

Силовые модули и радиационно-стойкие компоненты

для источников питания компании Intersil

Юрий Петропавловский

Компания Intersil является лидером в разработке и производстве высокопроизводительных аналоговых, аналого-цифровых микросхем и микросхем управления питанием. В последние годы фирма сосредоточивает усилия на нескольких быстрорастущих направлениях в промышленности и сетевых инфраструктурах (53% продукции в 2011 г.), персональных компьютерах (25%) и на потребительском рынке (22%).

В 2008 г. Intersil подписала окончательное соглашение о приобретении частной компании Zilker Labs, не имеющей собственных производственных мощностей и занимающейся разработкой энергоэффективных интегральных схем цифрового управления питанием. Zilker Labs принадлежит запатентованная инновационная технология Digital-DC. Эта технология сочетает преобразование энергии с управлением архитектурой, что позволяет интегрировать синхронные импульсные стабилизаторы, адаптивные драйверы полевых транзисторов и цифровые интерфейсы управления в одной микросхеме. Такой подход обеспечивает высокую эффективность, гибкость и масштабируемость при одновременном уменьшении массо-габаритных показателей изделий и упрощении их конструкций за счет сокращения дискретных компонентов. После заключения соглашения Intersil немедленно приступила к внедрению технологии Digital-DC для реализации решений в областях связи и обработки данных для промышленности и энергетики.

Значительную часть продукции компании составляют интегральные схемы и модули управления питанием. В каталоге фирмы 2012 г. представлены следующие продукты данной категории [2]:

- устройства управления аккумуляторными батареями;
- компоненты источников питания (ИП) компьютеров серий VRM/IMVP;
- компоненты ИП дисплеев;
- устройства «горячего» подключения (Hot Plug);
- компоненты для изолированных ИП;
- драйверы светодиодов;
- линейные стабилизаторы;
- стабилизаторы для питания внешних конвертеров спутниковых приемников (LNB Regulator);
- драйверы полевых транзисторов;
- силовые модули;
- импульсные контроллеры;
- импульсные стабилизаторы напряжения;
- цифровые ИП компании Zilker Labs.

Силовые модули

Компания предлагает ряд локализованных к нагрузке высокоинтегрированных модулей (POL DC/DC) в корпусах QFN, в состав которых включено большинство необходимых компонентов для реализации эффективных преобразователей напряжения, что позволяет сократить время разработки изделий, сэкономить место на платах и уменьшить затраты на конечные продукты. В последние годы стабилизаторы напряжения, локализованные к нагрузке (ЛНС), широко используются для обеспечения низковольтного питания ядер мощных микропроцессоров компьютеров различных типов. При переключении режимов работы мощных микропроцессоров потребляемый ими ток изменяется ступенчато, что дает существенные преимущества ЛНС в сравнении с централизованным питанием от DC/DC-преобразователей. ЛНС широко используются в военных и аэрокосмических приложениях, в которых межблочная изоляция и модульность являются обязательными требованиями [3].

В портфеле предложений компании 2012 г. шесть типов аналоговых и два типа цифровых силовых модулей. С сайта компании можно свободно загрузить программное обеспечение Intersil Zilker Labs PowerNavigator, позволяющее производить простую настройку и мониторинг нескольких цифровых DC/DC-преобразователей напряжения с помощью

Компания Intersil (г. Милпитас, США) была основана в 1967 г. сотрудником группы Уильяма Шокли — физиком-теоретиком Жаном Эрнэ (Jean Amédée Hoerni, 1924–1997) в целях создания производства электронных часов и является одной из первых электронных компаний, появившихся в «кремниевой долине» Калифорнии. В 1980 г. Intersil была приобретена компанией General Electric и объединена с полупроводниковым подразделением фирмы RCA. В 1988 г. полупроводниковый бизнес GE перешел к Harris Corporation, а в 1999 г. Intersil вновь стала независимой компанией [1]. Компания имеет собственное производство полупроводниковых пластин микросхем, предназначенных для жестких условий эксплуатации, в том числе с высокими уровнями радиации (Rad-Hard) в Палм-Бич (Флорида). Дистрибьюторами Intersil в России являются фирмы Avnet Мемес и RUTRONIK.

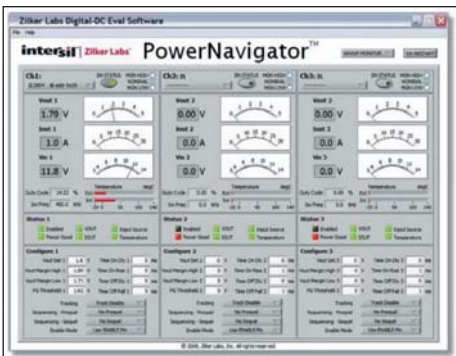


Рис. 1. Пользовательский интерфейс PowerNavigator

ПК с интерфейсом USB (пользовательский интерфейс PowerNavigator показан на рис. 1). С помощью этого ПО легко можно изменять характеристики и архитектуру цифровых преобразователей компании через обычный графический интерфейс пользователя. Можно также свободно загрузить ряд программных продуктов и драйверов для Windows 7/Vista/XP, облегчающих разработку и эмуляцию различных силовых приложений на базе продуктов Intersil и других производителей.

Классификационные параметры аналоговых (ISL...) и цифровых (ZL...) силовых модулей компании из каталога 2012 г. приведены в таблице 1. Рассмотрим особенности некоторых устройств более подробно.

ISL8200AM

Простые в применении силовые модули этой серии (рис. 2, 3) предназначены для питания силовых микросхем FPGA, систем передачи данных, телекоммуникационных устройств, серверов, промышленного и медицинского оборудования. Для реализации DC/DC-преобразователей дополнительно требуется несколько пассивных компонентов, включая резистор для установки выходного напряжения. При необходимости увеличения выходного тока до 20–60 А возможно параллельное включение двух-шести модулей. Точное распределение токов в параллельных ветвях преобразователей обеспечивается запатентованной технологией Multi-phase Operation, при использовании которой значительно уменьшается уровень пульсации выходного напряжения. Выходное напряжение модулей устанавливается с высокой точ-

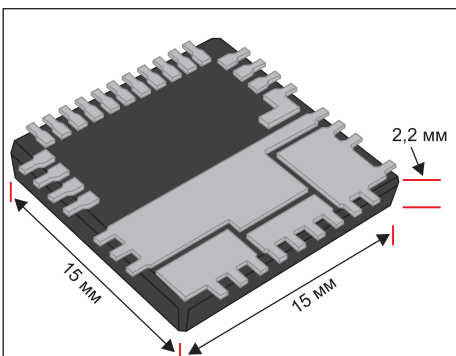


Рис. 2. Внешний вид модуля ISL8200AM

Таблица 1. Параметры силовых модулей Intersil (Datasheet 2012)

| Тип модуля | U _{вх мин} , В | U _{вх макс} , В | U _{вых мин} , В | U _{вых макс} , В | I _{вых макс} , А | I _{потр} , мА | КПД, % | Примечания |
|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|--------|--------------------------------------|
| ISL8200AM, ISL8200MM, ISL8200M* | 3 | 20 | 0,6 | 6 | 10 | 36 | 94 | POR, корпус 23 Ld QFN (15×15×2,2 мм) |
| ISL8206M | 1 | 20 | 0,6 | 6 | 6 | 13 | 95 | POR, корпус 15 Ld QFN (15×15×3,5 мм) |
| ISL8204M | | | | | 4 | | | |
| ISL8201M | | | | | 5 | | | |
| ISL8225M | 2 | 20 | 0,6 | 6 | 30 | 10 | 94 | корпус 21 Ld QFN (15×15×3,5 мм) |
| ZL9117M | 4,5 | 13,2 | 0,6 | 3,6 | 17 | 20 | 94 | POR, корпус 21 Ld QFN (15×15×3,5 мм) |
| ZL9101M | | | | 4 | 12 | | | |

Примечание: Приведена пиковая эффективность (КПД) модулей. POR (Power-on-Reset) — сброс по включению питания, сигнал сброса формируется до момента достижения выходного напряжения безопасной для потребителя величины. POR обеспечивает быстрый запуск питаемых устройств (микропроцессоров) из спящего режима и режима ожидания.
* Диапазон рабочих температур модуля серии ISL8200M — -55...+125 °С, остальных модулей — -40...+85 °С.

ностью вплоть до минимального значения 0,6 В ±1% независимо от отклонений входного напряжения, выходного тока и температуры в заявленных пределах. Эксплуатация модулей не требует применения принудительного воздушного охлаждения, а малая высота корпуса позволяет устанавливать их на обратной стороне печатных плат. Модули удовлетворяют требованиям директивы RoHS. Основные особенности и параметры устройств:

- программируемый фазовый сдвиг (1–6 фаз);
- низкий профиль корпуса (2,2 мм);

- установка выходного напряжения одним резистором;
- встроенные схемы защиты от высокого и низкого напряжения, от перегрузки по току и перегрева;
- электростатическая прочность: 2 кВ (HBM по стандарту JESD22-A114E); 200 В (Machine по стандарту JESD22-A115-A); 1 кВ (CDM по стандарту JESD22-C101C);
- тепловое сопротивление «кристалл–окружающая среда» — 13 °С/Вт; «кристалл–корпус» — 2 °С/Вт;

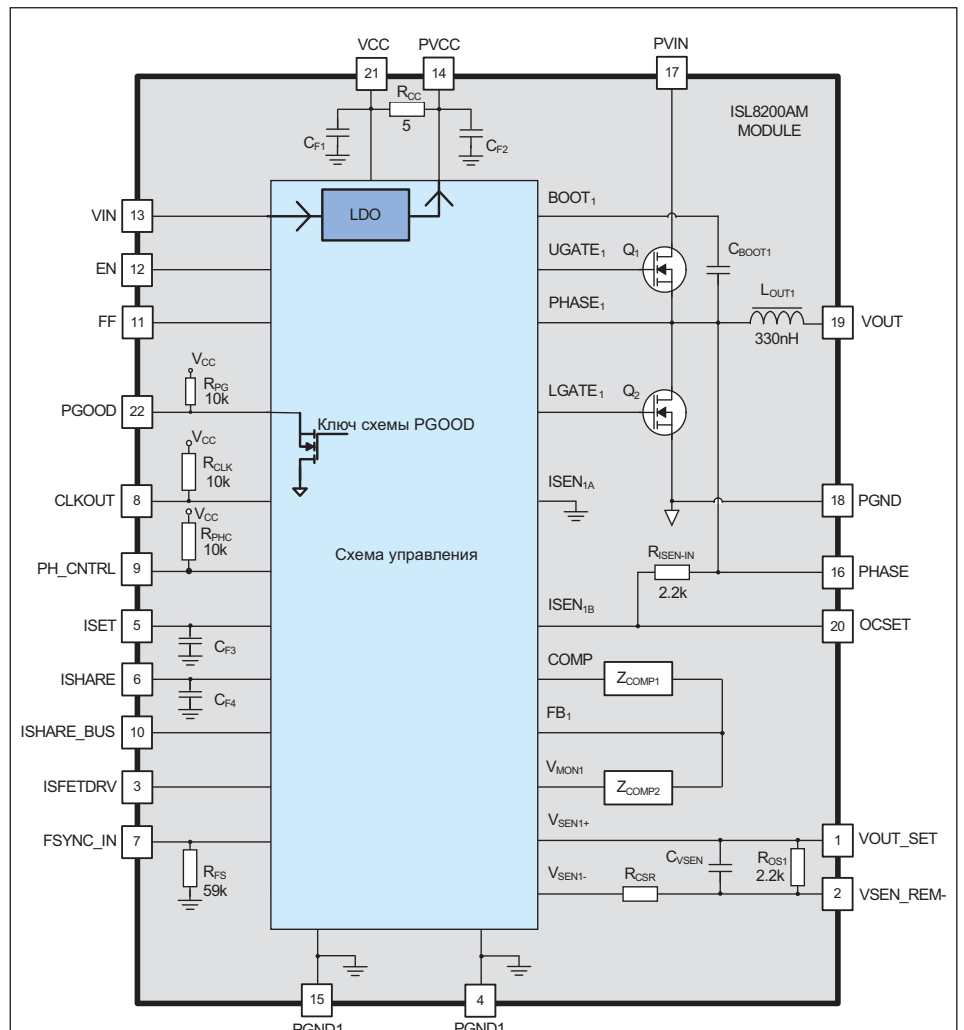
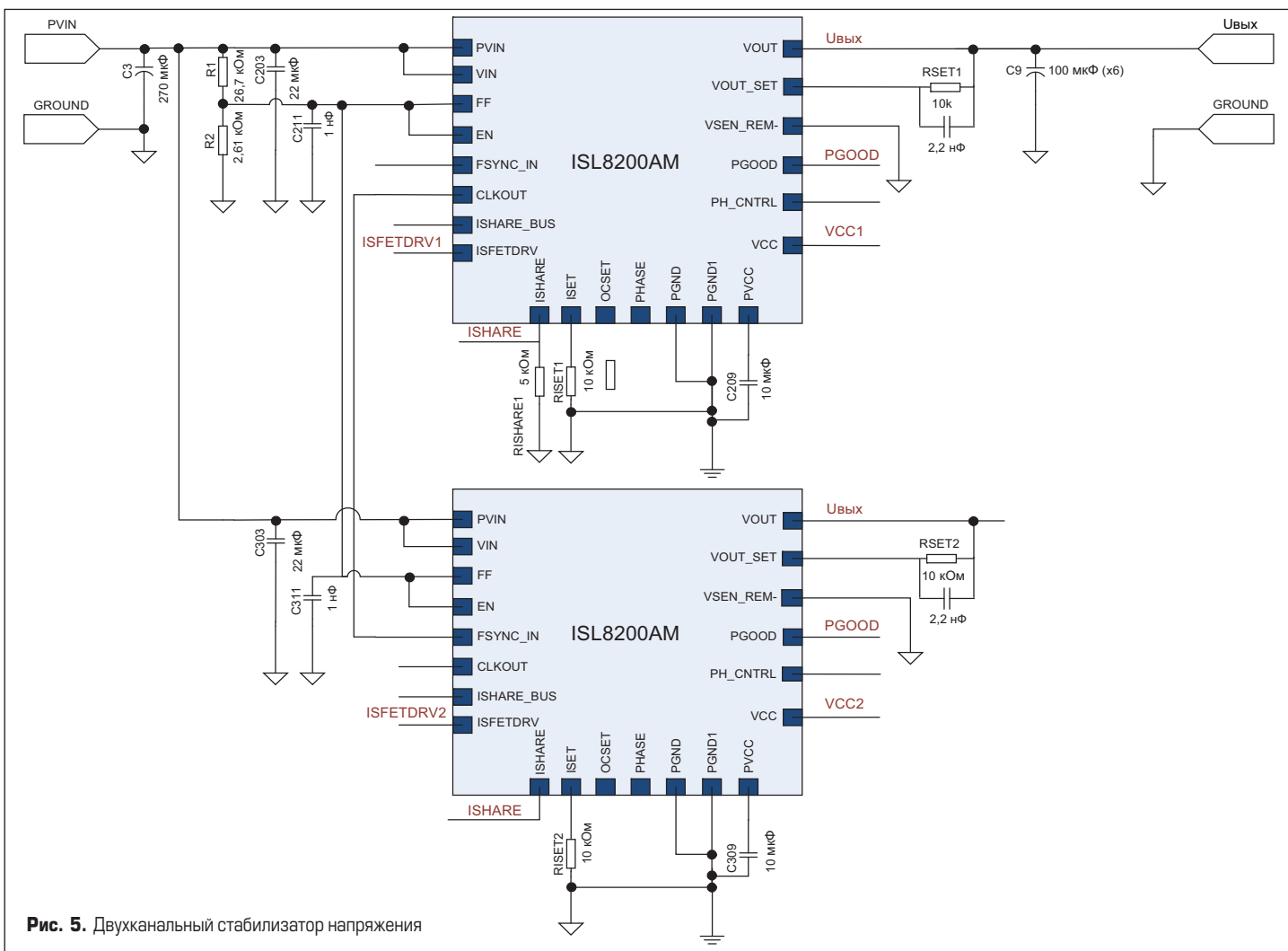
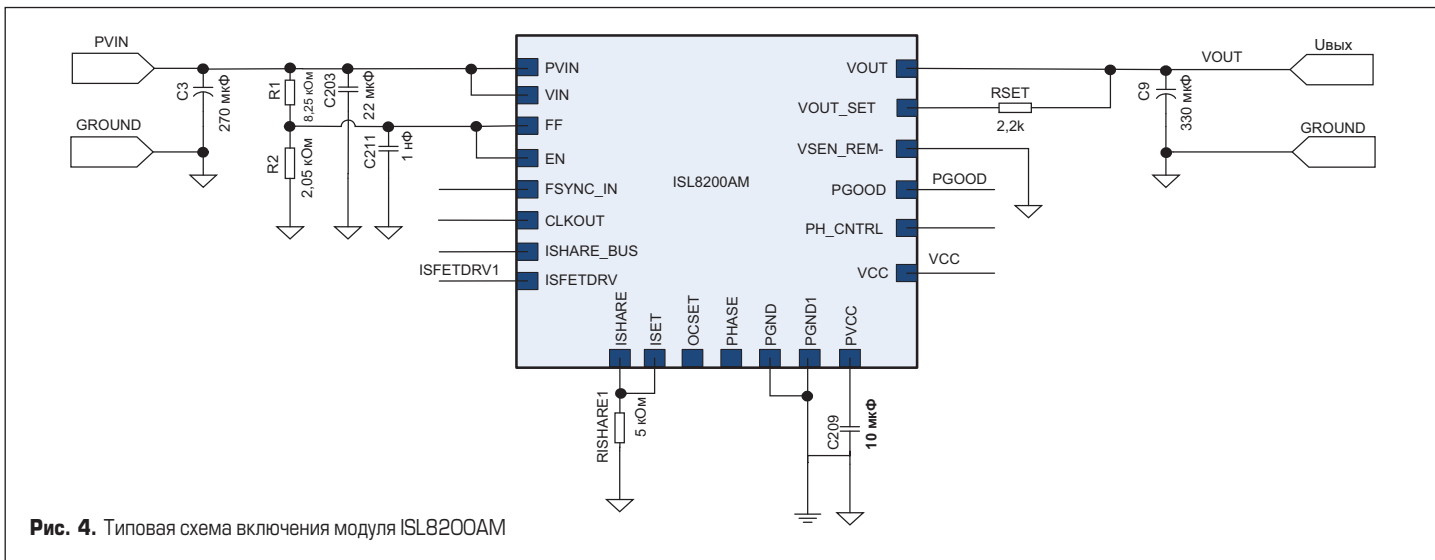


Рис. 3. Структура модуля ISL8200AM

Таблица 2. Назначение некоторых функциональных выводов модуля ISL8200AM

| Номер вывода | Обозначение | Назначение |
|--------------|--------------|--|
| 1 | VOUT_SET | Неинвертирующий вход ОУ схемы установки выходного напряжения, регулировка которого осуществляется внешним резистором, соединенным с выводом модуля (вывод 19). |
| 2 | VSEN_REM | Инвертирующий вход ОУ схемы установки выходного напряжения, подключается к отрицательной шине питания (или к корпусу), точная подстройка номинала выходного напряжения возможна при соединении этого вывода с выводом 1 через подстроечный резистор. |
| 5, 6 | ISET, ISHARE | Аналоговые токовые выходы (15–126 мкА), используются при параллельном соединении нескольких модулей для обеспечения корректного суммирования выходных токов. |
| 7 | FSYNC_IN | Вывод для подключения опционального внешнего резистора (соединяется с корпусом) для увеличения частоты переключения модуля (сопротивление внутреннего резистора 59 кОм, при этом номинальная частота переключения 700 кГц). |
| 8 | CLKOUT | Вывод тактового сигнала переключения, используется при каскадировании модулей. |
| 9 | PH_CNTRL | Уровень постоянного напряжения на этом выводе задает фазовые сдвиги тактовых импульсов для синхронизации каскадируемых модулей. |
| 13 | VIN | Напряжение питания слаботочных схем модуля (4,5–20 В). |
| 19 | VOUT | Выходное напряжение модуля (0,6–6 В). |
| 22 | PGOOD | Вывод контрольного сигнала. При достижении выходного напряжения 91% от номинального на этом выводе появляется напряжение 5 В. При падении выходного напряжения на 13% и менее от номинального на выводе устанавливается нулевое напряжение. |



- нестабильность выходного напряжения при изменениях тока в нагрузке и входного напряжения в заданных пределах $\Delta U_{\text{ВЫХ}}/\Delta U_{\text{ВХ}}$ ($\Delta U_{\text{ВЫХ}}/\Delta I_{\text{ВЫХ}}$) — 0,1% (0,15%);
- уровень пульсаций выходного напряжения — 27 мВ при $U_{\text{ВЫХ}} = 1,2 \text{ В}$, $I_{\text{ВЫХ}} = 10 \text{ А}$. Назначение некоторых функциональных выводов модуля приведено в таблице 2.

Типовая схема включения модуля в качестве стабилизатора напряжения 1,2 В/10 А приведена на рис. 4, значение сопротивлений R1, R2 выбираются таким образом, чтобы напряжение на выводах FF, EN находилось в пределах 0,8–5 В. Для получения других значений выходного напряжения сопротивление R1 выбирают в пределах 0 (перемычка)–20 кОм (при

$R1 = 4,42 \text{ кОм}$ — $U_{\text{ВЫХ}} = 1,8 \text{ В}$; 10 кОм — 3,3 В; $16,2 \text{ кОм}$ — 5 В). На рис. 5 приведена схема стабилизатора напряжения 3,3 В/20 А, выполненная на двух модулях.

Для отработки преобразователей на базе рассматриваемой микросхемы компания предлагает отладочную плату ISL8200AMEV1PHX Evaluation Bord, ее внешний вид показан на рис. 6. Для работы с платой необходим ИП с выходным током до 15 А, нагрузочный реостат на ток до 10 А и цифровой мультиметр.

ISL8200M

Данное исполнение модуля не соответствует требованиям директивы RoHS. Основные параметры, корпус и назначения выводов такие же, как и у предыдущей серии. Для отработки сдвоенных преобразователей на базе микросхемы компания предлагает отладочную плату ISL8200MEVAL2PHZ Evaluation Board (рис. 7), при входном напряжении до 20 В плата может обеспечить выходной ток до 20 А ($U_{\text{ВЫХ}} = 1 \text{ В}$).

ISL8200MM

Модуль зарегистрирован Центром снабжения Министерства обороны США в Колумбусе (Defense Supply Center Columbus, DSCC, в настоящее время — DLA LAND and MARITIME) [4]. Помимо указанных в таблице, остальные параметры такие же, как и у ISL8200AM.

ISL8204M, ISL8206M

Модули выполнены в 15-выводных корпусах, совместимы по назначению выводов с модулями ISL8201M, но более дешевые и отличаются от них простой схемой включения (рис. 8). При отсутствии резистора R_{FB} выходное напряжение составляет 0,6 В; при $R_{\text{FB}} = 4,87 \text{ кОм}$ — 1,8 В; $2,16 \text{ кОм}$ — 3,3 В; $1,33 \text{ кОм}$ — 5 В. Модули рассчитаны на применение в широком спектре коммерческих и промышленных приложений и в качестве POL-преобразователей. Для отработки решений на базе микросхем ISL8201M, ISL8204M и ISL8206M компания предлагает отладочные платы ISL8201MEVAL1Z, ISL8204MEVAL1Z, ISL8206MEVAL1Z (рис. 9).

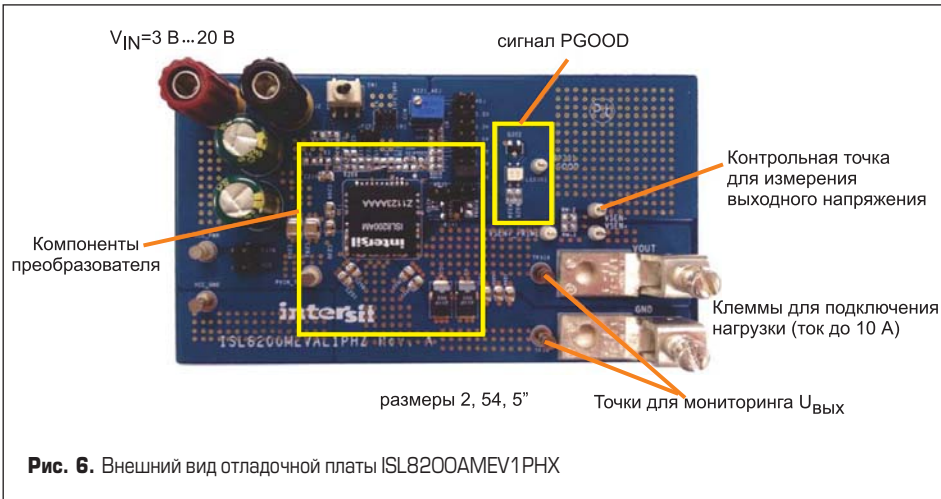


Рис. 6. Внешний вид отладочной платы ISL8200AMEV1PHX

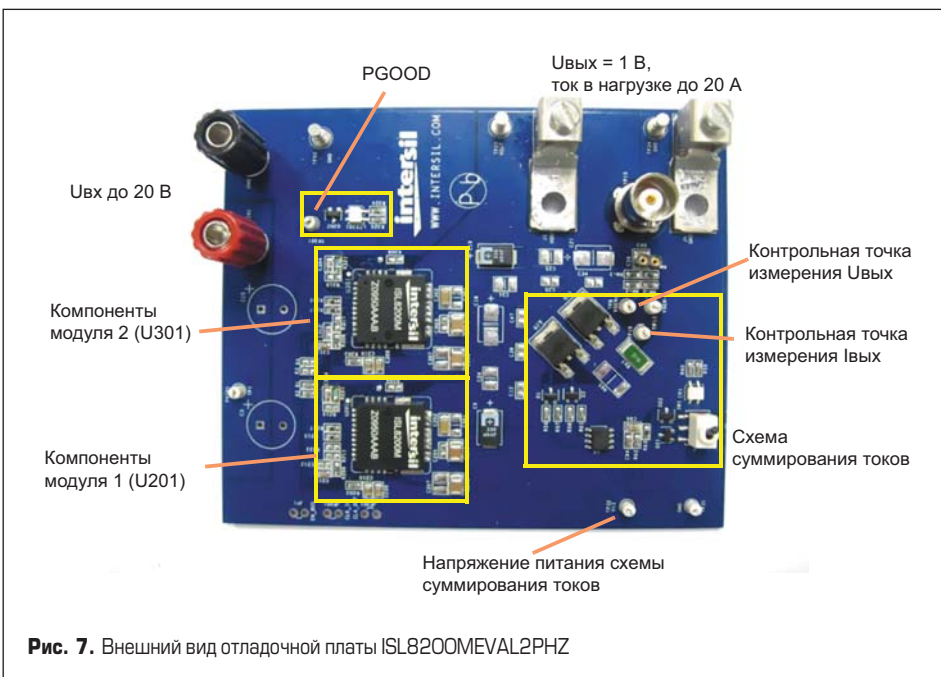


Рис. 7. Внешний вид отладочной платы ISL8200MEVAL2PHZ

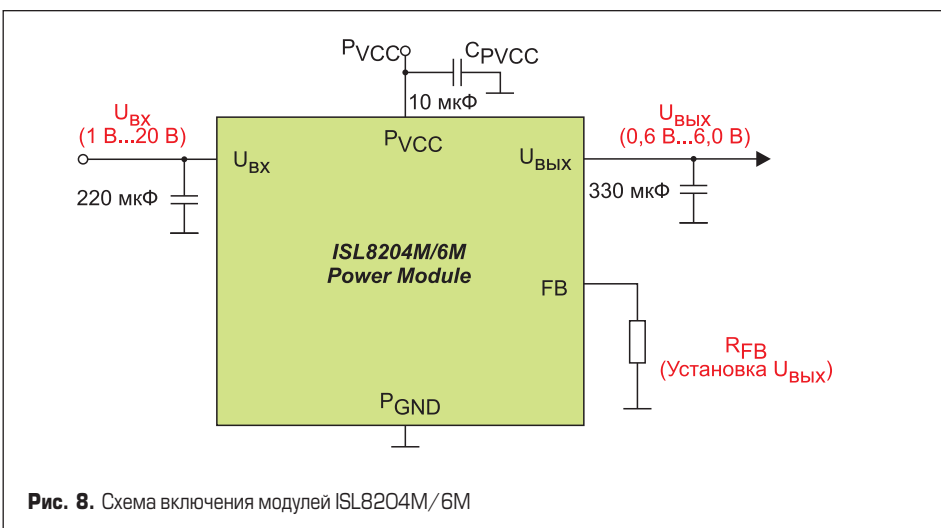


Рис. 8. Схема включения модулей ISL8204M/6M

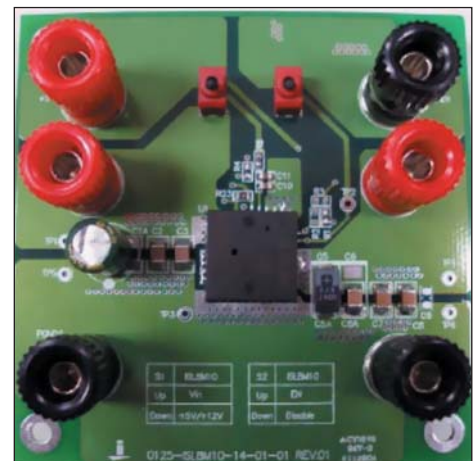


Рис. 9. Внешний вид отладочных плат ISL8201/8204/8206MEVAL1Z

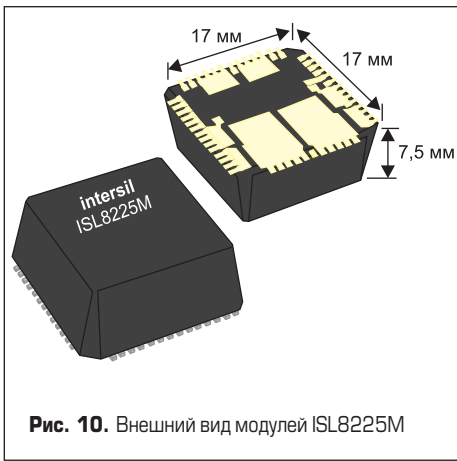


Рис. 10. Внешний вид модулей ISL8225M

ISL8225M

Для монтажа этих модулей требуется всего 2,9 см² площади на печатной плате (рис. 10). При параллельном соединении модулей возможна реализация DC/DC-преобразователей на ток до 180 А в режиме сложения выходных токов шести модулей; при этом не требуется принудительного воздушного охлаждения и применения радиаторов.

ZL9101M, ZL9117M

Цифровые силовые модули с шиной управления PMBus разработки Zilker Labs. В их состав входят высокопроизводительный ШИМ-контроллер, мощные полевые транзисторы, индуктивности и пассивные элементы, что позволяет выполнять силовые DC/DC с минимальным числом внешних компонентов. Предусмотрена работа модулей в режиме автоматической компенсации падения напряжения на соединительных проводах (возможен и ручной режим компенсации). Регулировка выходного напряжения в пределах 0,6–3,6 В возможна с помощью внешнего резистора или через управляющую шину PMBus, обеспечивается высокая точность ($\pm 1\%$) поддержания уста-

новленного выходного напряжения. Основные особенности и параметры модулей (за исключением приведенных в таблице 1):

- высокое быстродействие (Fast Transient Response);
- встроенный пропорционально-интегрирующий дифференцирующий фильтр автокомпенсации (PID Filter);
- режим внешней синхронизации;
- отслеживание выходного напряжения (Output Voltage Tracking);
- режим суммирования выходных токов нескольких модулей (Current Shering);
- программирование задержки мягкого старта и наклона регулировочной характеристики;
- встроенные схемы защиты;
- соответствие требованиям директивы RoHS;
- тепловое сопротивление «кристалл–окружающая среда» — 11,5 °C/Вт, «кристалл–корпус» — 2,2 °C/Вт;
- нестабильность выходного напряжения при изменении входного напряжения в пределах 5–13,2 В и выходного тока в пределах 0–12 А $\pm 0,5\%$;
- пиковый уровень пульсаций выходного напряжения — 6 мВ;

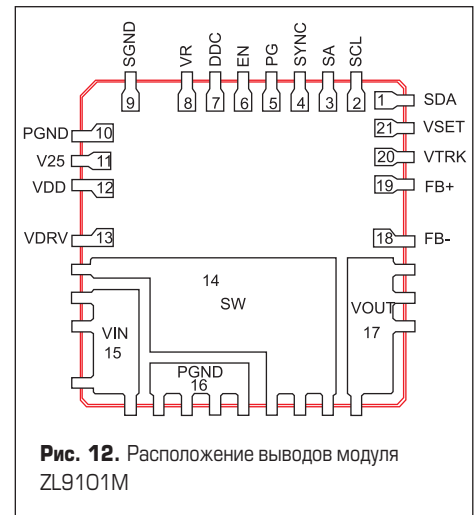


Рис. 12. Расположение выводов модуля ZL9101M

- диапазон частот переключения — 500–1000 кГц.

Типовая схема включения модулей ZL9101M и ZL9117M приведена на рис. 11, расположение выводов — на рис. 12. Управление модулями осуществляется через интерфейсы I²C/SMBus (выводы 1, 2), дополнительно возможно управление через шину DDC Bus (вывод 12). DDC Bus

Таблица 3. Параметры радиационно-стойких стабилизаторов компании Intersil (Datasheet 2012)

| | | ISL75051SRH, ISL75051SEH | HS-117RH, HS-117EH |
|---------------------------------|--------------------|--|--|
| Диапазон рабочих температур, °C | | –55...+125 | |
| Выходное напряжение | Диапазон, В | 0,8–6 | 1,2–37 |
| | Способ регулировки | Изменением сопротивлений делителя напряжения, подключенного к выходу (выводы 2–7), входу управления (вывод 8) и корпусу. | Внешними резисторами. |
| Выходной ток | | До 3 А при температуре кристаллов +150 °C и при изменении входного напряжения в пределах 2,2–6 В. | 5 мА–1,25 А при входном напряжении до 40 В. |
| Общая доза радиации, крад (Si) | | 100; порог линейной энергии SEE — 86 МэВ × см ² /мг; SEL/SEB (без защелкивания) — 86 МэВ × см ² /мг. | До 300, защита от защелкивания. |
| Используемые материалы | стеклование | SiO ₂ и Si ₃ N ₄ | SiO ₂ , толщина 8 кÅ |
| | верхнее покрытие | Au/Cu (99,5+0,5%) 2,7 мкм | AlSiCu, толщина 16 кÅ |
| | подложка | Si, технологический процесс 0,6 мкм BiCMOS Junction Isolated | Rad-Hard Silicon Gate, диэлектрическая изоляция |
| | финишное покрытие | | Au |
| Корпус | | Металлокерамический 18 LD CDFP 12×10×3,1 мм (2932 транзисторов). | Различные модификации; кристаллы микросхем имеют исполнение HSO-117EH-Q. |

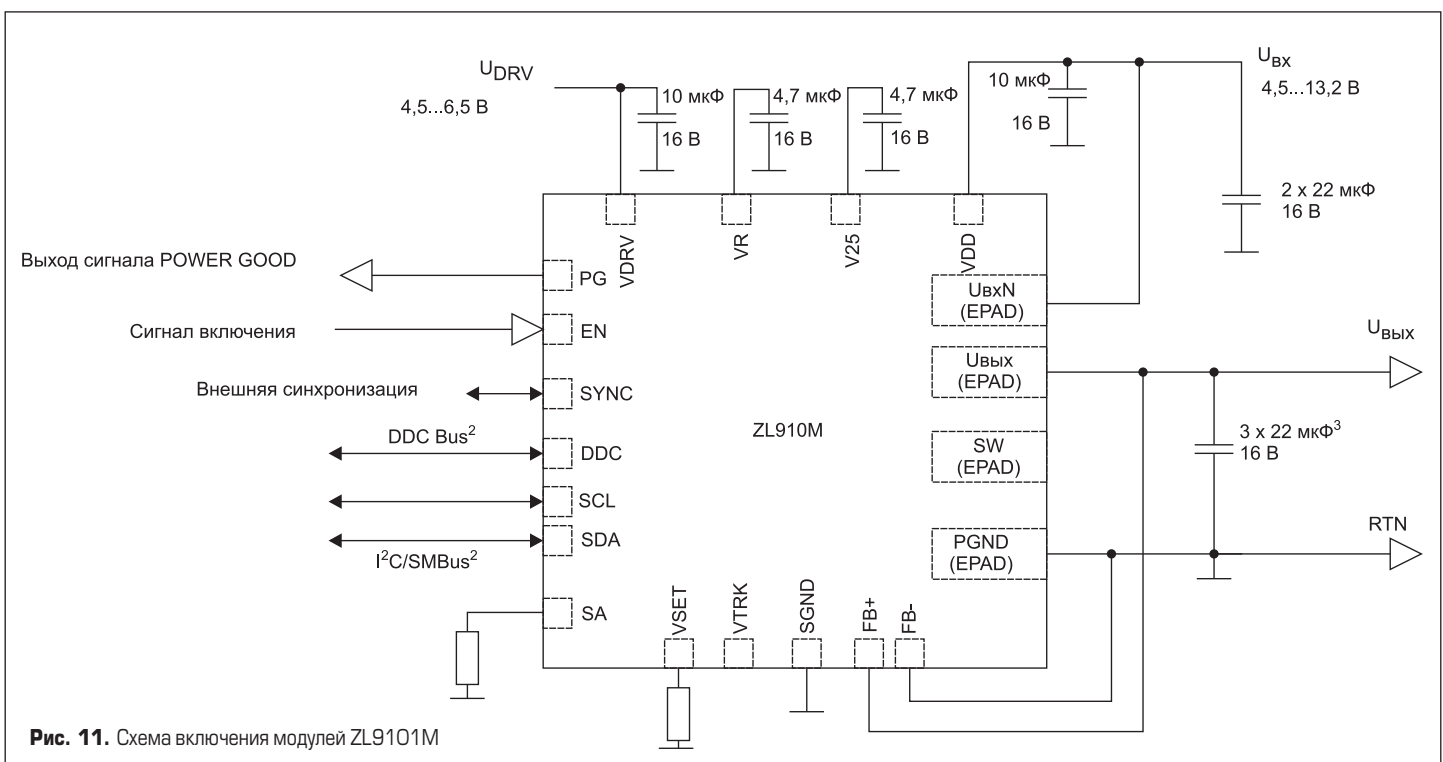


Рис. 11. Схема включения модулей ZL9101M

(Digital-DC Bus) является интерфейсом прерываний, применяемым для связи между модулями разработки Zilker Labs. Интерфейс базируется на стандарте PMBus (Power Management Bus), используемом для систем управления питанием. Сам стандарт, внедряемый форумом разработчиков систем питания PMBus с целью унификации, является вариантом двухпроводной системной шины управления SMBus и основан на относительно медленном протоколе связи I²C. Особенности управления ИП DDC продуктов Zilker Labs приведены в руководстве по применению AN2033 [5].

Радиационно-стойкие продукты

Основные параметры некоторых радиационно-стойких продуктов силовой электроники, представленных в каталоге Intersil 2012 г., приведены в таблице 3. Рассмотрим их отличительные свойства.

ISL75051SRH, ISL75051SEH

Радиационно-стойкие низковольтные стабилизаторы напряжения с малым падением напряжения (LDO). Структура и типовая схема включения микросхем показаны на рис. 13, 14. На продукты выдан сертификат DSCC [6]. Зависимости падения напряжения на регулирующем полевом транзисторе от выходного тока при различных температурах кристаллов показаны на рис. 15. Основные параметры микросхем:

- установка выходного напряжения внешними резисторами, точность поддержания 1,5% (в «военном» диапазоне температур);
- сверхмалое падение напряжения — 65 мВ при выходном токе 1 А и 225 мВ (3 А);
- низкий уровень шумов выходного напряжения — 100 мкВ в диапазоне 300 Гц–300 кГц;
- уровень пульсаций выходного напряжения PSRR = 66 дБ на частоте 1 кГц;
- нестабильность выходного напряжения при изменении входного напряжения в пределах 0,4–6 В — не более 20 мВ; при изменении выходного тока в пределах 0–3 А — не более –4 мВ;
- высокое быстродействие при изменениях нагрузки;
- ток потребления в режиме готовности (Shutdown Current) — 1 мкА;
- программирование порогов схемы токовой защиты (OCP) от 0,5 до 8,5 А, схема температурной защиты;
- максимальная температура кристаллов +175 °С;
- тепловое сопротивление «кристалл–окружающая среда» — 28 °С/Вт, «кристалл–корпус» — 4 °С/Вт.

Для достижения наилучших показателей по шумам и пульсациям на входах и выходах микросхем устанавливаются параллельно соединенные танталовые и керамические конденсаторы. Их рекомендуемые параметры: танталовые — 220 мкФ × 10 В, ESR 25 мОм согласно спецификации DSCC 04051-032; керамические — 0,1 мкФ по спецификации MIL-PRF-49470 CDR04. Длина проводников до выводов микросхем и корпуса не должна превышать 5 мм.

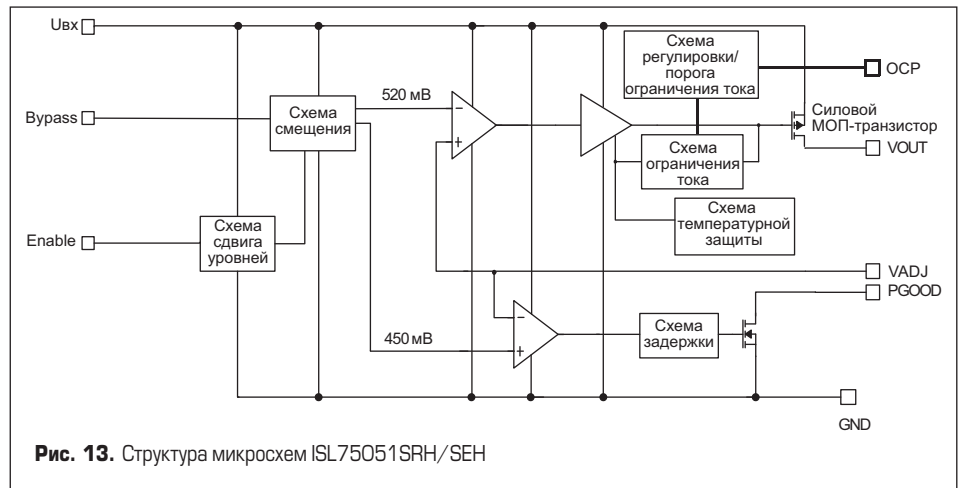


Рис. 13. Структура микросхем ISL75051SRH/SEH

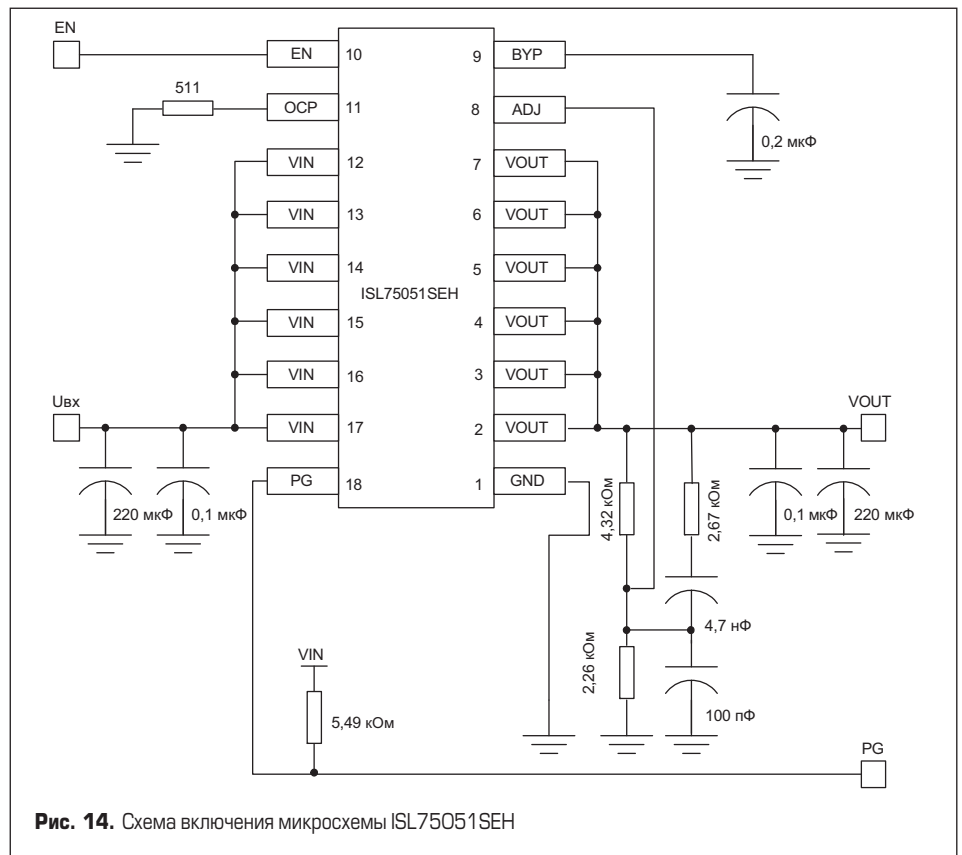


Рис. 14. Схема включения микросхемы ISL75051SEH

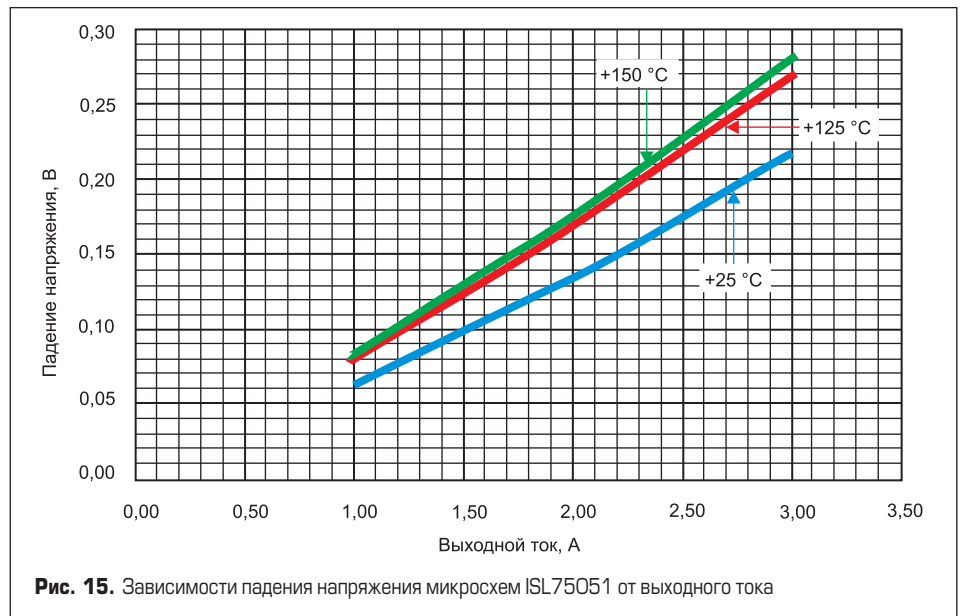


Рис. 15. Зависимости падения напряжения микросхем ISL75051 от выходного тока

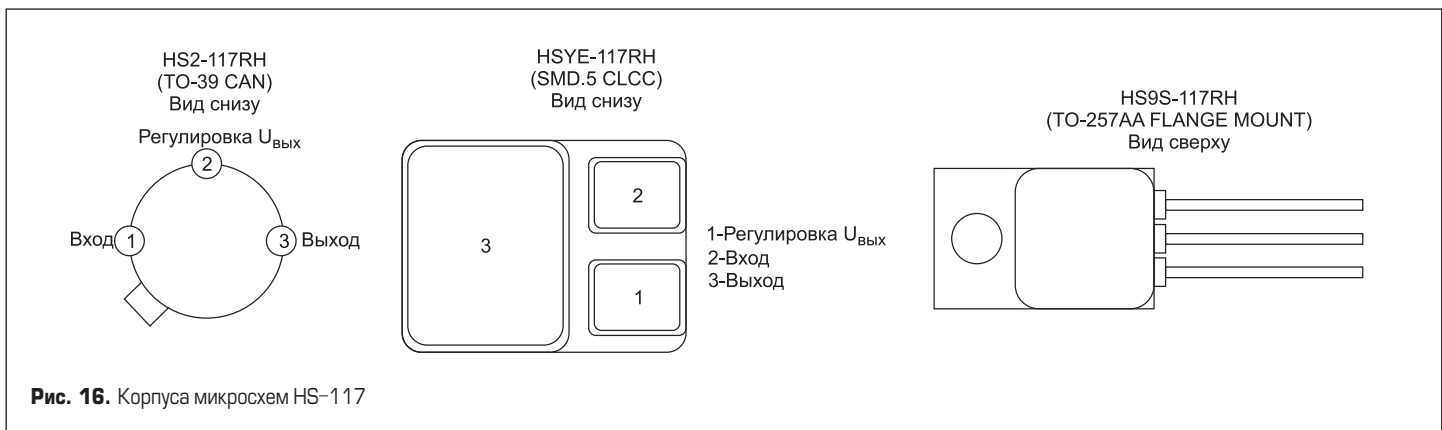


Рис. 16. Корпуса микросхем HS-117

Области применения микросхем, рекомендованные производителем: стабилизаторы с малым падением напряжения для космических приложений; ИП микросхем FPGA, DSP и μ P ядер микропроцессоров; пост-стабилизаторы для импульсных ИП; ИП оборудования буровых установок (Down-hole Drilling).

HS-117RH, HS-117EH

Семейство радиационно-стойких стабилизаторов напряжения, предназначенных для применения в жестких условиях эксплуатации. Специ-

фикации микросхем контролируются агентством DLA (Defense Logistic Agency) по категории QML-приборов, сертификат DLA SMD № 5962-99547 [7]. Эскизы внешнего вида микросхем в некоторых корпусах показаны на рис. 16.

Литература

1. www.intersil.com/en/about-intersil/history.html
2. www.intersil.com/en/products/power-management.html
3. Гринлэнд П. Разработка систем питания устройства с использованием POL-преобразователей // Электронные компоненты. 2009. № 6.
4. www.landandmaritime.dla.mil/downloads/milspec/vid/v6210608.pdf
5. www.intersil.com/content/dam/Intersil/documents/an20/an2033.pdf
6. www.dsc.dla.mil/downloads/milspec/smd/11212.pdf
7. www.dsc.dla.mil/Downloads/MilSpec/Smd/99547.pdf