены в таблице 4.

Из всей номенклатуры ИПСН компании STMicroelectronics это наиболее «консервативная» группа изделий — все микросхемы L496x и L497x появились на рынке примерно в 2000 году. Соответственно, к настоящему времени они имеют славную десятилетнюю историю. Такие характерные особенности как внешний диод и внешние элементы компенсации присутствуют и в этих микросхемах, поскольку это было нормальным явлением для изделий того времени. Кроме того, присутствуют ограничения на верхнее значение коэффициента заполнения, поэтому разность между значениями V_{IN_MAX} и V_{OUT_MAX} составляет 5...10 В. Частота коммутации невелика, в результате имеем высокую индуктивность дросселя и соответствующие габариты.

Несколько лет назад на рынке представлена первая в данной группе микросхема нового поколения — **ST1S14**. В ней, соответственно, сняты ограничения на величину коэффициента заполнения, и значение максимального

выходного напряжения приближено к значению входного. Частота коммутации равна 850 кГц, что снимает «неудобные» требования к дросселю. Типовая схема включения ST1S14 представлена на рисунке 8.

В то же время разрядный диод остался внешним элементом. Присутствует бустерный конденсатор. Цепь компенсации обратной связи в справочных материалах объявлена как встроенная, но в ней все же остался один внешний конденсатор. При разводке требуется разделить «силовой» и «сигнальный» общие провода, причем входные конденсаторы должны присутствовать по одному на каждую «землю». То есть налицо фронт работ по дальнейшему совершенствованию линейки высоковольтных ИПСН. Но если посмотреть на преобразователь, предлагаемый компанией STMicroelectronics в качестве демонстрационной платы для микросхемы ST1S14 (фотография представлена на рисунке 9), то мы убедимся, что ее габариты определяются главным образом размерами выходного конденсатора (справа), дросселя (рядом) и разрядного диода D1.

Габариты бустерного конденсатора (C6) и конденсатора в цепи компенсации (C4) большого значения не имеют.

Завершая обсуждение группы высоковольтных стабилизаторов, можно предположить, что совершенствование этой группы ИПСН не ограничится только микросхемой ST1S14, а в ближайшем будущем на рынок будут представлены решения, свободные от «габаритных» внешних элементов.

Замечания при выборе внешних элементов

При сравнении линейных и импульсных стабилизаторов напряжения помимо прочих параметров рассматривают сложность проектирования. Для линейных ее оценивают как «низкую», а для импульсных — как «среднюю или высокую». Причина проста — в импульсных преобразователях неудачный выбор внешних элементов (главным образом, конденсаторов и дросселя) и неудачная разводка платы может свести на нет все достоинства микросхемы стабилизатора. Вопросы разводки явно выходят за рамки данной статьи, но на выбор элементов следует обратить внимание.

Часто не учитывается, что емкость — это не единственный параметр конденсатора. Он обладает, кроме того, таким параметром, как «эквивалентное последовательное сопротивление» — ESR.

Значение ESR для выходного конденсатора является наиболее существенным фактором, влияющим на уровень пульсаций выходного напряжения: чем выше ESR, тем выше уровень пульсаций. При протекании тока через конден-



Рис. 9. Демонстрационная плата STEVAL-ISA104V1 на базе микросхемы ST1S14

сатор на паразитном сопротивлении ESR выделяется тепло. Эта потраченная впустую мощность снижает значение КПД. Значение ESR влияет на устойчивость контура обратной связи — оно не должно быть слишком большим или слишком малым. Удержание ESR в пределах устойчивого диапазона является нетривиальной задачей, особенно, если преобразователь должен работать в широком диапазоне рабочих температур (на минусовых температурах значение ESR увеличивается на десятичный порядок). Для входных конденсаторов существенным является значение «эквивалентной последовательной индуктивности» — ESL. Чем выше ESL, тем выше «звон» и пульсации на входе преобразователя.

Внешние резисторы в цепи делителя. Одной из характеристик реального резистора является его точность. Если в делителе установлены пятипроцентные резисторы, не следует рассчитывать на точность выходного напряжения в пару процентов. Тип сердечника, используемого в дросселе, влияет не только на стоимость и габариты конечного изделия, но и на уровень излучаемых помех. Не вдаваясь в тонкости сравнительного анализа брусковых и тороидальных типов сердечников, отметим, что попытки сэкономить на цене дросселя могут оказаться неудачными.

Вывод: если разработчик не уверен в своих знаниях, то имеет смысл дове-

рнуться тому перечню элементов, которые рекомендует производитель в документе на демонстрационную плату («Bill of Materials»). В нем редко уточняются типы резисторов, но наименования дросселя и ответственных конденсаторов указаны полностью. Возможно, это будет не самым дешевым решением, но — допустимым.

Заключение

Анализ динамики изменения номенклатуры ИПЧН компании STMicroelectronics позволяет сделать вывод, что число новинок, ежегодно предлагаемых на рынок, составляет 8...10% от общего числа типов микросхем ИПЧН в линейке. С одной стороны, это говорит о достаточно продолжительном сроке работы микросхем: если решение удачное и хорошо зарекомендовало себя — никто не смотрит на год выпуска. С другой стороны, процесс обновления номенклатуры идет непрерывно и пустые ниши оперативно заполняются. В данной статье большее внимание было уделено тем изделиям последних лет, которые соответствуют современным требованиям и имеют все основания в ближайшее время перейти из категории «перспективных новинок» в категорию «хиты продаж». В целом же о преимуществах изделий STMicroelectronics говорят приемлемые цены, высокая надежность и уро-

вень технической поддержки, то есть те факторы, которые сделали бренд «STMicroelectronics» популярным среди широкого круга разработчиков электронной техники.

Литература

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. — М.: СОЛОН-Пресс, 2005.
2. Power management: linear and switching regulators and voltage references. Selection guide. December 2005. // Материал компании STMicroelectronics.
3. AN2620. 3 A high-frequency synchronous 900 kHz step-down converter based on the ST1S10. // Материал компании STMicroelectronics.
4. AN2754. Buck high-brightness LED driver based on the ST1S10 step-down DC-DC converter voltage regulator. // Материал компании STMicroelectronics.
5. AN2259. High intensity LED driver using the L5970D/L5973D. // Материал компании STMicroelectronics.
6. AN1518. Designing with the 2.5 A DC-DC converter L5973D. // Материал компании STMicroelectronics.

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



L5973D013TR

Эффективный понижающий DC/DC

ПРОВЕРЕНО НА ПРАКТИКЕ!
Отлично зарекомендовал себя
в GSM-приложениях

- Внутренний ключ 2,5 А
- Рабочее напряжение: 4...36 В
- Выходное напряжение: 1,235...35 В
- Малое падение напряжения (100% duty cycle)
- Оптимальная частота преобразования 250 кГц
- Комплексная защита (ток, температура, линия ОС)
- Облегченный тепловой режим



Поддержка разработчиков:
E-mail: st@compel.ru
www.compel.ru/projects-support

Компэл
www.compel.ru

Андрей Самоделов (Москва)

МИКРОСХЕМЫ ЧАСОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ (RTC) ОТ STMICROELECTRONICS



*Широчайшая линейка часов реального времени от STMicroelectronics предоставляет неограниченные возможности для разработчиков различных приложений. Серия **M41T6x** подойдет для портативных устройств; серии **M41T00**, **M41T8x** и **M41T9x** — для промышленных изделий; в ассортименте часов также имеются высокоинтегрированные модели со специальными функциями (например, аудиовыходом и защитой от несанкционированного доступа).*

В настоящее время в линейке продукции STMicro доступны микросхемы RTC различного назначения, выполненные по новейшим технологиям. Среди них микросхемы с чрезвычайно низким энергопотреблением, самыми маленькими в мире корпусами и встроенными кварцевыми резонаторами, микросхемы семейства **SNAPHAT®** с интегрированной батареей резервного питания. Стандартные функции RTC включают будильник, схему переключения на резервный источник питания, схему сброса и специальные функции с метками времени и системой реакции на несанкционированный доступ для защищенных приложений, звуковые сигналы и подзарядку резервной батареи. Существуют высокоточные температурно-компенсированные RTC.

Основные области применения часов реального времени STMicroelectronics приведены в таблице 1.

Перейдем к описанию отдельных семейств микросхем RTC от STMicroelectronics

M41T6x — часы реального времени (RTC) для портативных устройств

В семейство **M41T6x** входят микросхемы RTC с низким энергопотреблением и встроенным кварцевым генератором на частоте 32,768 кГц. Восемь регистров, используемые для функции часы/календарь, конфигурируются в двоично-десятичном коде (BCD). Дополнительные восемь регистров обеспечивают функции состояния/управления будильником, управляют выходной частотой 32 кГц, осуществляют калибровку и функцию сторожевого таймера. Обмен данными происходит по интерфейсу I²C (400 кГц). Адресный регистр автоматически инкрементируется после записи (WRITE) или чтения (READ) байта данных. Блок-схема представителя семейства M41T6x — M41T62 показана на рисунке 1.

Функции, доступные пользователю, включают время суток/календарь, прерывания по срабатыванию будильника (**M41T62**, **M41T65**), выход частоты 32 кГц (**M41T62/63**, **M41T64**), выход

прямоугольного сигнала с программируемой частотой (**M41T62/63/64**) и выход сторожевого таймера (**M41T63**, **M41T65**). По восьми адресам содержатся значения столетия, года, месяца, даты, дня недели, часов, минут, секунд и десятых/сотых долей секунды в 24-часовом BCD-формате. Коррекция продолжительности месяца в 28, 29 (февраль високосного года), 30 или 31 день осуществляется автоматически.

Микросхемы M41T6x выпускаются в двух типах корпусов миниатюрного размера: QFN с 16 выводами размером 3x3 мм², для которого требуется внешний кристалл частотой 32 кГц, и LCC 1,5x3,2 мм² со встроенным кристаллом.

В таблице 2 приведены основные характеристики микросхем семейства M41T6x, а в таблице 3 — их функциональные особенности.

Микросхемы семейства M41T6x находят применение в цифровых фото- и видеокамерах, портативных медиаплеерах, медицинском оборудовании, терминалах точек розничной торговли, оборудовании для тестирования и портативных навигаторах.

Демонстрационная плата STEVAL-SCM001V1

Для быстрой оценки функциональных возможностей часов реального времени семейства **M41T6x** компания STMicroelectronics выпускает демонстрационную плату **STEVAL-SCM001V1** на базе микросхемы M41T62 в форме USB-

Таблица 1. Основные области применения часов реального времени STMicroelectronics

Область применения	С низким энергопотреблением для портативных устройств	С расширенными возможностями для промышленного применения	С высокой степенью интеграции	Устройства защиты от несанкционированного доступа
Отличительные особенности	- Малое потребление тока в режиме ожидания (standby) - Самые маленькие в мире RTC со встроенным кварцевым резонатором - Миниатюрный корпус	- Автоматическое переключение на батарею резервного источника питания - Аналоговая калибровка - Встроенный кварцевый резонатор - Температурно-компенсированные RTC	- RTC с NVRAM и функцией супервизора для микропроцессора - Монитор батареи источника питания - Сброс при включении (POR)/детектор пропадания напряжения питания	- Обнаружение физического несанкционированного доступа - Очистка внутреннего и внешнего ОЗУ - Фиксирование попыток несанкционированного доступа
Типы ИС	Серия M41T6x	M41T81S , M41T00S , M41T82 , M41T83 , M41T93 , M41T00CAP , M41TC8025	M41ST85W , M41T94 , M41T00AUD	M41ST87W

Таблица 2. Основные характеристики микросхем RTC семейства M41T6x

Тип ИС	Тип корпуса	Упит, В	Ураб. мин., В	Ибат. тип., нА	Сигнал сбоя OSC	Программные будильники	WDT	Выход SQW	Выход F32K	Внутренний кристалл
M41T60	QFN16	1,3...4,4	1	350	+	—	—	—	—	—
M41T62	QFN16				+	+	+	+	32	—
	LCC8				+	+	+	+	32	+
M41T63	QFN16				+	—	+	+	32	—
M41T64	QFN16				+	—	+	+	32	—
M41T65	QFN16	1,5...4,4		525	+	+	+	—	—	—
M41T66	QFN16				+	+	+	+	32	—

Примечание: * — с генерацией IRQ.

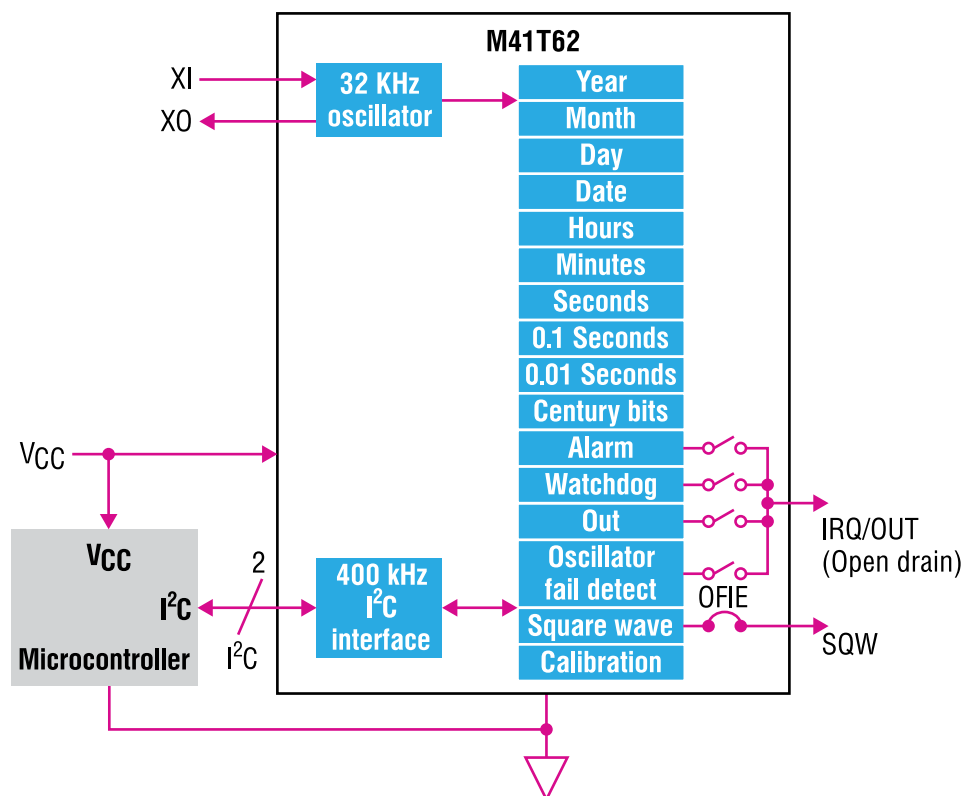


Рис. 1. Блок-схема M41T62

брелка размером 65x22 мм. В качестве управляющего микроконтроллера/USB-моста используется **ST72651AR6**. Внешний вид платы STEVAL-SCM001V1 показан на рисунке 2.

Плата STEVAL-SCM001V1 RTC позволяет изучить все функциональные особенности RTC M41T62 от STMicroelectronics и работу RTC как при питании от внутреннего стабилизатора MCU ST7, так и при питании от конденсатора. Работой платы управляет

специальная графическая оболочка с дружелюбным пользовательским интерфейсом (GUI).

M41T00x. Микросхемы RTC с последовательным интерфейсом

В настоящее время линейка M41T00x состоит из 3 микросхем:

- микросхемы **M41T00S**, выпускающейся взамен устаревшей **M41T00**;
- микросхемы **M41T00AUD** с аудио-интерфейсом;

• микросхемы **M41T00CAP** со встроенным источником резервного электропитания;

Все микросхемы семейства M41T00x имеют функцию автоматической калибровки часов.

Восемь байт внутреннего СОЗУ (регистр TIMEKEEPER®) используются для реализации функции часов/календаря и калибровки. Описание регистра TIMEKEEPER® приведено в таблице 4.

M41T00S. Часы реального времени с последовательным интерфейсом

Микросхема M41T00S является базовой в семействе M41T00 и представляет собой RTC с низким энергопотреблением и внешним встроенным кварцевым генератором на 32,768 кГц. Имеется встроенная схема обнаружения остановок тактового генератора. Восемь регистров ОЗУ (таблица 4) используются для функции часов/календаря и конфигурируются в двоично-десятичном формате (BCD. Обмен данными происходит по интерфейсу I2C (протокол 400 кГц). Встроенный регистр адреса автоматически инкрементируется после выполнения каждой операции записи (WRITE) или чтения (READ) байта данных. Блок-схема M41T00S представлена на рисунке 3.

Напряжение питания (V_{CC}) M41T00S составляет 2,0...5,5 В при потребляемом токе не более 300 мкА в рабочем режиме и не более 0,6 мкА при питании от резервного источника. Микросхема имеет встроенную схему обнаружения пропадания напряжения питания ($2,5 \text{ В} \leq V_{PFD} \leq 2,7 \text{ В}$), которая при сбоях питания автоматически переключает микросхему на питание от резервного источника.

Таблица 3. Функциональные особенности микросхем RTC семейства M41T6x

Тип ИС	Basic RTC	Alarms	OSC fail detect	WDT	Calibration	SQW output	IRQ output	WDO output	F32K output
M41T62	+	+	+	+	+	+	+	—	—
M41T63	+	+	+	+	+	+	—	+	—
M41T64	+	+	+	+	+	+	—	—	+
M41T65	+	+	+	+	+	—	+	+	—

Таблица 4. Карта распределения памяти регистра TIMEKEEPER®

Адрес	Разряды регистра								Функция / диапазон (BCD формат)	
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
00h	ST	Десятки секунд			Секунды				Секунды	00...59
01h	OF	Десятки минут			Минуты				Минуты	00...59
02h	CEB	CB	Десятки часов		Часы (24-часовой формат)				Часы	0...1/00...23
03h	0	0	0	0	0	День недели			Дни	01...7
04h	0	0	Десятки дней		Дата: день месяца				Дата	01...31
05h	0	0	0	10M	Месяцы				Месяцы	01...12
06h	Десятки лет				Годы				Годы	00...99
07h	OUT	FT	S	Калибровка					Калибровка	—

В качестве резервного источника можно использовать небольшую литиевую батарейку или конденсатор SuperCap™. Для повышения точности отсчета времени служит схема программной калибровки часов.

Выпускается в корпусе SOIC с восемью выводами, предназначена для работы в температурном диапазоне -40...85°C.

Принцип работы

Часы M41T00S работают как ведомое устройство на последовательной шине I²C. Доступ к микросхеме осуществляется после выставления на шине стартового условия, за которым должен следовать корректный адрес ведомого устройства (D0h). Микросхема непрерывно осуществляет мониторинг напряжения питания V_{CC} . После того как V_{CC} падает ниже порогового значения V_{PFD} , микросхема прекращает доступ по шине и сбрасывает счетчик адреса. Входы микросхемы перестают реагировать на внешние сигналы. После того, как V_{CC} падает ниже уровня переключения питания (V_{SO}), микросхема автоматически переключается на работу от батареи и переходит в режим ультранизкого энергопотребления для увеличения времени работы от батареи. Если напряжение батареи V_{BAT} меньше, чем V_{PFD} , микросхема переключается с V_{CC} на V_{BAT} , когда V_{CC} падает ниже V_{BAT} . Если V_{BAT} больше, чем V_{PFD} , микросхема переключается с V_{CC} на V_{BAT} , когда V_{CC} падает ниже V_{PFD} . При восстановлении напряжения питания микросхема снова переключается с батареи на основное питание, когда V_{CC} достигает значения V_{SO} . Когда значение V_{CC} становится больше V_{PFD} , начинают функционировать входы микросхемы.

Калибровка часов

Микросхема M41T00S управляется кварцованным генератором на частоту 32768 Гц. Ошибка частоты генератора не превышает ± 35 ppm при 25°C, что эквивалентно примерно $\pm 1,53$ минуты в месяц. При точной настройке схемы



Рис. 2. Внешний вид платы STEVAL-SCM001V1

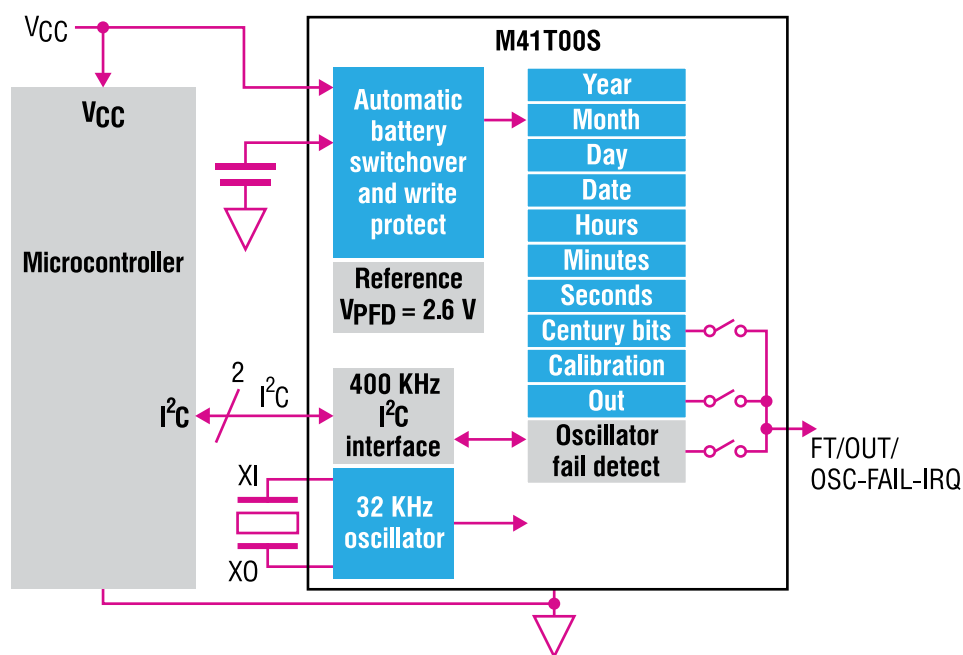


Рис. 3. Блок-схема M41T00S

калибровки точность установки частоты повышается до ± 2 ppm при 25°C.

Частота резонанса кварцевого резонатора изменяется при изменении температуры. В M41T00S реализована периодическая коррекция счетчика. Схема коррекции добавляет или вычитает единицу из счетчика-делителя частоты задающего генератора. В зависимости от значения пяти битов (D4-D0), записанных в регистр калибровки (07h), некоторое количество импульсов будет пропускаться или добавляться в зависимости

от значения бита D5, который является знаковым. Добавление импульсов эквивалентно увеличению частоты генератора, пропуск — уменьшению.

Для определения того, как много калибровочных операций должна проделать M41T00S, существует два метода.

Первый состоит в начальной установке часов, работы их в течение месяца, сравнении с показаниями эталонных часов и записи в регистр калибровки отклонения за фиксированный промежуток времени. Калибровочные данные

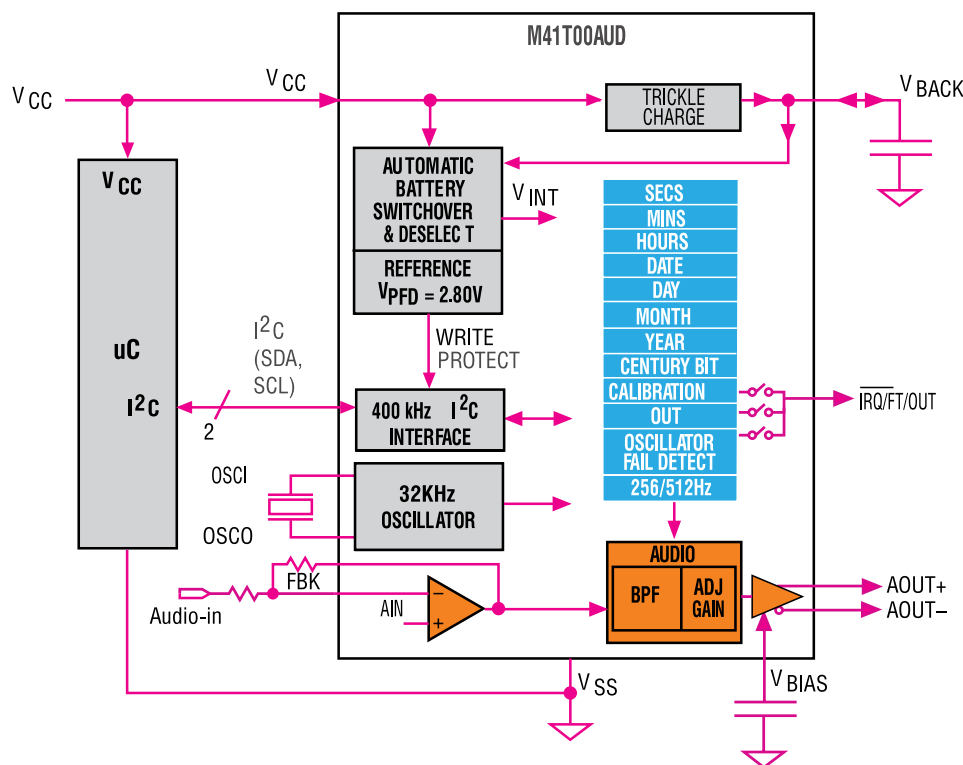


Рис. 4. Блок-схема M41T00AUD

включают количество потерянных или накопленных за фиксированный период секунд. Это позволяет разработчику давать конечному пользователю возможность калибровки часов в необходимых рабочих условиях, даже если конечный продукт размещен в необслуживаемом корпусе. Для доступа к калибровочным данным в таком случае достаточно будет написания простейшей утилиты.

Второй метод более соответствует производственным условиям и заключается в использовании вывода FT/OUT. На этот вывод подается частота 512 Гц, если бит Stop (бит ST (D7) по адресу 00h) установлен в «0», а бит Frequency Test (бит FT (D6) по адресу 07h) установлен в «1».

Отклонения от частоты 512 Гц показывают значение и знак сдвига частоты генератора при заданной температуре. Например, значение частоты 512,010124 Гц будет указывать на значение ошибки частоты генератора +20 ppm. Для коррекции этого отклонения в калибровочный регистр необходимо записать значение -10 (XX001010).

Выход FT/OUT выполнен с открытым стоком, что требует подключения подтягивающего (pull-up) резистора к линии V_{CC} для нормальной работы. Рекомендуемое значение составляет 500 Ом...10 кОм. При отключении напряжения питания бит FT очищается.

M41T00AUD. RTC с последовательным интерфейсом и аудиофункциями

Микросхема **M41T00AUD** представляет собой RTC с интерфейсом I²C (400 кГц), интегрированным тональным генератором и усилителем с выходной

мощностью 300 мВт при нагрузке сопротивлением 8 Ом. Блок RTC создан на базе микросхемы **M41T00** с такими расширениями, как ИОН для переключения на резервный источник питания, схема обнаружения остановок тактового генератора и хранение времени пропадания напряжения питания. Блок-схема M41T00AUD представлена на рисунке 4.

Часы реального времени

Блок RTC создан на базе часов микросхемы M41T00 и работает от кварцевого генератора частотой 32768 Гц, которая может подстраиваться с помощью калибровочного регистра в пределах -63...+126 ppm. Бит OF регистра состояния устанавливается при остановке тактового генератора на 4 или более циклов тактовой частоты.

Диапазон напряжения питания составляет 3,0...3,6 В. Функция хранения времени работает до напряжения источника питания 1,7 В. Ток потребления в режиме работы от резервного источника питания составляет 400 нА при напряжении 3,0 В. Микросхема имеет встроенную схему подзарядки конденсатора резервного питания. Типовое время работы составляет 5 лет от 3 В литиевого элемента емкостью 50 мАч.

Аудио подсистема

Усилитель мощности имеет дифференциальный выход с ФНЧ с частотой среза 8 кГц и может отдавать до 300 мВт на нагрузку сопротивлением 8 Ом (THD+N = 2% (max), f_{in} = 1 кГц). Сигнальный вход подключен к

источнику напряжения V_{DD}/2. Пиковое значение сигнала на аналоговом входе может составлять 1,6 В.

Базовые частоты аудио сигналов составляют 256 или 512 Гц. С их помощью можно мультиплексировать сигнал с аналогового входа для получения двухтонального сигнала. Управление громкостью осуществляется с помощью 4-битного регистра, диапазон регулировки составляет -33...+12 дБ с шагом 3 дБ. Имеется бит выключения звука.

В режиме работы от резервного источника питания звуковой интерфейс автоматически отключается.

Микросхема выпускается в корпусе **DFN16** (5x4 мм) для температурного диапазона 0...70°C.

M41T00CAP. RTC с последовательным интерфейсом, интегрированными кварцевым резонатором и батареей резервного питания

Микросхема **M41T00CAP** представляет собой часы реального времени, построенные на базе **M41T00S**, с низким энергопотреблением, интегрированной батареей и кварцевым резонатором на частоту 32,768 кГц в 24-выводном корпусе SARNAT™. Обмен данными происходит по интерфейсу I²C. В состав микросхемы входит управляемый кварцевый генератор, схема переключения на резервный источник питания при пропадании основного напряжения питания. Блок-схема M41T00CAP представлена на рисунке 5.

Восемь регистров реализуют функцию часов/календаря. Для повышения точности отсчета времени служит встроенная схема программной коррекции частоты тактового генератора. Корректность показаний часов обеспечивает схема обнаружения остановки кварцевого генератора. Коррекция високосных годов рассчитана на период до 2100 г. Регистр адреса автоматически инкрементируется после выполнения каждой операции записи (WRITE), или чтения (READ) байта данных.

Напряжение питания микросхемы (V_{CC}) составляет 2,7...5,5 В при потребляемом токе не более 300 мкА. Порог переключения на резервный источник питания 2,6 В. Энергии встроенной литиевой батареи достаточно для непрерывной работы часов в течение 10 лет.

Система обнаружения сбоя тактового генератора

Если бит сбоя в кварцевом генераторе (OF) изнутри устанавливается в «1», то это говорит о том, что генератор либо совсем остановился, либо был остановлен в течение некоторого промежутка времени, поэтому его можно использовать для проверки надежности показаний часов. В случае, если было обнаружено, что бит OF установлен в «1» в

любое время, кроме начальной подачи напряжения питания, то бит STOP (ST) необходимо установить в «1», затем немедленно сбросить в «0». Эта процедура перезапустит кварцевый генератор.

Установка в «1» бита STOP (OF) может произойти при следующих условиях:

- при подаче напряжения питания значение бита OF по умолчанию равно «1»;
- значения основного напряжения питания V_{CC} недостаточно для поддержки работоспособности генератора;
- бит ST установлен в «1»;
- внешние наводки на кварцевый резонатор.

Бит OF будет оставаться установленным в «1» до тех пор, пока его не переписут в «0». Перед установкой бита OF в «0» кварцевый генератор должен быть запущен и должен проработать в нормальном режиме минимум 4 секунды.

M41T11. RTC с последовательным интерфейсом и энергонезависимой памятью NVRAM объемом 56 байт

Микросхема **M41T11** представляет собой часы реального времени с последовательным интерфейсом I²C (100 кГц), малой потребляемой мощностью и энергонезависимой памятью **NVRAM** объемом 56 байт. Встроенный кварцевый генератор на частоту 32,768 кГц (с внешним кварцевым резонатором) и первые 8 байт ОЗУ используются для выполнения функции часов/календаря и конфигурируются в двоично-десятичном BCD-коде. Генератор на 32,768 кГц снабжен нагрузочным конденсатором емкостью 12,5 пФ, который обеспечивает высокую стабильность частоты. Программная калибровка часов обеспечивает компенсацию температурного коэффициента кварцевого генератора. Встроенный регистр адреса автоматически инкрементируется после выполнения операции записи или чтения байта. Блок-схема M41T11 показана на рисунке 6.

В микросхему M41T11 встроена схема датчика напряжения питания, которая детектирует пропадания основного напряжения питания и, при сбоях в питающем напряжении, автоматически переключает микросхему на работу от резервного источника питания (батареи) и отключает микросхему от шины обмена данными. Энергия, необходимая для хранения данных в ОЗУ и работы часов, может быть получена от небольшой литиевой батарейки.

Рабочее напряжение питания составляет 2,0...5,5 В, ток потребления не превышает 0,8 мкА при напряжении питания 3 В. При емкости резервной батарейки 50 мА/ч с напряжением 3 В типовое время хранения данных составляет 5 лет.

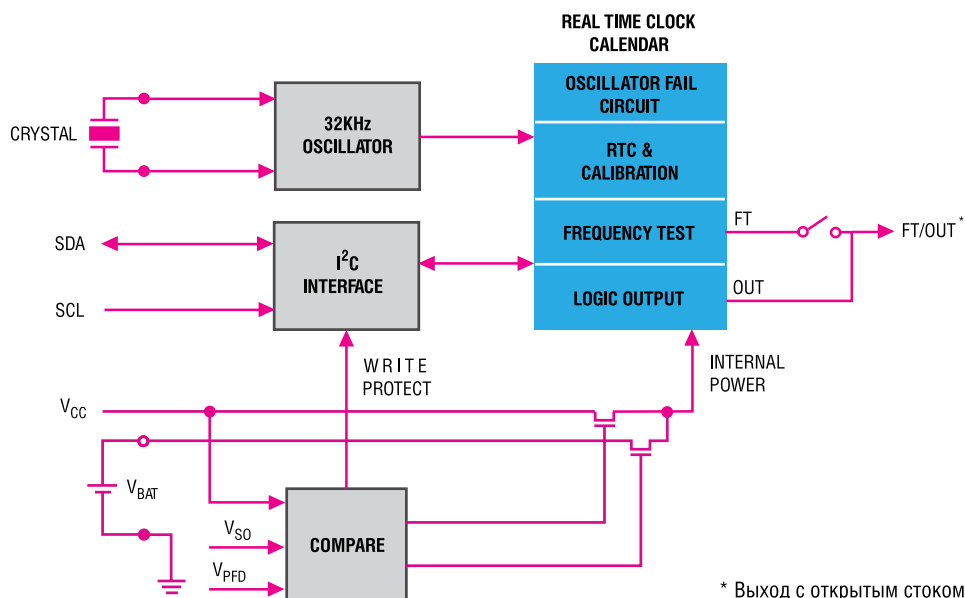


Рис. 5. Блок-схема M41T00CAP

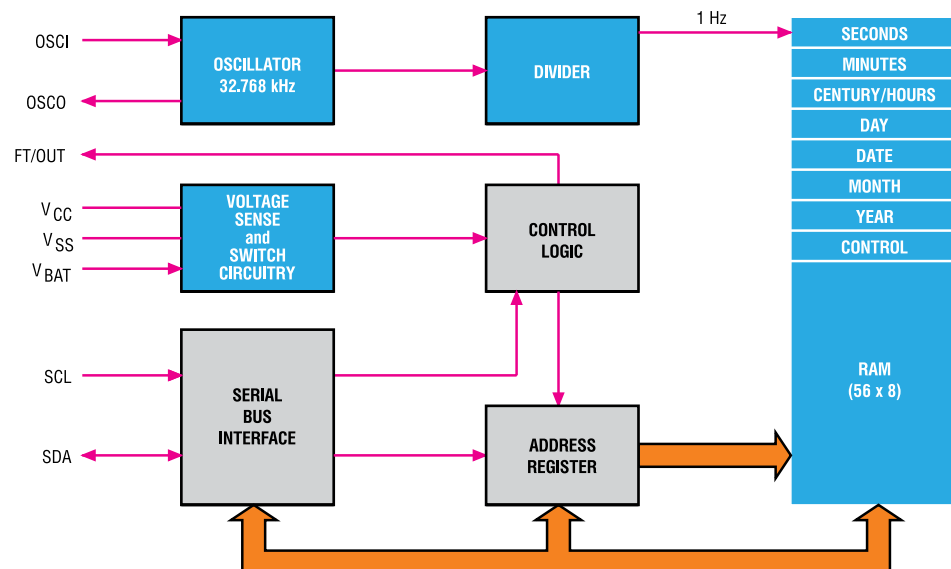


Рис. 6. Блок - схема M41T11

Микросхема M41T11 выпускается в корпусе **SOIC** с восемью выводами или в корпусе **SOIC** с 28 выводами для объединения с платформой **SNAPHAT**®. Рабочий температурный диапазон -40...85°C. Корпус **SOIC** с 28 выводами снабжен разъемом с позолоченными контактами для непосредственной стыковки с платформой **SNAPHAT**, на которой смонтированы батарейка и кварцевый резонатор. Микросхему в корпусе **SOIC**-28 и платформу с батарейкой/кварцевым резонатором необходимо заказывать отдельно (только для напряжения питания 3,3...5,0 В).

M41T82/M41T83. RTC с последовательным интерфейсом

В семейство **M41T8x** входят микросхемы часов реального времени с низким энергопотреблением, I²C-интерфейсом (400 кГц) и встроенным кварцевым ге-

нератором на частоту 32,768 кГц (для корпусов **QFN16** и **SO8** используется внешний кварцевый резонатор, в корпусе **SOX18** имеется встроенный). Точность базовой заводской калибровки составляет ±5 ppm (**SOX18**). Более высокая точность достигается при использовании встроенной схемы аналоговой и цифровой калибровки. Имеется встроенная схема обнаружения остановок тактового генератора. Восемь байт используются для хранения времени/календаря. Дополнительные 17 используются в качестве регистра состояния/управления для реализации двух будильников, сторожевого таймера (watchdog), 8-битного счетчика и генератора прямоугольных импульсов. Дополнительные 7 байт можно использовать как энергонезависимое пользовательское ОЗУ с питанием от батарейки. Блок-схема **M41T82** показана на рисун-

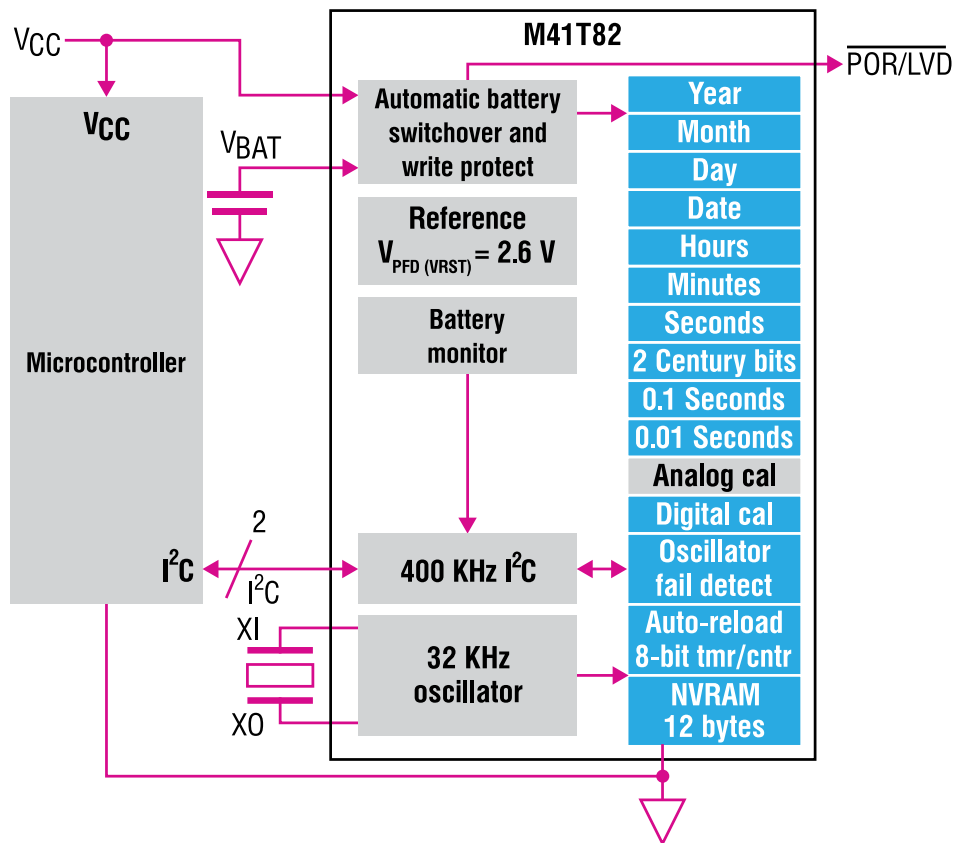


Рис. 7. Блок-схема M41T82

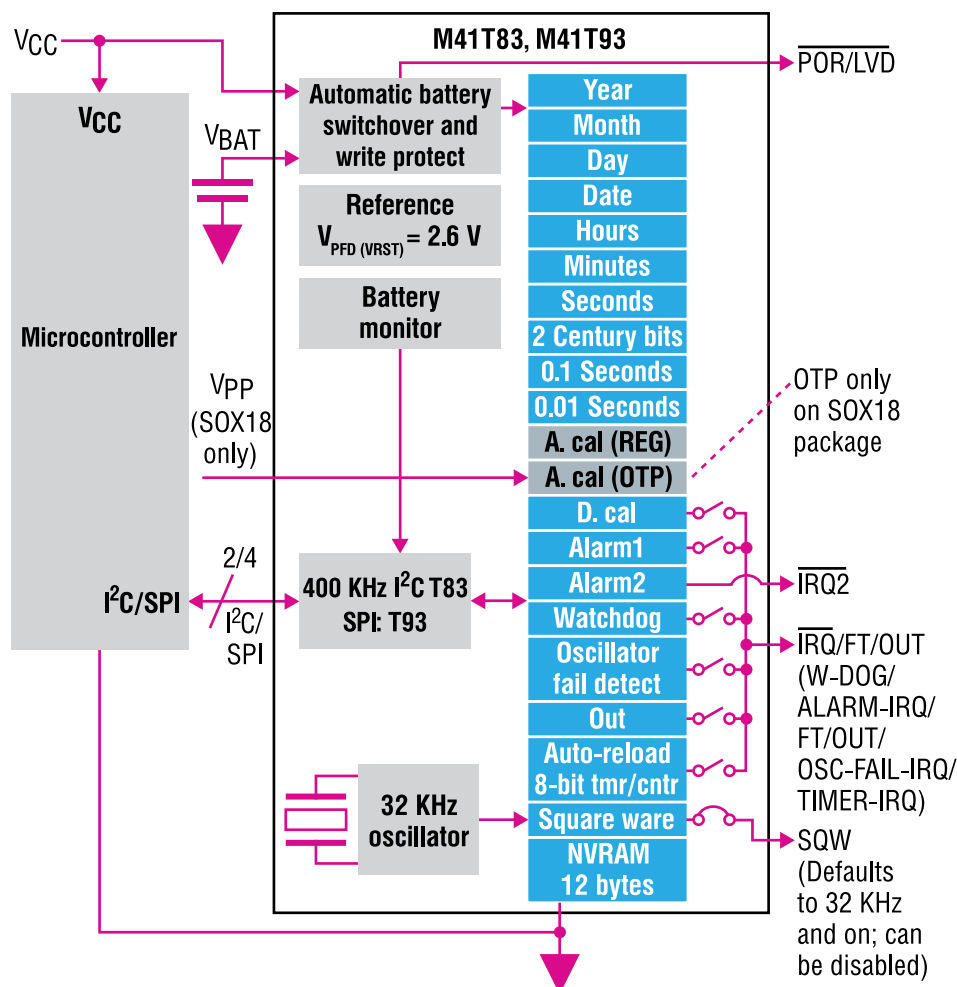


Рис. 8. Блок-схема M41T83

ке 7, блок-схема **M41T83** — на рисунке 8.

Обмен данными происходит по I²C-интерфейсу. Встроенный адресный регистр инкрементируется всякий раз после выполнения операций записи (WRITE) или чтения (READ) байта данных. Для пользователя доступны функции энергонезависимой памяти, часов/календаря, двух будильников с генерацией прерывания (один из них работает даже при питании от батареи), сторожевого таймера (watchdog), программируемого 8-разрядного счетчика и генератора прямоугольных импульсов.

Изделия снабжены схемой мониторинга напряжения питания. При достижении порогового напряжения происходит автоматическое переключение на резервный источник питания и отключение микросхемы от шины I²C, при этом в регистре состояния выставляется специальный флаг. Рабочий диапазон напряжения питания и пороговое напряжение для переключения на резервный источник приведены в таблице 5.

Микросхема M41T83 выпускается в корпусах QFN16, SOX18 или 300 mil SOIC со встроенным кварцевым резонатором на частоту 32 кГц. Выход тактового генератора доступен при подаче напряжения питания. Для корпуса SOX18 при необходимости обеспечения энергонезависимой работы требуется только внешняя батарейка. Микросхема M41T82 выпускается только в корпусе SO8. Обе микросхемы предназначены для работы в промышленном температурном диапазоне -40...85°C.

Средства разработки и отладки

Для изучения работы часов реального времени компания STMicroelectronics выпускает два демонстрационных набора: **STEVAL-IFS017V1** и **STEVAL-IFS012V1**.

Демонстрационная система STEVAL-IFS017V1

Демонстрационная система STEVAL-IFS012V1 предназначена для оценки функциональных возможностей различных температурных датчиков и RTC. Система STEVAL-IFS012V1 состоит из базовой платы, основанной на микроконтроллере **STM32F102xx** и различных дочерних плат, содержащих датчики температуры и RTC. Внешний вид системы показан на рисунке 9.

Система поддерживает датчики температуры **STLM20**, **STTS424E02**, **STTS75**, **STDS75**, **STLM75**, **STCN75**, **STTS751**, **STTS2002** и RTC **M41T82SM6**, **M41T83SQA6** и **M41T83SMY6**.

Плата работает в режиме питания от порта USB и имеет компьютерный графический пользовательский интерфейс (GUI), который используется для до-

ступа к регистрам и знакомства с функциональными особенностями датчиков температуры и RTC.

Демонстрационная система STEVAL-IFS012V1

Демонстрационная система **STEVAL-IFS012V1** предназначена для оценки функциональных возможностей различных температурных датчиков и RTC. Она состоит из базовой платы, основанной на микроконтроллере **ST72F651AR6** и дочерних плат, содержащих датчики температуры и RTC. Внешний вид системы **STEVAL-IFS012V1** показан на рисунке 10.

Поддерживаются датчики температуры **STLM20**, **STTS424E02**, **STTS75**, **STDS75**, **STLM75**, **STCN75** и часы реального времени **M41T81S**, **M41T82** и **M41T83**.

Система может работать в двух режимах:

- автономно/с внешним источником питания;
- с питанием от порта USB/ в полнофункциональном режиме.

M41TC8025. Прецизионные, температурно-компенсированные RTC с последовательным интерфейсом и встроенным кварцевым резонатором

Лидирующая в своем классе микросхема RTC для интеллектуальных счетчиков и прецизионных приложений **M41TC8025** имеет в своем составе расширенный промышленный блок RTC, источник опорного напряжения, задающий порог для надежного переключения на батарейное питание, систему аналоговой калибровки, встроенный кварцевый резонатор и схему обнаружения сбоя тактового генератора.

Микросхема **M41TC8025** представляет собой часы реального времени с интерфейсом I²C (400 кГц) и схемой температурной компенсации для работы в расширенном (-45...70°C) или промышленном (-40...85°C) температурном диапазоне. Кроме отсчета времени, микросхема имеет функцию будильника, таймера с программируемым периодом прерывания по коррекции времени и программируемого выхода фиксированной частоты (1 Гц, 1 кГц и 32 кГц). Блок-схема **M41TC8025** представлена на рисунке 11.

Микросхема **M41TC8025** выпускается в корпусе SOIC с 14 выводами шириной 200-mil.

Точность отсчета времени обеспечивает встроенный высокостабильный DTCXO на частоту 32 кГц. Схема температурной компенсации обеспечивает точность $\pm 5,0$ ppm при -40...85°C (версия A), $\pm 5,0$ ppm при -45...70°C (версия C), и $\pm 3,8$ ppm при 0...50°C.

Напряжение питания часов и схемы хранения времени составляет 1,6...5,5 В,

Таблица 5. Напряжение источника питания и пороговое напряжение для микросхем M41T83

Тип ИС	Напряжение источника питания, V _{CC} , В	Пороговое напряжение, V _{RST} , В
M41T83S	3,00...5,50	2,85...3,00
M41T83R	2,70...5,50	2,55...2,70
M41T83Z	2,38...5,50	2,25...2,38

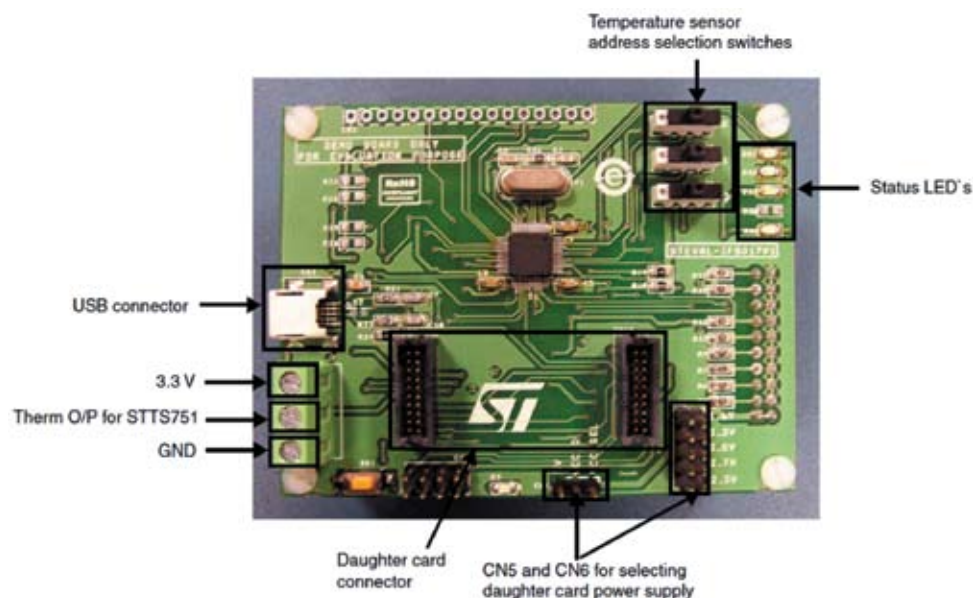


Рис. 9. Внешний вид системы STEVAL-IFS017V1



Рис. 10. Внешний вид системы STEVAL-IFS012V1

интерфейса I²C 1,8...5,5 В, схемы температурной компенсации 2,2...5,5 В. При напряжении питания 3,0 В потребляемый ток составляет 0,8 мкА,

Микросхема применяется в счетчиках электроэнергии и промышленном оборудовании.

Заключение

Рассмотренные в статье микросхемы часов реального времени (RTC) от ком-

пании STMicroelectronics имеют превосходные эксплуатационные характеристики и высокую надежность. Расширенный набор функций (в том числе — функция автокалибровки) позволяет использовать их в различных приложениях, для которых требуется высокая точность отсчета времени, возможность переключения на резервный источник питания и малый потребляемый ток в режиме работы от батареи. Наличие энергонезависимого ОЗУ

позволяет надежно хранить критичные для конечного приложения параметры. Все это позволяет рекомендовать использование RTC от STMicroelectronics в широком классе приложений, от бытовых устройств до прецизионных промышленных датчиков.

Литература

1. ST's serial real-time clock. <http://www.st.com/internet/analog/subclass/403.jsp>
2. M41T62. Serial real-time clock (RTC) with alarm. <http://www.st.com/internet/analog/product/82507.jsp>
3. M41T00S. Serial real-time clock (RTC). <http://www.st.com/internet/analog/product/84649.jsp>
4. M41T00AUD. Serial real-time clock (RTC) with audio. <http://www.st.com/internet/analog/product/147881.jsp>
5. M41T00CAP. Serial real-time clock (RTC) with battery. <http://www.st.com/internet/analog/product/147883.jsp>
6. M41T11. Serial real-time clock (RTC) with 56 bytes of NVRAM. <http://www.st.com/internet/analog/product/63897.jsp>
7. M41T83. Serial I2C bus real-time clock (RTC) with battery switch-over. <http://www.st.com/internet/analog/product/130171.jsp>
8. M41TC8025. Highly accurate, temperature-compensated serial real-time clock (RTC) with embedded crystal. <http://www.st.com/internet/analog/product/253463.jsp>

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

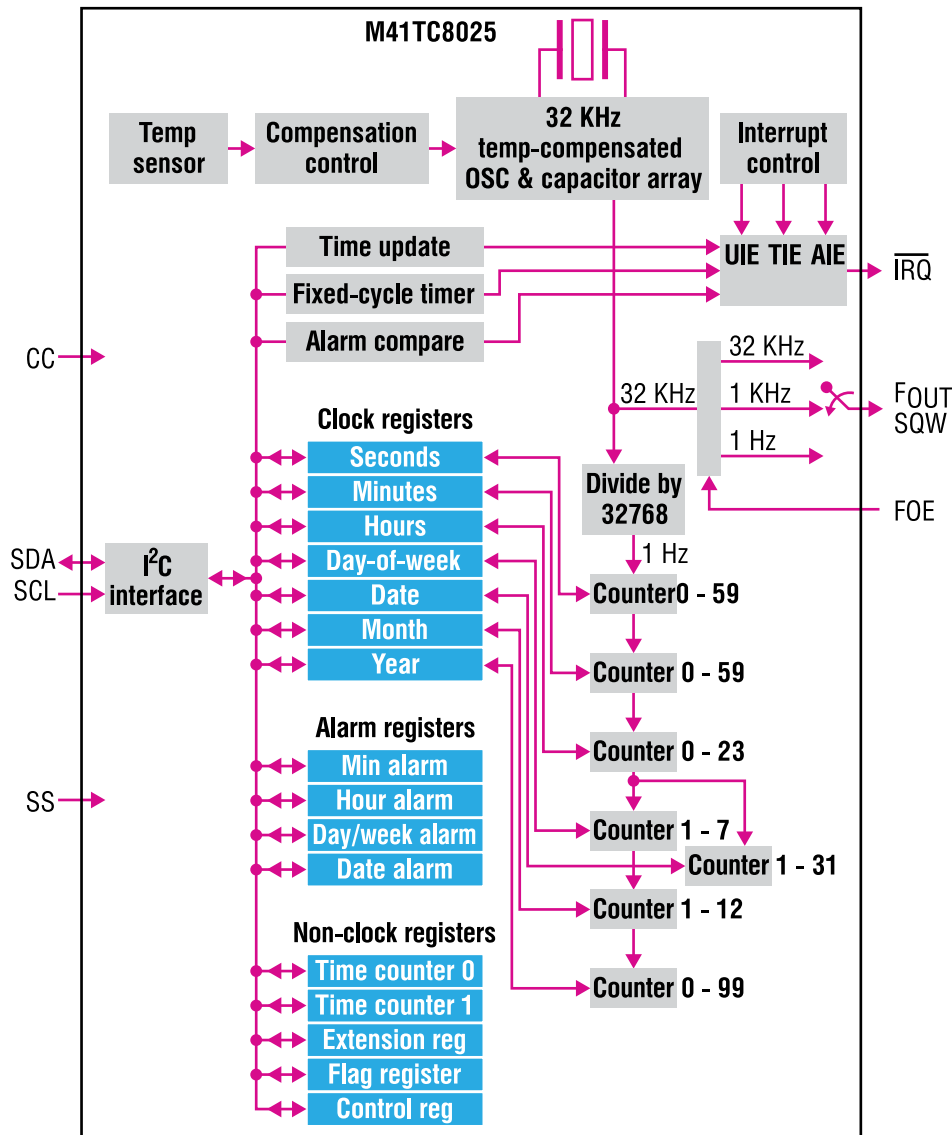


Рис. 11. Блок-схема M41TC8025

Компания STMicroelectronics представила первый в мире универсальный «осветительный» контроллер

Для текущих и перспективных разработок в области освещения требуются различные типы преобразования и разные виды топологии управляющих цепей, в зависимости от используемых технологий освещения, исходных параметров питания (АС или DC), требований к диммингу и параметров безопасности и надежности. **STLUX385** – первое изделие, способное обеспечить все эти параметры при помощи одной программируемой ИС. STLUX385 достигает этой цели за счет интеграции шести специально разработанных периферийных цепей SMED (State Machine, Event-Driven) которые, взаимодействуя друг с другом и со внешними сигналами с помощью программно переключаемой матрицы, управляют питанием элементов осветительной системы. По-

мимо специальных сигналов управления, цепи SMED могут обрабатывать внешние команды включения/выключения источников света, установки уровня диммирования, сигналы диагностики, а также – сигналы внешних датчиков в приложениях, где необходимо подстраивать освещение к внешним условиям. STLUX385 позволяет создавать системы освещения, для которых в настоящее время требуется использование внешних цифровых сигнальных процессоров. Помимо цепей SMED, STLUX385 содержит также периферийный блок DALI (Digital Addressable Lighting Interface). Протокол DALI широко используется в светотехнической индустрии. STLUX385 совместим с протоколами проводной и беспроводной связи, что упрощает установку в больших помещениях и при наружном освещении, а также снижает стоимость такой установки.

STLUX385 поставляется в компактном корпусе TSSOP38.

Технические характеристики:

- Шесть конфигурируемых ШИМ SMED-выходов с разрешением 10,4 нс (до 1,3 нс при использовании автоматического смещения цветов)
- Периферия DALI Slave HW
- Рабочий диапазон температуры -40...105°C
- Четыре аналоговых компаратора, синхронизированных с тактовым генератором 96 МГц
- Шесть быстрых цифровых входов, синхронизированных с тактовым генератором 96 МГц
- Ядро STM8 (до 20 MIPS)
- Восемиканальный десятибитный АЦП с программируемым коэффициентом усиления усилителя и секвенсором
- Напряжение питания 3...5,5 В постоянного тока.

Андрей Никитин (г. Минск)

ВСЕ ДЛЯ ЛИТИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ: МИКРОСХЕМЫ STM ДЛЯ ЗАРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ И МОНИТОРИНГА БАТАРЕЙ



Линейка ИС компании **STMicroelectronics**, предназначенных для построения **зарядных устройств** для **литиевых аккумуляторных батарей**, состоит всего из восьми изделий, но эти изделия покрывают весь спектр потребности рынка в подобной продукции. В линейку входят микросхемы заряда батарей, микросхемы контроля состояния батареи и индикации уровня ее заряда.

В современных мобильных электронных устройствах, даже тех, которые спроектированы с учетом минимизации энергопотребления, использование невосстанавливаемых батарей уходит в прошлое. И с экономической точки зрения — уже на непродолжительном интервале времени суммарная стоимость необходимого количества разовых батарей быстро превысит стоимость одного аккумулятора, и с точки зрения удобства пользователя — проще перезарядить аккумулятор, чем искать, где купить новую батарейку. Соответственно, зарядные устройства для аккумуляторов становятся товаром с гарантированным спросом. Неудивительно, что практически все производители интегральных схем для устройств электропитания уделяют внимание и «зарядному» направлению.

Еще лет пять назад обсуждение микросхем для заряда аккумуляторных батарей (Battery Chargers IC) начиналось со сравнения основных типов аккумуляторов — никелевых и литиевых. Но в настоящее время никелевые аккумуляторы практически перестали использоваться и большинство производителей микросхем заряда либо полностью прекратило выпуск микросхем для никелевых батарей, либо выпускает микросхемы, инвариантные к технологии батареи (так называемые Multi-Chemistry IC). В номенклатуре компании STMicroelectronics в настоящее время присутствуют только микросхемы, предназначенные для работы с литиевыми аккумуляторами.

Коротко напомним основные особенности литиевых аккумуляторов. Достоинства:

- Высокая удельная емкость. Типичные значения 110...160 Вт*час*кг, что в 1,5...2,0 раза превышает аналогич-

ный параметр для никелевых батарей. Соответственно, при равных габаритах емкость литиевой батареи выше.

- Низкий саморазряд: примерно 10% в месяц. В никелевых батареях этот параметр равен 20...30%.

- Отсутствует «эффект памяти», благодаря чему эта батарея проста в обслуживании: нет необходимости разряжать аккумулятор до минимума перед очередной зарядкой.

Недостатки литиевых батарей:

- Необходимость защиты по току и напряжению. В частности, необходимо исключить возможность короткого замыкания выводов аккумулятора, подачи напряжения обратной полярности, перезаряда.

- Необходимость защиты от перегрева: нагрев батареи выше определен-

ного значения негативно влияет на ее емкость и срок службы.

Существуют две промышленные технологии изготовления литиевых аккумуляторов: литий-ионная (Li-Ion) и литий-полимерная (Li-Pol). Однако, поскольку алгоритмы заряда этих батарей совпадают, то микросхемы заряда не разделяют литий-ионную и литий-полимерную технологии. По этой причине обсуждение достоинств и недостатков Li-Ion- и Li-Pol-аккумуляторов пропустим, сославшись на литературу [1, 2, 3].

Рассмотрим алгоритм заряда литиевых батарей, представленный на рисунке 1.

Первая фаза, так называемый предварительный заряд, используется только в тех случаях, когда батарея сильно разряжена. Если напряжение батареи ниже 2,8 В, то ее нельзя сразу заряжать максимально возможным током: это крайне отрицательно скажется на сроке службы аккумулятора. Необходимо сначала «подзарядить» батарею малым током примерно до 3,0 В, и только после этого заряд максимальным током становится допустим.

Вторая фаза: зарядное устройство как источник постоянного тока. На этом

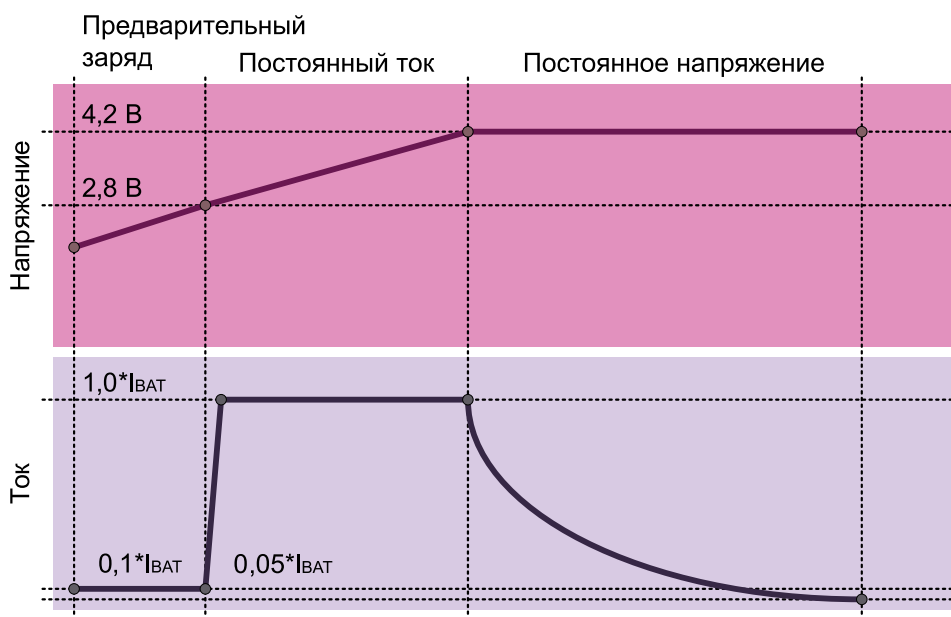


Рис. 1. Алгоритм заряда литиевых батарей

этапе через батарею протекает максимальный для заданных условий ток. При этом, напряжение аккумулятора постепенно растет до тех пор, пока не достигнет предельного значения, равного 4,2 В. Строго говоря, по завершению второго этапа заряд можно прекратить, но при этом следует иметь в виду, что аккумулятор на данный момент заряжен примерно на 70% своей емкости. Отметим, что во многих зарядных устройствах максимальный ток подается не сразу, а плавно нарастает до максимума в течение нескольких минут — используется механизм «плавного старта» (Soft Start).

Если желательно зарядить батарею до значений емкости, близких к 100%, то переходим к третьей фазе: зарядное устройство как источник постоянного напряжения. На этом этапе к батарее приложено постоянное напряжение 4,2 В, а ток, протекающий через батарею, в процессе заряда уменьшается от максимума до некоторого заранее заданного минимального значения. В тот момент, когда значение тока уменьшается до этого предела, заряд батареи считается законченным и процесс завершается.

Напомним, что одним из ключевых параметров аккумуляторной батареи является ее емкость (единица измерения — А*час). Так, типичная емкость литий-ионного аккумулятора типоразмера AAA равна 750...1300 мА*ч. Как производная от этого параметра используется характеристика «ток 1С», это величина тока, численно равная номинальной емкости (в приведенном примере — 750...1300 мА). Значение «тока 1С» имеет смысл только как определение величины максимального тока при заряде батареи и величины тока, при которой заряд считается законченным. Принято считать, что величина максимального тока не должна превышать величины 1*1С, а заряд батареи можно считать законченным при снижении тока до величины 0,05...0,10*1С. Но это те параметры, которые можно считать оптимальными для конкретного типа батареи. В реальности одно и то же зарядное устройство может работать с аккумуляторами различных производителей и различной емкости, при этом емкость

конкретной батареи остается для зарядного устройства неизвестной. Следовательно, заряд батареи любой емкости в общем случае будет происходить не в оптимальном для батареи режиме, а в режиме, предусмотренном для зарядного устройства.

Перейдем к рассмотрению линейки микросхем заряда компании STMicroelectronics.

Микросхемы STBC08 и STC4054

Эти микросхемы представляют собой достаточно простые изделия для заряда литиевых аккумуляторов. Микросхемы выполнены в миниатюрных корпусах типа DFN6 и TSOT23-5L, соответственно. Это позволяет использовать данные компоненты в мобильных устройствах с достаточно жесткими требованиями по массогабаритным характеристикам (например, сотовые телефоны, MP3-плееры). Схемы включения **STBC08** и **STC4054** представлены на рисунке 2.

Несмотря на ограничения, которые накладывает минимальное количество внешних выводов в корпусах, микросхемы обладают достаточно широкими функциональными возможностями:

- Нет необходимости в применении внешнего MOSFET-транзистора, блокировочного диода и токового резистора. Как следует из рисунка 2, внешняя обвязка ограничивается фильтрующим конденсатором на входе, программирующим резистором и двумя (для STC4054 — одним) индикаторными светодиодами.
- Максимальное значение тока заряда программируется номиналом внешнего резистора и может достигать значения 800 мА. Факт окончания заряда определяется в тот момент, когда в режиме постоянного напряжения значение зарядного тока снизится до величины $0,1 \cdot I_{BAT}$, то есть, также задается номиналом внешнего резистора. Максимальный ток заряда определяется из соотношения:

$$I_{BAT} = (V_{PROG} / R_{PROG}) \cdot 1000;$$

где I_{BAT} — ток заряда в Амперах, R_{PROG} — сопротивление резистора в

Омах, V_{PROG} — напряжение на выходе PROG, равное 1,0 Вольта.

- В режиме постоянного напряжения на выходе формируется стабильное напряжение 4,2 В с точностью не хуже 1%.

- Заряд сильно разряженных батарей автоматически начинается с режима предварительной зарядки. До тех пор, пока напряжение на выходе аккумулятора не достигнет величины 2,9 В, заряд осуществляется слабым током величиной $0,1 \cdot I_{BAT}$. Подобный метод, как уже отмечалось, предотвращает весьма вероятный выход из строя при попытке заряда сильно разряженных аккумуляторов обычным способом. Кроме того, величина стартового значения зарядного тока принудительно ограничивается, что также увеличивает срок службы батарей.

- Реализован режим автоматической капельной подзарядки — при снижении напряжения батареи до 4,05 В цикл заряда будет перезапущен. Это позволяет обеспечить постоянный заряд батареи на уровне не ниже 80% от его номинальной емкости.

- Защита от перенапряжения и перегрева. Если значение входного напряжения превышает определенный предел (в частности, 7,2 В) или если температура корпуса превысит величину 120°C, то зарядное устройство отключается, защищая себя и аккумулятор. Разумеется, реализована также защита от низкого входного напряжения — если входное напряжение опустилось ниже определенного уровня (U_{VLO}), то зарядное устройство также отключится.

- Возможность подключения светодиодов индикации позволяет пользователю иметь представление о текущем состоянии процесса зарядки батареи.

Микросхемы заряда батарей L6924D и L6924U

Данные микросхемы представляют собой устройства с более широкими возможностями по сравнению с STBC08 и STC4054. На рисунке 3 представлены типовые схемы включения микросхем **L6924D** и **L6924U**.

Рассмотрим те функциональные особенности микросхем **L6924**, которые касаются задания параметров процесса заряда батареи:

1. В обеих модификациях есть возможность задать максимальную продолжительность заряда батареи начиная с момента перехода в режим стабилизации постоянного тока (также используется термин «режим быстрой зарядки» — Fast charge phase). При переходе в этот режим запускается сторожевой таймер, запрограммированный на определенную длительность T_{PRG} номиналом конденсатора, подключенного к выво-

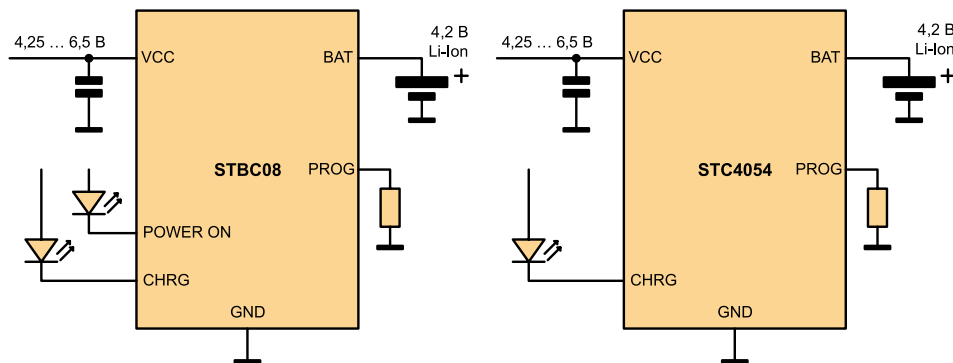


Рис. 2. Схемы включения микросхем STBC08 и STC4054

ду T_{PRG} . Если до срабатывания данного таймера заряд батареи не будет прекращен по штатному алгоритму (снижение тока, протекающего через батарею, ниже значения I_{END}), то после срабатывания таймера зарядка будет прервана принудительно. При помощи этого же конденсатора задается максимальная продолжительность режима предварительной зарядки: она равна $1/8$ от продолжительности T_{PRG} . Также, если за это время не произошел переход в режим быстрой зарядки, происходит выключение схемы.

2. Режим предварительной зарядки. Если для устройства STBC08 ток в этом режиме задавался как величина, равная 10% от I_{BAT} , а напряжение переключения в режим постоянного тока было фиксированным, то в модификации L6924U этот алгоритм сохранился без изменений, но в микросхеме L6924D оба этих параметра задаются с использованием внешних резисторов, подключаемых ко входам I_{PRE} и V_{PRE} .

3. Признак завершения зарядки на третьей фазе (режим стабилизации постоянного напряжения) в устройствах STBC08 и STC4054 задавался как величина, равная 10% от I_{BAT} . В микросхемах L6924 этот параметр программируется номиналом внешнего резистора, подключаемого к выводу I_{END} . Кроме того, для микросхемы L6924D существует возможность снизить значение напряжения на выводе V_{OUT} с общепринятого значения 4,2 В до значения 4,1 В.

4. Значение максимального зарядного тока I_{PRG} в данных микросхемах задается традиционным образом — посредством номинала внешнего резистора.

Как видим, в простых «зарядках» STBC08 и STC4054 при помощи внешнего резистора задавался только один параметр — зарядный ток. Все остальные параметры были либо жестко зафиксированы, либо являлись функцией от I_{BAT} . В микросхемах L6924 есть возможность тонкой подстройки еще нескольких параметров и, кроме того, осуществляется «страховка» максимальной продолжительности процесса зарядки батареи.

Для обеих модификаций L6924 предусмотрено два режима работы, если входное напряжение формируется сетевым AC/DC-адаптером. Первый — стандартный режим линейного понижающего регулятора выходного напряжения. Второй — режим квазиимпульсного регулятора. В первом случае в нагрузку может быть отдан ток, величина которого чуть меньше, чем величина входного тока, отбираемого от адаптера. В режиме стабилизации постоянного тока (вторая фаза — Fast charge phase) разница между входным напряжением и напряжением на «плюсе» батареи рас-

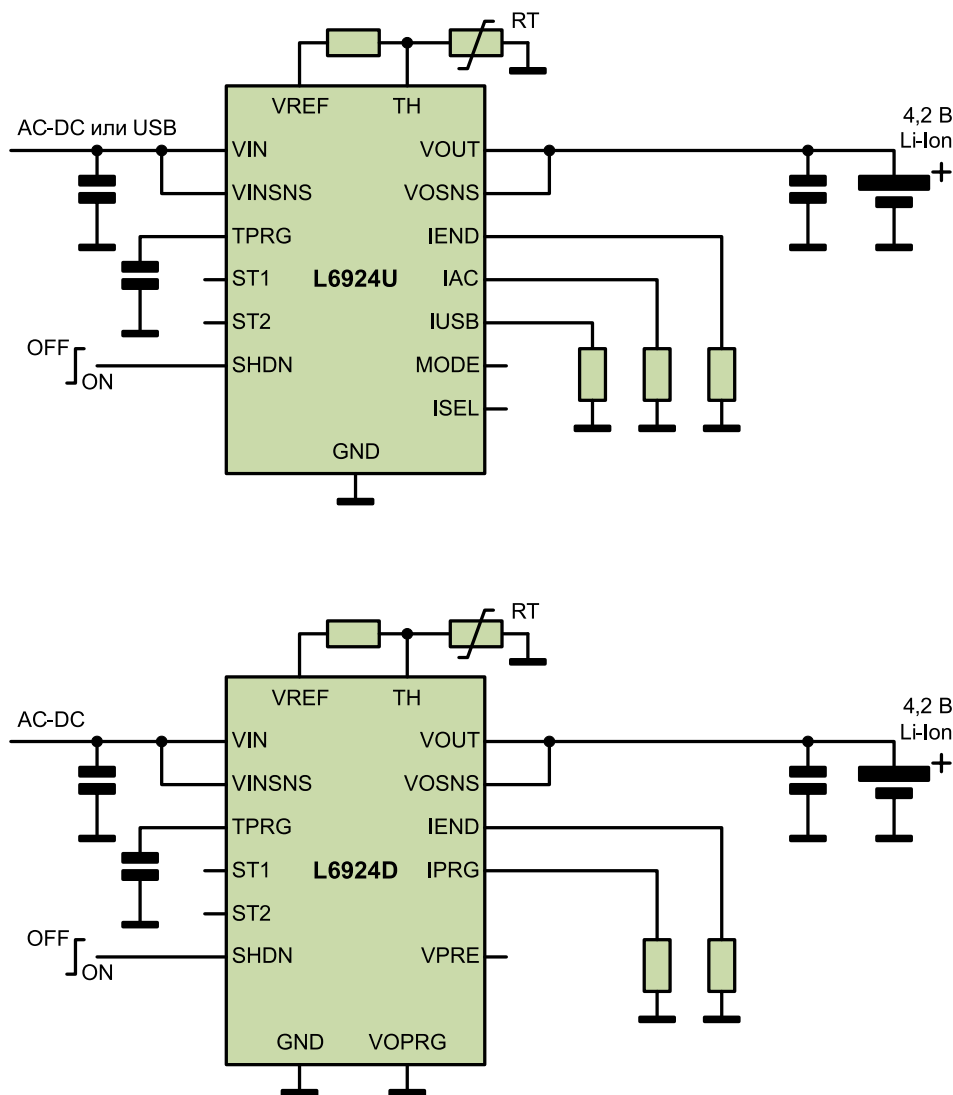


Рис. 3. Схемы подключения микросхем L6924D и L6924U

сеивается как тепловая энергия, вследствие чего рассеиваемая мощность на этой фазе заряда максимальна. При работе в режиме импульсного регулятора в нагрузку может быть отдан ток, значение которого выше, чем значение входного тока. При этом «в тепло» уходит существенно меньшая энергия. Это, во-первых, снижает температуру внутри корпуса, а во-вторых — повышает эффективность устройства. Выше при этом следует иметь в виду, что точность стабилизации тока в линейном режиме равно приблизительно 1%, а в импульсном — около 7%.

Работа микросхем L6924 в линейном и квазиимпульсном режимах иллюстрируется рисунком 4.

Микросхема L6924U, кроме того, может работать не от сетевого адаптера, а от USB-порта. В этом случае микросхема L6924U реализует некоторые технические решения [4], которые позволяют дополнительно снизить рассеиваемую мощность за счет увеличения продолжительности зарядки.

Микросхемы L6924D и L6924U имеют дополнительный вход принудитель-

ного прерывания заряда (то есть отключения нагрузки) SHDN.

В простых микросхемах заряда температурная защита заключается в прекращении заряда при повышении температуры внутри корпуса микросхемы до 120°C. Это, конечно, лучше, чем полное отсутствие защиты, но величина 120°C на корпусе с температурой самой батареи связана более чем условно. В изделиях L6924 предусмотрена возможность подключения термистора, непосредственно связанного с температурой аккумулятора (резистор RT1 на рисунке 3). При этом появляется возможность задать температурный диапазон, в котором заряд батареи станет возможным. С одной стороны, литиевые батареи не рекомендуется заряжать при минусовой температуре, а с другой — также крайне нежелательно, если батарея при зарядке нагревается более чем до 50°C. Применение термистора дает возможность производить зарядку батареи только при благоприятных температурных условиях.

Естественно, дополнительный функционал микросхем L6924D и

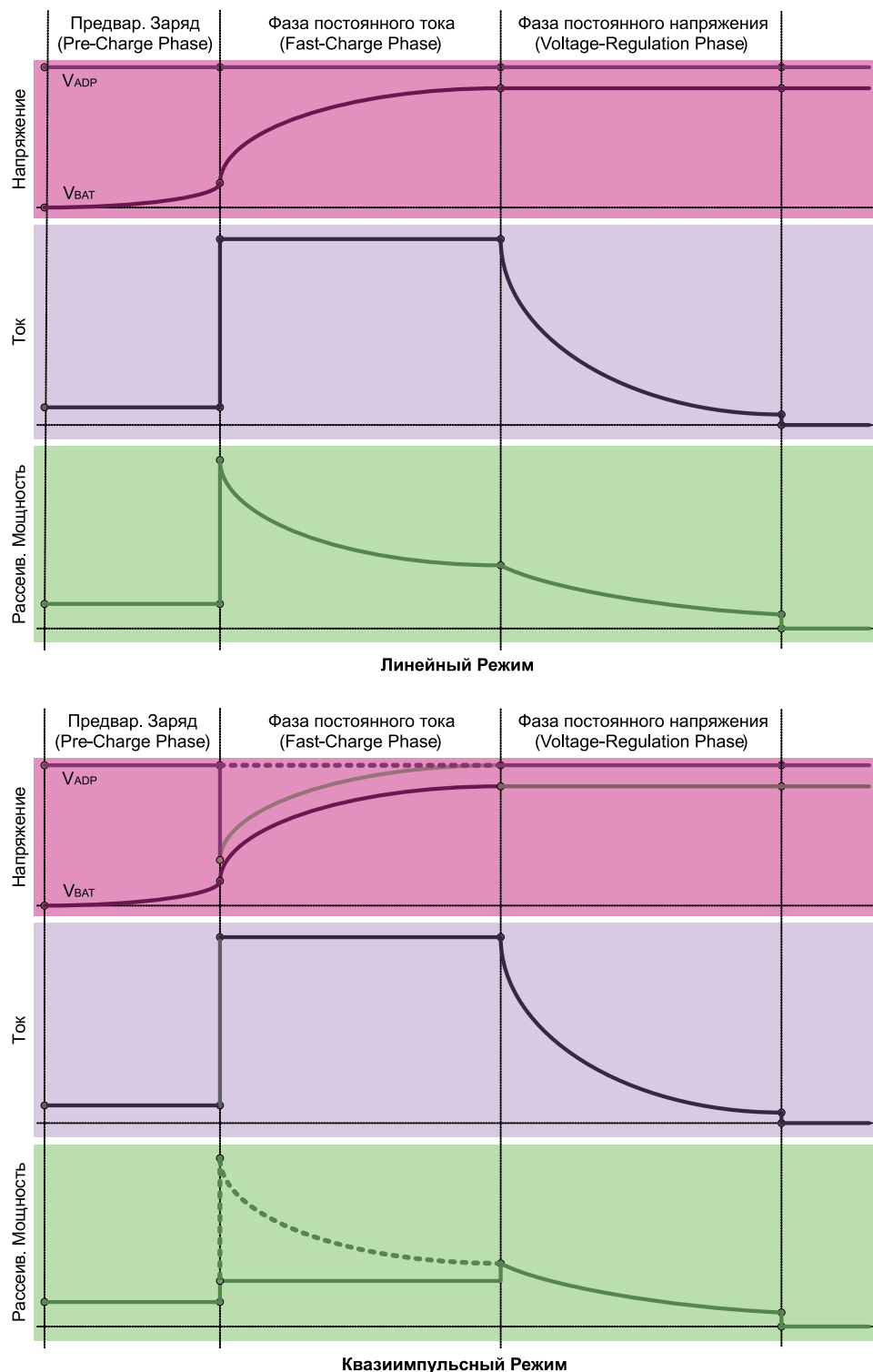


Рис. 4. Линейный и квазиимпульсный режим заряда в микросхемах L6924D и L6924U

L6924U не только расширяет возможности проектируемого устройства, но и приводит к увеличению площади на плате, занимаемой как самим корпусом микросхемы, так и внешними элементами обвязки.

Микросхемы заряда аккумулятора STBC21 и STw4102

Это — дальнейшее усовершенствование микросхемы L6924. С одной стороны, реализован приблизительно тот же функциональный пакет:

- Линейный и квазиимпульсный режим.
 - Термистор, связанный с батареей, как ключевой элемент температурной защиты.
 - Возможность задания количественных параметров для всех трех фаз процесса зарядки.
- Некоторые дополнительные возможности, отсутствовавшие в L6924:
- Защита от неправильной полярности.
 - Защита от короткого замыкания.

• Существенным отличием от L6924 является наличие цифрового интерфейса I²C для задания значений параметров и других настроек. Как следствие, становятся возможными более точные настройки процесса заряда. Рекомендуемая схема включения **STBC21** приведена на рисунке 5. Очевидно, что в данном случае вопрос об экономии площади платы и о жестких массогабаритных характеристиках не стоит. Но также очевидно, что применение данной микросхемы в малогабаритных диктофонах, плеерах и мобильных телефонах простых моделей не предполагается. Скорее, это аккумуляторы для ноутбуков и подобных устройств, где замена батареи — процедура нечастая, но и недешевая.

Микросхемы STBC21 и **STw4102** не принадлежат к одному семейству. Несмотря на то, что их основные функциональные возможности схожи, в мелких деталях существует значительное количество различий. Микросхема STw4102, например, предоставляет более широкие возможности в «тонких» настройках практически всех возможных параметров, кроме того, реализованы дополнительные функции мониторинга батареи, имеется возможность использования внешнего MOSFET-транзистора. Однако целевая область применения обеих микросхем примерно одна и та же.

Микросхемы контроля/индикации

Основу линейки «батарейных микросхем» любого производителя составляют именно микросхемы заряда аккумуляторных батарей (Battery Chargers IC), которые и были рассмотрены выше. Но многие производители дополняют номенклатуру «сопутствующими» микросхемами, к которым можно отнести микросхемы контроля состояния батареи (Battery Status Monitor) и микросхемы индикации уровня заряда батареи (Battery Gas Gauge). В номенклатуре STMicroelectronics обе эти роли выполняют **STC3100** и **STC3105**. Схема включения STC3105 представлена на рисунке 6. С функциональной точки зрения микросхема осуществляет периодические измерения значений напряжения на выходе микросхемы и тока, протекающего через нее. Полученные и обработанные данные передаются на микроконтроллер по каналу I²C. Данные микросхемы, с одной стороны, могут оказаться эффективным дополнением для простых микросхем заряда в приложениях, где не имеет смысла усложнять саму процедуру заряда, но может оказаться полезным расширить функции контроля над процессом. С другой стороны, интерфейс I²C предполагает наличие микроконтроллера, который должен получить данные и, в результате, принять какое-то решение на их основе. Но в этом случае напрашивается ре-

шение о применение интеллектуальных микросхем STBC21 и STw4102, в которых уже реализованы некоторые функции мониторинга.

СС/CV-контроллеры

Помимо функционально законченных микросхем заряда аккумуляторных батарей, компания STMicroelectronics предлагает семейство микросхем СС/CV-контроллеров, в частности – микросхем серии **TSM101x**. Данные микросхемы включают в себя опорный источник напряжения и два операционных усилителя, как правило, с объединенным выходом. На рисунке 7 представлен фрагмент схемы сетевого зарядного устройства для литиевой батареи с использованием контроллера **TSM1012**. На первом операционном усилителе (CV – Constant Voltage) реализован контур стабилизированного постоянного напряжения, на втором (СС – Constant Current) – контур стабилизированного постоянного тока. Остальные компоненты представляют собой типовую обвязку импульсного источника питания и задающие цепи.

Напомним, что цикл заряда литиевого аккумулятора состоит из двух фаз, в которых устройство выступает в качестве источника постоянного тока и одной фазы, в которой устройство выступает в качестве источника постоянного напряжения. Безусловно, проектирование зарядного устройства на базе универсальных «кирпичиков» – более хлопотное и трудоемкое занятие, нежели использование специализированных схем. Однако, в этом случае становится возможным созда-

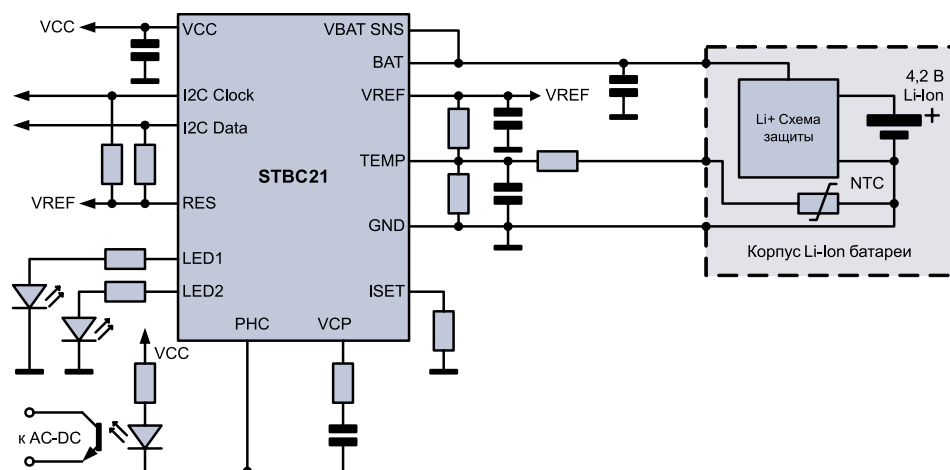


Рис. 5. Рекомендуемая схема включения STBC21

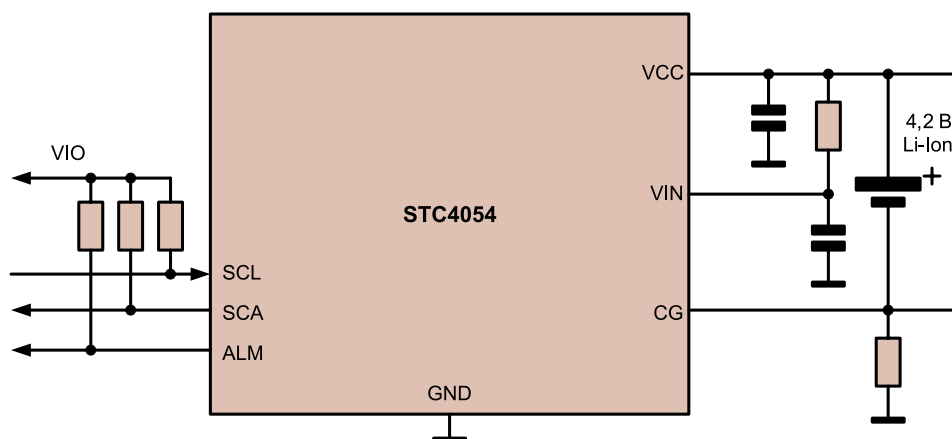


Рис. 6. Схема включения STC3105

ние устройств, в которых некоторые параметры оказываются на существенно ином качественном уровне. Так, например, в работе [5] приводится ряд решений, позволяющих существенно

снизить энергопотребление сетевого зарядного устройства в режиме холостого хода. Приводятся расчеты, согласно которым, типовое решение обеспечивает значение полной потребляемой мощ-

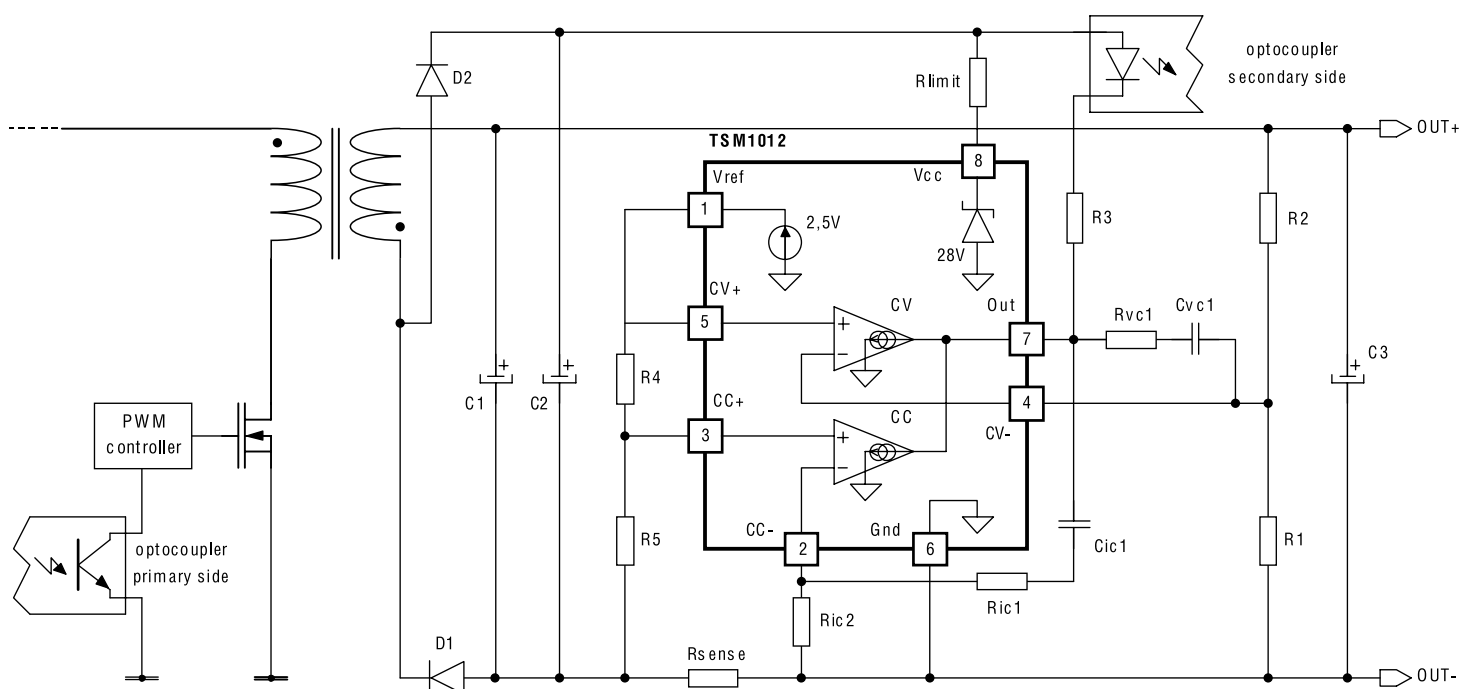


Рис. 7. Сетевое зарядное устройство на СС/CV-контроллере TSM1012



Рис. 8. Демонстрационная плата зарядного устройства на солнечной батарее STEVAL-ISV012V1

ности, равное 440 мВт. Первоначальная оптимизация схемы с применением контроллера **TMS1011** дает величину 140 мВт, а дальнейшая оптимизация схемы на контроллере TMS1012 обеспечивает дальнейшее снижение мощности до величины 104 мВт. Безусловно, в большинстве случаев можно обойтись и типовыми решениями, которые дают не рекордные, но вполне приемлемые показатели. Однако, стоит иметь в виду и тот факт, что в линейке продукции есть компоненты, позволяющие, при необходимости, разработать устройство с «элитарными» значениями отдельных параметров.

DC/DC-преобразователи для солнечных батарей

Для большинства мобильных устройств с питанием от аккумуляторных батарей зарядное устройство выполняется в виде автономного устройства для бытовой сети переменного тока. То есть в любом случае для формирования входного постоянного напряжения для

микросхемы заряда батареи требуется AC/DC-преобразователь. Компания STMicroelectronics предлагает широкий спектр подобных преобразователей, а также проверенную технологию проектирования сетевых адаптеров. Однако сетевые зарядные устройства — хотя и самое распространенное, но не единственно возможное решение. В качестве источника энергии может быть использована солнечная энергия, накапливаемая в солнечных батареях. В номенклатуре компании STMicroelectronics присутствуют микросхемы DC/DC-преобразователей для солнечных батарей, использующих алгоритм MPPT (Maximum Power Point Tracking — слежение за точкой максимальной мощности). Не вдаваясь в специфические детали, отметим, что на сегодня технология MPPT является наиболее передовой и эффективной технологией для контроллеров заряда солнечной батареи. Вычисление максимальной точки эффективности заряда от солнечного модуля позволяет повысить эффективность генерации солнечной энергии до 25...30% по сравнению с контроллерами других типов [6]. В настоящий момент STMicroelectronics выпускает две микросхемы — **SPV1020** и **SPV1040**. Первая работает с цепочкой последовательно соединенных солнечных батарей с выходным напряжением в диапазоне 6,5...40 В. Вторая — как правило, с одной, батарей с напряжением до 5,5 В. Компания STMicroelectronics также выпустила демонстрационную плату **STEVAL-ISV012V1**, включающую в себя MPPT DC/DC-преобразователь **SPV1040** и микросхему заряда **L6924D**. На рисунке 8 показана демонстрационная плата.

В материале [7] указывается, что суммарная эффективность подобной связки составляет примерно 85% (для SPV1040 — 94%, для L6924D — 90%).

Заключение

Номенклатуру микросхем для заряда аккумуляторных батарей, которые пред-

лагает компания STMicroelectronics, нельзя назвать очень широкой: линейка включает в себя восемь изделий и примерно столько же микросхем в смежных нишах. Но реальные функциональные возможности существующих изделий STMicroelectronics покрывают основные потребности рынка в зарядных микросхемах от достаточно простых изделий до высокотехнологичных решений. Возможности интеграции микросхем заряда с такими современными технологиями, как солнечные батареи, также представляются очень перспективным направлением.

Литература

1. Чигарев М. Микросхемы управления зарядом аккумуляторов компании ON Semiconductor//Новости Электроники, № 3, 2010.
2. Никитин А. Интегральные схемы управления зарядом аккумуляторов производства Maxim//Новости электроники, № 15, 2009.
3. Хрусталева Д.А. Аккумуляторы. — М.: Изумруд, 2003.
4. L6924U. USB compatible battery charger system with integrated power switch for Li-Ion/Li-Polymer//Материал компании STMicroelectronics. Размещение в Интернете: http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00197120.pdf
5. Camiolo Jean, Scuderi Giuseppe. Reducing the Total No-Load Power Consumption of Battery Chargers and Adapter Applications Polymer//Материал компании STMicroelectronics. Размещение в Интернете: http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/TECHNICAL_ARTICLE/CD00020012.pdf
6. Maximum power point tracker. Стаття в Википедии. Страница в Интернете: en.wikipedia.org/wiki/Maximum_power_point_tracker
7. STEVAL-ISV012V1: lithium-ion solar battery charger//Материал компании STMicroelectronics. Размещение в Интернете: http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/APPLICATION_NOTE/DM00048561.pdf



Микросхемы заряда батарей L6924

- Два источника заряда — USB и AC-адаптер
- Программируемый ток заряда до 1 А
- Программируемый таймер зарядки
- Контроль температуры батарей



www.compel.ru

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

Андрей Колдунов (г. Гродно)

ПРОГРАММА E DESIGN SUITE ОТ STM — АТЕЛЬЕ ПО ПОШИВУ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ



Современные микросхемы для импульсных источников питания (ИИП) стали настолько сложны, что номиналы внешних компонентов приходится рассчитывать в специализированных приложениях. У компании **STMicroelectronics** тоже есть такое приложение — **eDesignSuite**, позволяющее в режиме онлайн быстро и бесплатно спроектировать любой ИИП на базе микросхем **STMicroelectronics**.

В портфолио высоковольтных обратноходовых преобразователей напряжения компании **STMicroelectronics** можно найти решения для практически любых задач: драйверы изолированных и неизолированных источников питания мощностью от единицы до сотни ватт, со стабилизацией выходного тока (питание светодиодов) или напряжения (питание электронных схем), со всеми видами управления и защиты. А новейшие разработки компании позволяют обойтись без оптрона и стабилизатора во вторичной цепи, что позволяет экономить количество деталей на плате и увеличить надежность всего преобразователя.

Из микросхем, актуальных на конец 2012 года, можно выделить следующие семейства (рисунок 1):

- Неизолированные преобразователи **VIPERx6**, позволяющие разработчику обойтись без трансформатора, но не обеспечивающие гальваническую развязку нагрузки от питающей сети;

- Изолированные преобразователи **VIPERx7** общего применения;

- Изолированные преобразователи **VIPERx8** с функцией **PEAK POWER**, благодаря которой источник питания способен выдерживать кратковременные небольшие перегрузки без срабатывания защиты;

- Изолированные квазирезонансные преобразователи **VIPERx5** общего применения;

- Изолированные квазирезонансные преобразователи **ALTAIR**, не требующие для своей работы оптрона и стабилизатора в выходной цепи ИИП.

Все эти микросхемы обладают встроенным 800-вольтным транзистором (900 В для некоторых микросхем семейства **ALTAIR**, что делает их одними из самых надежных в своем классе)

и имеют функцию **soft start**, защиту от перегрева (кроме **ALTAIR**), пакетный режим работы при малой нагрузке, настраиваемую защиту от перегрузки по току, защиту от аварий (в частности, от насыщения трансформатора и/или короткого замыкания диода во вторичной обмотке), автоматический рестарт после срабатывания защиты и некоторые другие полезные функции.

Контроллеры семейства **ALTAIR** способны обеспечивать стабильное выходное напряжение или ток, не используя оптрона с датчиком тока или стабилизатором напряжения во вторичной цепи, однако для корректной работы им необходима дополнительная обмотка трансформатора. Анализируя напряжение на этой обмотке, контроллер стабилизирует выходное напряжение (т.к. коэффициент трансформации всегда неизменен, но нужно учитывать потери на сопротивление вторичной обмотки и

падение на диоде), а так же подстраивает рабочую частоту так, чтобы всегда балансировать между режимами непрерывных и прерывистых токов в трансформаторе (квазирезонансный режим); максимальное значение рабочей частоты не превышает 166 кГц. Несмотря на отсутствие обратной связи с выхода преобразователя, благодаря запатентованным технологиям, микросхеме удается стабилизировать выходное напряжение с погрешностью $\pm 2,5\%$ при токе нагрузки от нуля до максимального значения.

Для экономии энергии при снижении нагрузки контроллер переходит в режим пропуска импульсов, а при очень малой нагрузке (устройство находится в режиме ожидания) — в пакетный режим, частота пакетов импульсов уменьшается до сотен герц. Так как в этом режиме ток, проходящий через силовой транзистор, очень мал, то при правильной заливке трансформатора шумы работы преобразователя практически не слышны. Все эти меры позволили снизить потребляемый преобразователем ток в режиме ожидания до величины менее 70 мВт, что делает их наилучшим вариантом для применения в преобразователях малой мощности.

Для расчета номиналов внешних компонентов разработчик рекомендует

In production *Production Q1-12 **In development			Portfolio						
			FIXED FREQUENCY			QUASI-RESONANT			
R _{ON}	P _{OUT}	Package	ISOLATED	ISOLATED (PEAK POWER)	NON ISOLATED	ISOLATED (Opto-less)	ISOLATED		
30Ω	3W	SSO10 DIP7 SO16N			VIPER06* New	ALTAIR05T-800 & HVLED805			
24Ω	5W	SO16N DIP7	VIPER17		VIPER16	ALTAIR04-900 New	VIPER15		
7Ω	10W	SO16N DIP7 DIP10	VIPER27	VIPER28	VIPER26		VIPER25		
4.5Ω	15W	DIP10	VIPER37 New	VIPER38**			VIPER35**		

Рис. 1. Микросхемы **STMicroelectronics** для импульсных источников питания

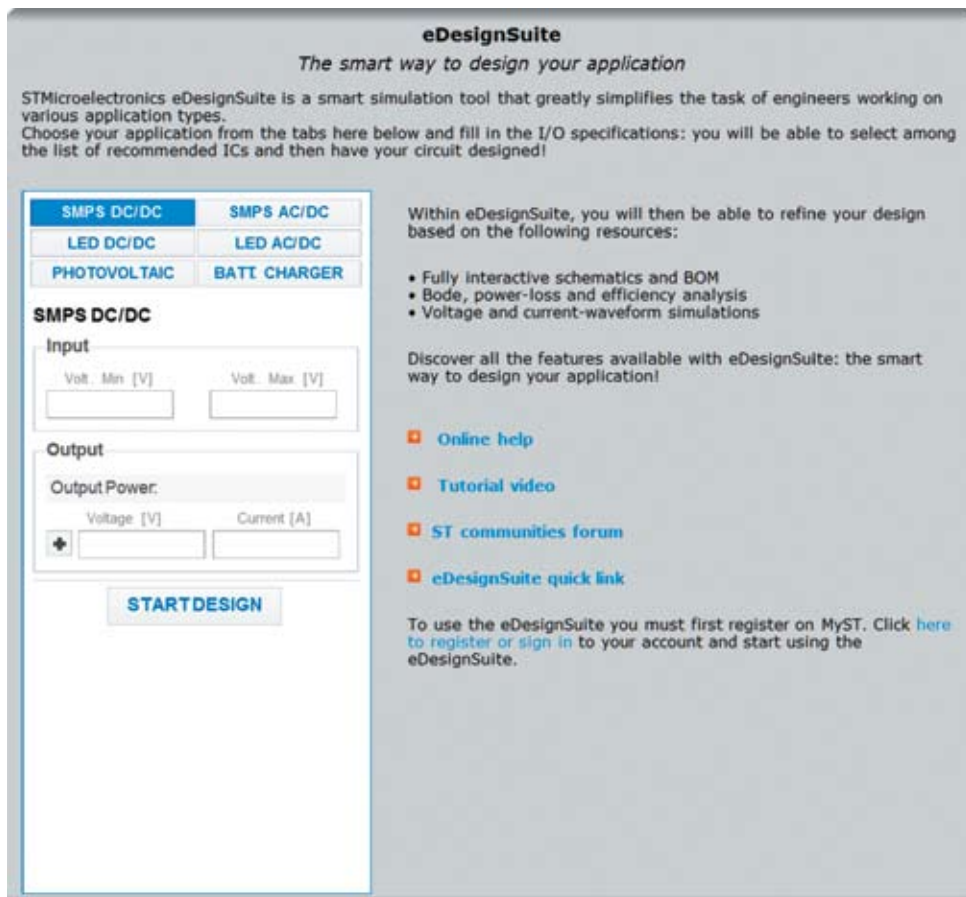


Рис. 2. Стартовое окно приложения eDesign Suite

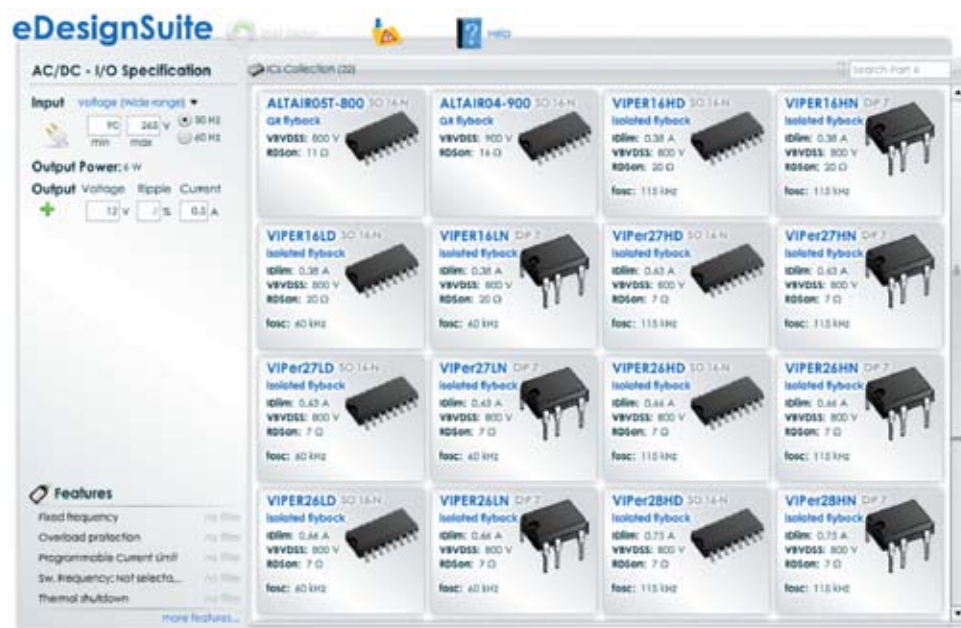


Рис. 3. Выбор микросхем в eDesign Suite

воспользоваться специальным приложением — **eDesignSuite** [1]. Эта программа работает только он-лайн, что может вызывать некоторые затруднения, и в ней используются Java-технологии, поэтому в устаревших версиях браузеров и на некоторых моделях смартфонов программа может работать некорректно. Дополнительно система предоставляет дисковое пространство для сохранения

неограниченного количества проектов на серверах myST, благодаря чему продолжить работу или загрузить сохраненный дизайн можно в любом месте и с любого компьютера.

Войти в программу можно несколькими путями:

- по прямой ссылке <http://www.st.com/edesignstudio> — можно выбрать тип преобразователя (DC/DC

или AC/DC со стабилизацией напряжения (SMPS) или тока (LED), зарядное устройство для аккумулятора (BATT. CHARGER) или контроллер солнечной батареи (PHOTOVOLTAIC), ввести необходимые параметры преобразователя и нажать кнопку **START DESIGN**, после чего программа сама подберет по своей базе подходящие для такого преобразователя микросхемы и покажет весь список (рисунок 2);

- со страницы описания любой микросхемы, которая есть в базе программы;

- из своего личного кабинета в myST.

Для работы в программе необходима бесплатная регистрация в myST. Кроме доступа к программе, регистрация позволит получать бесплатные образцы (eSamples), подписаться на рассылку новостей и получить возможность обращаться в бесплатную он-лайн-службу техподдержки. Запрос на ввод логина и пароля появится автоматически после нажатия кнопки «Start Design»; для того, чтобы зарегистрироваться, нужно нажать ссылку Register внизу формы Login. В процессе регистрации все поля нужно заполнять только английскими буквами, при неправильном заполнении система подчеркнет соответствующее поле красным курсивом. Пароль от учетной записи должен состоять минимум из 8 знаков, и не должен состоять только из одних букв или цифр — в нем должны быть и цифры, и буквы (минимум, одна). Его также нужно набирать только в английской раскладке.

В качестве примера

Создадим новый проект, выбрав на главной странице портала myST пункт eDesignSuite, например, изолированный AC/DC-преобразователь с универсальным сетевым питанием (90...265 В) и выходным напряжением 12 В, 0,5 А (разделительный знак дробной части числа — точка в англоязычной раскладке клавиатуры, в некоторых браузерах точка в русской язычной раскладке не вводится в поля программы). Можно рассчитать преобразователь с несколькими выходными обмотками: чтобы добавить еще один выход, достаточно кликнуть по зеленому плюсику. По мере ввода данных программа сама подберет подходящие для такого проекта микросхемы (рисунок 3) и напечатает их краткие характеристики. Нажимая на ячейку любой микросхемы, можно получить более подробную информацию о преобразователе со ссылками на документацию. Для уменьшения количества предлагаемых вариантов можно воспользоваться дополнительными фильтрами по необходимым опциям (защита от короткого замыкания, программируе-

мый ограничитель тока, тип корпуса и десятки других критериев, доступных после нажатия ссылки more features), список которых расположен в нижнем левом углу окна.

Выберем для примера микросхему **ALTAIR04-900** [2] и нажмем кнопку Start Design в самом верху окна рядом с логотипом eDesignSuite. Программа предложит скорректировать некоторые параметры преобразователя с учетом таких характеристик выбранной микросхемы, как величина входного напряжения и его частота, выходное напряжение, ток и допустимые пульсации напряжения, а также — активировать режим Dynamic Load Regulation. Также программа позволяет установить некоторые ограничения — минимальную рабочую частоту, максимальную температуру окружающей среды. Автоматически подсчитывается предполагаемый КПД преобразователя.

После нажатия кнопки Automatic Design программа показывает схему полностью рассчитанного преобразователя с некоторыми графиками, такими как кривая рабочей частоты, зависимость КПД от входного напряжения и мощности нагрузки, диаграмма Боде для компенсационной цепочки и подробная статистика по потерям в каждом узле преобразователя (рисунок 4). Каждый график можно увеличить, нажав на изображение лупы в его заголовке. Также при наведении курсора на любой участок кривой программа показывает всплывающие окошки с точной информацией.

Программа позволяет разработчику изменить параметры большинства ключевых компонентов — выбрать трансформатор других размеров, выбрать входные/выходные конденсаторы с другой емкостью и/или ESR, скорректировать компенсационные цепи и многое другое. Для этого достаточно кликнуть по кнопке Design вверху окна программы, после чего откроется окно помощника Design Wizard (рисунок 5). Этот помощник позволяет в несколько шагов (проходить их нужно сверху вниз) изменить практически все параметры преобразователя, указывая (красным цветом) на возникающие ошибки и отмечая красным треугольником с восклицательным знаком критические. При возникновении ошибки на каком-то шаге все остальные шаги становятся недоступными (цвет текста становится серым), что позволяет быстро найти и исправить ошибку.

На шаге Converter Specifications можно изменить основные характеристики всего преобразователя, на шаге Input Stage Design — выбрать емкость входного конденсатора и падение на диодах выпрямителя (последнее необходимо только для расчета потерь). Ем-

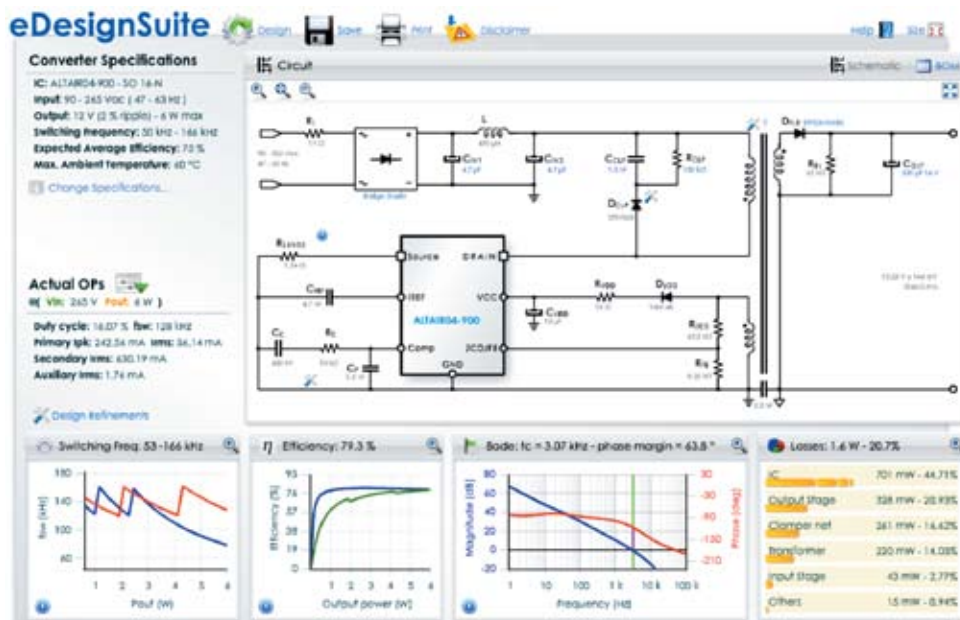


Рис. 4. Схема преобразователя на ALTAIR04-900, построенной программой eDesign Suite

кость конденсатора можно указать как вручную, так и выбрать из списка, на сколько периодов сетевого напряжения ее должно хватать (*Hold up cycles*). Это может пригодиться на сильно нагруженных сетях, где возможны провалы сетевого напряжения в момент включения мощных нагрузок.

На следующем шаге, Flyback Parameters Specifications, выбираем параметры компонентов в первичной обмотке трансформатора. Амплитуду отраженного напряжения (*Primary*

Reflected Voltage) желательно выбрать в районе 100...110 В, паразитную емкость стока (*MOSFET drain node stray capacitance*) оставляем 75 пф, т.к. у встроенного транзистора именно такая емкость стока, индуктивность первичной обмотки (*Primary inductance*) по расчетам программы может достигать 2060 мкГн, но ее желательно уменьшить до 1000...1500 мкГн — это совсем незначительно увеличит амплитуду импульсов тока в первичной обмотке трансформатора (увеличит нагрузку на

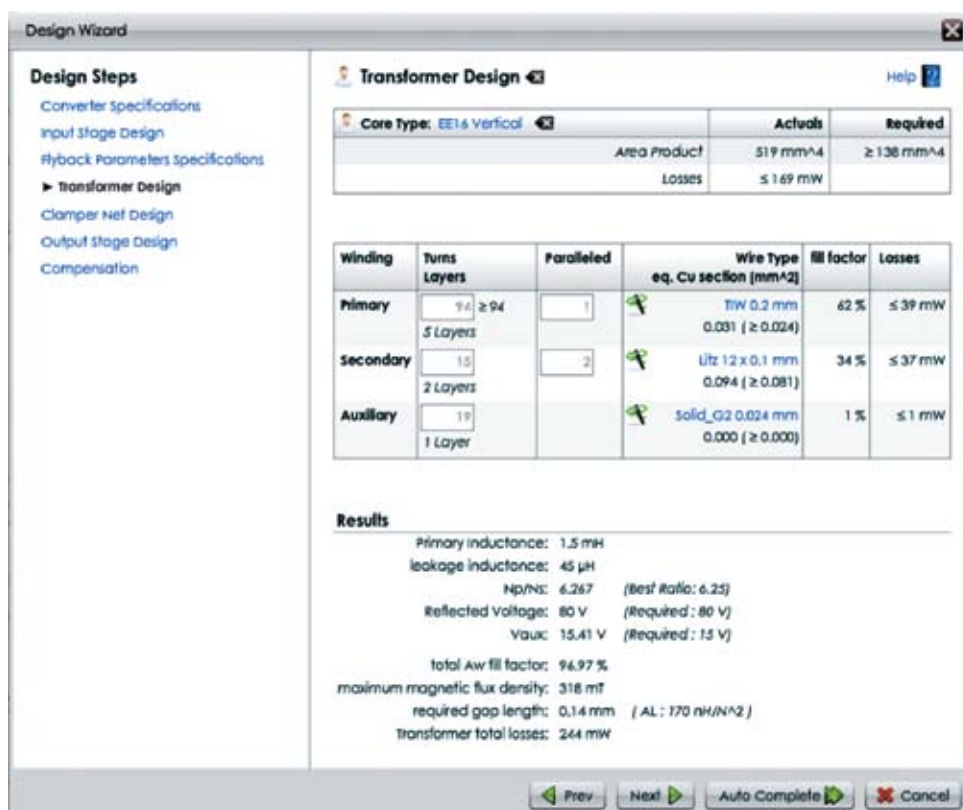


Рис. 5. Окно Design Wizard

транзистор) и рабочую частоту, но позволит сэкономить на количестве витков и размере трансформатора. Индуктивность рассеяния (*Transformer leakage inductance*) — у качественно изготовленного трансформатора она не превышает 3% от индуктивности первичной обмотки — оставляем без изменений, напряжение собственного питания (*Self supply voltage*) также можно оставить по умолчанию, однако, учитывая, что напряжение включения микросхемы составляет 13 В и минимально допустимое рабочее напряжение 11,5 В, его желательно увеличить до 18 В.

Далее на шаге Transformer Design нужно выбрать тип сердечника и количество витков в обмотках. Сердечник можно выбрать как из списка Select from list с предустановленными характеристиками, так и ввести все характеристики сердечника вручную (информация из даташита на сердечник и каркас). По умолчанию программа выбирает самый маленький из подходящих сердечников, однако для большей надежности и запаса по мощности желательно выбрать сердечник минимум на один размер больше.

Выберем сердечник EE16 Vertical (с вертикальным расположением). Для него, по расчетам программы, количество витков в первичной обмотке должно быть не меньше 88, иначе на максимальном рабочем напряжении возможно насыщение сердечника (строка *maximum magnefic flux density*). Выберем 95...100 витков, и программа автоматически пересчитает количество витков в остальных обмотках. Параметры провода обмоток тоже можно как выбрать из списка, так и ввести вручную. Провод может быть как одножильным (*Solid*), так и многожильным (*литцендрат, Litz*). Для частоты 100 кГц толщина скин-слоя составляет примерно 0,2 мм, поэтому при изготовлении трансформатора желательно использовать провода диаметром, не превышающим 0,4 мм. В характеристиках провода указывается # of strands (*number of strands*) — количество витков, strand Cu diameter (*strand copper diameter*) — диаметр провода по меди (без учета изоляции), eq Cu section — эквивалентный диаметр провода по меди (для литцендрата), wire gross diameter — диаметр провода с изоляцией и resistance per meter — сопротивление 1 метра провода.

Диаметр провода обмоток следует выбирать таким, чтобы занимаемый объем (*fill factor*) первичной и всех вторичных обмоток был примерно одинаковым (у первичной — чуть больше, чем у вторичных), иначе на номинальной нагрузке более тонкие обмотки будут перегреваться. Одновременно

программа рассчитывает потери на сопротивлении обмоток (*Losses*). При выборе провода нужно стремиться, чтобы в результатах расчета коэффициент заполнения окна медью (*total Aw fill factor*) не превышал 90%, иначе будет затруднительно уместить все обмотки с межслойной изоляцией на каркасе, а при выборе количества витков — чтобы плотность магнитного потока (*maximum magnefic flux density*) не превышала допустимое для выбранного сердечника значение. В строке required gap length программа указывает требуемую величину магнитного зазора в сердечнике.

На шаге Clamper design выбирается тип снаббера в первичной обмотке (на RCD-цепочке или супрессоре) и его параметры. Потери будут меньше с супрессором (*transil based*), однако RCD-цепочка дешевле. Чем выше напряжение ограничения, тем меньше потери и ниже запас надежности всего преобразователя (особенно при больших скачках напряжения в питающей сети), поэтому желательно выбрать величину, не превышающую 250...300 В.

На шаге Output stage design следует выбрать диод выпрямителя и фильтрующий конденсатор. Параметры конденсатора (напряжение, емкость, ESR, допустимые пульсации тока) можно ввести вручную или выбрать предложенные из списка, после чего программа рассчитает пульсации выходного тока (*Vout Ripple*) и потери в конденсаторе. Возможно параллельное соединение нескольких конденсаторов с одинаковыми параметрами, но, к сожалению, программа не поддерживает расчет пульсаций при параллельном соединении электролитического конденсатора большой емкости и керамического конденсатора меньшей емкости с низким ESR.

На последней вкладке, Compensation, производится расчет компенсационной цепочки. Для устойчивости преобразователя запас по фазе (*phase margin*) в критической точке (когда магнитуда равна 0 дБ) должен быть не менее 50 градусов. В противном случае возможно самовозбуждение преобразователя, микросхема может выйти из строя.

Ориентировочные потери на всех элементах преобразователя можно увидеть, развернув график Losses на весь экран (кликнув по изображению лупы). По умолчанию показывается график для самого тяжелого режима (максимальное входное напряжение, максимальная мощность нагрузки), однако вводные данные можно изменить, подведя мышку к иконке с зеленым треугольником в пункте Actual OPs в правой колонке окна программы и передвинув ползунки на необходимые значения.

Список всех используемых компонентов можно посмотреть, нажав иконку с надписью “BOM” в правом верхнем углу окна. К сожалению, список пока невозможно скопировать или сохранить на диск, можно только распечатать вместе со схемой и графиками, для этого достаточно нажать кнопку Print и подтвердить печать.

Проект можно сохранить как на серверах myST (Save — Save as...), так и на компьютере пользователя (Save — Export to file...), в последнем случае генерируется файл размером 5...10 кБ, который можно открыть только в eDesignSuite. Также можно экспортировать проект в формате PSpice (Save — Export to PSpice...), однако на момент написания статьи данная опция была доступна только для DC/DC-преобразователей семейств **L597x**, **L598x**.

В программе доступна краткая помощь и ознакомительный видеоролик (все — на английском), вызвать которые можно кликом по иконке Help. Также можно перейти на форум STe2eCommunities (Help — Communities) и поискать ответы на свои вопросы, или задать вопрос непосредственно инженерам компании (желательно на английском языке).

Заключение

Несмотря на столь большую информативность расчета, следует помнить, что все полученные данные — ориентировочные и разработчики программы снимают с себя всю ответственность за возможные неточности, о чем сказано в пункте меню Disclaimer. Убедиться в правильности расчета преобразователя и соответствии его параметров можно только на реальном макете. Для ознакомления и быстрого старта новой разработки под заказ со склада компании КОМПЭЛ доступна демонстрационная плата **EVLALTAIR900-M1** [3], а также отладочные и демо-платы для большинства других микросхем, выпускаемых компанией STMicroelectronics.

Литература

1. eDesignSuite <https://my.st.com/analogsimulator/>
2. ALTAIR04-900: Off-line all-primary-sensing switching regulator <http://www.st.com/internet/analog/product/251105.jsp>
3. EVLALTAIR900-M1: Double output SMPS for power line application using ALTAIR04-900 primary controller <http://www.st.com/internet/evalboard/product/251385.jsp>

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

Михаил Гонин (г. Санкт-Петербург)

STM32F3DISCOVERY: КОМПАС НА ОТЛАДОЧНОЙ ПЛАТЕ ОТ STMICROELECTRONICS



*Дано: 1. магнитометр и акселерометр в одном корпусе (e-Compass), основанные на MEMS-технологии, от STMicroelectronics. 2. Новое семейство 32-битных микроконтроллеров на основе ядра ARM® CortexTM-M4 от той же компании. Результат — электронный компас на отладочной плате **STM32F3DISCOVERY** для изучения принципов работы прецизионных MEMS-приборов STMicro и применения в виде готового решения в промышленной и бытовой электронике.*

Датчики МЭМС (Микро-электро-механическая система) — это устройства, производимые по технологии, схожей с технологией производства обычных полупроводниковых элементов. Отличие заключается в том, что в МЭМС объединены электронная схема и механические, оптические или даже жидкостные элементы. В частности, к таким датчикам относятся акселерометры и магнетометры.

Акселерометр — датчик, позволяющий измерять линейное ускорение. Широко применяется в авиационных и морских приложениях, системах защиты, в устройствах автоматизации. В авиационной промышленности данные датчики могут использоваться для стабилизации полета и навигации ракет и самолетов. В системах автоматизации акселерометры могут применяться в навигационных системах, а также в качестве сенсоров в подушках безопасности. По принципу работы датчики ускорения можно разделить на две категории: емкостные и пьезорезистивные. На рисунке 1 изображена схема простейшего емкостного датчика ускорения, объясняющая принцип его работы.

Простейший емкостной датчик можно представить механической системой второго порядка, состоящей из тела массой m , пружины K и демпфера η . Когда на систему действует внешнее ускорение, тело движется в противоположную сторону ускорения. Подобное перемещение тела сказывается на системе из емкостей, которая образована из электродов, подключенных к телу и перемещающихся свободно, и неподвижных электродов, подключенных к подложке. Перемещение тела приводит к изменению емкости, по результатам измерения которого можно определить значение приложенного ускорения.

Простейшая схема пьезорезистивного датчика ускорения изображена на рисунке 2. Принцип работы заключается в следующем: на верхнюю поверхность датчика нанесены пьезорезистивные слои (на рисунке обозначены черным), которые электрически соединены так, чтобы образовался измерительный мост. Когда на систему начинает действовать внешнее ускорение, тонкая подложка начинает изгибаться под действием массы тела, прикрепленного к ней. Деформация подложки приводит к изменению сопротивления пьезорезистивных слоев. Электрическая схема измеряет это изменение. По его величине можно определить направление и значение приложенного ускорения. При производстве акселерометров особое внимание уделяется точности технологического процесса и материалам, из которых выполнены механические части датчиков. Ведь изменение массы и расположения механических частей от датчика к датчику может существенно сказываться на точности измерений.

В настоящее время производители акселерометров предлагают огромное количество вариантов исполнения датчиков данного типа. Существуют датчики с аналоговым выходом, а также с

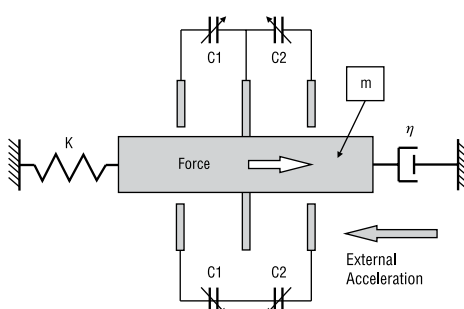


Рис. 1. Схема емкостного датчика ускорения

цифровыми интерфейсами, к примеру, SPI и I²C.

Современные акселерометры компании STMicroelectronics способны измерять ускорения до $\pm 400g$ с высокой разрешающей способностью (до 16 бит) и очень низким энергопотреблением. Портфолио акселерометров STMicroelectronics, предназначенных для массового рынка, состоит из двух линеек — для автомобильного и промышленного сегмента. Автомобильные акселерометры — **AIS326DQ** и **AIS328DQ**. Промышленные — **LIS331x** и **LIS3Dx**.

Магнитометры — датчики, способные измерять магнитное поле Земли по нескольким осям. Они находят применение в потребительской электронике, портативных устройствах и навигационном оборудовании, добавляя в перечень их потребительских характеристик такую интересную функцию, как компас. Среди разнообразных технологий производства магнитных датчиков наибольшее распространение получила технология AMR (анизотропная магниторезистивная). Данная технология позволяет совместить такие важные параметры, как высокая разрешающая способность и точность, и при этом иметь очень низкое энергопотребление. На рисунке 3 изображена упрощенная

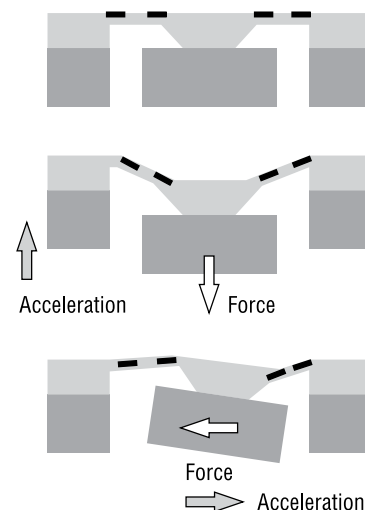


Рис. 2. Схема работы пьезорезистивного датчика ускорения

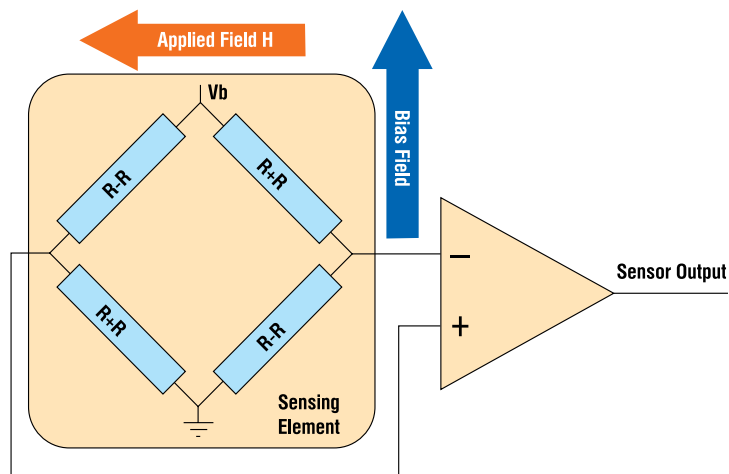


Рис. 3. Принцип работы магнитометра

схема работы данного датчика. В качестве чувствительного элемента используется измерительный мост, образованный из магниторезистивных проводников, сопротивление которых изменяется при приложении внешнего магнитного поля перпендикулярно току, протекающему через проводник. Измерение величины изменения сопротивления позволяет определить величину приложенного магнитного поля. Компания STMicro производит магнитометры в одном корпусе с акселерометром, называя свой продукт **e-Compass**. Обозначения таких изделий начинаются с **LSM303Dx**.

Линейка микроконтроллеров STM32F3

Линейка **STM32F3** — это 32-битные микроконтроллеры на основе ядра ARM® Cortex™-M4 с поддержкой функций DSP и с модулем FPU для вычислений с плавающей точкой. Данные микроконтроллеры способны работать на частоте до 72 МГц.

Микроконтроллеры этой серии объединяют в себе высокопроизводительный процессор с обширным набором цифровых интерфейсов, быстрый 12-битный АЦП с частотой выборки до 5MSPS, прецизионный 16-битный сигма-дельта АЦП, усилители с программируемым коэффициентом усиления, быстрые 50 нс компараторы. Такой обширный набор модулей и периферии позволяет использовать эти микроконтроллеры в таких областях применения, как измерительное оборудование и системы, медицинские приборы, промышленные контроллеры, счетчики электроэнергии, измерение и обработка сигналов с различных датчиков.

Данное семейство микроконтроллеров состоит из двух линеек: STM32F30x и STM32F37x (рисунок 4).

Основные характеристики **STM32F30x**:

- Cortex-M4 — DSP — FPU;
- Fmax = 72 МГц;
- до 256 кбайт FLASH;
- до 40 кбайт SRAM;
- 8 кбайт CCM-SRAM;
- напряжение питания от 2 до 3,6 В. У некоторых контроллеров возможно питание от 1,8 В±8%;
- два 16 бит таймера с MC, работающих на 144 МГц;
- до 87 быстрых IO (AHB);
- -40...105°C;
- Корпуса LQFP 48/64/100

Основные характеристики **STM32F37x**:

- Cortex-M4 — DSP — FPU;
- Fmax = 72 МГц;
- до 256 кбайт FLASH;
- до 32 кбайт SRAM;
- напряжение питания от 2 до 3,6 В. У некоторых возможно питание от 1,8 В±8%;
- 3 x 16 бит дельта-сигма АЦП;
- до 84 быстрых IO (AHB);



Рис. 4. Микроконтроллеры STM32F3

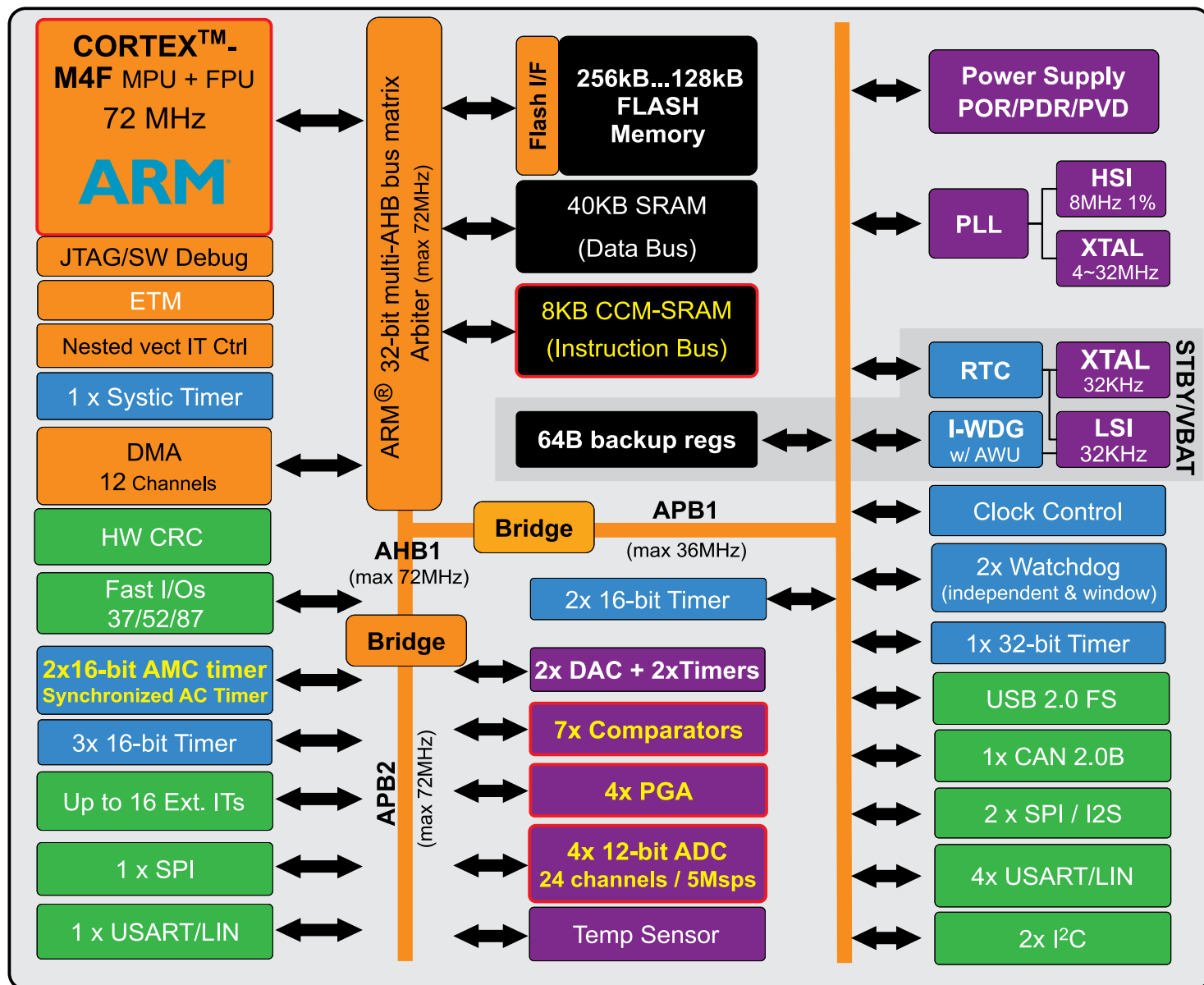


Рис. 5. Структурная схема STM32F30x

- -40...105°C;
- корпуса LQFP 48/64/100 BGA100.

Для быстрого освоения работы микроконтроллеров серии STM32F3 компания STMicroelectronics предлагает отладочную плату **STM32F3DISCOVERY** (рисунок 7).

Основные характеристики отладочной платы STM32F3DISCOVERY:

- контроллер **STM32F303VCT6**:
 - 256 кбайт FLASH
 - 48 кбайт RAM;
- две тактовые кнопки — Reset и кнопка пользователя;
- трехосевой MEMS-гироскоп с цифровым выходом **L3GD20**;
- МЭМС e-Compass с трехосевым акселерометром и трехосевым магнитным датчиком **LSM303DLHC**;
- 10 светодиодов;
- разъем USB-OTG;
- порты микроконтроллера разведены на два разъема;
- в плату интегрирована схема программатора-отладчика ST-LINK/V2 с разъемом miniUSB.

Требования к системе:

- Windows PC (XP, Vista, 7)

- USB кабель тип-A — Mini-B

На плате установлены две MEMS-микросхемы: трехосевой гироскоп **L3GD20** и выполненные в одном корпусе трехосевой датчик ускорения и трехосевой датчик магнитного поля **LSM303DLHC**. Установленный на плате гироскоп **L3GD20** (на рисунке 8 изображена блок-схема гироскопа) обладает следующими характеристиками:

- конфигурируемый диапазон измерений 250/500/2000 dps;
- цифровой интерфейс для связи с контроллером I²C/SPI;
- данные выдаются в 16-битном формате;
- встроенный 8-битный датчик температуры;
- миниатюрный корпус LGA 16 с размерами всего 4x4x1 мм;
- рабочий диапазон температур -40...85°C;
- напряжение питания 2,4...3,6 В;
- поддержка работы низковольтных цифровых интерфейсов (1,8 В);
- наличие FIFO-буфера.

К дополнительным плюсам платы **STM32F3DISCOVERY** можно отнести отдельный разъем, на который выведены сигналы программатора-отладчика ST-LINK/V2. Наличие этого разъема позволяет использовать отладочную плату как про-

грамматор для других устройств собственной разработки на основе контроллеров STMicroelectronics.

Для быстрого старта STMicro предоставляет пакет готовых приложений и примеров программ для контроллеров семейства **STM32F3**. В состав пакета **STSW-STM32118** входит 28 примеров программ и четыре проекта для различных сред разработки. Примеры приложений находятся в свободном доступе и доступны для скачивания с сайта по ссылке <http://www.st.com/web/en/catalog/tools/PF258154>.

Отладочная плата поставляется уже с загруженной демонстрационной программой. При нажатии на кнопку «User» происходит переключение между режимами работы восьми светодиодов, от простого мигания — до отображения углов наклона либо отображения направления на север.

В качестве примера рассмотрим реализацию компаса на отладочной плате STM32F3DISCOVERY, а также разберем программу для работы с интегральной MEMS микросхемой LSM303DLHC.

Начнем со схемы подключения **LSM303DLHC** к микроконтроллеру **STM32F303VCT6**. Напомним, что микросхема LSM303DLHC — это трехосевой акселерометр и трехосевой датчик магнитного поля, объединенные в одном корпусе

LGA-14. Блок-схема MEMS-ИС LSM303DLHC представлена на рисунке 9. Связь с микроконтроллером осуществляется при помощи двухпроводного интерфейса I²C, также в микросхеме предусмотрены два сигнала готовности данных: один — для датчика ускорения, другой — для датчика магнитного поля. Наличие таких сигналов позволяет упростить синхронизацию обмена данными между микроконтроллером и MEMS-микросхемой. Доступ к регистрам данных и настройкам регистров микросхемы LSM303DLHC осуществляется также через интерфейс I²C.

Для реализации компаса на отладочной плате STM32F3DISCOVERY нам потребуется организовать работу с датчиком магнитного поля и датчиком ускорения.

Акселерометру по умолчанию присвоен 7-битный адрес 0011001b — 32h. Данный адрес дополняется битом чтения-записи. Если бит чтения-записи равен 1, то происходит вычитывание данных из регистров датчика ускорения, если он равен 0 — запись: 00110011 (33h) — чтение из регистров, 00110010 (32h) — запись.

По умолчанию датчику магнитного поля присваивается 7-битный адрес 0011110xb. Причем младший бит в поле адреса (обозначен «x») отвечает за тип операции, 1 в млад-

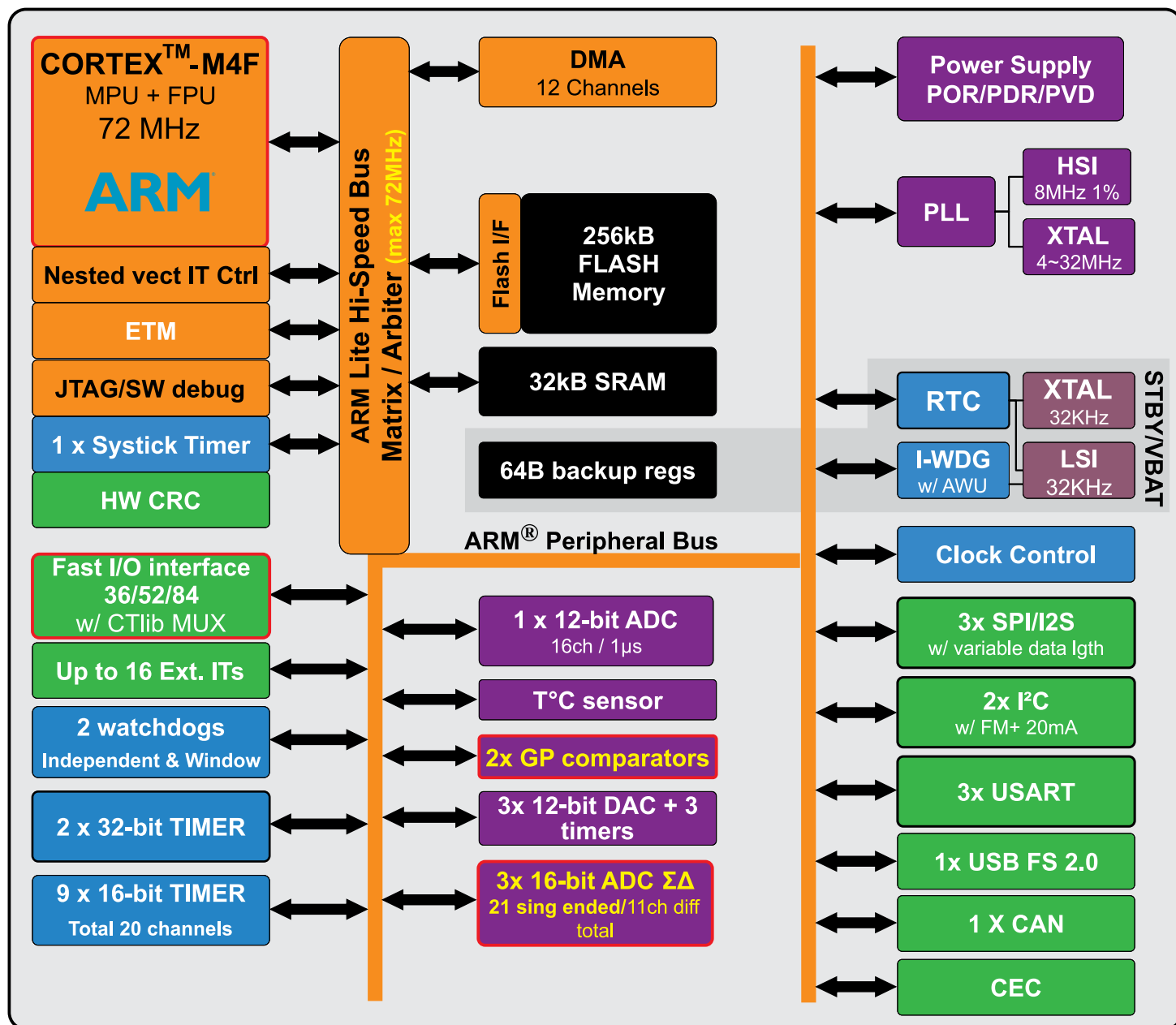


Рис. 6. Структурная схема **STM32F37x**

шем бите отвечает за операцию чтения (00111101b – 3Dh), 0 – запись (00111101b – 3Ch).

В цифровом интерфейсе магнитного датчика используется счетчик адреса, который показывает, в какой регистр планируется осуществить запись или чтение. В целях уменьшения потока данных между микроконтроллером и магнитным датчиком, в микросхеме **LSM303DLHC** реализовано автоматическое увеличение данного счетчика без участия мастера (в данном случае контроллера **STM32F303VCT6**). Изменение значения счетчика адреса происходит по следующим правилам: если значение счетчика становится равным 12 или выше – происходит сброс счетчика адреса в 0. Если значение счетчика адреса достигает значения 8, счетчик принимает значение равное 3. Во всех остальных случаях при каждом запросе к датчику происходит увеличение счетчика адреса на 1. Значение счетчика адреса нельзя вычитать по интерфейсу I²C.

В датчике магнитного поля можно настроить частоту выдачи данных, коэффициент усиления, а также режим работы датчика. Задание параметров происходит путем записи нужных данных в регистры: **CRA_REG_M** (адрес 00h), **CRB_REG_M** (адрес 01h), **MR_REG_M** (адрес 02h).

В регистре **CRA_REG_M** (адрес 00h) задается частота выдачи данных:

0	0	0	DO2	DO1	DO0	0	0
---	---	---	-----	-----	-----	---	---

Для корректной работы 0, 1, 5, 6, 7 биты должны быть всегда записаны 0. Биты DO2...DO0 задают частоту выдачи данных, значение по умолчанию (100) – см. таблицу 1.

В регистре **CRB_REG_M** (адрес 01h) задается коэффициент усиления для всех каналов измерения:

GN2	GN1	GN0	0	0	0	0	0
-----	-----	-----	---	---	---	---	---

Биты с 0 по 4 должны быть обязательно заполнены нулями – см. таблицу 2.

В регистре **MR_REG_M** (адрес 02h) задается режим работы датчика магнитного поля:

0	0	0	0	0	0	MD1	MD0
---	---	---	---	---	---	-----	-----

Биты с 2 по 7 должны быть обязательно заполнены нулями – см. таблицу 3.

В регистрах **OUT_X_H_M** (адрес 03h), **OUT_X_LH_M** (адрес 04h) хранятся данные о величине магнитного поля вдоль оси X.

В регистрах **OUT_Z_H_M** (адрес 05h), **OUT_Z_LH_M** (адрес 06h) хранятся данные о величине магнитного поля вдоль оси Z.

В регистрах **OUT_Y_H_M** (адрес 07h), **OUT_Y_LH_M** (адрес 08h) хранятся данные о величине магнитного поля вдоль оси Y.

Помимо данных о величине магнитного поля для расчетов нам потребуются данные о величине углов наклона относительно оси Z. (Здесь и в дальнейшем под осью Z будет пониматься ось, перпендикулярная плоскости отладочной платы). Данные об углах нужны, так как зачастую плата может находиться не на идеально ровной горизонтальной поверхности, и эти отклонения стоит учесть в дальнейших расчетах.

Для расчета углов отклонения нам потребуется вычитывать значения из регистров датчика ускорения. Дадим описание основным из них, которые затем наиболее часто будут встречаться в тексте программы. Более подробные сведения обо всех остальных регистрах можно найти в техническом описании на микросхему **LSM303DLHC**.

Регистр **CTRL_REG4_A** (адрес 23h) – один из регистров настройки работы акселерометра:

BDU	BLE	FS1	FS0	HR	0	0	SIM
-----	-----	-----	-----	----	---	---	-----

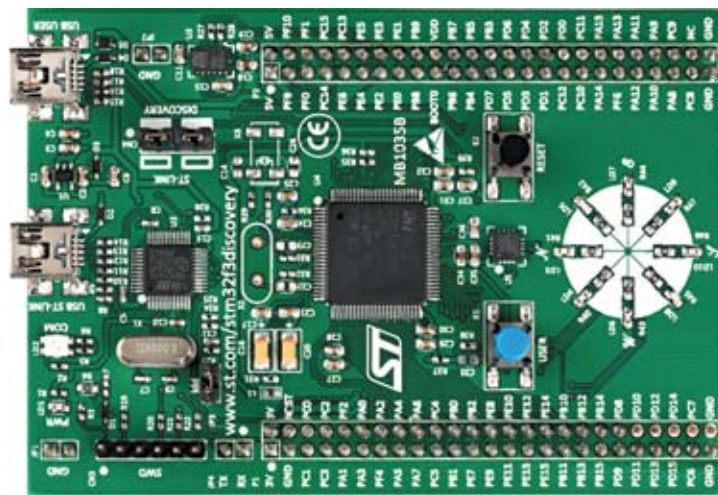


Рис. 7. Отладочная плата **STM32F3DISCOVERY**

В регистрах **OUT_X_L_A** (адрес 28h), **OUT_X_H_A** (адрес 29h) хранятся данные о величине ускорения вдоль оси X.

В регистрах **OUT_Y_L_A** (адрес 2Ah), **OUT_Y_H_A** (адрес 2Bh) хранятся данные о величине ускорения вдоль оси Y.

В регистрах **OUT_Z_L_A** (адрес 2Ch), **OUT_Z_H_A** (адрес 2Dh) хранятся данные о величине ускорения вдоль оси Z.

Теперь разберем пример программы, позволяющей реализовать компас на отладочной плате **STM32F3DISCOVERY**. За основу был взят исходный код демонстрационной программы, архив с исходными кодами и библиотеками для работы с контроллером **STM32F3** был скачан с официального сайта компании **STMicroelectronics**.

Далее будут даны функции для работы с микросхемой **LSM303DLHC** и функции для расчета углов и величины магнитного поля. В листинге 1 и 2 отображены функции для чтения данных из акселерометра и магнитометра микросхемы **LSM303DLHC**.

Листинг 1. Функция для чтения данных акселерометра

```
void Demo_CompassReadAcc(float* pfData)
{
    int16_t pnRawData[3];
    uint8_t ctrlx[2];
    uint8_t buffer[6], cDivider;
    uint8_t i = 0;
    float LSM_Acc_Sensitivity = LSM_Acc_Sensitivity_2g;
    /* Вычитываем значение регистра контроля микросхемы LSM303 и также значения 6 регистров данных (по 2 регистра на каждую ось X, Y, Z)*/
    LSM303DLHC_Read(ACC_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_CTRL_REG4_A, ctrlx, 2);
    LSM303DLHC_Read(ACC_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_OUT_X_L_A, buffer, 6);
    ...
    /*Вычисление ускорения по трем осям*/
    for(i=0; i<3; i++)
        pfData[i] = (float)pnRawData[i] / LSM_Acc_Sensitivity;
}
```

Листинг 2. Функция для чтения данных магнитометра

```
void Demo_CompassReadMag(float* pfData)
{
    static uint8_t buffer[6] = {0};
    uint8_t CTRLB = 0;
```

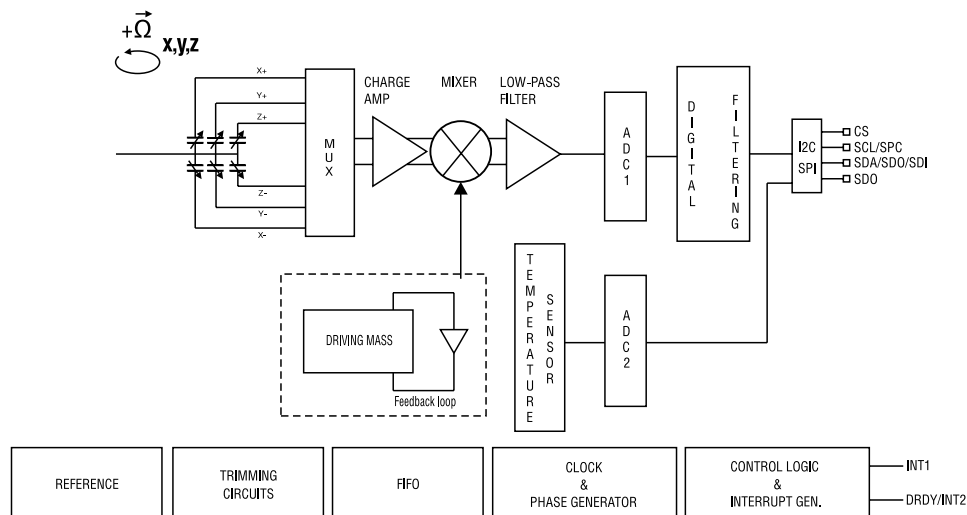



Рис. 8. Блок-схема гироскопа L3GD20

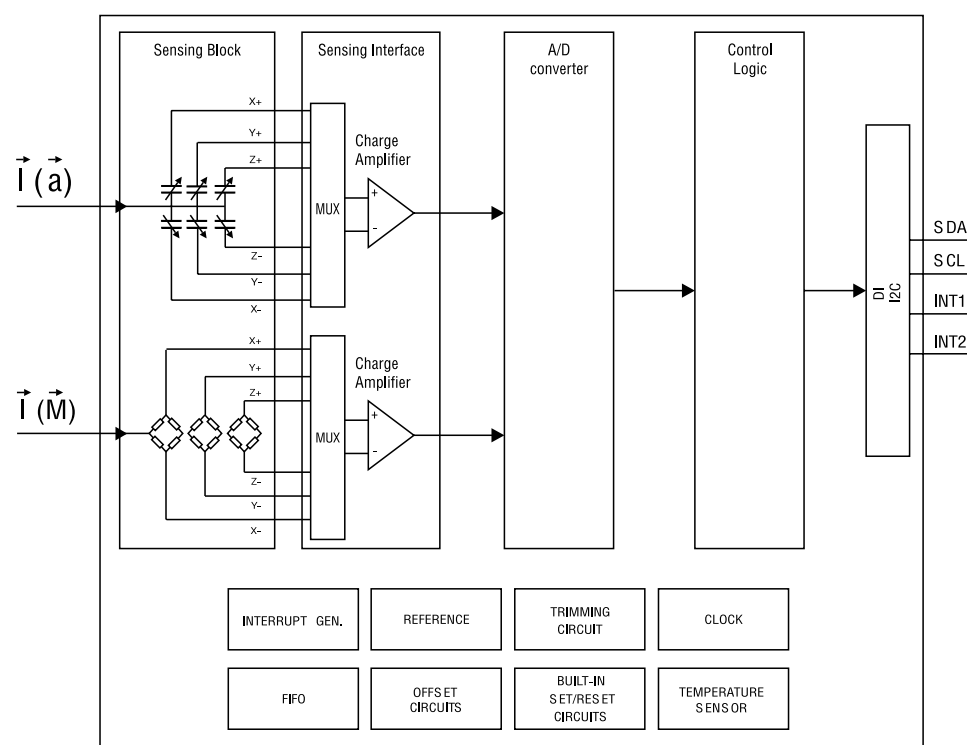


Рис. 9. Блок-схема LSM303DLHC

```
uint16_t Magn_Sensitivity_XY = 0, Magn_Sensitivity_Z = 0;
uint8_t i = 0;
LSM303DLHC_Read(MAG_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_CRB_REG_M, &CTRLB, 1);
```

```
LSM303DLHC_Read(MAG_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_OUT_X_H_M,
buffer, 1);
LSM303DLHC_Read(MAG_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_OUT_X_L_M,
buffer+1, 1);
LSM303DLHC_Read(MAG_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_OUT_Y_H_M,
buffer+2, 1);
LSM303DLHC_Read(MAG_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_OUT_Y_L_M,
buffer+3, 1);
LSM303DLHC_Read(MAG_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_OUT_Z_H_M,
buffer+4, 1);
LSM303DLHC_Read(MAG_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_OUT_Z_L_M,
buffer+5, 1);
```

```
...
for(i=0; i<2; i++)
    pfData[i]=(float)((int16_t)
(((uint16_t)buffer[2*i] << 8) +
buffer[2*i+1])*1000)/Magn_
Sensitivity_XY;
    pfData[2]=(float)((int16_t)
(((uint16_t)buffer[4] <<
8) + buffer[5])*1000)/Magn_
Sensitivity_Z;
}
```

Алгоритм работы компаса

Чтобы реализовать компас на отладочной плате **STM32F3DISCOVERY**, нам потребуется вычислить угол(азимут) между направлением вектора магнитного поля земли и осью X магнитометра. Ось X выбрана для примера, для вычислений можно взять любую другую ось, изменения коснутся только вычислений. Итак, в простейшем случае, когда плата находится параллельно плоскости земли без наклона относительно оси Z, для вычисления азимута нам потребуются данные о величине магнитного поля вдоль осей X и Y магнитометра. Это проекции вектора магнитного поля земли на оси X и Y. Тогда для вычисления угла мы сможем воспользоваться простейшей тригонометрической формулой: $\arctg(Y/X)$, где Y и X — величины проекций на оси Y и X соответственно. Но если демонстрационная плата располагается под определенным углом к поверхности земли,

Таблица 1. Напряжение источника питания и пороговое напряжение для микросхем M41T83

DO2	DO1	DO0	Частота выдачи данных, Гц
0	0	0	0,75
0	0	1	1,5
0	1	0	3,0
0	1	1	7,5
1	0	0	15
1	0	1	30
1	1	0	75
1	1	1	220

Таблица 2. Задание коэффициента усиления в датчике магнитного поля

GN2	GN1	GN0	Диапазон измеряемого поля, Гс	Усиление X/Y и Z, LSB/Гс	Усиление Z, LSB/Гс	Диапазон выходных значений
0	0	1	±1,3	1100	980	0xF800–0x07FF (-2048–2047)
0	1	0	±1,9	855	760	
0	1	1	±2,5	670	600	
1	0	0	±4,0	450	400	
1	0	1	±4,7	400	355	
1	1	0	±5,6	330	295	
1	1	1	±8,1	230	205	

то в данной формуле необходимо использование и учет этого наклона. Для этих целей прекрасно подойдет встроенный в микросхему LSM303DLHC акселерометр. Потребуется данные об ускорении по каждой из осей. Эти данные позволят рассчитать углы крена и тангажа, которые впоследствии будут учитываться при вычислении направления на север.

Вычитывание данных из магнетометра и акселерометра происходит путем использования функций (расписаны в листингах 1 и 2):

```
Demo_CompassReadMag (MagBuffer) ;
```

```
Demo_CompassReadAcc (AccBuffer) ;
```

Для вычисления углов сначала производится расчет значения модуля ускорения:

```
fNormAcc=sqrt( (AccBuffer[0]*AccBuffer[0])+(AccBuffer[1]*AccBuffer[1])+(AccBuffer[2]*AccBuffer[2])) ;
```

Затем, используя стандартные тригонометрические формулы для расчета косинусов и синусов углов (зная значения длин катетов и гипотенузы), получаем выражения для углов крена (Roll) и тангажа (Pitch):

```
fSinRoll = -AccBuffer[1]/fNormAcc;
```

```
fCosRoll = sqrt(1.0 - (fSinRoll * fSinRoll));
```

```
fSinPitch = AccBuffer[0]/fNormAcc;
```

```
fCosPitch = sqrt(1.0 - (fSinPitch * fSinPitch));
```

Потом рассчитывается значение самих углов крена и тангажа:

```
RollAng = acos(fCosRoll) * 180/PI;
```

```
PitchAng = acos(fCosPitch) * 180/PI;
```

При этом в зависимости от знака синуса и косинуса необходимо прибавить 180 либо 360 градусов, чтобы угол оказался в нужном квадранте.

Зная величину углов крена и тангажа, можно внести соответствующие поправки в формулу для вычисления угла между осью X и направлением на север. Значение величины магнитного поля вдоль оси X с учетом поправок:

Таблица 3. Задание режима работы датчика магнитного поля

MD1	MD0	Режим работы
0	0	Режим непрерывного измерения
0	1	Режим единичного измерения
1	0	Спящий режим
1	1	Спящий режим

Таблица 4. Ячейки регистра CTRL_REG4_A

BDU	Значение по умолчанию 0. 0 — непрерывное обновление данных; 1 — данные не обновляются, пока происходит чтение из младшего или старшего байта данных
BLE	Порядок следования байтов (Big/little endian) 0 — LSB, 1 — MSB
FS1	Выбор полной шкалы измерения 00: ± 2G, 01: ± 4G, 10: ± 8G, 11: ± 16G
FS0	
HR	Режим высокого разрешения. По умолчанию 0 — отключен
SIM	Режим работы SPI интерфейса

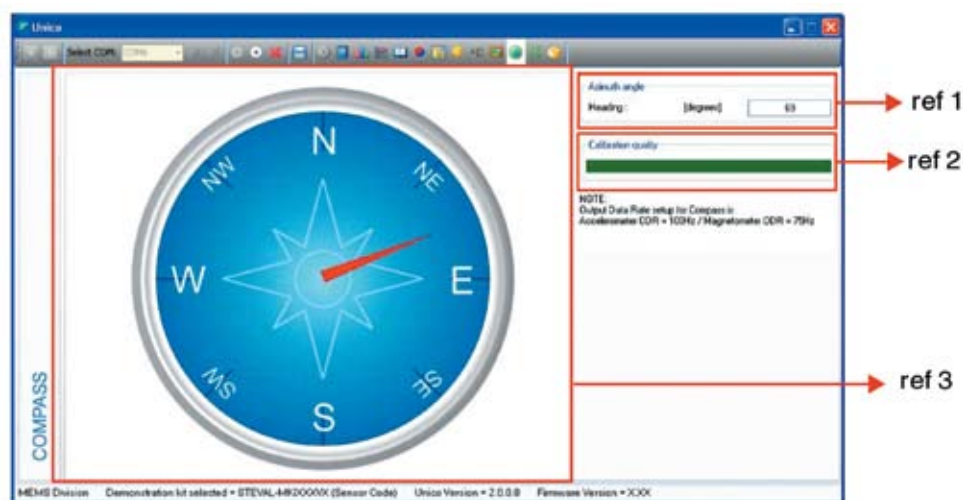


Рис. 10. Вкладка «Компас» программы UNICO GUI

```
fTiltedX = MagBuffer[0]*fCosPitch+MagBuffer[2]*fSinPitch;
```

Значение величины магнитного поля вдоль оси Y с учетом поправок:

```
fTiltedY=MagBuffer[0]*fSinRoll+fSinPitch+MagBuffer[1]*fCosRoll - MagBuffer[1]*fSinRoll*fCosPitch;
```

Вычисленное значение угла:

```
HeadingValue = (float)
((atan2f((float)fTiltedY, (float)
fTiltedX)) * 180) / PI;
```

Для работы с демонстрационной платой можно воспользоваться специальной программой **Unico GUI**, разработанной компанией STMicroelectronics. Программа позволяет в графическом виде отобразить на экране монитора данные, полученные с помощью датчика ускорения и датчика магнитного поля. На рисунке 10 отображена одна из вкладок программы для демонстрации компаса.

В поле Ref1 отображается направление компаса в градусах. В поле Ref2 располагается цветная полоса статуса калибровки. В поле Ref3 данные компаса отображаются в графическом виде. Помимо отображения данных программа Unico GUI позволяет быстро настроить регистры акселерометра, магнетометра, гироскопа. Программа может работать с различными демонстрационными платами для МЭМС-микросхем. Подробное описание всех ее функций и возможностей находится в руководстве пользователя <http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/>

technical/document/user_manual/CD00297387.pdf.

Заключение

Компания STMicroelectronics постоянно работает над усовершенствованием продукции, в частности, появляются новые линейки микроконтроллеров для новых, ранее не охваченных, рынков, улучшаются характеристики отдельных модулей микроконтроллера, появляются новые МЭМС-датчики с улучшенными характеристиками, с большей интеграцией. Например, в начале 2013 года компания вывела на рынок акселерометр + микроконтроллер Cortex-M0 в одном корпусе LGA 3x3x1 мм.

Отладочная плата STM32F3-DISCOVERY является наиболее оптимальным, бюджетным, быстрым и простым решением для изучения и внедрения в свои разработки контроллеров нового семейства STM32F3. Полезна она и для изучения принципов работы акселерометров, гироскопов и датчиков магнитного поля. 

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

STLQ015XG – LDO-регуляторы с ультранизким собственным потреблением



STLQ015XG – семейство линейных регуляторов напряжения с выходным током до 150 мА, отличающихся чрезвычайно низким собственным потреблением (от 1 нА) и малым допустимым падением напряжения между входом и выходом (от 112 мВ). Серия содержит регуляторы с различными фиксированными значениями выходного напряжения в диапазоне от 1,2 до 3,3 В с максимальным отклонением $\pm 2\%$. Уникальное сочетание параметров и невысокая стоимость позволяют стабилизаторам STLQ015XGxx быть вне конкуренции в сравнении со «стандартными» LDO-регуляторами.

Регуляторы STLQ015XG раскрывают весь свой потенциал в устройствах с автономным питанием. В этом случае становится возможным разряжать батарею практически до условного «нуля», извлекая энергию максимально эффективно и без потери стабильности работы всей схемы. Стабилизатор может быть отключен по сигналу со входа разрешения работы (enable), при этом ток собственного потребления уменьшается с рабочего 1,4 мкА до тока покоя – всего 1 нА. Для стабильной работы регулятора достаточно использовать на выходе керамический конденсатор емкостью 1 мкФ. Стабилизаторы STLQ015XG имеют встроенную схему ограничения выходного тока при коротком замыкании на выходе и защиту от внутреннего перегрева. Кроме расширенного рабочего температурного диапазона (от -40 до 125°C), стоит отметить, что LDO-регулятор STLQ015XG может храниться при экстремально низких температурах до -65°C. Все представители серии выпускаются в компактном 6-выводном корпусе SOT666-6L.

Если снизить требования к характеристикам стабилизатора, то можно использовать еще более бюджетный вариант – STLQ50xxx (50 мА) с током собственного потребления 3 мкА и допустимым минимальным падением напряжения 200 мВ.



STM32F3DISCOVERY



- ST-Link – может использоваться как программатор
- Пользовательский USB-разъем
- LSM303DLHC – МЭМС-акселерометр + магнетометр
- Встроенный м/к STM32F303VCT6 (256 кбайт Flash, 48 кбайт SRAM, корпус 100 выводов)
- L3GD20 – МЭМС-гироскоп
- Кнопки
- Светодиоды



Поддержка разработчиков:
E-mail: st@compel.ru
www.compel.ru/projects-support



Компэл
www.compel.ru

Андрей Самоделов (Москва)

СРЕДСТВА ПЕРВОЙ НЕОБХОДИМОСТИ: ЗАЩИТА ЦЕПЕЙ ПИТАНИЯ И ДРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМ НА БАЗЕ РЕШЕНИЙ ST



Ограничители тока, приборы защиты от бросков напряжения разной длительности, приборы защиты от статического электричества и электрических разрядов – STMicroelectronics выпускает полный спектр полупроводниковых приборов защиты как шин питания, так и сигнальных линий, предназначенных для применения в бытовой, промышленной и лабораторной электронике.

Существует большое количество видов защиты электронной аппаратуры, таких как защита от бросков и пропадания напряжения питания; от статического электричества и электрических разрядов; от перегрузок по напряжению и току; от импульсных помех и побочных излучений; от перегрева и переохлаждения; от заклинивания встроенного ПО (firmware); от несанкционированного доступа и т.п. Для реализации перечисленных видов защиты используются как пассивные, так и активные электрические и электронные компоненты. В статье будут рассмотрены изделия компании STMicroelectronics, предназначенные для защиты цепей питания, сигнальных цепей и других элементов электронных схем.

Приборы защиты электронной аппаратуры производства ST

Компания ST выпускает большой спектр защитных приборов, которые отвечают всем промышленным требованиям и предназначены для:

- защиты от бросков напряжения (Electrical Overstress, EOS);
- защиты от разрядов статического электричества (ESD);
- защиты от дуговых электрических разрядов;
- защиты автомобильного оборудования;
- ограничения силы тока;

Приборы защиты электрических схем производства ST прошли все сертификации, отвечают международным стандартам (или даже превосходят их) защиты от опасных электрических воздействий и предназначены для применения в автомобилях, компьютерах, бытовой технике, промышленных и телекоммуникационных устройствах. Импульсные ограничительные диоды (TVS-диоды) и приборы на их основе компании ST выполнены по запатентованной технологии Transils, поэтому их часто называют TVS-приборами. В статье для обозначения приборов Transils будет использоваться терминология «TVS-

приборы» (например, TVS-диоды). Защитные Transils-диоды часто называют супрессорами. Супрессоры соответствуют стандартам ISO 7637-2 и ISO 10605 (таблица 1).

Электрические характеристики – определение параметров

Вольт-амперная характеристика супрессора напоминает вольт-амперную характеристику обычного стабилитрона. На рисунке 1 показаны вольт-амперные характеристики однополярного и двухполярного (симметричного) супрессоров, а в таблице 2 приведена расшифровка используемых на рисунке 1 обозначений, которые будут встречаться в статье при описании параметров рассматриваемых полупроводниковых приборов.

Кроме того, для мощных супрессоров приводится обозначение параметров протекающего через них в режиме пробоя импульса тока, стандартная форма которого приведена на рисунке 2, где

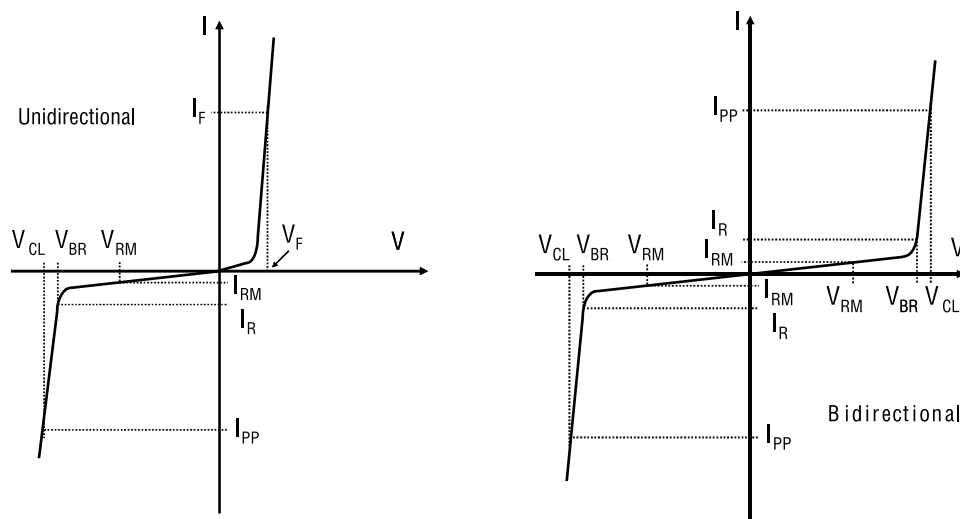


Рис. 1. ВАХ ограничительного диода (слева – однополярного, справа – двухполярного)

Таблица 1. Соответствие супрессоров международным стандартам

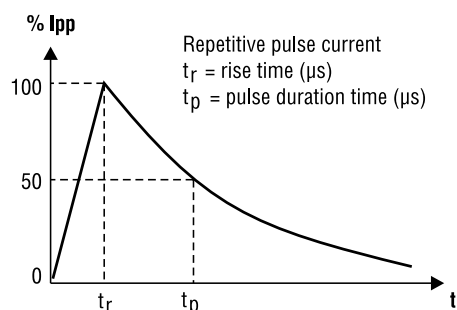
ISO 10605				ISO 7637-2			
C = 150 пФ, R = 330 Ом		C = 330 пФ, R = 330 Ом		VS			
Разряд по воздуху, кВ	Разряд при контакте, кВ	Разряд по воздуху, кВ	Разряд при контакте, кВ	Pulse 1, В	Pulse 2a, В	Pulse 3a, В	Pulse 3b, В
30	30	30	30	-100	+50	-150	+100

Таблица 2. Основные параметры ВАХ ограничительного диода

Обозначение	Параметр
V_F	Прямое падение напряжения
I_F	Прямой ток
V_{RM}	Напряжение переключения
I_{RM}	Ток утечки
V_{BR}	Напряжение пробоя
I_R	Ток пробоя
V_{CL}	Напряжение ограничения
I_{PP}	Пиковый импульсный ток
A_T	Температурный коэффициент напряжения
R_D	Динамическое сопротивление

Таблица 3. Назначение ограничителей тока

Наименование	Общее описание
CLT3-4B	Счетверенный ограничитель тока и напряжения
PCLT-2A	Сдвоенный ограничитель напряжения
SCLT3-8BT8	8-канальное устройство ввода с последовательным интерфейсом


Рис. 2. Форма повторяющегося импульса тока

t_r — время нарастания импульса тока (мкс) до значения пикового импульсного тока, равного IPP; t_p — время спада импульса тока (мкс) до значения, равного 50% IPP.

В таблицах параметров супрессоров значение импульсного тока обычно приводится вместе со значением временных параметров импульса. Например, строка таблицы параметров на рисунке 3 означает, что для импульса с временем нарастания до максимального значения 10

мкс и временем спада 1000 мкс до значения, равного 50% от максимального, импульсный ток может достигать 75 А.

Супрессоры находят широкое применение в приборах ограничения импульсов напряжения и тока. В качестве примера применения супрессоров можно привести:

- защиту от мощных электрических разрядов TVS-диодами и ИС;
- высокоэффективную защиту от бросков мощности и защиту от статического электричества ограничительными TVS-диодами и их массивами;
- дополнительную специфичную защиту для приложений, включая последовательные ограничители тока, устройства температурного отключения, CMOS- и SPI-интерфейсы.

Стандартные и перспективные типы корпусов, такие, как μ DFN, WLCSP и PowerQFN, позволяют свести к минимуму занимаемое на печатной плате место и улучшить топологию соединений.

Все приборы защиты, выпускаемые ST, можно разделить на следующие группы:

- приборы защиты для автомобильных приложений;
- ограничители тока;
- приборы защиты от бросков напряжения 10/1000 мкс;
- приборы защиты от бросков напряжения 8/20 мкс;
- приборы защиты от статического электричества (ESD);
- приборы защиты от электрических разрядов.

В данной статье мы сконцентрируемся на решениях для промышленного сегмента.

Ограничители тока

Приборы ограничения тока (Current-limiting termination, CLT) предназначены для интеллектуальной защиты модулей устройств цифрового ввода и датчиков приближения, используемых в системах автоматизации заводов и зданий, а также для программируемых логических контроллеров (см. таблицы 3, 4).

Ограничители тока от ST имеют до восьми защищенных интегрированных каналов, скорость обмена данными по изолированному или неизолированному SPI-интерфейсу 2 МГц, защищают от импульсов мощностью до 600 Вт и обеспечивают степень защиты согласно IEC 61000-4

Новые 8-канальные микросхемы **SCLT3-8B** явились хорошим дополнением к **CLT3-4B** и **PCLT-2A**.

SCLT3-8BT8. Защищенная схема цифрового ввода

Микросхема **SCLT3-8BT8** имеет восемь защищенных линий цифрового ввода с последовательным интерфейсом. Обладая небольшим энергопотреблением (78 мВт на один вход), микросхема позволяет расширить возможности цифрового ввода/вывода, и уменьшить количество опто-транзисторов. Подстраиваемый цифровой фильтр и драйвер светодиода встроены в каждую входную секцию Type 3. Выходные данные передаются по шине SPI с частотой 2 МГц.

Микросхема содержит программируемые 8-/16-разрядные регистры, поддерживает объединение по протоколу Multi SCLT. Сигнал OTA говорит о перегреве, а сигнал UVA — о перегрузке по напряжению. Для повышения на-

Параметр	Условие	Значение
...	...	...
Повторяющийся пиковый импульсный ток IPP	10/1000 мкс	75 А

Рис. 3. Пример строки из таблицы параметров супрессоров
Таблица 4. Основные параметры ограничителей тока

Наименование	Количество каналов	Тип цифрового входа	Входное напряжение (V_{in}), В		Входной ток ограничения (I_{lim}), мА		Пиковый импульсный ток (I_{pp}), 8/20 мкс, max, А	Тип корпуса		
			min	max	min	max		HTSSOP14	TSSOP 20	HTSSOP38
CLT3-4B	4	Type 3	-0,3	32	2,1	3,7	24	—	+	—
PCLT-2A	2	Type 2	-30	32	6,1	8,8	24	+	—	—
SCLT3-8BT8	8	Type 3	-0,3	30	2,1	2,6	24	—	—	+

дежности обмена используется несколько бит четности и детектор пропадания напряжения питания.

На рисунке 4 представлена блок-схема, а в таблице 5 приведены основные характеристики SCLT3-8BT8.

Применение: защита цифровых входов программируемых логических контроллеров и децентрализованных модулей ввода/вывода. Защита цифровых входов с последовательной сериализацией состояний. Обеспечение соответствия цифровых входов стандарту IEC 61131-2 type 1 и 3. Совместимость с двухпроводным датчиком присутствия EN60947-5-2.

Типовая схема включения SCLT3-8BT8 приведена на рисунке 5.

Приборы защиты класса 10/1000 мкс

Большое портфолио ST супрессоров класса 10/1000 мкс включает TVS-ограничительные диоды и приборы Transil, обладающие высокой импульсной мощностью от 100 Вт до >5000 Вт, лучшей в классе производительностью даже при максимальной рабочей температуре, высокой плотностью мощности, позволяющей оптимизировать размеры и уменьшить стоимость изделий.

Использование 10/1000 мкс ограничителей производства ST позволяет заменить 1500 Вт прибор в корпусе SMC на миниатюрный 600 Вт в корпусе SMA. В результате снижается стоимость решения при сохранении степени защиты. Это особенно важно для таких приложений, как солнечные инверторы, точки продаж, базовые станции, а также для защиты силовых MOSFET и систем промышленного управления.

TVS-приборы, рассчитанные на мощность 400 Вт

Супрессоры на 400 Вт от ST (TVS или Transil) применяются в солнечных инверторах, точках продаж, используют-

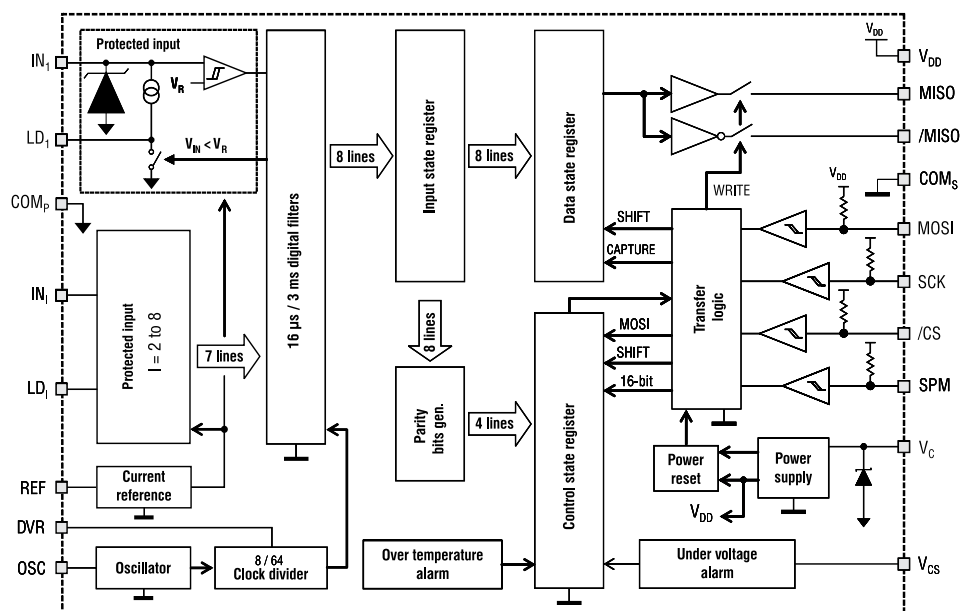


Рис. 4. Блок-схема SCLT3-8BT8

ся для защиты MOSFET, промышленного управления, базовых станций и блоков питания поверх Ethernet (PoE). Они обладают лучшей в классе производительностью на полной мощности при максимальной рабочей температуре, пиковой мощностью 400 Вт, и позволяют заменить мощные (600 Вт) SMBJ или SM6T.

Выпускаются в выводном корпусе DO-15 или SMD-корпусе (SMA и STmiteFlat)

В таблице 6 приведены параметры TVS-приборов на мощность 400 Вт.

TVS-приборы, рассчитанные на мощность 600 Вт

Аналогичны TVS-приборам ST на мощность 400 Вт и могут служить в качестве более дешевой замены мощных приборов SMCJ (1500 Вт).

Малогабаритные корпуса, аксиальный (DO-15) и SMD (SMA и SMB), обеспечивают гибкость разводки и эко-

номии места на печатной плате по сравнению со стандартными корпусами.

В таблице 7 приведены параметры TVS приборов на мощность 600 Вт

TVS-приборы, рассчитанные на мощность 1500 Вт

Супрессоры на 1500 Вт применяются в солнечных инверторах, точках продаж, используются для защиты MOSFET, промышленного управления, базовых станций и блоков питания Power-over-Ethernet (PoE).

Они обладают лучшей в классе производительностью на полной мощности при максимальной рабочей температуре, пиковой мощностью 1500 Вт, и позволяют заменить альтернативные устройства защиты мощностью до 3000 Вт, имея при этом меньшие габариты и большую плотность мощности. Выпускаются как в аксиальных корпусах (DO-201), так и в SMD (SMC).

Таблица 5. Основные параметры SCLT3-8BT8

Параметр	Значение
Входное напряжение V_I , В	-30...35
Порог включения, при $R_I = 2,2$ кОм, В	<11
Порог выключения	$I_{in} > 1,5$ мА или $V_i > 5$ В
Диапазон напряжения питания V_C , при выходном токе 10 мА, В	9...35
Защита от напряжения обратной полярности, В	-30
Активное ограничение тока, точность 10%, мА	2,35
Импульсная поглощаемая мощность для каждого входа, max, мВт	78
Регулируемая задержка для входного цифрового фильтра, мкс	20...3000
Защита источника питания и входов, $R_I = 2,2$ кОм	
От выбросов при переходных процессах, по IEC 61000-4-4, min, кВ	± 4
От бросков напряжения, по IEC 61000-4-5, min, кВ	± 1
От ESD при контакте, по IEC 61000-4-2, кВ	± 8
От ESD, через воздух, по IEC 61000-4-2, кВ	± 15

Таблица 6. Параметры TVS-приборов на мощность 400Вт

Наименование	Направленность	Мощность (10/1000 мкс) ном, Вт		Температура кристалла (Tj) max, °C	Тип корпуса
		25°C	150°C		
BZW04	Двух-; Одно-	400	220	175	DO-15
SM2T	Одно-	200	100	150	STmite
SM2T3V3A	Одно-	200	—	150	STmite
SMA4F	Одно-	400	200	175	SMA F2
SMAJ	Двух-; Одно-	—	270	150	SMA
SMM4F	Одно-	400	200	175	STmiteFLAT
SMM4F12AVCL	Одно-	400	320	175	STmiteFLAT
SMX1J	Одно-	85	77	150	DFN2

Таблица 7. Параметры TVS-приборов на мощность 600 Вт

Наименование	Направленность	Мощность (10/1000 мкс) ном, Вт		Температура кристалла (Tj) max, °C	Тип корпуса
		25°C	150°C		
BZW06	Двух-; Одно-	—	330	175	DO-15
P6KE	Двух-; Одно-	600	330	175	DO-15
SM6T	Двух-; Одно-	—	510	150	SMB
SMA6F	Одно-	600	300	—	SMA F2
SMA6J	Двух-; Одно-	600	300	175	SMA
SMBJ	Двух-; Одно-	600	510	150	SMB
SMLVT3V3	Одно-	600	330	175	SMB

Таблица 8. Параметры TVS-приборов на мощность 1500 Вт

Наименование	Направленность	Мощность (10/1000 мкс) ном, Вт		Температура кристалла (Tj) max, °C	Тип корпуса		
		25°C	150°C		DO-201	R6-2	SMC
1.5KE	Двух-; Одно-	1500	750	175	+	—	—
1N5908	Одно-	1500	1500	175	+	—	—
LDP35CA	Двух-	—	—	175	—	+	—
SM15T	Двух-; Одно-	1500	1250	150	—	—	+
SM5908	Одно-	1500	1500	175	—	—	+
SMCJ	Двух-; Одно-	1500	1250	—	—	—	+

Таблица 9. Параметры TVS-приборов на мощности более 1500 Вт

Наименование	Направленность	Мощность (10/1000 мкс) ном, Вт		Температура кристалла (Tj) max, °C	Тип корпуса
		25°C	150°C		
BZW50	Двух-; Одно-	5000	2750	175	R6
SMC30J	Двух-; Одно-	3000	2400	150	SMC

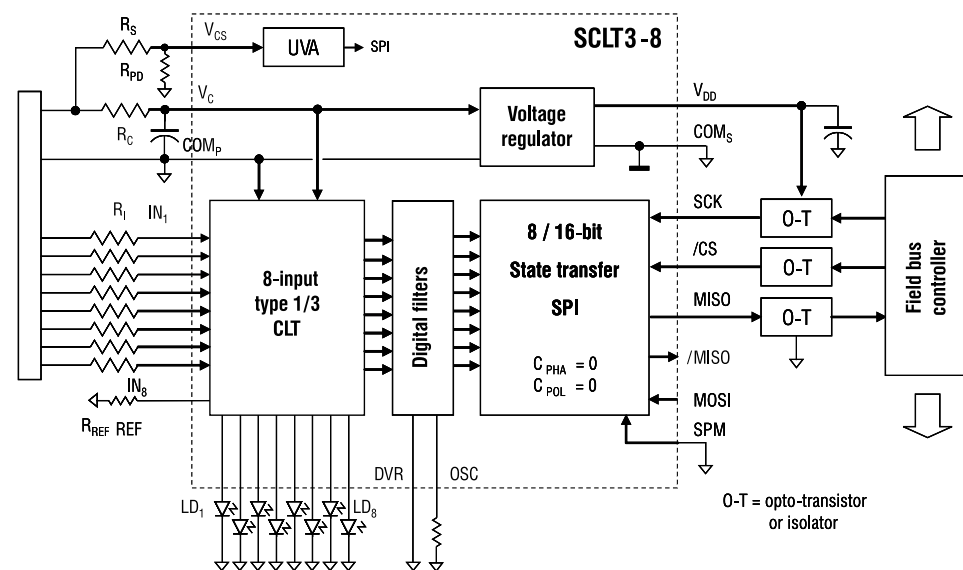


Рис. 5. Типовая схема включения SCLT3-8BT8

В таблице 8 приведены параметры TVS приборов на мощность 1500 Вт

TVS-приборы, рассчитанные на мощность более 1500 Вт

Супрессоры на мощность свыше 1500 Вт способны защитить от больших выбросов мощности такие приложения, как солнечные инверторы, системы промышленного управления и базовые станции.

Приборы обладают самой лучшей в классе производительностью при полной мощности, даже при самой высокой температуре. Супрессоры на мощность 3000 и 5000 Вт выпускаются в аксиальных и SMD-корпусах. Имеются как однополярные, так и двухполярные приборы на напряжение от 5 до 180 В.

В таблице 9 приведены параметры TVS приборов на мощность более 1500 Вт.

Таблица 10. Параметры TVS-приборов для высокой плотности мощности

Наименование	Мощность (10/1000 мкс) пот, Вт		Температура кристалла (Tj) max, °C	Тип корпуса
	25°C	150°C		
SM2T	200	100	150	STmite
SM2T3V3A	200	—	150	STmite
SMA4F	400	200	175	SMA F2
SMA6F	600	300	—	SMA F2
SMA6J	600	300	175	SMA
SMM4F	400	200	175	STmiteFLAT
SMM4F12AVCL	400	320	175	STmiteFLAT
SMX1J	85	77	150	DFN2 1.5x1x0.6

Таблица 11. Параметры приборов для защиты шин данных на ток менее 24 А

Наименование	Направленность	Количество каналов	Пиковый импульсный ток (IPP) (8/20 мкс) max, А	Температура кристалла (Tj) max, °C	Тип корпуса
ESDA-1K	Одно-	1	16	150	SOD-523
LFTVS10-1F3	Одно-	—	—	125	Flip-Chip 400u
LFTVS18-1F3	Одно-	1	5	125	Flip-Chip 400u
SPT01-335DEE	Одно-	3	2	175	uQFN-6L

TVS-приборы для высокой плотности мощности

Особую группу составляют приборы, параметры которых приведены в таблице 10, для защиты от импульсов тока и напряжения с высокой плотностью мощности.

Приборы EOS-защиты от импульсов 8/20 мкс

Приборы силовой защиты EOS 8/20 мкс производства компании ST и супрессоры совместимы со стандартом

Таблица 12. Основные параметры SPT01-335DEE

Параметр	Условие	Значение
Напряжение питания, В	—	6...32
Напряжение пробоя V_{BR} min, В	—	36
Напряжение ограничения max, В	8/20 мкс, 2 А	46
Прямой ток через датчик, мА	—	300
Прямое падение напряжения на блокирующем диоде V_F , В	IF = 300 мА	1
Ток в прямоугольном импульсе на блокирующем диоде I_{FSM} , max, А	10 мс	1
Рабочая температура, °C	—	-25...85

Таблица 13. Параметры приборов для защиты шин питания на ток более 24 А

Наименование	Направленность	Количество каналов	Пиковый импульсный ток (IPP) (8/20 мкс) max, А	Температура кристалла (Tj) max, °C	Тип корпуса
ITAxxB1	Дву-	4	40	125	SO-8
ITAxxB3	Дву-	8	40	125	SO-20
ITAxxU1	Одно-	6	40	125	SO-8
LBP01	Дву-; Одно-	1	24	150	SMB; SOT23-5L
LNBTVS	Одно-	1	250	150	SMB
SMTY18AM	Одно-	1	—	150	STmite
STIEC45-XXAS	Одно-	1	500	150	SMC

IEC 61000-4-5 и предназначены для защиты от перегрузок силовых шин или линий данных.

Отдельные приборы оптимизированы на использование в конкретных приложениях, таких как Gigabit Ethernet, Power-over-Ethernet (PoE), защита датчиков, измерительные приборы и шины питания телекоммуникационного оборудования.

Большой выбор корпусов, от 0402 до SMC, обеспечивает гибкость в выборе необходимого прибора.

Приборы для защиты от импульсов тока 8/20 мкс делятся на две группы:

- приборы для защиты шин данных на ток менее 24 А;
- приборы для защиты шин питания на ток более 24 А.

Таблица 14. Основные параметры LNBTVS

Параметр	Условие	Значение
Пиковая импульсная мощность	10/1000 мкс 8/20 мкс	до 3 кВт до 22,5 кВт
Напряжение пробоя	—	23,1...30 В
Прямое падение напряжения V_F	3 А	1,2 В
Ток утечки	25°C	0,2 мкА
Рабочая температура Tj max	—	150°C
Снижение мощности при Tj max	10/1000 мкс	1250 Вт

Рассмотрим подробно каждую из этих групп.

Приборы для защиты шин данных на ток менее 24 А

Приборы защиты линий данных от ST удовлетворяют требования стандарта IEC 61000-4-5 и имеют малень-

кие корпуса, включая flip-chip, SOD и μ QFN. Они имеют характеристики, оптимизированные для обеспечения надежности и гибкости защиты (таблица 11).

Поддерживаются такие специфичные приложения, как Power-over-Ethernet (PoE), Gigabit Internet, промышленные

Таблица 14. Параметры массивов ограничительных диодов

Наименование	Направленность	Кол-во каналов	Напряжение пробоя (Vbr) min, В	Емкость тип, пФ	IEC 61000-4-2 min, кВ	
					Разряд при контакте	Разряд по воздуху
<u>DA108S1</u>	Uni-	4	1,2	35	8	15
<u>DA112S1</u>	Uni-	4	1,2	35	8	15
<u>DALC112</u>	Uni-	6	1,3	7	8	—
<u>DALC208</u>	Uni-	—	1,2	7	8	15
<u>ESDA14V2-1BF3</u>	Bi-	1	14,2	10	8	15
<u>ESDA14V2-2BF3</u>	Bi-	2	14,2	12	8	—
<u>ESDA14V2-4BF2</u>	Bi-	4	14,2	15	8	15
<u>ESDA14V2-4BF3</u>	Bi-	4	14,2	14	8	0,1
<u>ESDA17-5SC6</u>	Uni-	5	17	33	—	—
<u>ESDA18-1F2</u>	Uni-	1	16	230	30	—
<u>ESDA25B1</u>	Bi-	6	25	15	8	15
<u>ESDA6V1-4BC6</u>	Bi-	4	6,1	45	8	15
<u>ESDA6V1-5M6</u>	Uni-	5	6,1	70	—	—
<u>ESDA6V1-5SC6</u>	Uni-	5	6,1	50	15	20
<u>ESDA6V1-5T6</u>	Uni-	5	6,1	70	8	15
<u>ESDA6V1BC6</u>	Bi-	4	6,1	20	8	15
<u>ESDA6V1S3</u>	Uni-	18	6,1	120	8	—
<u>ESDA6V1U1</u>	Uni-	6	6,1	100	8	15
<u>ESDA8V2-1J</u>	Uni-	1	8,2	210	—	—
<u>ESDA8V2-1MX2</u>	Uni-	1	8,2	350	—	30
<u>ESDAL</u>	Uni-	2	5,3	50...220	—	—
<u>ESDALC12-1T2</u>	Uni-	1	12	15	20	25
<u>ESDALC14V2-1U2</u>	Uni-	1	14,2	6	8	15
<u>ESDALC5-1BM2</u>	Bi-	1	5	26	30	—
<u>ESDALC5-1BT2</u>	Bi-	1	5	26	30	—
<u>ESDALC6-4N4</u>	Uni-	4	6	9,5	11	11
<u>ESDALC6V1-1BU2</u>	Bi-	1	6,1	5	—	15
<u>ESDALC6V1-1M2</u>	Uni-	1	6,1	22	30	30
<u>ESDALC6V1-1U2</u>	Uni-	1	6,1	12	—	—
<u>ESDALC6V1-5M6</u>	Uni-	5	6,1	12	8	—
<u>ESDALC6V1-5P6</u>	Uni-	5	6,1	12	8	15
<u>ESDALC6V1-5T6</u>	Uni-	5	6,1	7	8	—
<u>ESDALC6V1M3</u>	Uni-	2	6,1	11	11	—
<u>ESDALC6V1Px</u>	Uni-	4	6,1	12	—	15
<u>ESDALC6V1W</u>	Uni-	4	6,1	12	—	15
<u>ESDALCL5-1BM2</u>	Bi-	1	5	—	30	30
<u>ESDALCL6-2SC6</u>	Uni-	2	6	2,5	15	30
<u>ESDALCL6-4P6A</u>	Uni-	4	6	—	15	30
<u>ESDARF01-1BM2</u>	Bi-	1	,7	3	8	—
<u>ESDARF03-1BF3</u>	Bi-	1	6	0,6	—	—
<u>ESDAULC6-3BP6</u>	Bi-	3	6	1	15	—
<u>ESDAULC6-8F3</u>	Uni-	8	6	1	—	—
<u>ESDAVLC6-1BV2</u>	Bi-	1	6,1	7,5	12	15
<u>ESDAVLC8-1BM2</u>	Bi-	1	8,5	4,5	17	17
<u>ESDAVLC8-1BT2</u>	Bi-	1	8,5	4,5	17	17
<u>ESDAVLC8-1BU2</u>	Bi-	1	8,5	5	—	16
<u>ESDAVLC8-4BN4</u>	Bi-	4	8,5	4,5	16	16
<u>ESDAXLC4-1BF3</u>	Bi-	1	4	0,3	—	—
<u>ESDAXLC6-1BT2</u>	Bi-	1	6	—	16	25
<u>ESDAXLC6-1BU2</u>	Bi-	1	6	—	16	25
<u>ESDAXLC6-1MY2</u>	Uni-	1	6	0,5	8	8
<u>ESDAxxSCx</u>	Uni-	4	5,3	60...280	—	—
<u>ESDAxxxP6</u>	Bi-; Uni-	4/5	6,1	22...70	—	—
<u>ESDAxxxWx</u>	Uni-	2...5	6,1	30...90	—	15

Напряжение ограничения (V_{CL}) (30 нс) max, В	Напряжение переключения (V_{RM}) ном, В	Ток утечки (I_{RM}) max, мкА	Тип корпуса
—	—	2	SO-8
—	—	2	SO-8
—	—	2	SO-8
—	—	—	SOT23-6L
47	3	0,1	Flip-Chip 400u
—	—	—	Flip-Chip 400u
—	—	1	Flip-Chip 500u
—	—	0,5	Flip-Chip 400u
—	—	0,075	SOT23-6L
—	—	0,5	Flip-Chip 500u
—	—	2	SO-8
—	—	1	SOT23-6L
15	—	1	uQFN-6L
—	—	1	SOT23-6L
25	—	0,2	uQFN-6L
—	—	1	SOT23-6L
—	—	2	SO-20
—	—	2	SO-8
29	—	0,5	SOD-323
—	—	0,5	uQFN-2L
—	—	20	SOT23
—	—	0,2	SOD-882T
14,2	—	0,1	ST0201
12,3	—	0,05 пА	SOD-882
12,5	—	0,05 пА	SOD-882T
22	3	0,07	DFN4 1x0.8x0.4
21,5	—	0,1	ST0201
—	—	0,1	SOD-882
21	—	0,1	ST0201
—	—	1	uQFN-6L
—	—	0,07	SOT-666
28	—	0,1	uQFN-6L
—	—	0,5	SOT-883
—	—	0,5	SOT-666
—	—	1	SOT323-5L
—	3	0,001	SOD-882
23	5	0,001	SOT23-6L
25	5	0,001	SOT-666
28	—	0,3	SOD-882
—	—	0,1	Flip-Chip 400u
—	—	0,5	SOT-666
—	—	100	Flip-Chip 400u
50	3	0,05	CSPS0.275 SP 2-6
22,5	—	0,05 пА	SOD-882
22,5	—	0,05 пА	SOD-882T
21,5	—	0,1	ST0201
28	5	0,05	DFN4 1x0.8x0.4
32,5	—	0,05 пА	Flip-Chip 400u
36	3	0,07	SOD-882T
42	3	—	ST0201
23,6	—	0,1 пА	uQFN-2L
—	—	20	SOT23-5L; SOT23-6L
12	—	1	SOT-666
—	—	1	SOT-323; SOT323-5L; SOT323-6L

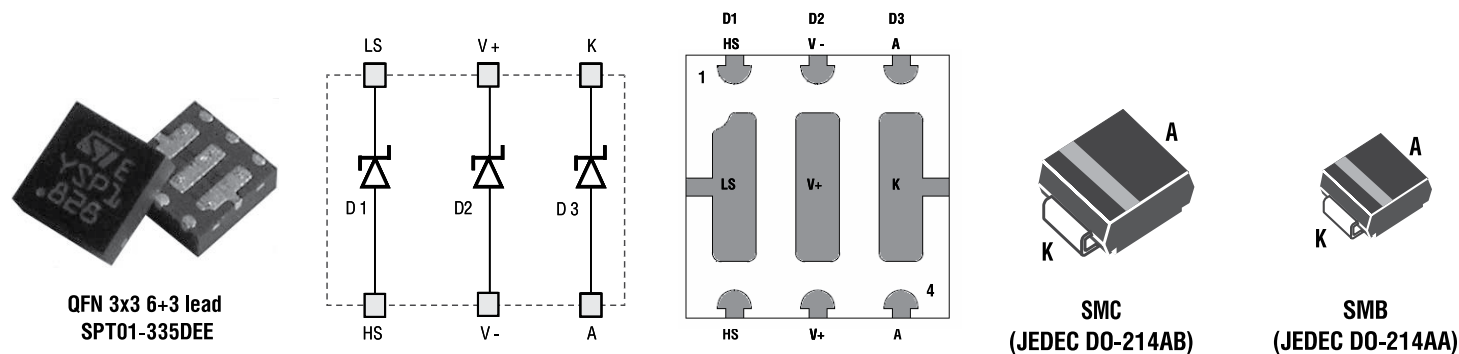


Рис. 6. Внешний вид SPT01-335DEE

Таблица 16. Параметры ИС высокоскоростных устройств ESD-защиты

Наименование	Кол-во каналов	Ток утечки (I_{RM}) max, нА	IEC 61000-4-2 min, кВ		Напряжения переключения (V_{RM}) ном, В	Напряжения пробоя (V_{br}) min, В	Полоса пропускания (-3 dB) тип, ГГц	Емкость, пФ		Напряжения ограничения (V_{CL}) (30 нс) max, В	Тип корпуса
			Разряд при контакте	Разряд по воздуху				Линия-земля	Линия-линия		
DSILC6-4xx	4	500	8	15	3	6	5	2	1	30	Flip-Chip 500u; SOT-666
DVIULC6-2x6	2	500	8	15	3	6	6	0,6	0,3	18	SOT-666; uQFN-6L
DVIULC6-4SC6	4	500	8	15	3	6	6	0,8	0,4	22	SOT23-6L
ESDAULC6-1U2	1	100	17	25	3	6	5,2	0,8	—	24	DFN2
HDMIULC6-2x6	2	500	8	15	3	6	6	0,6	0,3	18	SOT-666; uQFN-6L
HDMIULC6-4F3	4	100	8	15	3	6	7	0,7	0,4	17	Flip-Chip 400u
HDMIULC6-4SC6	4	500	8	15	3	6	6	0,8	0,4	22	SOT23-6L
HSP061-2	2	100	8	15	3	6	6	0,6	0,3	18	SOT-666; uQFN-4L; uQFN-6L
HSP061-4M10	4	70	8	15	3	6	8.7	0,6	0,3	27	DFN-10L
HSP061-4NY8	4	100	8	15	3	6	6	0,6	0,3	18	uQFN-8L
HSP061-8M16	8	100	8	15	3	6	6.5	0,6	0,3	14	uQFN-16L
HSP062-2	2	100	8	15	3	6	6	0,6	0,3	18	SOT-666; uQFN-6L
SATAULC6-2M6	2	500	8	15	3	6	6	0,6	0,3	18	uQFN-6L
SATAULC6-2P6	2	500	8	15	3	6	6	0,6	0,3	18	SOT-666

датчики, измерительные приборы и зарядные устройства.

SPT01-335DEE. Прибор для защиты автономных датчиков

Супрессор **SPT01-335** спроектирован специально для защиты 24 В датчиков приближения. Он реализует защиту от обратной полярности включения и перегрузок по напряжению, обеспечивая компактное и гибкое решение для PNP- и NPN-датчиков.

Благодаря передовым технологиям компании ST, SPT01-335 защищает датчик в полном соответствии со стандартами IEC 61000-4-2, IEC 61000-4-4 и IEC 60947-5-2 / IEC 61000-4-5. Обеспечивается полная совместимость для интерфейсов с логическими входами type 1,

2 и 3 по стандарту IEC 61131-2. Прибор рекомендован для защиты любых трехпроводных датчиков по стандарту EN 60947-5-2.

Внешний вид SPT01-335 показан на рисунке 6, а основные параметры приведены в таблице 12.

Приборы для защиты шин питания на ток более 24 А

Приборы для защиты силовых линий от ST поддерживают такие приложения, как приемники спутникового вещания (LNB), мощные DC/DC-преобразователи и источники питания телекоммуникационного оборудования. Они разработаны с учетом требований стандарта IEC 61000-4-5, обеспечивают защиту по току до 500 А,

поддерживают специфичные приложения и выпускаются в различных корпусах (см. таблицу 13).

Приборы семейства ITA оптимизированы для промышленных приложений, SLVU и PEP01 — для Ethernet or PoE, а STIEC45 — для защиты шин питания постоянного тока.

LNBTVS – Transil для защиты маломощных блоков

Супрессоры **LNBTVS** спроектированы для защиты стабилизаторов напряжения LNB от электростатических разрядов, согласно IEC 61000-4-2; MIL STD 883, method 3015 и электрических перегрузок согласно IEC 61000-4-4 и 5. Они способны обеспечить защиту от напряжения до 6 кВ в коммерческом

температурном диапазоне (до 85°C) и соответствуют IEC 61000-4-5 до температуры $T_j = 85^\circ\text{C}$.

LNBTVS выпускаются в корпусах SMB или SMC (по стандарту IPC 7531). Внешний вид LNBTVS показан на рисунке 7, а основные параметры приведены в таблице 14.

Защита от электростатических разрядов (ESD)

Следуя потребностям рынка, приборы ESD-защиты производства ST, включая супрессоры (TVS), ограничительные диоды и их массивы (Transils), фокусируются на соответствии IEC 61000-4-2, эффективности защиты при низком напряжении ограничения, надежности защиты при малом токе утечки и обеспечении целостности сигнала за счет низкой емкости и широкой полосы пропускания.

Приборы ESD-защиты выпускаются в различных типах стандартных корпусов и обеспечивают оптимизацию используемого пространства.

Приборы защиты от статического электричества (ESD) делятся на:

- массивы ограничительных диодов;
- приборы защиты высокоскоростных портов;
- приборы защиты USB-портов.

Массивы ограничительных диодов

Массивы ограничительных диодов производства ST применяются в большом количестве приложений, таких как смартфоны, аудиоаксессуары, точки продаж, глюкометры, измерительные приборы и домашние маршрутизаторы.

Они выпускаются в таких корпусах, как 0402, а также в корпусах минимального размера с 2...5 выводами.

В таблице 15 приведены параметры массивов ограничительных диодов.

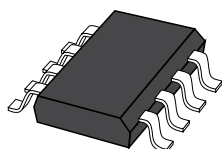
Защита высокоскоростных портов

Приборы для ESD-защиты семейства HSP производства ST предназначены для защиты высокоскоростных интерфейсов HDMI, DisplayPort™, USB3.0, Ethernet, DVI, MIPI, MHL и Thunderbolt.

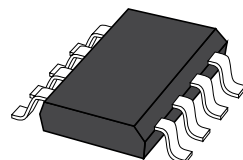
К особенностям этих приборов можно отнести широкую полосу пропускания до 13 ГГц, компактные корпуса μQFN , WLCSР и стандартные SOT, для удобства разводки и облегчения тестирования.

Приборы семейства HSP обеспечивают эффективную защиту от статического напряжения до 15 кВ и высокую степень целостности высокоскоростных сигналов.

В таблице 16 приведены параметры ИС однополярных высокоскоростных устройств ESD-защиты.



SO-8



SO-8

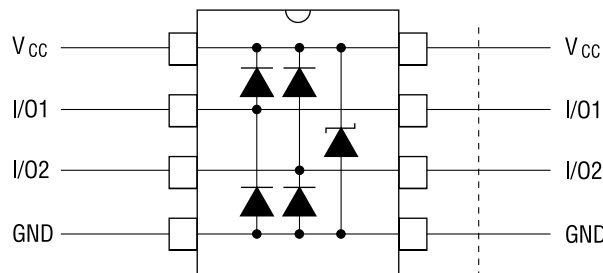


Рис. 8. Внешний вид и назначение выводов USB6B1

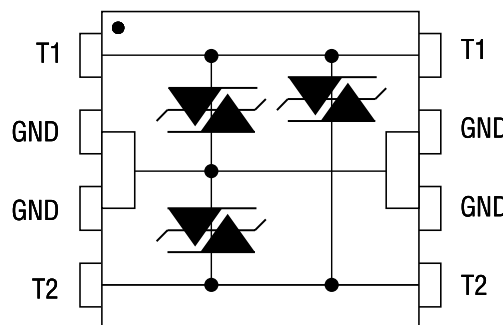


Рис. 9. Внешний вид и назначение выводов ETP01-xx21

Защита USB-портов

ST предлагает специализированные приборы для защиты линий данных USB-портов и приборы защиты VBus в одном корпусе, покрывая, таким образом, весь диапазон USB-устройств. Эти приборы пригодны для защиты линий всех USB-устройств, включая бытовые (сотовые телефоны, смартфоны, ноутбуки), промышленные и медицинские приложения.

Приборы защиты доступны для всех скоростей/версий USB, таких как USB2.0, USB3.0 и μUSB , и совместимы с VBus до напряжения 32 В

В таблице 17 приведены параметры приборов для защиты USB-устройств.

USB6B1 – супрессор для защиты шин данных

Для предотвращения выхода из строя высокоскоростных систем передачи данных компанией STMicroelectronics были разработаны специальные приборы защиты. Их очень низкая собственная емкость позволяет защищать шины с высокой скоростью передачи данных.

Прибор **USB6B1** содержит полный диодный мост с интегрированным ограничительным диодом и позволяет защитить от перегрузки две сигнальных линии. Кроме того, этот прибор, благодаря встроенному диоду Transil, защищает линии питания.

Внешний вид USB6B1 показан на рисунке 8, а основные параметры приведены в таблице 18.

Прибор USB6B1 предназначен для защиты USB портов, интерфейсов RS-

423/485, ISDN оборудования, карт T1/E1 и HDSL/ASDL интерфейсов.

Защита от электрических разрядов

Приборы защиты от электрических разрядов производства ST доступны как в виде дискретных, так и интегрированных решений и совместимы с хорошо известными мировыми телекоммуникационными стандартами:

- Telcordia GR-1089 core и TIA-968-A (FCC part 68) для Америки
- ITU-T K для остальной части мира
- YDT для Китая, на базе ITU-T K

Устройства защиты от перегрузок по мощности и току от ST, включая защитные диоды и IC (Trisils), обеспечивают защиту и надежность работы как общего, так и специализированного телекоммуникационного оборудования, включая витые пары, CO/CP, маршрутизаторы, сетевые карты, T1/E1, Ethernet, EPON, GPON, XDSL-модемы и устройства голосовой связи, которые могут быть выведены из строя мощными электрическими разрядами.

Большое разнообразие типов используемых корпусов обеспечивает гибкость при разработке и надежность при эксплуатации различных конечных приложений.

В группу приборов защиты от электрических разрядов входят:

- Дискретные супрессоры.
- Приборы защиты линий Ethernet.
- Приборы защиты других телекоммуникационных линий.
- Приборы SLIC-защиты.
- Приборы защиты xDSL-линий.

Таблица 17. Параметры однополярных приборов для защиты шин данных и питания USB-портов

Наименование	Кол-во каналов	Напряжение переключения (V_{RM}) ном, В	Ток утечки (I_{RM}) max, мкА	Напряжение пробоя (V_{BR}) ном, В	Прямое падение напряжения (V_f) max, В
USB6B1	3	5,25	10	6	—
USBL6-2	2	5,25	0,15	6	1,1
USBL6-4	4	5,25	0,15	6	0,86
USBP01-5M8	5	3	0,07	6	1,5
USBULC1606-4M8	—	—	—	6,8	—
USBULC6-2F3	2	3	0,07	6	—
USBULC6-2M6	2	5	0,5	6	—
USBULC6-3F3	3	3	0,1	6	—

Таблица 18. Основные параметры USB6B1

Параметр	Условие	Значение
Пиковая рассеиваемая мощность P_{pp}	8/20 мкс	500 Вт
Пиковый импульсный ток	8/20 мкс 2/10 мкс	25 А 40 А
Напряжение пробоя V_{BR} min	—	6 В
Рабочий температурный диапазон T_{op}	—	-40...85°C

Таблица 19. Параметры дискретных супрессоров

Наименование	Пиковый импульсный ток (I_{pp}), А			Ток утечки (I_{RM}) max, мкА	Тип корпуса
	10/1000 мкс GR1089	5/310 мкс ITU-T K20/K21	2/10 мкс GR1089		
SMP100LC	100	150	500	5	SMB
SMP100MC	100	150	500	5	SMB
SMP30	30	40	100	5	SMA
SMP50	50	65	100	5	SMA
SMP75	75	120	250	5	SMB
SMP80MC	80	120	250	5	SMB
SMP7A	50	65	100	5	SMB
TPA	50	65	100	5	DO-15

Таблица 20. Параметры приборов для защиты линий Ethernet

Наименование	Направленность	Пиковый импульсный ток (I_{pp}) max, А				Напряжение переключения (V_{RM}) max, В	Ток утечки (I_{RM}) max, мкА	Емкость (линия-линия) тип, пФ	Тип корпуса
		10/1000 мкс GR1089	5/310 мкс ITU-T K20/K21	2/10 мкс GR1089	8/20 мкс				
ETP01-xx21	Дву-	—	40	150	100	—	1	12	SO-8
PEP01-5841	Одно-	—	—	—	24	58	0,2	55	SO-8
SLVU2.8	Дву-	—	—	—	30	2,8	0,2	3	SO-8

Рассмотрим подробнее все перечисленные разновидности защитных приборов.

Дискретные супрессоры

Дискретные супрессоры, или приборы Trisils, защищают чувствительное оборудование от электрических разрядов и замыкания шин питания. Они предназначены для использования в таких приложениях, как PLC-модемы, Ethernet, POTs, CO/CP, маршрутизаторы и линии передачи данных.

Супрессоры соответствуют таким стандартам, как GR-1089 core, ITU-

T-K20/K21, VDE0433, VDE0878, IEC 61000-4-5 и FCC part 68. Очень низкое напряжение ограничения, достигающее до 8 В, позволяет защищать низковольтные изолирующие трансформаторы в каналах T1/E1 и Ethernet. Высоковольтные версии с напряжением ограничения до 400 В предотвращают замыкание силовых линий, уменьшая стоимость обслуживания в удаленных точках за счет того, что отпадает необходимость менять плавкие предохранители.

Приборы выпускаются с низким (LC) и микро- (MC) уровнями собственной емкости для совместимости с

такими цифровыми линиями передачи данных, как ADSL2 и ADSL2+.

Новые поколения дискретных супрессоров обеспечивают дополнительную экономию затрат.

В таблице 19 приведены параметры дискретных супрессоров.

Приборы защиты линий Ethernet

Приемопередатчики Ethernet не сертифицируются по IEC 61000 и должны быть защищены внешними приборами. Для защиты линий Ethernet необходимо применять различные стандарты, поскольку они используются в разноо-

Емкость тип, пФ		Напряжение ограниче- ния (V_{CL}) (30 нс) max, В	Полоса пропускания (-3 dB) тип, ГГц	IEC 61000-4-2 min (кВ)		Тип корпуса
Линия-земля	Линия-линия			Разряд при контакте	Разряд по воздуху	
25	15	—	—	15	8	SO-8
2,5	1,2	—	3	15	15	SOT-666; SOT23-6L
3	1,85	—	0,8	15	15	SOT23-6L
0,2	0,2	28	10	15	8	DFNф-8L-E
—	—	—	—	—	—	uQFN-8L
1,5	0,75	21,5	4	10	10	Flip-Chip 400u
0,95	0,5	—	6	15	15	uQFN-6L
0,85	0,43	20	8,5	8	8	Flip-Chip 400u

бразных устройствах, включая компью-
теры, мультимедиа системы, устройства
промышленной и домашней автоматиза-
ции и телекоммуникационное оборудо-
вание.

Приборы защиты линий Ethernet про-
изводства ST совместимы со стандарта-
ми IEC 61000-4-2 и IEC 61000-4-5, под-
держивают стандарты 10/100/1G/10G
Ethernet и могут использоваться для
первичной и вторичной защиты разь-
емов RJ45 или приемопередатчиков, в
зависимости от требований стандарта.

В таблице 20 приведены параметры
приборов для защиты линий Ethernet.

ETP01-xx21 – защита линий Ethernet

Семейство приборов с малой соб-
ственной емкостью **ETP01** разработано
для защиты высокоскоростных сетей
передачи данных. Технология Planar
обеспечивает соответствие стандартам
Telcordia GR1089 Intrabuilding и ITU-T
K20/21, а низкая собственная емкость
предотвращает искажение таких высо-
коскоростных сигналов, как Ethernet.
Приборы осуществляют как дифферен-
циальный, так и общий режим защиты.

Таблица 21. Основные параметры ETP01-xx21

Параметр	Условие	Значение
Telcordia GR1089 Intrabuilding	2/10 мкс	150 А
ITU-T K20/21	5/310 мкс	40 А
Емкость max	0 В	13 пФ
Пиковый импульсный ток I_{pp}	5/310 мкс	40 А
	8/20 мкс	100 А
	2/10 мкс	150 А
Неповторяющаяся перегрузка по току I_{TSM}	$t = 20$ мс	8 А
Рабочий температурный диапазон T_j	—	-40...50°C

Внешний вид **ETP01-xx21** показан
на рисунке 9, а основные параметры
приведены в таблице 21.

Приборы защиты других телекомму- никационных линий

Решения ST для защиты телеком-
муникационных линий удовлетворя-
ют большинству телекоммуникаци-
онных мировых стандартов и могут
использоваться для защиты устаревших
устройств. Их четырехточечная конфи-
гурация обеспечивает надежную защи-
ту, устраняет броски напряжения, вы-
званные паразитной индуктивностью
линий передачи данных (LdI/dt), осо-

бенно — для очень быстрых переходных
процессов. Для ISDN-интерфейса выпу-
скается специализированное семейство
TPI — приборы триполярной защиты.

В таблице 22 приведены параметры
приборов для защиты телекоммуника-
ционных линий.

Приборы SLIC-защиты

Семейство приборов SLIC от ST
предназначено для защиты абонентских
точек, маршрутизаторов, EPON, GPON
и оборудования для передачи голоса и
удовлетворяет большинству мировых
телекоммуникационных стандартов за-
щиты от электрических разрядов, кон-

Таблица 22. Параметры приборов для защиты телекоммуникационных линий

Наименование	Пиковый импульсный ток (I_{pp}), А			Ток удержания (I_h) min, А	Тип корпуса
	10/1000 μ s GR1089	5/310 μ s ITU-T K20/ K21	2/10 μ s GR1089		
THBT15011	30	—	—	150	SO-8
THBT20011	30	—	—	150	SO-8
TPI	30	40	90	150	SO-8
TTP	30	40	75	180	SO-8

Таблица 23. Параметры приборов SLIC-защиты

Наименование	Кол-во каналов	Пиковый импульсный ток (I_{pp}), А			Рабочее напряжение, В		Ток удер- жания (I_h) min, mA	Тип корпуса
		10/1000 мкс GR1089	5/310 мкс ITU-T K20/ K21	2/10 мкс GR1089	Отрица- тельное min (V_{GN})	Положи- тельное max (V_{GP})		
CLP30-200B1	2	30	40	150	200	0	150	SO-8
LCDP1521	4	15	25	70	150	0	150	SO-8
LCDP1521S	4	25	40	90	175	0	150	SO-8
LCP02-150B1	2	30	45	100	120	120	150	SO-8W
LCP12	2	45	75	150	120	120	150	SO-8W
LCP1521S	2	30	40	150	175	0	150	SO-8
LCP1531	2	25	37,5	90	175	0	150	SO-8

Таблица 24. Параметры приборов для защиты xDSL-линий

Наименование	Пиковый импульсный ток (I_{pp}) (8/20 μ s) max, А	Изменение емкости от напряжения (ΔC) typ, пФ	Ток утечки (I_{RM}) max, мкА	Тип корпуса
DDSL01	30	4	0,5	SOT23
DSL01-xxxSC5	30	3,5	0,5	SOT23-5L
DSL02	30	0,3	0,5	SOT23-5L

такта с силовыми линиями и индукционных наводок.

Выпускаемое ST семейство **LCP** предназначено для защиты всех существующих видов SLIC и совместимо с телекоммуникационными стандартами, поддерживает SLIC с одним и двумя напряжениями питания и обладает наиболее эффективной защитой благодаря программируемым логическим элементам.

Микросхемы LCP могут программироваться: напряжение порога срабатывания может следовать за напряжением цепей питания, что приводит к повышению эффективности защиты.

В таблице 23 приведены параметры приборов SLIC-защиты.

Приборы защиты xDSL-линий

Приборы для защиты DSL-линий производства ST созданы для защиты драйверов xDSL-линий от перегрузок, определенных в стандартах ITU-T K20/K21/K44 и Telcordia GR-1089 для DSL-шлюзов и DSLAM-приложений (см. таблицу 24). Они поддерживают все стандарты передачи данных, вклю-

чая ADSL, ADSL2, ADSL2+, VDSL и VDSL2. Выпускаются драйверы на весь диапазон рабочего напряжения. Наиболее широкое распространение получили драйверы в маленьких корпусах.

Основным преимуществом приборов защиты DSL-линий производства ST является то, что они объединяют возможность высокоскоростной передачи данных по DSL-линиям и эффективную защиту.

DSL01-xxxSC5 – приборы вторичной защиты для DSL-линий

Приборы **DSL01-xxxSC5** объединяют преимущества Transil, используемых для защиты от слабых выбросов напряжения, и Trisil, используемых для защиты от его мощных выбросов. Такая комбинация обеспечивает защиту высокоскоростных линий, таких как ADSL2+ и VDSL и выпуск приборов в маленьком корпусе SOT23-5L.

В режиме Transil происходит защита от ESD и слабых перегрузок без влияния на работу передающего драйвера, в то время как защита от мощных пере-

грузок будет блокировать работу драйвера, предотвращая его повреждение. Малая собственная емкость позволяет использовать DSL01-xxxSC5 для защиты линий ADSL2+ и VDSL.

Заключение

В статье были рассмотрены супрессоры (ограничительные диоды) и защитные приборы на их основе, выпускаемые компанией ST. Большая номенклатура и диапазон параметров позволяют использовать рассмотренные приборы для широкого спектра приложений, в которых необходима защита как шин питания, так и сигнальных линий. Возможность использования приборов одного производителя для обеспечения комплексной защиты узлов электронной аппаратуры может оказать существенное влияние на ценообразование при крупносерийном производстве. Маленькие корпуса позволяют использовать защитные приборы в печатных платах с высокой плотностью монтажа, что дополнительно снижает стоимость конечных изделий. Все это делает супрессоры от ST весьма привлекательными для разработчиков.

Литература

1. Protection Devices. http://www.st.com/web/en/catalog/sense_power/FM114
2. Automotive protection devices. http://www.st.com/web/en/catalog/sense_power/FM114/CL1801
3. Current limiters. http://www.st.com/web/en/catalog/sense_power/FM114/SC480
4. EOS 10/1000 microsecond surge protection. http://www.st.com/web/en/catalog/sense_power/FM114/CL1460
5. EOS 8/20 microsecond surge protection. http://www.st.com/web/en/catalog/sense_power/FM114/CL1799
6. ESD protection. http://www.st.com/web/en/catalog/sense_power/FM114/CL1137
7. Lightning surge protection. http://www.st.com/web/en/catalog/sense_power/FM114/CL1802
8. EMI Filtering and Signal Conditioning. http://www.st.com/web/en/catalog/sense_power/FM139



Компоненты защиты ST превосходят требования отраслевых стандартов



- Защита от скачков напряжения
- Защита от электростатического разряда
- Защитные диоды для антенных цепей
- Контроль и интеллектуальная защита мощной нагрузки
- Ограничители тока и перегрева

Поддержка разработчиков:
E-mail: st@compel.ru
www.compel.ru/projects-support



Компэл
www.compel.ru

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

Александр Калачев (г. Барнаул)

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ STMICROELECTRONICS В MOSFET



Силовые транзисторы **MOSFET** — то поле, на котором постоянно происходит битва технологий с целью повышения плотности энергии. Пятая модификация известной технологии **STMicro MDMesh** — это радикальное **снижение сопротивления открытого канала** за счет уменьшенного расстояния между вставками в пространственной структуре кристалла. Эти транзисторы применяются в преобразователях напряжения, корректорах коэффициента мощности, импульсных источниках питания, автомобильном оборудовании.

Одной из характерных черт современной полупроводниковой силовой электроники является постоянное повышение плотности энергии — увеличиваются рабочие напряжения, токи и рабочие частоты при уменьшении габаритов изделий и увеличении энергоэффективности. Это ставит производителей перед необходимостью постоянно совершенствовать технологии производства полупроводниковых изделий. Одними из ключевых компонентов для управления и преобразования электрической энергии являются полевые транзисторы, от которых требуются низкие потери на переключение, низкие потери проводимости и высокая эффективность рассеивания излишнего тепла.

Компания **STMicroelectronics** постоянно совершенствует технологии производства транзисторов для высоковольтных и низковольтных приложений. Ассортимент силовых транзисторов **STMicroelectronics** включает MOSFET-транзисторы для работы с напряжениями 500...1500 В, IGBT-транзисторы с предельными напряжениями 350...1300 В, а также широкий спектр биполярных транзисторов [1].

Портфолио MOSFET-транзисторов **STMicroelectronics** включает в себя р- и n-канальные транзисторы с рабочими напряжениями до 1500 В с малой емкостью затвора и низким сопротивлением открытого канала, представленные в более чем тридцати вариантах корпусов различного способа монтажа (TO-220, TO-220FP, I2PAK, D2PAK, I2PAKFP, DPAK, IPAК, TO-247, Max247, PowerFLAT и др.).

Спектр технологий компании **ST** для производства транзисторов представлен на рисунке 1 [2].

Система маркировки MOSFET-транзисторов **STMicroelectronics**, представленная на рисунке 2 [2], позволяет получить основную информацию о компоненте — максимальные рабочие токи, напряжение пробоя, тип канала и технология изготовления.

Компания **STMicroelectronics** постоянно работает над совершенствованием технологий производства. Это касается и такого большого сегмента рынка, как силовые транзисторы (силовые MOSFET). При этом переход на каждую из новых технологий дает достаточ-

но существенное улучшение характеристик. Одним из ключевых показателей является сопротивление транзистора во включенном состоянии (сопротивление «исток-сток», $R_{DS(ON)}$), чаще фигурирующее в нормализованном виде, т.е. помноженное на площадь кристалла транзистора, $R_{DS(ON)} \cdot S$.

В начале 2000-х годов **STMicroelectronics** представила на рынок технологию «Super Junction MOSFET». Базовая структура транзистора данной технологии представлена на рисунке 3 [3]. Основная идея технологии заключается в том, что исток разбит на отдельные области, связанные металлическими переходниками.

Нормализованное сопротивление открытого канала, $R_{DS(ON)} \cdot S$ (площадь транзистора) и напряжение пробоя связаны между собой и представляют так называемый «теоретический предел», зависящий от материала транзистора (рисунки 4). Усилия разработчиков были направлены на приближение $R_{DS(ON)} \cdot S$ к

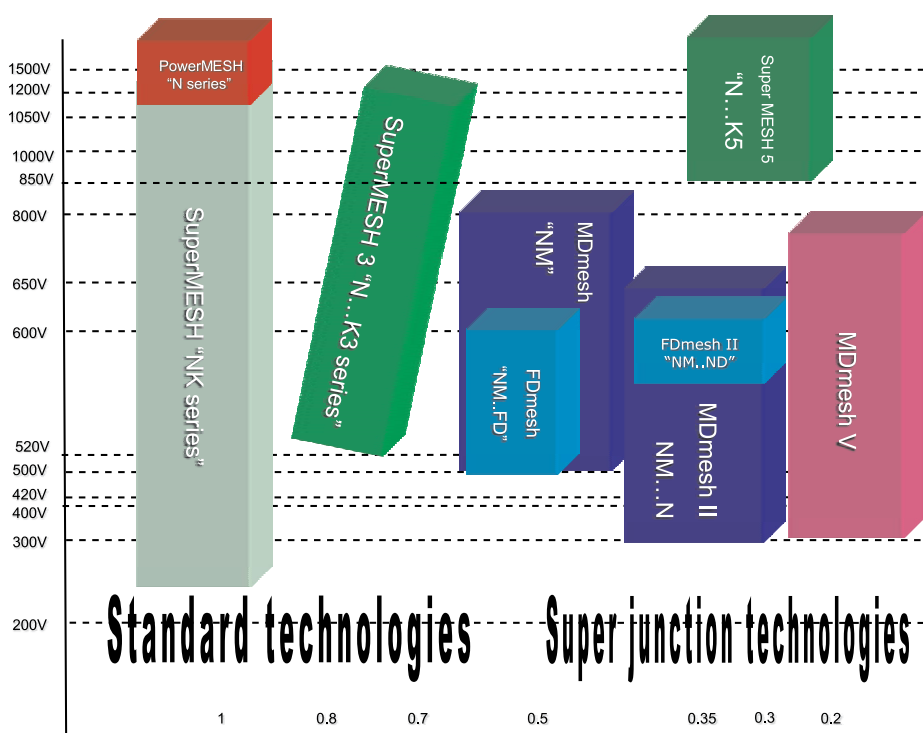


Рис. 1. Спектр технологий производства транзисторов

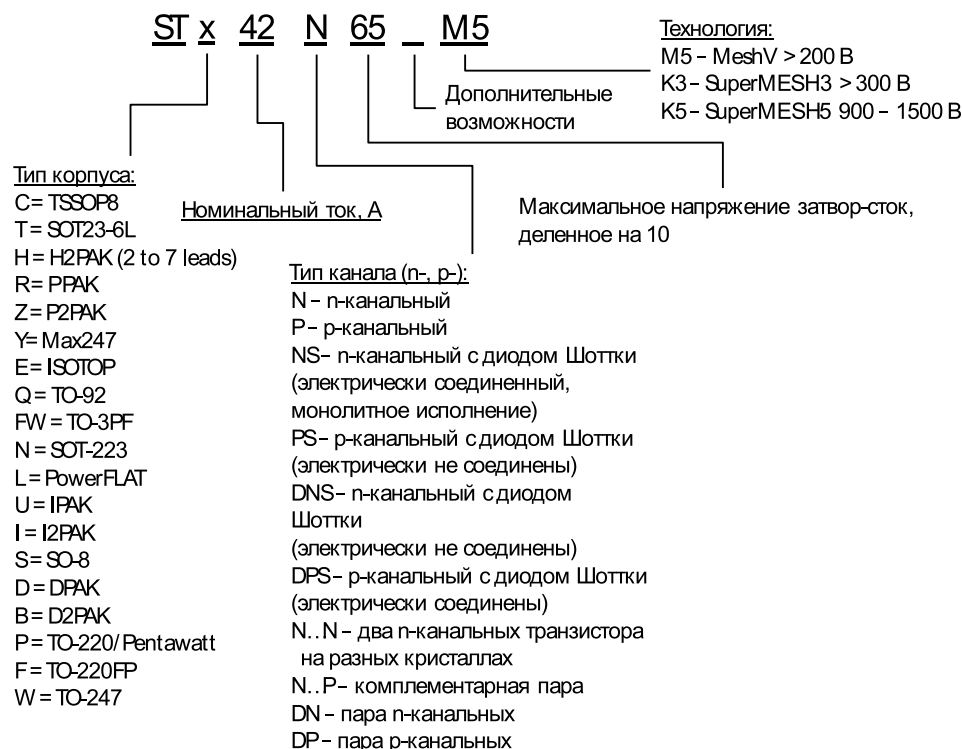


Рис. 2. Система маркировки MOSFET-транзисторов STMicroelectronics

теоретическому пределу за счет снижения $R_{DS(on)}$.

Увеличение плотности размещения областей стока позволило существенно снизить сопротивление эпитаксиального слоя и самого канала, и уменьшить его протяженность. Однако для получения требуемого напряжения пробоя необходимо увеличивать площадь кристалла, что негативно сказывается на частотных характеристиках транзистора. Теоретический предел технологии Super Junction MOSFET также представлен на рисунке 4 [3].

Развитием технологии SuperJunction явилась концепция MDmesh, воплощенная компанией в нескольких последующих поколениях транзисторов. Она заключается в следующем: в тело стока встраиваются протяженные p-области в виде полос (рисунок 5) [2].

Это позволяет снизить сопротивление эпитаксиальной n-области без снижения напряжения пробоя, а также – активное сопротивление канала. Геометрия полос и чередование p- и n-областей позволяет получить постоянную напряженность электрического поля во всем объеме сто-

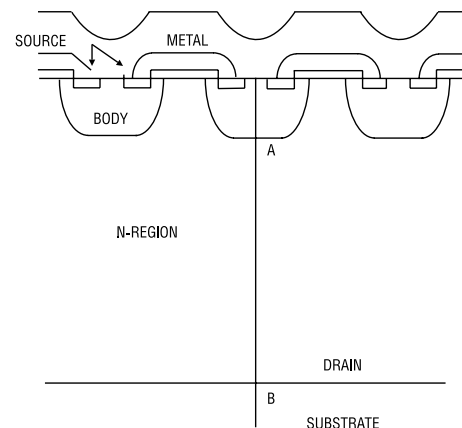


Рис. 3. Структура транзистора технологии SuperJunction MOSFET

ка, несмотря на низкое сопротивление проводящей области [2, 3].

Технология MDmesh позволяет вплотную приблизиться к идеальному теоретическому пределу для кремния (рисунок 4).

Дальнейшее развитие технологии связано с оптимизацией трехмерной структуры транзистора. Таким образом, следующее поколение транзисторов технологии MDmesh II обладает примерно на 40% меньшим показателем $R_{DS(on)} \cdot S$ (среднее значение $30 \text{ мОм} \cdot \text{см}^2$), чем транзисторы первой версии. Дальнейшее уменьшение размеров полос p-вставок и уменьшение расстояния между ними в технологии MDmesh V дало снижение $R_{DS(on)} \cdot S$ на 40% по сравнению с MDmeshII. Устойчивое снижение $R_{DS(on)} \cdot S$ от технологии к технологии иллюстрирует рисунок 6 [3].

По сравнению с предыдущей транзисторной технологией MDmesh II, в технологии MDmesh V изменена структура вставок, уменьшен шаг их следования,

Таблица 1. Параметры транзисторов технологии SuperMesh3

Максимальное напряжение, U_{DSS} , В	Максимальное напряжение открытого канала, $R_{DS(on)}$, Ом	Наименование	Тип корпуса
450	3,5	STx3N45K3	SOT-223/SO-8/IPAK
525	2,6	STx4N52K3	TO-220/FP/TO-247/DPAK
	1,5	STx5N52K3	TO-220/FP/DPAK/D2PAK/IPAK
	1,2	STx6N52K3	TO-220/FP/DPAK/D2PAK
	0,98	STx7N52K3	TO-220/FP/DPAK/D2PAK
	1,15	STx7N52DK3	TO-220/FP/DPAK
620	3	STx2N62K3	TO-220/FP/DPAK/IPAK
	2,5	STx3N62K3	TO-220/FP/DPAK/D2PAK/IPAK/I2PAK
	2,0	STx4N62K3	TO-220/FP/DPAK/D2PAK/IPAK/I2PAK/PowerFLAT_5x6
	1,6	STx5N62K3	TO-220/FP/DPAK/D2PAK/IPAK
	1,28	STx6N62K3	TO-220/FP/DPAK/D2PAK/IPAK/I2PAK/PowerFLAT_5x6_HV
	0,75	STx10N62K3	TO-220/FP/I2PAK
	0,38	STx17N62K3	TO-220/FP/TO-247
650	1	STx10N65K3	TO-220/FP

Таблица 2. Параметры транзисторов технологии MDmesh II

Максимальное напряжение, U_{DSS} , В	Максимальное напряжение открытого канала, $R_{DS(on)}$, Ом	Наименование	Тип корпуса
500	0,790	<u>STx8NM50N</u>	DPAK/TO-220/TO-220FP
	0,630	<u>STx10NM50N</u>	DPAK/TO-220/TO-220FP
	0,470	<u>STx11NM50N</u>	DPAK/TO-220/TO-220FP
	0,320	<u>STx14NM50N</u>	D2PAK, DPAK/TO-220/TO-220FP
	0,250	<u>STx19NM50N</u>	D2PAK-TO-247-TO-220/FP
	0,190	<u>STx23NM50N</u>	D2PAK-TO-247-TO-220/FP
	0,158	<u>STx28NM50N</u>	D2PAK-TO-247-TO-220/FP
	0,043	<u>STW60NM50N</u>	TO-247
	0,022	<u>STY105NM50N</u>	Max247
600	0,900	<u>STx7NM60N</u>	DPAK/TO-220/TO-220FP
	0,745	<u>STx9NM60N</u>	DPAK/TO-220/TO-220FP
	0,550	<u>STx10NM60N</u>	DPAK/TO-220/TO-220FP
	0,600	<u>STx10NM60ND</u>	DPAK/TO-220/TO-220FP
	0,360	<u>STx13NM60N</u>	DPAK/TO-220/TO-220FP
	0,285	<u>STx18NM60N</u>	D2PAK-TO-247-TO-220/FP
	0,220	<u>STx22NM60N</u>	D2PAK-TO-247-TO-220/FP
	0,190	<u>STx24NM60N</u>	D2PAK-TO-247-TO-220/FP
	0,165	<u>STx26NM60N</u>	D2PAK-TO-247-TO-220/FP
	0,105	<u>STX34NM60N</u>	D2PAK-TO-247-TO-220FP
	0,110	<u>STx34NM60ND</u>	TO-247-TO-220
	0,070	<u>STW48NM60N</u>	TO-247
	0,060	<u>STW56NM60N</u>	TO-247
	0,049	<u>STW62NM60N</u>	TO-247
	0,029	<u>STY100NM60N</u>	Max247
650	0,410	<u>STx11NM65N</u>	TO220/FP/DPAK
	0,350	<u>STx15NM65N</u>	TO-220
	0,250	<u>STx20NM65N</u>	TO-220

применен более эффективный диффузионный процесс, повышен уровень легирования p-области.

Снижение сопротивления канала в транзисторах технологии MDmesh V позволяет существенно снизить потери в схемах коррекции коэффициента мощности и в первичных преобразователях напряжения питания. Это, в свою очередь, позволяет повысить эффективность преобразователей и корректоров, уменьшить габариты устройств за счет меньших размеров радиаторов и уменьшения площади печатной платы.

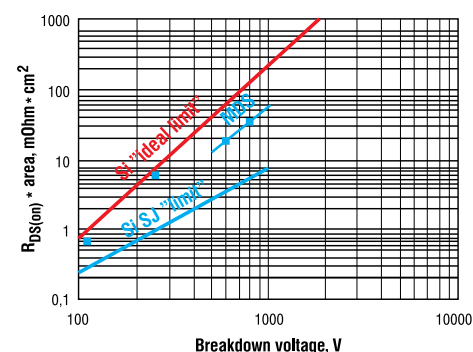
В каждой из технологий производства транзисторов компания STMicroelectronics представляет серии на различные диапазоны напряжений, высоковольтные версии транзисторов, а также транзисторы с диодами с малым временем восстановления.

Некоторые параметры транзисторов STMicroelectronics различных технологий представлены в таблицах 1...7.

Для некоторых серий одного и того же эшелона напряжений и токов сопротивление канала транзисторов технологии MDmeshV оказывается существенно ниже, что при прямой замене аналогичных по напряжению и токам транзисторов может дать неплохой выигрыш за счет сокращения потерь проводимости. Помимо этого, транзисторы технологии MDmesh V обладают меньшими потерями на переключение по сравнению с аналогами.

Улучшение характеристик транзисторов дает и заметное улучшение характеристик схем на их основе. К примеру, возьмем отладочную плату корректора коэффициента мощности **STEVALL-ISE001V1** [4], работающего по методу фиксированного времени выключенного состояния.

Применение в отладочной плате транзистора **STW88NM65M5** дает прирост эффективности на несколько десятых процента (цифра может показать-

Рис. 4. Зависимость $R_{DS(on)}$ от напряжения пробоя

ся малой, но речь идет о мощностях 500...2000 Вт, и при длительной непрерывной работе экономия будет ощутимой). Что не менее важно, снижается рабочая температура транзистора при работе под нагрузкой. Особенно это заметно при больших мощностях [2].

Транзисторы технологии FDmesh разработаны специально для схем мо-

Таблица 3. Параметры транзисторов технологии MDmesh V

Максимальное напряжение, U_{DSS} , В	Максимальное напряжение открытого канала, $R_{DS(ON)}$, Ом	Наименование	Максимальный постоянный ток, I_d , А	Тип корпуса
550	0,080	<u>STx36N55M5</u>	29	TO-220/TO-220FP/D2PAK
	0,100	<u>STx32N55M5</u>	25	TO-220/TO-220FP/D2PAK/I2PAK/TO-247
	0,240	<u>STx18N55M5</u>	14	TO-220/TO-220FP/D2PAK/DPAK
650	0,017	<u>STY139N65M5</u>	130	Max247
	0,029	<u>STx88N65M5</u>	84	TO-247
	0,045	<u>STW69N65M5</u>	60	TO-247/TO-3P
	0,059	<u>STx60N65M5</u>	45	TO-247/TO-3PF
	0,063	<u>STx57N65M5</u>	42	TO-220/TO-220FP/D2PAK/I2PAK/TO-247
	0,078	<u>STx45N65M5</u>	31	TO-220/TO-220FP/D2PAK/TO-247
	0,110	<u>STx34N65M5</u>	29	TO-220/TO-220FP/D2PAK/TO-247
	0,148	<u>STx31N65M5</u>	22	TO-220/TO-220FP/D2PAK/I2PAKFP/TO-247
	0,190	<u>STx20N65M5</u>	18	TO-220/TO-220FP/I2PAKFP/TO-247
	0,220	<u>STx18N65M5</u>	15	TO-220/TO-220FP/D2PAK/DPAK
	0,340	<u>STx15N65M5</u>	11	TO-220/TO-220FP/I2PAKFP/DPAK
	0,480	<u>STx11N65M5</u>	9	TO-220/TO-220FP/I2PAK/DPAK/IPAK
	1,200	<u>STL3N65M5</u>	2.5	PowerFLAT

Таблица 4. Параметры транзисторов технологии FDmesh II с диодами с малым временем восстановления

Максимальное напряжение, U_{DSS} , В	Максимальное напряжение открытого канала, $R_{DS(ON)}$, Ом	Максимальный заряд паразитной емкости диода, Q_{rr} , мкКл	Наименование	Тип корпуса
500	0,380	<1	STx12NM50ND	DPAK/D2PAK
600	0,700	<1	STx8NM60ND	DPAK/TO-220/FP
	0,450	<1	STx11NM60ND	DPAK/TO-220/FP
	0,299	<1	STx15NM60ND	D2PAK/TO-220/TO-247
	0,220	<1	STx21NM60ND	D2PAK/TO-220/TO-247
	0,180	<2	STx23NM60ND	D2PAK/TO-220/TO-247
	0,160	<2	STx25NM60ND	D2PAK/TO-220/TO-247
	0,130	<2	STx30NM60ND	D2PAK/TO-220/FP/TO-247
	0,110	<2	STx34NM60ND	TO-220/TO-247
	0,088	<2	STx43NM60ND	D2PAK/TO-220/FP/TO-247
	0,060	<2	<u>STW55NM60ND</u>	TO-247
	0,085	<2	<u>STW48NM60ND</u>	TO-247
	0,060	<2	<u>STW56NM60ND</u>	TO-247
650	0,067	<2	STW53NM65ND	TO-247
	0,065	<2	STW54NM65ND	TO-247
	0,057	<2	STW62NM65ND	TO-247

Таблица 5. Параметры транзисторов технологии FDmesh V с диодами с малым временем восстановления

Максимальное напряжение, U_{DSS} , В	Максимальное напряжение открытого канала, $R_{DS(ON)}$, Ом	Наименование	Тип корпуса
650	0,031	STW88N65DM5	TO-247
	0,085	STP/W/B57N65DM5	D2PAK/TO-220/TO-247
	0,230	STD18N65DM5	DPAK/TO-220FP/TO-220

Таблица 6. Параметры высоковольтных транзисторов VHV

Максимальное напряжение, U_{DSS} , В	Наименование	Максимальное напряжение открытого канала, $R_{DS(ON)}$, Ом	Тип корпуса
1500	<u>STW9N150</u>	2,5	TO-247
	<u>STx4N150</u>	7	TO-247/TO-3PF/TO-220/H2PAK
	<u>STx3N150</u>	9	TO-247/TO-3PF/TO-220/H2PAK
1700	<u>STx3N170*</u>	13	TO-247/TO-3PF/TO-220

Таблица 7. Высоковольтные транзисторы SuperMesh V

Максимальное напряжение, U_{DSS} , В	Максимальное напряжение открытого канала, $R_{DS(ON)}$, Ом	Наименование	Тип корпуса
800	1,2	<u>STx7N80K5</u>	TO-220/FP/DPAK/PowerFLAT
	0,95	<u>STx8N80K5</u>	TO-220/FP/I2PAKFP/DPAK/PowerFLAT
	0,375	<u>STx12N80K5</u>	TO-220/FP/D2PAK/TO-247
	0,260	<u>STx25N80K5</u>	TO-220/TO-220FP/TO-247
850	0,275	<u>STx23N85K5</u>	PowerFLAT/TO-247
900	0,299	<u>STx21N90K5</u>	TO-220/TO-220FP/TO-247/D2PAK
950	1,25	<u>STx6N95K5</u>	IPAK/DPAK/TO-220/TO-220FP/TO-247
1200	0,330	<u>STx20N95K5</u>	TO-220/TO-220FP/TO-247/D2PAK
	0,690	<u>STx12N120K5</u>	TO-220/TO-3PF/TO-247

Таблица 8. Аналоги популярных MOSFET-транзисторов от STMicroelectronics

Транзисторы ST	Аналоги других производителей					
	Infineon	NXP	Fairchild	ONS	Vishay	IR
<u>STB120NF10T4</u>			<u>FDB3632</u>			
<u>STB14NK50ZT4</u>			<u>FDB15N50</u>		<u>IRF840SPBF</u>	
<u>STB30NF20</u>						<u>IRFS31N20D</u>
<u>STB6NK60ZT4</u>						
<u>STB75NF75T4</u>			<u>FDB16AN08A0</u>		<u>SUB75N08-10</u>	<u>IRF2807S</u>
<u>STB80N20M5</u>						
<u>STD20NF06LT4</u>				<u>NTD20N06L</u>		
				<u>NTD20N06LT4G</u>		
<u>STD20NF20</u>		<u>PSMN130-200D</u>				<u>IRFR4620PBF</u>
<u>STD2HNK60Z</u>					<u>IRFRC20PBF</u>	
<u>STD2HNK60Z-1</u>					<u>IRFUC20</u>	
<u>STD30NF06LT4</u>						<u>IRLR2905PBF</u>
<u>STD30NF06T4</u>				<u>NTD32N06</u>		<u>IRFR1205PBF</u>
<u>STD3NK50Z-1</u>				<u>NDD03N50Z-1G</u>	<u>IRFU420PBF</u>	
					<u>IRFU420APBF</u>	
<u>STD3NK50ZT4</u>					<u>IRFR420PBF</u>	
					<u>IRFR420APBF</u>	
<u>STD5N52K3</u>					<u>IRFR430PBF</u>	
					<u>IRFR430APBF</u>	
<u>STD5NK40Z-1</u>					<u>IRFU320PBF</u>	
<u>STD5NK40ZT4</u>					<u>IRFR320TRPBF</u>	
<u>STD5NK50ZT4</u>						
<u>STD60NF06T4</u>						<u>IRFR3806</u>
						<u>IRFR2405</u>
<u>STF18NM80</u>	<u>SPA17N80C3</u>					
<u>STF19NF20</u>			<u>FOPF19N20</u>		<u>IRFI640GPBF</u>	
<u>STP4NK80Z</u>					<u>IRFBE30</u>	
<u>STP5N52K3</u>					<u>IRF830PBF</u>	
<u>STP6N62K3</u>					<u>IRFBC40</u>	
					<u>IRFBC40A</u>	
<u>STW18NM80</u>	<u>SPW17N80C3</u>					
<u>STW19NM50N</u>	<u>SPW16N50C3</u>				<u>IRFP23N50L</u>	
					<u>IRFP22N50A</u>	
					<u>IRFP460N</u>	

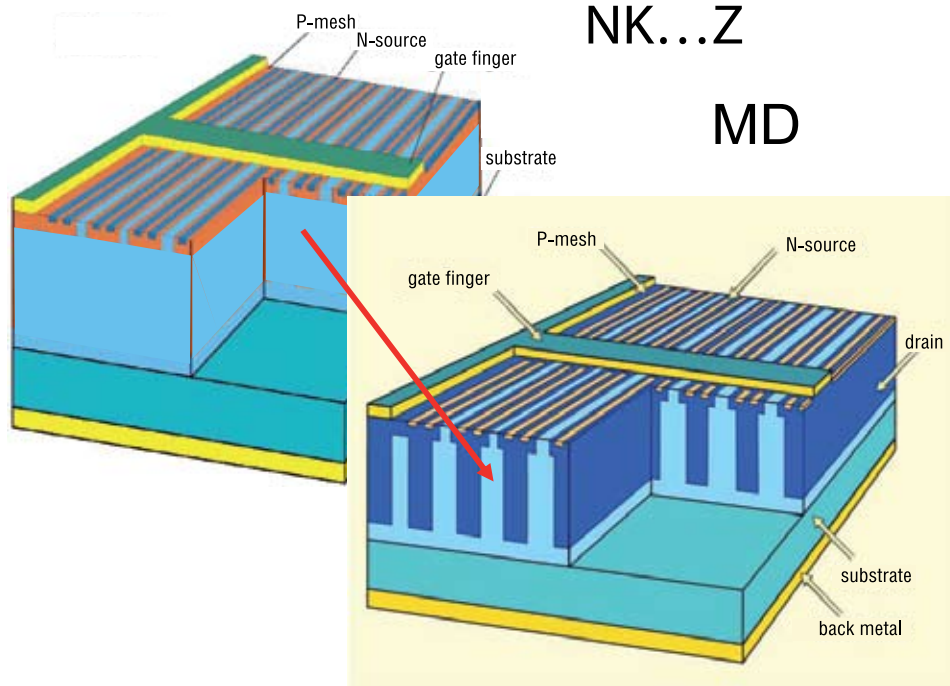


Рис. 5. Сравнение структуры транзисторов в технологиях SuperJunction и MDmesh

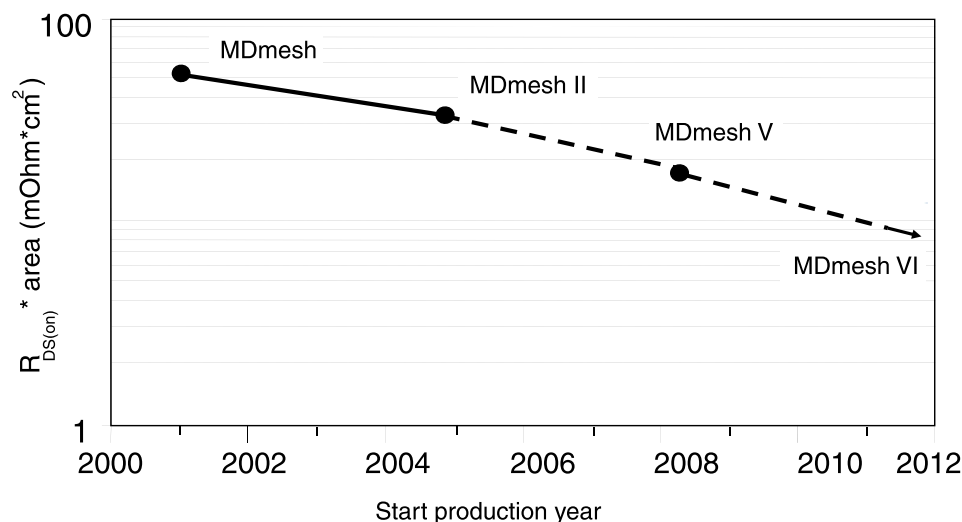


Рис. 6. Снижение $R_{DS(on)}$ по мере развития технологий производства

стовых преобразователей, выпрямителей и прекрасно подходят для импульсных высокочастотных схем. Обладают малым временем восстановления диода, высокой скоростью нарастания напряжения на выходе (dU/dt).

Одним из примеров таких схем является схема инверторов для солнечных батарей.

Транзисторы технологии FDmesh V рассчитаны на применение в импульсных источниках питания, инверторах, преобразователях напряжения, в том числе — в источниках альтернативной энергии (ветрогенераторы, солнечные батареи).

Высоковольтные транзисторы технологии SuperMesh V при крайне низком сопротивлении канала обладают рабочи-

ми напряжениями до 1200 В. Доступен широкий выбор компактных корпусов, в том числе — корпусов для поверхностного монтажа, включая новые корпуса FlatPOWER.

Заключение

Вариация рабочих параметров и корпусных исполнений транзисторов STMicroelectronics позволяет подобрать оптимальное решение для любого диапазона рабочих напряжений и областей применения. Эти транзисторы применяются в преобразователях напряжения, корректорах коэффициента мощности, импульсных источниках питания, автомобильном оборудовании.

Компания КОМПЭЛ, совместно с STMicroelectronics, выводит на массо-

вый рынок аналоги [6] (таблица 8) широко используемых полевых транзисторов таких производителей, как:

- International Rectifier,
- Infineon,
- Vishay,
- ON Semiconductor,
- Fairchild.

Ценовая политика STMicroelectronics и превосходные параметры производимых ею MOSFET-транзисторов во многих случаях способны склонить чашу весов в свою сторону.

Литература

1. Power MOSFETs — STMicroelectronics//http://www.st.com/web/en/catalog/sense_power/FM100/CL824
2. Maurizio Giudice. ST High Voltage Power MOSFET//<http://www.compel.ru/wordpress/wp-content/uploads/2012/04/HV-Power-MOSFET.pdf>
3. AN3994 — Application note. Managing the best in class MDmesh™ V and MDmesh™ II super junction technologies: driving and layout key notes//http://www.arroweurope.com/nc/about-arrow/download-center.html?jumpurl=fileadmin%2Fuser_upload%2Fdownload%2FEvent%2520documents%2F2012-01_-_Hardware_Forum%2FAN3994.pdf&juSecure=1&locationData=72%3Att_content%3A3795&juHash=573b3054cc
4. AN2951. Application note 3 kW fixed-off-time (FOT) power factor correction//http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/application_note/CD00228417.pdf?s_searchtype=keyword
5. AN2794 Application note 1 kW dual stage DC-AC converter based on the STP160N75F3//http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/application_note/CD00201961.pdf?s_searchtype=keyword
6. Аналоги популярных MOSFET от STMicroelectronics//<http://www.compel.ru/2012/10/12/aktsiya-analogi-populyarnyih-mosfet-v-roznitsu-po-optovym-tsenam/>

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