

# X-REL Semiconductor — электронные компоненты для экстремальных температур

Константин ВЕРХУЛЕВСКИЙ  
info@icquest.ru

Работоспособность аппаратуры, эксплуатируемой при экстремальных температурах окружающей среды, или устройств, в которых использование силовых компонентов приводит к саморазогреву мощных электронных схем, напрямую зависит от способности электронной начинки выполнять свои функции в таких условиях. Обеспечить надежное функционирование можно путем применения компонентов с гарантированными стабильными характеристиками в соответствующем температурном диапазоне. Линейка продукции компании X-REL Semiconductor, рассчитанная на рабочие температуры от  $-60$  до  $+230$  °C и изготавливаемая с учетом экстремальных технических требований, позиционируется для разработчиков высоконадежного оборудования.

## Введение

Французская компания X-REL Semiconductor специализируется на разработке и производстве сверхнадежных высокотемпературных электронных компонентов. Номенклатура продукции, включающая как стандартные дискретные полупроводниковые приборы, так и специализированные микросхемы логики, управления питанием и т. д., пока не отличается слишком большим числом наименований, общее количество выпускаемых серий в настоящее время не превышает нескольких десятков названий. Но, с другой стороны, благодаря сво-

ему разнообразию предлагаемая линейка позволяет проектировать высокоэффективное оборудование ответственного назначения, используя компоненты одной компании. Устройства, изготавливаемые на одних и тех же производственных линиях и подвергающиеся аналогичным выходным квалификационным тестам, изначально оптимизированы для совместного применения. Объединяющей чертой всех изделий X-REL Semiconductor являются превосходные температурные характеристики. Все компоненты, без исключений, предназначены для долговременной эксплуатации при рабочих температурах от  $-60$  до  $+230$  °C, оставаясь

работоспособными даже за пределами столь широкого диапазона [1]. Продукция X-REL Semiconductor обеспечивает надежную работу в течение многих лет, позволяя при этом снизить общую стоимость системы на всем жизненном цикле. Спектр областей применения высоконадежных электронных компонентов компании X-REL Semiconductor имеет отчетливую тенденцию к постоянному расширению, наиболее значимые из них следующие:

- нефтегазовое и геологоразведочное скважинное оборудование;
- геотермальная энергетика;
- аппаратура авиационного назначения;
- наземный транспорт;
- промышленное оборудование ответственного назначения;
- военная аппаратура.

Модернизация старых и выпуск новых изделий осуществляется при непосредственном и тесном контакте с потребителями, для нестандартных высокотемпературных применений возможна разработка электронных устройств, адаптированных под требования заказчика. Компания выгодно отличается хорошей технической поддержкой, большая часть выпускаемой продукции снабжена руководствами по применению и схематическими рекомендациями, информация четко структурирована, для выбора подходящего решения предусмотрена удобная и понятная сквозная нумерация компонентов, представленная на рис. 1.

Устройства, начинающиеся с обозначения XTR, рассчитаны на температуры от  $-60$  до  $+230$  °C, а с XER — эксплуатируются в диапазоне от  $-60$  до  $+200$  °C. В рамках

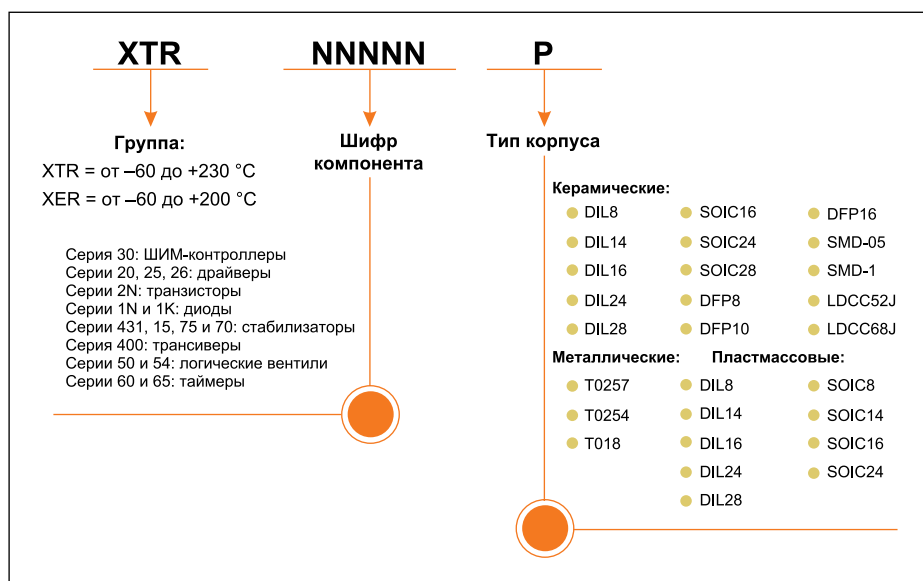


Рис. 1. Расшифровка наименований продукции

данной статьи будем рассматривать первую группу, но нужно помнить, что существуют аналоги с меньшей шириной температурного диапазона, имеющие идентичные технические характеристики, но отличающиеся типом корпусного исполнения. Согласно каталогу линейка изделий компании X-REL Semiconductor на октябрь 2014 года представлена следующими группами продукции [2]:

- Дискретные полупроводниковые компоненты (диоды и диодные сборки, МОП-транзисторы).
- Компоненты управления питанием (ШИМ-контроллеры, драйверы силовых ключей, модули, состоящие из мощных МОП-транзисторов с драйверами управления, линейные стабилизаторы и источники опорного напряжения).
- Микросхемы управления тактовыми сигналами (многофункциональные прецизионные таймеры, драйверы кварцевых генераторов).
- Конфигурируемые микросхемы логики.
- Интерфейсные микросхемы.

## Дискретные компоненты

Как было отмечено выше, данная группа включает высокотемпературные диоды и транзисторы, выпускаемые на основе кремния и карбида кремния (табл. 1 и 2).

Каждая сборка из семейства кремниевых диодов общего назначения XTR1N04xx и XTR1N08xx состоит из четырех независимых диодов с идентичными электрическими характеристиками, любой из них может быть использован по отдельности либо объединен в мостовую или полумостовую конфигурацию (рис. 2). Типовые применения включают задачи выпрямления, демодуляции, ограничения напряжения, проектирование высоконадежных источников питания, умножителей напряжения и генераторов подкачки заряда. Как и вся продукция компании X-REL Semiconductor, диоды надежно функционируют в расширенном диапазоне рабочих температур от  $-60$  до  $+230$  °С, также допустима эксплуатация при температурах ниже и выше этого диапазона. Предлагаемые устройства изготавливаются в прочных керамических корпусах с медным покрытием формфактора DIP-8. Для заказчиков доступны и полупроводниковые кристаллы в бескорпусном исполнении. Диоды семейств XTR1N04xx и XTR1N08xx имеют во многом схожие рабочие характеристики, отличаются же они прежде всего максимально допустимым значением обратного напряжения, которое составляет 55 и 90 В соответственно.

Диод Шоттки XTR1K1210 с максимальным обратным напряжением 1200 В и рабочим током 10 А, изготавливаемый на основе карбида кремния (модификация 4H-SiC), гарантирует стабильность рабочих характеристик в широком диапазоне рабочих температур от  $-60$  до  $+230$  °С, температура  $p-n$ -перехода

Таблица 1. Основные характеристики диодов компании X-REL Semiconductor

| Наименование | Описание                  | $\Delta T$ , °C    | $U_{обр}$ , В | $U_{пр}$ , МВ<br>(при $T = +25$ °C, $I_f = 1$ мА) | $I_{пр}$ , мА<br>(при $T = +230$ °C, $V_f = 1,2$ В) |
|--------------|---------------------------|--------------------|---------------|---|---|
| XTR1N0415    | Диод общего назначения    | от $-60$ до $+230$ | 55            | 725   | 320   |
| XTR1N0450    | Диод общего назначения    | от $-60$ до $+230$ | 55            | 715   | 1150  |
| XTR1N0815    | Диод общего назначения    | от $-60$ до $+230$ | 90            | 740   | 165   |
| XTR1N0850    | Диод общего назначения    | от $-60$ до $+230$ | 90            | 720   | 570   |
| XTR1K1210    | Диод Шоттки на основе SiC | от $-60$ до $+230$ | 1200          | 1700  | 10 000  |

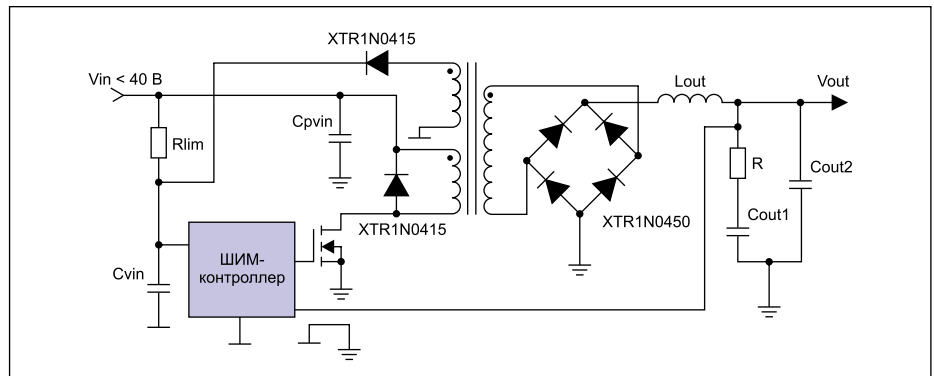


Рис. 2. Типовое применение высокотемпературных диодов семейства XTR1N08xx

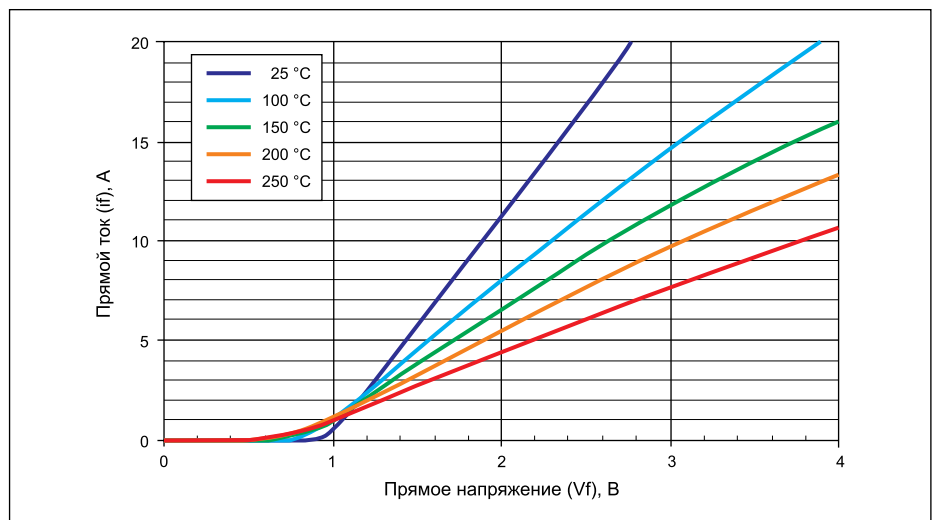


Рис. 3. Зависимость прямого падения напряжения от тока при различных температурах эксплуатации для диода XTR1K1210

при этом может достигать  $250$  °С. Данный диод обладает практически нулевым зарядом обратного восстановления, что делает его идеальными для применения в высокочастотных и высокоэффективных силовых устройствах, не требующих дополнительного охлаждения. К основным сферам применения относятся инверторы, импульсные источники питания, корректоры коэффициента мощности и схемы управления электродвигателями. На рис. 3 представлена типовая зависимость прямого падения напряжения от тока при различных температурах. Поскольку с ростом температуры у карбида кремния снижается подвижность электронов и повышается сопротивление в открытом состоянии, прямое падение напряжения, в отличие от кремниевых диодов, имеет положи-

тельный температурный коэффициент [3], который обеспечивает параллельное включение нескольких диодов без дополнительных мер по выравниванию токов, а также способствует увеличению области безопасной работы. Малые по сравнению с Si-диодами размеры кристаллов карбида кремния позволяют снизить габариты выпускаемых изделий, XTR1K1210 изготавливается в компактном корпусе TO-257.

Семейство высокотемпературных MOSFET-устройств XTR2N адаптировано для применения в линейных и импульсных преобразователях напряжения, системах управления питанием, преобразователях уровней, интерфейсах датчиков и в других высоконадежных схемах, работающих в условиях воздействия экстремальных температур (табл. 2).

Таблица 2. Основные характеристики транзисторов компании X-REL Semiconductor

| Наименование | Описание                            | $\Delta T, ^\circ\text{C}$ | $V_{ds}, \text{В}$ | $V_{gs}, \text{В}$ | $R_{ds(on)}, \text{Ом}$ | $I_d, \text{А}$ |
|--------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|
| XTR2N0307    | Маломощный MOSFET-транзистор p-типа | от -60 до +230             | 30                 | от -5,5 до +5,5    | 7                       | 0,3             |
| XTR2N0807    | Маломощный MOSFET-транзистор p-типа | от -60 до +230             | 80                 |                    | 9,1                     | 0,13            |
| XTR2N0325    | Мощный MOSFET-транзистор p-типа     | от -60 до +230             | 30                 |                    | 1,24                    | 6,1             |
| XTR2N0350    |                                     |                            |                    |                    | 0,56                    | 13,4            |
| XTR2N0525    |                                     |                            | 50                 |                    | 2,6                     | 4,5             |
| XTR2N0550    |                                     |                            |                    |                    | 1,2                     | 10              |
| XTR2N0425    | Мощный MOSFET-транзистор n-типа     | от -60 до +230             | 40                 |                    | 0,85                    | 5,2             |
| XTR2N0450    |                                     |                            |                    |                    | 0,37                    | 12,2            |
| XTR2N0825    |                                     |                            | 80                 |                    | 1,8                     | 5               |
| XTR2N0850    |                                     |                            |                    |                    | 0,79                    | 11,5            |

Гарантированный срок службы при максимальной температуре +230 °C составляет не менее пяти лет, также транзисторы XTR2N целесообразно использовать в аппаратуре, работающей при более низких температурах (в диапазоне от +100 до +200 °C), но требующей повышенной надежности или увеличенного срока эксплуатации. К примеру, ожидаемый срок службы компонентов X-REL Semiconductor в схемах драйверов при температуре перехода +150 °C превышает 35 лет. Все устройства семейства XTR2N, выпускаемые в герметичных керамических или металлических корпусах (TO-18, DIP-8, TO-257AA, TO-276AA, SMD-0.5, SMD-1), а также в виде протестированных бескорпусных кристаллов, предназначены как для специализированных, так и для массовых сегментов рынка.

Маломощные устройства XTR2N0307 (p-типа) и XTR2N0807 (n-типа), а также серии мощных p-канальных (XTR2N03xx/XTR2N05xx) и n-канальных (XTR2N04xx/XTR2N08xx) транзисторов, разработанных с применением SOI-технологии (кремний на изоляторе), характеризуются малыми токами утечки и низким значением сопротивления  $R_{ds(on)}$  [4]. Это позволяет успешно использовать их как в ключевых схемах, так и в цепях усиления сигналов.

Два малосигнальных транзистора XTR2N0307 и XTR2N0807 с напряжением исток-сток 30 и 80 В и сопротивлением канала в открытом состоянии 7 и 9,1 Ом имеют максимально допустимый постоянный ток стока 0,3 и 0,13 А соответственно, а пиковые значения тока достигают величин 0,9 и 0,42 А. Нужно отметить, что в приведенной таблице указаны значения при рабочей температуре +230 °C. Мощные p-канальные транзисторы в соответствии с рабочим напряжением разделены на два семейства. Компоненты XTR2N0325 и XTR2N0350 предназначены для использования при максимальном напряжении сток-исток 30 В, в то время как XTR2N0525 и XTR2N0550 рассчитаны на напряжения до 50 В. Каждое подсемейство представлено двумя транзисторами, имеющими в обозначении суффиксы «25» и «50» и различающимися максимальными токами стока. Все вышесказанное относится и к транзисторам n-типа с максимальным рабочим напряжением 40 и 80 В, которые образуют серии XTR2N04xx и XTR2N08xx.

### Микросхемы управления питанием

Помимо дискретных компонентов компания X-REL Semiconductor предлагает интеллектуальные изолированные драйверы XTR2601x и XTR2501x для карбид-кремниевых, нитрид-галлиевых и традиционных кремниевых силовых ключей, работающих в диапазоне температур от -60 до +230 °C. Благодаря способности работать при высоких температурах, они могут быть расположены непосредственно рядом с силовым ключевым элементом, что приводит к минимизации паразитных индуктивностей и емкостей между драйвером и управляемым транзистором. Корректно работающий как с биполярными, так и с полевыми транзисторами типов JFET, MESFET, MOSFET, BJT и SJT, драйвер XTR2601x обладает уникальными функциональными возможностями, позволяющими повысить уровень безопасности устройств и максимальную частоту коммутации. К таким особенностям относятся:

- Изолированное взаимодействие между драйверами верхнего и нижнего плеча, позволяющее исключить появление перекрестных связей в схеме. Для обеспечения изолированного обмена данными, а также для связи с внешним микроконтроллером применяется пятиканальный трансивер (два канала передачи и три приема).
- Независимый контроль выводов затвора, стока и истока для мониторинга возможных неисправностей и встроенная схема плавного выключения силового транзистора в случае возникновения аварийной ситуации [5].
- Интегрированная схема активного подавления эффекта Миллера с настраиваемыми временными параметрами.
- Встроенный 5-В линейный стабилизатор напряжения для питания внутренних цепей.

Все вышперечисленные функции реализованы на одном кристалле и обеспечивают максимальный уровень интеграции для высокотемпературных драйверов, доступных в настоящее время на рынке. Для включения силовых транзисторов драйвер использует два независимых канала с пиковым выходным током 3А (PU\_DR1 и PU\_DR2), для перевода силовых ключей в выключенное состояние ИС содержит два канала подтяжки затворов

«вниз» с максимальным рабочим током 3 А. Питание микросхемы осуществляется от источника постоянного тока с максимальным выходным напряжением 40 В. Монолитная микросхема XTR2601x может быть применена самостоятельно, но часто в схемах, имеющих каскад из множества транзисторов для каждой фазы, ее используют в связке с силовым драйвером XTR2501x. В этом случае микросхема XTR2601x выступает в качестве контроллера, генерирующего необходимые управляющие сигналы и предоставляющего функции дополнительной защиты, а его выходная мощность увеличивается с помощью одного или нескольких драйверов XTR2501x. Конструктивно ИС XTR2501x представляет собой упрощенную версию XTR2601x (без регулятора напряжения, трансивера, схем защиты) с аналогичными мощностными характеристиками.

Целевыми рынками применения данных микросхем являются устройства управления электроприводом, инверторы, силовые преобразователи, высоковольтные коммутирующие устройства для авиации, промышленности, электромобилей и железнодорожного транспорта, геотермальное и буровое оборудование нефте- и газодобычи. Компоненты выпускаются в высоконадежных герметичных корпусах либо в виде полупроводниковых кристаллов. На рис. 4 приведена упрощенная типовая схема подключения XTR2601x для получения полумостовой конфигурации. Здесь коммуникация микросхем интеллектуального силового драйвера XTR2601x с внешним контроллером происходит посредством изолированных приемопередатчиков XTR4001x компании X-REL Semiconductor.

Универсальные драйверы XTR2541x предназначены для управления МОП-транзисторами p- и n-типов, применяемых в качестве верхнего и нижнего ключей полумостового каскада. Они преобразуют входной логический сигнал с амплитудой от 3,5 до 5 В в необходимый для управления уровень и обеспечивают смещение вход-выход в диапазоне от -30 до +40 В, максимальный нагрузочный ток составляет 1 А. Из особенностей следует отметить наличие защиты от короткого замыкания и недостаточного напряжения на входе, детектирование уменьшения насыщения внешнего силового ключа, функции плавного отключения и генерации сигнала ошибки на специальном выводе ERR. Для заказа доступны корпуса для сквозного и поверхностного монтажа типа DIP и SOIC.

На представленной выше схеме также показаны высокотемпературные ШИМ-контроллеры серии XTR3001x. Среди ключевых особенностей данных микросхем нужно отметить наличие встроенного источника опорного напряжения и генератора импульсов, а также широкий спектр вспомогательных функций: дистанционного отключения,

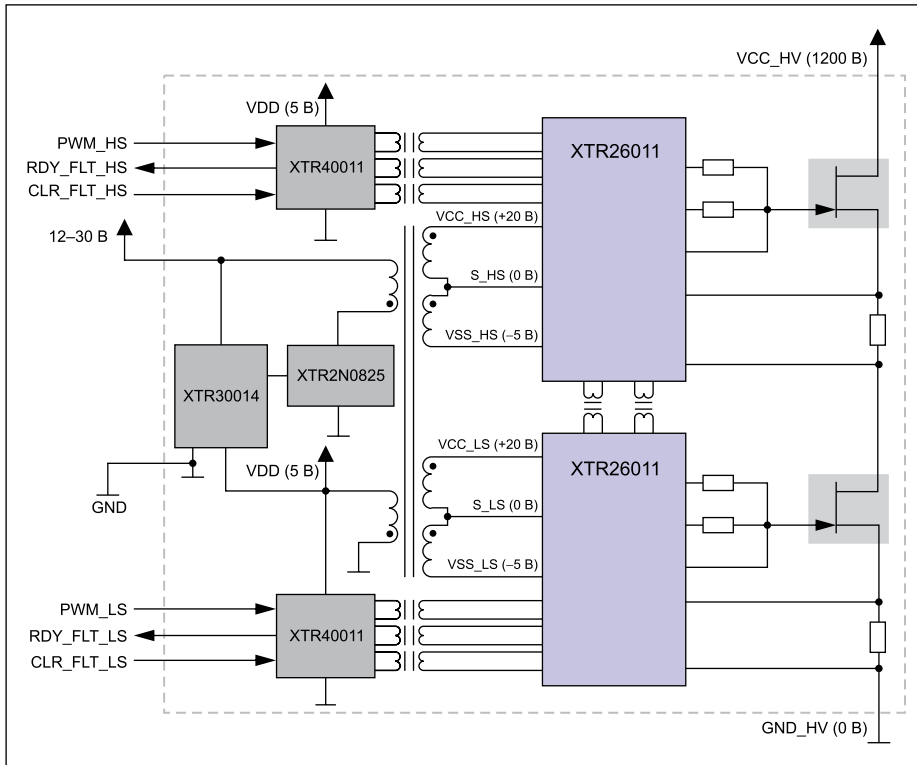


Рис. 4. Упрощенная электрическая принципиальная схема подключения драйвера серии XTR2601x

мер XTR20411A, работают с напряжениями от 0 до +40 В и содержат внутренний высоко-точный диод, подключенный между шинами питания VDD (входной каскад) и PVDD (выходной каскад) и используемый в качестве ограничителя при работе в верхнем плече. С другой стороны, устройства с литерой «В» допускают работу с напряжениями исток-сток от -40 до +40 В. В этом случае для питания силовой части драйвера применяется дополнительный источник.

При включении модулей в нижнее плечо могут использоваться оба варианта («А» и «В»), при этом исток соединяется с силовой «землей» напрямую либо через небольшой токочувствительный резистор, а шины питания VDD и PVDD объединяются (рис. 5а). В верхнем плече также можно применять два варианта исполнения, но существуют некоторые особенности. Вариант «В», в отличие от «А», не содержит встроенного ограничительного диода, поэтому необходимо применять внешний, как показано на рис. 5б. Вывод стока соединяется с силовой шиной питания, а к истоку подключается нагрузка. Третий режим работы (ключ нижнего плеча со смещением), возможный только с вариантом «В», применяет встроенный каскад сдвига уровней, который обеспечивает положительное или отрицательное смещение выходного потенциала на диапазоне от -40 до +40 В (рис. 5в).

В отличие от устройств серии XTR2041x модули XTR2081x, предназначены для использования только в нижнем плече и работают с максимальными напряжениями исток-исток 80 В (до 100 В в импульсе).

Все компоненты управляются при помощи 5-В сигнала (входная логика — КМОП с триггером Шмитта), встроенный драйвер, оптимизированный для совместной работы с силовым транзистором, устраняет необходимость проектирования дополнительных цепей регулировки при построении импульсных источников питания. Транзисторы модулей характеризуются низким сопротив-

программируемого плавного запуска, контроля выходного напряжения, внешней синхронизации, защиты от перегрузки по току и просадки входного напряжения. ШИМ-контроллеры XTR3001x могут успешно применяться при построении схем понижающих, повышающих, обратныхходовых и двухтактных преобразователей. Максимальная частота преобразования ограничена 800 кГц, для питания необходим источник с напряжением от 6 до 50 В. Компоненты выпускаются как в бескорпусном исполнении, так и в керамических корпусах для поверхностного и сквозного монтажа стандартных формфакторов (DIP и SOIC) с количеством выводов от 8 до 24.

Также для разработчиков могут быть интересны серии модулей XTR2041x и XTR2081x, представляющие собой мощные *n*-канальные МОП-транзисторы, объединенные в одном корпусе с драйверами управления. Микросхемы XTR2041x позиционируются для эксплуатации в высокотемпературных условиях, хотя могут успешно применяться и в обычных коммерческих изделиях в качестве ключей верхнего или нижнего плеча, а также нижнего плеча с отрицательным сдвигом уровня (в этом случае исток подключается к отрицательному напряжению). Для заказа доступно два варианта исполнения модулей. Устройства, имеющие в конце обозначения литеру «А», напри-

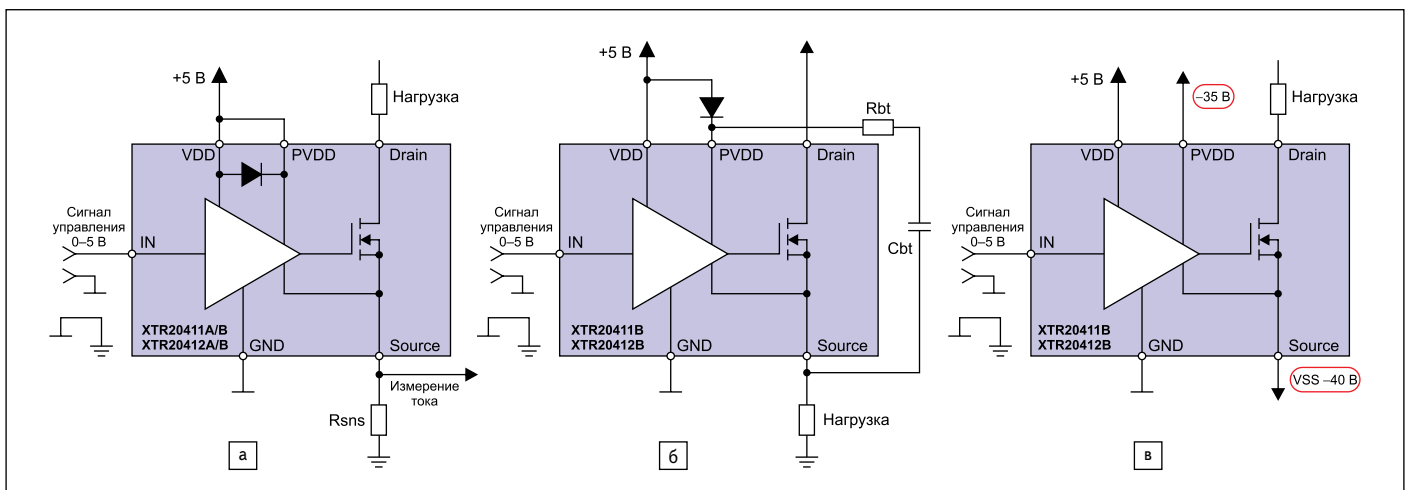


Рис. 5. Типовые схемы применения силовых модулей серии XTR2041x

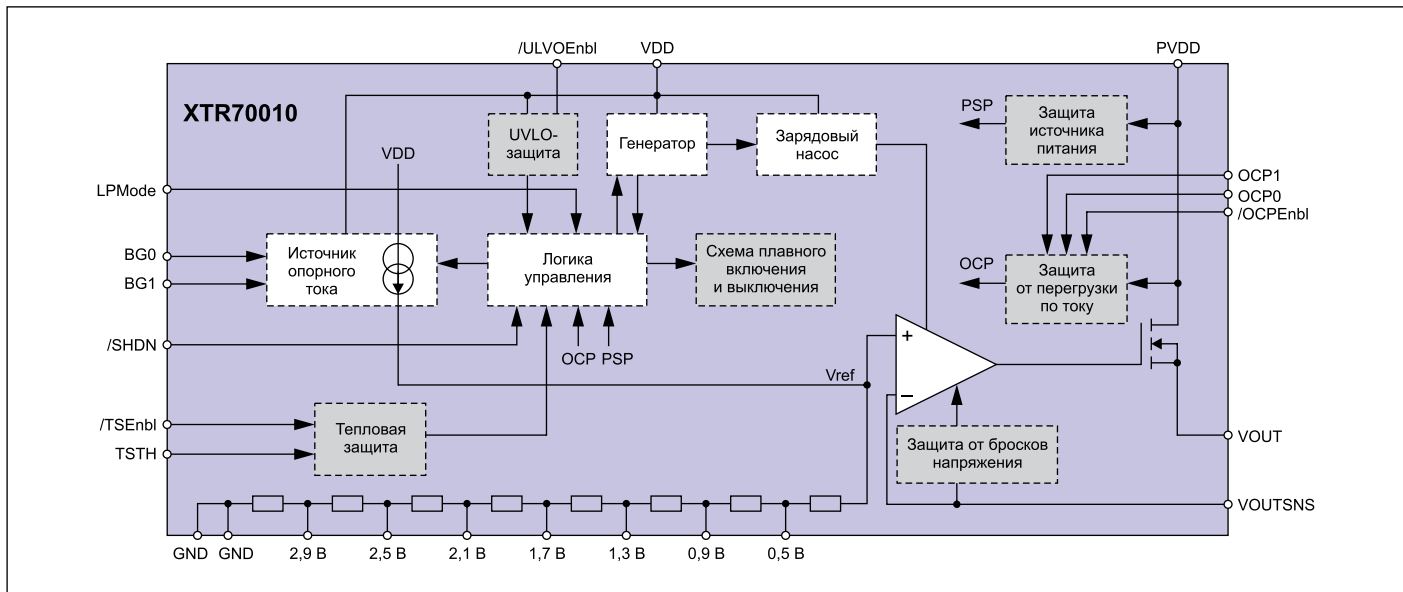


Рис. 6. Внутренняя структура стабилизатора XTR70010

лением сток-исток во включенном состоянии (0,29/0,82 Ом для XTR20411/XTR20412 и 0,78/1,7 Ом для XTR20811/XTR20812), малым собственным энергопотреблением, изделия выпускаются в 6-выводном корпусе TO-257 или керамическом DIP-8. Значение максимального тока стока, измеренного при температуре +230 °C, составляет 5 и 12 А для XTR20411 и XTR20412 соответственно (2,5 и 6 А для XTR20811 и XTR20812), превосходные динамические характеристики обеспечиваются малым временем включения/выключения (в пределах от 50 до 90 нс для разных моделей). При падении напряжения управления ниже определенного предела выходные транзисторы могут перейти в линейный режим работы, что, в свою очередь, приведет к перегреву кристалла. Для предотвращения этого используется схема контроля напряжения (UVLO — Under Voltage LockOut), отключающая модуль при недостаточном для нормальной работы уровне управляющего сигнала. Модули XTR20414A и XTR20814 по своим характеристикам полностью идентичны XTR20411A и XTR20811 за исключением наличия инвертированной входной логики.

Далее рассмотрим группу высокотемпературных стабилизаторов и источников опорного напряжения. Семейство ULDO (со сверхнизким падением напряжения вход/выход) линейных стабилизаторов напряжения XTR7001x работает с входными напряжениями от 2,8 до 5,5 В и обеспечивает значительную величину выходного тока (до 1,5 А) в широком диапазоне рабочих температур от -60 до +230 °C. Основной особенностью стабилизаторов XTR7001x является низкое значение падения напряжения (всего 1 В при токе нагрузки 0,9 А), что составляет лишь 50% от потерь мощности по сравнению с другими конкури-

рующими решениями для экстремальных температур. Регулировка уровня выходного напряжения осуществляется при помощи внешнего резистивного делителя либо путем использования внутренних настроек. В настоящее время для заказа доступно два варианта, отличающихся функциональными возможностями, — бескорпусный тестированный кристалл XTR70010 и микросхема XTR70011 в керамическом корпусе CDFP-10. Рис. 6 иллюстрирует внутреннюю структуру стабилизатора XTR70010.

Стабилизатор XTR70010 может устанавливать 32 различных уровня выходного напряжения в пределах от 0,5 до 3,6 В с шагом 100 мВ без применения внешних компонентов, но при помощи двух дополнительных выводов BG0 и BG1, подключаемых к высокому или низкому потенциалу (табл. 3).

Таблица 3. Плавная регулировка выходного напряжения у XTR70010

| Выводы, подключенные к «земле» | BG1 | BG0 | Опорное напряжение |
|--------------------------------|-----|-----|--------------------|
| GND и 0,5V                     | 0   | 0   | 0,5 В              |
| GND и 0,5V                     | 0   | 1   | 0,6 В              |
| GND и 0,5V                     | 1   | 0   | 0,7 В              |
| GND и 0,5V                     | 1   | 1   | 0,8 В              |

Аналогично, путем заземления выводов 0,9В, 1,3В, 1,7В, 2,1В, 2,5В и 2,9В осуществляется установка опоры в диапазоне от 0,9 до 3,2 В, при этом должно выполняться условие  $(V_{dd} - V_{ref}) > 1 В$ . По умолчанию, если эти контакты не подключены, опорное напряжение составляет 3,3 В с возможностью повышения до 3,6 В [6]. Дополнительная регулировка возможна при подключении делителя к выводу VOUTSNS. Стабилизатор XTR70010 имеет встроенные схемы защиты от перегрузки по току (четыре значения в диапазоне от 1,5 до 2,1 А с шагом

0,2 А), режим низкого энергопотребления, в котором ток снижается до 0,5 мА, защиту от пониженного напряжения (UVLO), тепловую защиту с настраиваемыми порогами отключения +225 или +310 °C, схему ограничения бросков напряжения, схемы плавного старта и отключения. ИС XTR70011, вследствие своего корпусного исполнения (всего 10 выводов), отличается ограниченными функциональными возможностями. Так, для получения опорного напряжения использует только один контакт 0,5V. Сигналы, разрешающие или запрещающие работу отдельных узлов микросхемы, подтянуты внутри к определенным логическим уровням. Например, BG0 и BG1 заземлены, что делает невозможным плавное повышение напряжения на 100 и 200 мВ, температурная защита отключена, а порог перегрузки по току не регулируется (устанавливается на уровне 2,1 А). Поэтому основным способом изменения выходного напряжения становится применение внешнего делителя, расчет значения выполняется по формуле:

$$V_{out} = V_{ref} \times (1 + R_1/R_2).$$

Способность стабилизаторов работать от входного напряжения 2,8 В наряду с низким значением падения напряжения делают эти микросхемы отличным выбором в качестве компонентов стабилизации в регулируемых источниках питания микропроцессоров, памяти, датчиков и схем вторичной стабилизации после DC/DC-преобразователей типа POL.

Очень похожая на ранее рассмотренную, серия LDO-стабилизаторов XTR70020x также гарантирует максимальный выходной ток 1,5 А при падении напряжения вход/выход не более 1,2 В. Данные микросхемы отличаются в первую очередь широким диапазоном

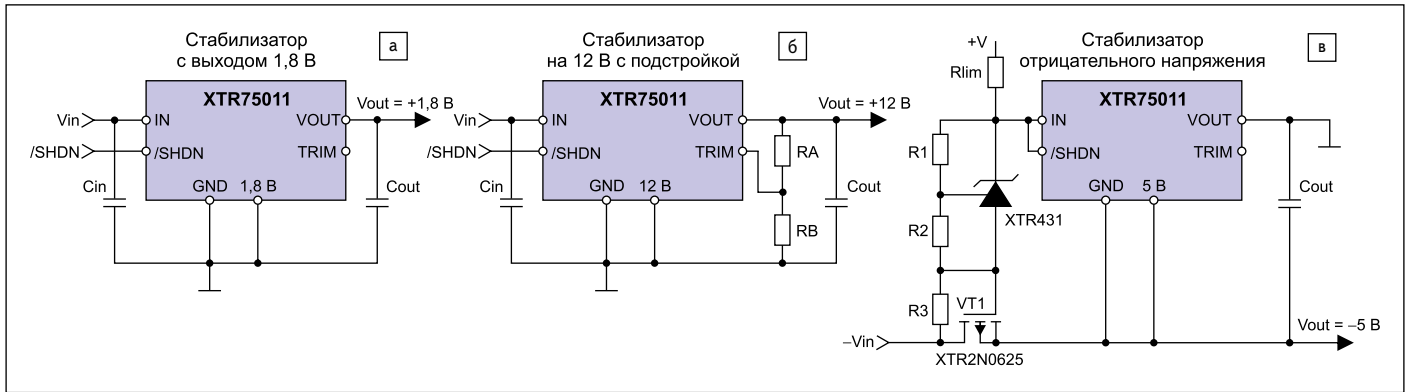


Рис. 7. Типовые схемы применения стабилизаторов серии XTR7501x

входных напряжений от 3 до 40 В и превосходными точностными характеристиками. Нестабильность выходного напряжения по сети и по нагрузке не превышает 0,3 мВ, а уровень шума — 550 мкВ для  $V_{out} = 15 В$  (75 мкВ для  $V_{out} = 0,9 В$ ). Выходное напряжение регулируется в пределах от 0,9 до 30 В применением внешних резисторов и 9 различных значений  $V_{ref}$  устанавливаемых пользователем (0,9 В; 1,2 В; 2,5 В; 2,8 В; 3,3 В; 5 В; 10 В; 12 В и 15 В). Полный набор защитных функций и наличие режимов энергосбережения гарантируют длительную бесперебойную эксплуатацию в жестких условиях окружающей среды.

Маломощные регуляторы напряжения серии XTR7501x с широким диапазоном входных напряжений от 2,8 до 40 В и максимальным выходным током до 50 мА предназначены для применения в преобразователях положительного/отрицательного напряжения, регулируемых источниках питания, а также в качестве источников тока (рис. 7). Компоненты этого семейства обладают хорошей устойчивостью к воздействию высоких температур (до +230 °С), температурный коэффициент не превышает 40 ppm/°С. Нестабильность выхода при изменении входного напряжения не превышает 0,75%, а малый ток собственного потребления до 380 мкА делает эти изделия оптимальными для устройств с батарейным питанием. Среди функциональных особенностей следует отметить возможность дистанционного отключения и плавного запуска, а также встроенную защиту от короткого замыкания. Фиксированное значение выходного напряжения из стандартного ряда от 1,2 до 15 В задается путем соединения одноименных выводов с общим проводом, также возможна подстройка в пределах ±2% при использовании внешнего делителя, подключенного к выводу TRIM. Компоненты серии отличаются друг от друга доступными номиналами и типом корпусного исполнения. Наиболее полнофункциональным устройством с десятью доступными выходными напряжениями является ИС XTR75011, изготавливаемая в 16-выводных керамических корпусах DIP или SOIC (табл. 4).

Для приложений, чувствительных к занимаемому на печатных платах месту и требующих заранее известного определенного номинала выхода, можно применять малогабаритные стабилизаторы XTR75012, XTR75013 или XTR75015, первый из них выпускается с предустановленными на заводе-изготовителе значениями.

Серия XTR431 представляет собой регулируемые стабилизаторы напряжения шунтирующего типа, которые могут быть использова-

ны в качестве источников опорного напряжения [7]. Это сверхнадежная высокотемпературная версия широко известных регуляторов семейства «431». Выходное напряжение, регулируемое в пределах от 2,5 до 40 В, задается при помощи двух внешних резисторов, образующих делитель напряжения. Данные компоненты обладают низким температурным коэффициентом (не более 100 ppm/°С), малым выходным импедансом (0,55 Ом при температуре 230 °С) и способны надежно функционировать в широком диапазоне рабочих токов от 500 мкА до 50 мА. XTR431 позиционируются для замены зенеровских диодов во многих ответственных применениях — например, в импульсных и регулируемых источниках питания, преобразователях напряжения, источниках тока и схемах контроля напряжения, применяемых в оборудовании авиационного, космического и автомобильного назначения. Стабилизаторы выпускаются в корпусах для сквозного и поверхностного монтажа, полная функциональность гарантируется при рабочих температурах от -60 до +230 °С, хотя возможна эксплуатация и за пределами этого диапазона. На рис. 8 показана зависимость выходного опорного напряжения 2,5 В от температуры эксплуатации при разных значениях входного напряжения.

Из новинок нынешнего года можно отметить и компаратор XTR15031 с встроенным источником опорного напряжения на 2,4 В, предназначенный для использования в супервизорах питания. XTR15031 питается от напряжения, лежащего в пределах от 2,8 до 40 В, имеет выход с открытым стоком и максимальным током нагрузки 50 мА, интегрированный ИОН с низким температурным коэффициентом 100 ppm/°С слабо подвержен влиянию экстремальных температур, его погрешность не превышает 4% в диапазоне от -60 до +230 °С. Разрешенные значения входных напряжений компаратора — от 0 до 12 В.

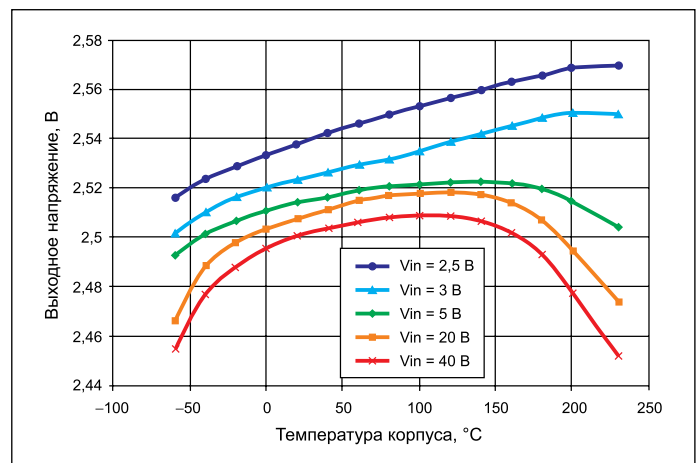


Рис. 8. Зависимость выходного напряжения от температуры для стабилизаторов серии XTR431

Таблица 4. Доступные выходные напряжения стабилизаторов серии XTR7501x.

| Наименование | Выходные напряжения, В |     |     |     |   |     |   |    |    |    | Тип корпуса                   |
|--------------|------------------------|-----|-----|-----|---|-----|---|----|----|----|-------------------------------|
|              | 1,2                    | 1,8 | 2,5 | 3,3 | 5 | 5,5 | 9 | 10 | 12 | 15 |                               |
| XTR75010     | +                      | +   | +   | +   | + | +   | + | +  | +  | +  | Бескорпусной кристалл         |
| XTR75011     | +                      | +   | +   | +   | + | +   | + | +  | +  | +  | Керамические SOIC-16 и DIP-16 |
| XTR75012     | +                      | +   | +   | +   | + | +   | + | +  | +  | +  | Керамические DIP-8 и DFP-8    |
| XTR75014     | +                      | +   | +   | +   |   |     |   |    |    |    |                               |
| XTR75015     | +                      |     | +   |     | + |     |   |    |    | +  |                               |

## Микросхемы управления тактовыми сигналами

Данная группа включает многофункциональные прецизионные таймеры и драйверы кварцевых генераторов. Серия универсальных высокостабильных таймеров XTR65x ориентирована на применение в прецизионных линиях задержки и генераторах импульсов. Малогабаритные компоненты являются высоконадежной заменой широко распространенных микросхем 555-й серии. ИС с входным напряжением от 2,8 до 5,5 В способны генерировать импульсы с периодом от сотен наносекунд и коэффициентом заполнения практически от 0 до 100%. Доступны версии с комплементарными выходами и максимальным током 50 мА, а также с дополнительными высоковольтными выходами с открытым стоком [8].

Особенности:

- Режимы работы: ждущий мультивибратор, генератор, ШИМ и ФИМ.
- Интегрированные времязадающие конденсаторы 200 пФ и датчик температуры для уменьшения количества внешних компонентов.
- Высокопрочные корпуса для планарного и сквозного монтажа (в том числе полностью совместимые по выводам с таймерами 555-й серии).

Серия высокотемпературных драйверов кварцевых резонаторов XTR6001x с расширенными функциональными возможностями предназначена для использования в генераторах тактовых импульсов, точных времязадающих цепях и в генераторах развертки. ИС с входным напряжением от 2,8 до 5,5 В могут работать совместно с кварцевыми генераторами с частотой от 32 кГц до 50 МГц и содержат предварительный делитель частоты, программируемый частотный делитель (1/2/4/8), цепь автоматической регулировки усиления, выходной буфер и времязадающие конденсаторы (рис. 9). Микросхемы выгодно отличаются: цепи автоматической адаптации к типу используемого кварцевого кристалла, наличие режимов пониженного энергопотребления, отдельное питание излучателя и буфера для уменьшения уровня шумов и использование высокопрочных корпусов для планарного и сквозного монтажа.

## Микросхемы логики

Высокотемпературные многофункциональные логические микросхемы серии XTR54000 компании X-REL Semiconductor могут использоваться для прямой замены стандартных устройств семейства 54НС. Универсальный набор функций позволяет сконфигурировать их для реализации любой комбинаторной логики, выбор необходимой логической функции (И-НЕ, ИЛИ-НЕ, исключаящее ИЛИ, инвертирование) у каждой микросхемы осуществляется при помощи специальных выводов SET\_1 и SET\_0. Вентили семейства XTR54000

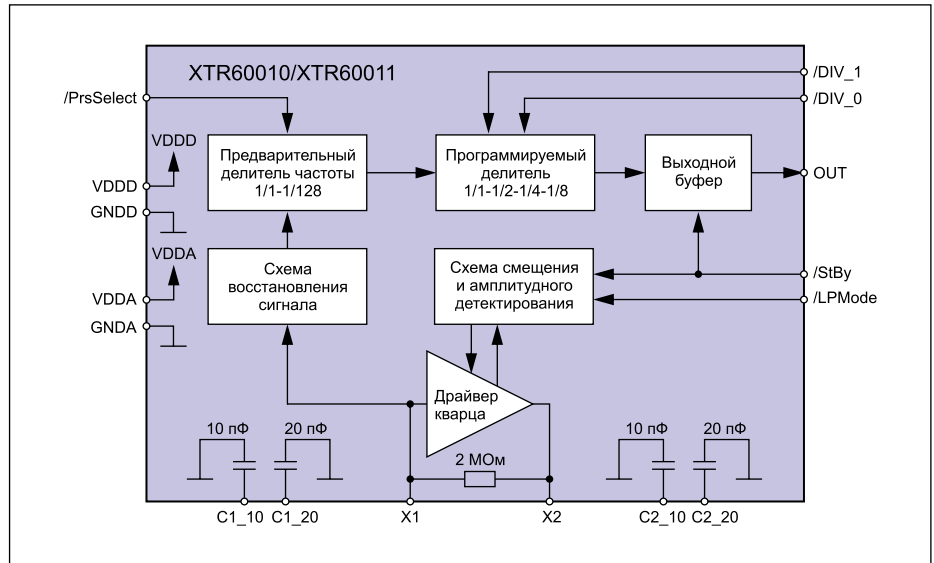


Рис. 9. Внутренняя структура драйверов XTR6001x

способны надежно работать в диапазоне температур от  $-60$  до  $+230$  °С, причем гарантированный срок службы при максимальной температуре составляет пять лет. Для улучшения помехозащищенности все входные цепи снабжены триггерами Шмитта, микросхемы работают с напряжениями питания 2,8–5,5 В и изготавливаются в 16-выводных герметичных керамических или пластиковых корпусах. Также доступны компоненты в меньших корпусах с заранее определенными логическими функциями [9].

Двунаправленные преобразователи уровня XTR5001x используются для организации обмена данными между узлами, работающими при разных напряжениях питания (от 2,5 до 5,5 В). У отдельных моделей направление передачи определяется либо автоматически, либо задается при помощи вывода DIR. Максимальное число каналов — шесть у XTR50011 и XTR50014 в 16-выводных корпусах, скорость передачи данных

не превышает 30 Мбит/с. Любой компонент из семейства D-триггеров XTR5417x со срабатыванием по положительному фронту конструктивно состоит из четырех аналогичных изделий с общим питанием 2,8–5,5 В, объединенных в одном 16-выводном корпусе DIP или SOIC. Каждый триггер имеет индивидуальные информационные входы D с триггерами Шмитта для повышения помехоустойчивости, два выхода (прямой и инверсный) с током нагрузки до 8 мА, вход синхронизации и одновременного сброса MR. Устройства XTR541G74 представляют собой стандартные D-триггеры, отличающиеся наличием входов S и R. Они выпускаются в малогабаритных 8-выводных корпусах и предлагаются для построения делителей частоты.

## Интерфейсные микросхемы

Серия полнодуплексных двухканальных изолированных трансиверов XTR4001x

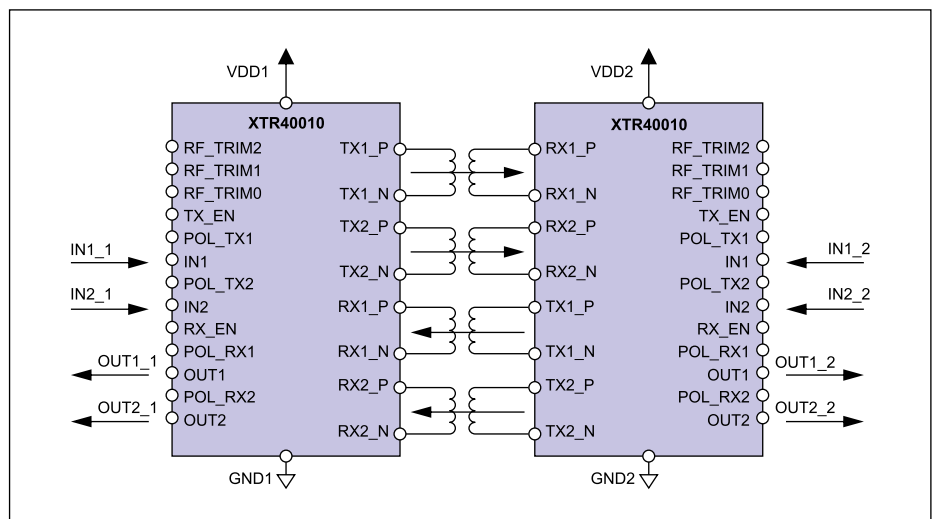


Рис. 10. Типовое применение микросхем семейства XTR4001x

предназначена для гальванической развязки линий передачи данных и может использоваться в интеллектуальных силовых модулях, инверторах, схемах управления электроприводами, высоковольтных DC/DC-преобразователях и источниках питания. Микросхемы содержат по два передающих и приемных канала. Гальваническая развязка осуществляется путем использования внешнего малогабаритного импульсного трансформатора с коэффициентом трансформации 1:1, который обеспечивает устойчивость работы при высоких значениях  $dV/dt$  (рис. 10). Готовое решение отличается минимальным количеством требуемых внешних компонентов и отличной помехоустойчивостью.

Приемопередатчик обеспечивает скорости обмена данными свыше 2 Мбит/с для каждого канала и показывает низкое значение задержки распространения (<120 нс) и уровня джиттера сигнала. Для выполнения повышенных требований ЭМС восемь значений несущей рабочей частоты могут быть установлены пользователем при по-

мощи 3-битного слова на выводах TRIM1-3. Также конфигурируется полярность сигналов Tx и Rx, передача данных осуществляется с применением амплитудной манипуляции.

### Заключение

Высокотемпературные изделия компании X-REL Semiconductor с диапазоном рабочих температур от  $-60$  до  $+230$  °C и широким спектром областей применения включают как дискретные компоненты, в том числе и на основе карбид-кремниевой технологии изготовления, так и микросхемы, представляющие собой высокотемпературную, совместимую по выводам замену популярных серий микросхем. Компоненты, выпускаемые в керамических, металлических и пластмассовых корпусах для сквозного и планарного монтажа, рассчитаны на эксплуатацию в жестких условиях окружающей среды и могут успешно применяться в электронном оборудовании буровых установок, геотермальных электростанций, геолого-раз-

ведочной аппаратуре, устройствах аэрокосмического и оборонного назначения. ■

### Литература

1. [www.x-relsemi.com](http://www.x-relsemi.com)
2. Electronic products designed for harsh environments. Product catalog. October 2014.
3. Полищук А. Высоковольтные диоды Шоттки из карбида кремния в источниках электропитания с преобразованием частоты // Компоненты и технологии. 2004. № 5.
4. Technical Datasheet. High temperature, 80V N-channel small signal MOSFET XTR2N0807. February 2014.
5. Technical Datasheet. High temperature intelligent gate driver XTR26010. February 2014.
6. Technical Datasheet. High temperature, 1.5A low dropout voltage regulator XTR70010. June 2014.
7. Technical Datasheet. High temperature programmable shunt regulator XTR431. May 2014.
8. Technical Datasheet. High temperature versatile timer XTR650. September 2014.
9. Technical Datasheet. High temperature bidirectional level translators family XTR50010. September 2014.