

Новинки компании X-REL Semiconductor для высокотемпературных применений

Константин ВЕРХУЛЕВСКИЙ
info@icquest.ru

Оборудование ответственного назначения, эксплуатируемое в условиях экстремальных температур и при воздействии сопутствующих неблагоприятных факторов окружающей среды (механических ударах, вибрации и т. д.), разрабатывается на основе специализированных электронных компонентов. К такой элементной базе следует отнести продукцию компании X-REL Semiconductor, рассчитанную на самые жесткие условия применения, в том числе на широкий диапазон температур $-60...+230$ °С. В статье рассматриваются новинки компании, позиционируемые для производителей высоконадежной аппаратуры нефтегазовой, аэрокосмической, автомобильной и других отраслей промышленности.

Введение

Сегодня в мире существует несколько общепринятых диапазонов температур эксплуатации электронных компонентов: коммерческий ($0...+70$ °С), промышленный ($-40...+85$ °С), авиационный ($-40...+125$ °С), военный (стандарт MIL-STD-883) и космический ($-55...+125$ °С). В самостоятельный класс выделена высокотемпературная электроника, функционирующая при температурах свыше $+150$ °С и широко используемая в нефтегазовой, авиационной, автомобильной и других отраслях промышленности. Значительный рост производства высокотемпературных элементов, наблюдаемый в последние годы, связан с повышением объемов выпуска автомобилей, самолетов, ракетно-космической техники, с увеличением глубины нефтегазовых скважин и т. д.

В России подобные электронные компоненты особенно актуальны для таких сфер применения, как нефте- и газодобыча. Потребность в высокотемпературной электронике определяется экстремальными условиями эксплуатации в скважине. Рабочая температура является функцией глубины скважины, в среднем по планете типичный геотермический градиент составляет 25 °С/км. В прошлом бурение осуществлялось при температурах внутреннего пространства нефтяной или газовой скважины не выше $+150...+175$ °С, в настоящее время ведется экспериментальная разработка полезных ископаемых на сверхглубинах, где температура может превышать $+200$ °С, а давление достигать 170 МПа. В столь неблагоприятных условиях активное охлаждение практически не реализуемо, а пассивные методы неэффективны в случае, если зона нагрева не ограничена самой электроникой.

Помимо нефтегазовой отрасли, высокотемпературные компоненты находят применение и в других областях, например в авионике. Среди тенденций современного самолетостроения можно отметить отказ от центрального компьютера в пользу множества распределенных микроконтроллеров и замену гидравлических систем управления электронными. В совокупности это позволяет значительно уменьшить число и длину медных кабелей, снизить вес самолета и повысить надежность управления, разместив микроконтроллеры, датчики, сенсорные интерфейсы и блоки управления питания вблизи исполнительных механизмов. Однако такое решение приводит к тому, что электроника может оказаться в непосредственной близости от двигателей и в зоне воздействия рабочих температур до $+200$ °С. Дополнительная система охлаждения при этом нежелательна, поскольку, во-первых, увеличивает массу и себестоимость самолета, а во-вторых, ее отказ способен привести к выходу из строя электронных узлов, управляющих критическими для безопасности полетов системами.

Автомобильная отрасль аналогично авиационной промышленности также начинает заменять гидравлические и механические системы управления электронными. Особо следует отметить электромобили и гибридные автомобили, основные функциональные узлы которых, например конвертеры, блоки

управления двигателями и зарядные цепи, требуют наличия компонентов силовой электроники с высокой плотностью мощности. Электроника, располагаемая рядом с этими узлами, подвергается воздействию повышенных температур, длительность и интенсивность которого зависят от типа автомобиля.

Потребности рынка высокотемпературных изделий удовлетворяет ряд производителей, среди них одно из ведущих мест занимает компания X-REL Semiconductor, ориентированная исключительно на разработку и выпуск высокотемпературных электронных компонентов.

Основные типы продукции X-REL Semiconductor

Номенклатура продукции компании X-REL Semiconductor содержит дискретные полупроводниковые компоненты, а также аналоговые и цифровые интегральные схемы различного функционального назначения [2]. Изделия X-REL Semiconductor объединяет превосходная температурная стойкость: все они, без исключений, способны долговременно эксплуатироваться с гарантированным соблюдением паспортных характеристик при рабочих температурах $-60...+230$ °С. Предлагаемая линейка вследствие своего разнообразия зачастую позволяет проектировать высокоэффективное оборудование ответственного назначения, используя компоненты от одного производителя. В настоящее время она представлена специализированными микросхемами управления питанием (ШИМ-контроллеры,

драйверы силовых ключей, модули, состоящие из мощных МОП-транзисторов с драйверами управления, линейные стабилизаторы и источники опорного напряжения), ИС управления тактовыми сигналами (многофункциональные прецизионные таймеры, драйверы кварцевых генераторов), конфигурируемыми микросхемами логики, интерфейсными ИС, а также диодами и МОП-транзисторами. Их типовые характеристики можно увидеть в таблице 1.

Обзору ключевых особенностей продукции X-REL Semiconductor посвящена отдельная статья [3], далее будут рассмотрены только новинки компании, недавно появившиеся в свободном доступе.

Интеллектуальные драйверы

Расширение линейки драйверов было выполнено за счет выпуска устройств серий XTR2502x и XTR2602x. Драйверы данных серий содержат большое количество элементов, поэтому производятся в виде интегральных схем, которые, помимо усилителей мощности, включают цепи сдвига уровня управляющих сигналов, вспомогательную логику, цепи для формирования мертвого времени и ряд защит — от перегрузки по току и короткого замыкания, а также от снижения напряжения питания. Конструктивно все компоненты представляют собой бескорпусные полупроводниковые кристаллы (Bare die) либо высоконадежные керамические корпуса DIP-28 и LJCC-28/52, имеющие дополнительную теплоотводящую площадку. Кристалл драйвера соединяется непосредственно с этой площадкой, что позволяет, с одной стороны, улучшить теплоотвод, а с другой — увеличить допустимые значения выходных токов. Благодаря возможности работать при высоких температурах устройства могут располагаться непосредственно рядом с силовыми ключевыми элементами, что приводит к минимизации паразитных индуктивностей и емкостей между ними. Целевые рынки применения данных ИС — устройства управления электроприводом, инверторы, источники бесперебойного питания, корректоры коэффициента мощности, импульсные DC/DC-преобразователи, высоковольтные коммутационные устройства для авиации, промышленности, электромобилей и ж/д- транспорта.

Высокотемпературные универсальные драйверы XTR2502x предназначены для управления силовыми JFET-, MOSFET-, BJT-, SJT- и MESFET-транзисторами, изготавливаемыми на основе кремния, нитрида галлия (GaN) или карбида кремния (SiC). На рис. 1 представлена структурная схема драйверов XTR2502x с отображением основных узлов [4].

Для включения транзисторов драйверы XTR2502x используют один канал (PU_DR) с выходным пиковым током 3 А, перевод силовых транзисторов в выключенное со-

Таблица 1. Основные типы продукции компании X-REL Semiconductor

Серия	Тип продукции	Основные характеристики	Корпусное исполнение*
ИС управления питанием			
XTR3001x	ШИМ-контроллеры	V _{DD} : 6–50 В; F _{max} : 800 кГц; встроенный ИОН	Bare die, DIP-8/24 и SOIC-8/16/24
XTR2041x	Драйверы с интегрированными N-канальными MOSFET	V _{DD} : 4,5–5,5 В; V _{DS} : 40 В; I _{OUT} : до 8,3 А; R _{DS(ON)} : до 1130 мОм	Bare die, DIP-8, DFP-8 и TO-257
XTR2081x	Драйверы нижнего плеча с интегрированными N-канальными MOSFET	V _{DD} : 4,5–5,5 В; V _{DS} : 80 В; I _{OUT} : до 3,8 А; R _{DS(ON)} : до 1700 мОм	
XTR2501x	Драйверы силовых транзисторов	V _{CC} : 7–40 В; V _{DD} : 4,5–5 В	Bare die, LJCC-52
XTR2502x	Интеллектуальные драйверы	V _{CC} : 4,5–40 В; V _{DD} : 4,5–5 В; встроенный LDO-регулятор	Bare die, DIP-28 и LJCC-52
XTR2541x	Драйверы МОП-транзисторов N- и P-типов	V _{DD} : 4,5–5,25	Bare die, DIP-8/16, DFP-10 и SOIC-16
XTR2601x	Интеллектуальные изолированные драйверы	V _{CC} : 4,5–40 В; V _{DD} : 4,5–5 В;	Bare die, LJCC-68
XTR2602x		встроенный LDO-регулятор	Bare die, DIP-28 и LJCC-28
XTR7001x	LDO-стабилизаторы напряжения	V _{IN} : 2,8–5,5 В; I _{OUT} : до 1,5 А; V _{OUT} : 0,5–3,6 В (до 32 номиналов)	Bare die, DIP-8 и SOIC-10
XTR7002x	LDO-стабилизаторы напряжения с широким диапазоном входных напряжений	V _{IN} : 3–30 В; I _{OUT} : до 2 А; V _{OUT} : 0,6–30 В	Bare die, DIP-8, TO-254 и SOIC-10
XTR7501x	Маломощные регуляторы напряжения	V _{IN} : 2,8–40 В; I _{OUT} : до 50 мА; V _{OUT} : 1,2–15 В (10 номиналов)	Bare die, DIP-8/16, DFP-8 и SOIC-16
XTR431-xx	Регуляторы напряжения шунтирующего типа	V _{OUT} : 2,5–40 В; I _{OUT} : 0,5–50 мА	Bare die, DIP-8, DFP-8 и TO-39
XTR4431-xx	Регуляторы напряжения шунтирующего типа с открытым стоком	V _{IN} : 2,8–40 В; I _{OUT} : 0–40 В; I _{OUT} : 50 мА	Bare die, DIP-8 и DFP-8
ИС управления тактовыми сигналами			
XTR-65x	Универсальные таймеры	V _{DD} : 2,8–5,5 В; F _{max} : 4 МГц	Bare die, DIP-8/14 и DFP-8
XTR6001x	Драйверы кварцевых генераторов	V _{DD} : 2,5–5,5 В; F: 32 кГц – 25 МГц	Bare die, DIP-8/16, DFP-8 и SOIC-16
XTR6002x	Драйверы высокочастотных кварцевых генераторов	V _{DD} : 2,5–5,5 В; F: 1–50 МГц	
Микросхемы логики			
XTR54000-xx	Многофункциональные конфигурируемые вентили	V _{DD} : 2,8–5,5 В; совместимость с серией 54HC	Bare die, DIP-16 и SOIC-16
XTR54132	4 элемента 2И-НЕ		DIP-14
XTR54002	4 элемента 2ИЛИ-НЕ		
XTR5486	4 элемента Исключающее ИЛИ		
XTR5414	6 элементов НЕ		
XTR5001x	Двухнаправленные преобразователи уровней	V _{DD} : 2,5–5,5 В; max скорость: 60 Мбит/с	Bare die, DIP-8/16, DFP-8 и SOIC-16
XTR5417x	D-триггеры	V _{DD} : 2,8–5,5 В	
Интерфейсные ИС			
XTR4001x	Двухканальные изолированные трансиверы	V _{DD} : 3,3–5,5 В; max скорость: 4,2 Мбит/с; задержка распространения: <120 нс	Bare die, DIP-28, SOIC-16/28
Дискретные компоненты			
XTR1N04xx / XTR1N08xx	Кремниевые диоды общего назначения	V _{RRM} : 55/90 В; I _F : 165–1160 мА; V _F : 715–740 мВ	Bare die, DIP-8, DFP-8 и TO-18
XTR1K1210-xx	Диоды Шоттки на основе SiC	V _{RRM} : 1200 В; I _F : 10 А; P _{дисс} : 90 Вт	Bare die и TO-257AA
XTR2N03xx / XTR2N05xx	Мощные P-канальные МОП-транзисторы	V _{DS} : 30/50 В; R _{DS(ON)} : 0,56–2,6 Ом; I _D : 4,5–13,4 А	Bare die, DIP-8, DFP-8 и TO-257AA
XTR2N04xx / XTR2N08xx	Мощные N-канальные МОП-транзисторы	V _{DS} : 40/80 В; R _{DS(ON)} : 0,37–1,8 Ом; I _D : 5–12,2 А	
XTR2N0307-xx	Маломощные P-канальные МОП-транзисторы	V _{DS} : 30 В; R _{DS(ON)} : 6,7 Ом; I _{D max} : 1 А	Bare die, DFP-8 и TO-18
XTR2N0807-xx	Маломощные N-канальные МОП-транзисторы	V _{DS} : 90 В; R _{DS(ON)} : 9,5 Ом; I _{D max} : 0,6 А	
XTR2K0x08	Высоковольтные N-канальные JFET на основе SiC	V _{DS} : >650 В; R _{DS(ON)} : 270 мОм; I _{D max} : 15 А	DIP-8, DFP-8 и TO-257AA

Примечание. * Все корпуса керамические.

стояние осуществляется при помощи двух каналов подтяжки затворов «вниз» (PD_DR и PD_MC), также обладающих максимальным рабочим током 3 А. Канал PD_MC, необходимый для активного подавления эффекта Миллера, имеет цепь плавного отключения силовой нагрузки в аварийных ситуациях. Работа каналов разрешается при наличии логического сигнала высокого уровня на входе EN, в противном случае выходы PU_DR и SSD переводятся в высокоимпедансное состояние, а на PD_DR и PD_MC устанавливаются низкие потенциалы PVSS_PD и PVSS_MC

соответственно. Высокие уровни выходных токов и малое выходное сопротивление каналов практически снимают ограничения на величину затворных емкостей применяемых транзисторов. Интегрированный «зарядовый насос» позволяет использовать ШИМ сигналы с коэффициентом заполнения до 100%.

Для питания микросхем (V_{CC}) необходим источник постоянного тока с напряжением в диапазоне 4,5–40 В. Питание внутренних логических цепей (V_{DD}) выполняется за счет встроенного LDO-регулятора с выходным напряжением 5 В, точностью установки ±5%

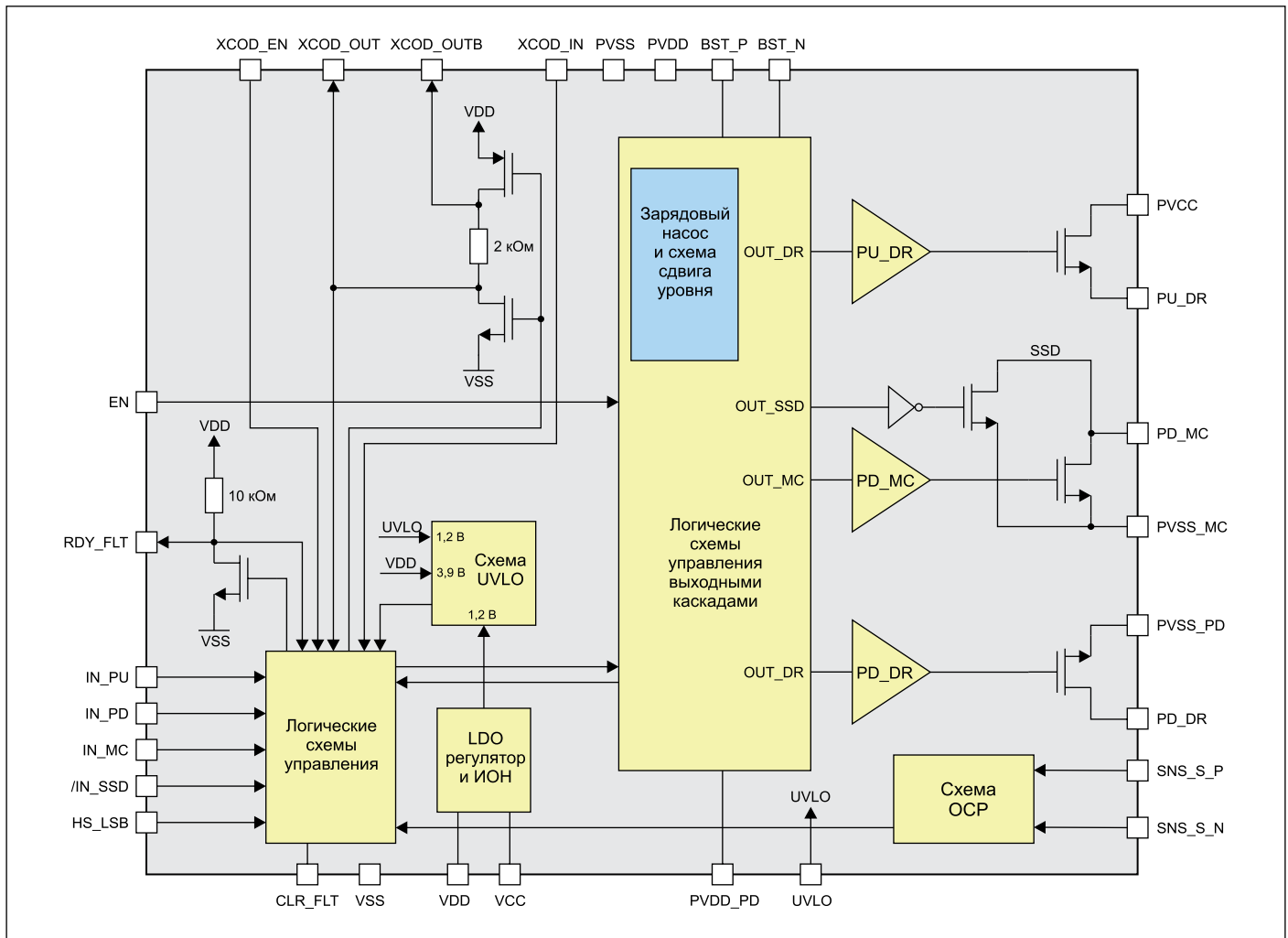


Рис. 1. Структурная схема драйверов серии XTR2502x

и выходным током до 50 мА. Все входные логические схемы выполнены с применением триггеров Шмитта. Вывод RDY_FLT предназначен для индикации аварийного состояния, низкий логический уровень на нем сигнализирует о срабатывании одной из защитных схем. Выводы BST_N и BST_P предусмотрены для подключения бутстрепного конденсатора (бутстрепный диод встроенный).

Защитные цепи содержат схему ограничения тока через транзисторы (OCP) и схему блокировки при пониженном напряжении питания (UVLO). Для контроля величины V_{CC} применяется внутренний 1,2 В ИОН, напряжение с которого поступает на компаратор. На другой вход компаратора, через внешний делитель, заводится напряжение внешнего источника питания. Также отслеживается выходное напряжение внутреннего 5-В регулятора, флаг его готовности устанавливается при достижении порога 3,9 В. Измерение тока выполняется при помощи резистора, подключаемого между выводами SNS_S_N и SNS_S_P.

В работе драйвера можно выделить три фазы: запуск, нормальное функционирование и авария. В стадии запуска после подачи питания между выводами V_{CC} и V_{SS} и появ-

ления на выходе LDO-стабилизатора напряжения, достаточного для работы логических схем, PD_DR и PD_MC подтягиваются к нулевому потенциалу PVSS. Этот шаг необходим для зарядки бутстрепного конденсатора. В процессе старта также проводится проверка уровней напряжений V_{CC} и V_{DD} при помощи схемы UVLO. Встроенный таймер, запускаемый после прохождения проверок, отсчитывает задержку 50 мкс для корректного включения внутреннего ИОН. Флаг «1», появившийся на выводе RDY_FLT, свидетельствует о готовности драйвера к работе. В стадии функционирования драйвер, как правило, получает сигналы от ШИМ-контроллера. Если на разрешающих входах EN и IN_SSD высокий логический уровень, то после задержки прохождения, составляющей 200 нс, сигналы с входов поступают на соответствующие выходы, между каналами PU и PD/MC гарантируется минимальная защитная задержка 30 нс. Фаза аварии наступает при возникновении одного из следующих событий: наличия пониженного напряжения питания на линиях V_{CC} и V_{DD} или перегрузки по току в цепи силовых транзисторов. Сразу после обнаружения сбоя флаг RDY_FLT устанавли-

вается в «0». Затем, независимо от состояния на входах, каналы PU_DR, PD_DR и PD_MC выключаются, и при помощи цепи SSD плавно отключается внешний силовой транзистор, затвор которого непосредственно соединен с выводом PD_MC. После осуществления проверки $V_{GATE} < V_{TH_MC} \approx 1$ В канал PD_MC удерживает транзистор в выключенном состоянии. Выход из аварийного режима осуществляется двумя способами. Если вывод CLR_FLT замкнут на V_{SS} для очистки флага RDY_FLT и перехода в стадию начального запуска необходим сброс напряжения питания. Если же к нему подсоединен конденсатор, то драйвер перезапускается автоматически через минимальный промежуток времени, определяемый из выражения: $t_{CLR_FLT} = 30 \text{ кОм} \times C_{CLR}$.

Таблица 2 представляет собой таблицу истинности, определяющую логику работы драйверов XTR2502x. Текущий режим работы зависит от уровня логического сигнала на входе XCOND_EN. При XCOND_EN = 0 выходы PU_DR, PD_DR и PD_MC независимо управляются значениями на соответствующих входах IN_PU, IN_PD и IN_MC.

Таблица 2. Таблица истинности драйверов серии XTR2502x

Входы						Выходы			
EN	XCOND_EN	/IN_SSD	IN_PU	IN_PD	IN_MC	SSD	PU_DR	PD_DR	PD_MC
0	X	X	X	X	X	HZ	HZ	PVSS	PVSS
1	0	0/1	0/1	0/1	0/1	PVSS/HZ	HZ/PVCC	HZ/PVSS	HZ/PVSS
1	1	0	X	X	0	PVSS	HZ	HZ	HZ
1	1	0	X	X	1	PVSS	HZ	HZ	PVSS
1	1	1	1	X	X	HZ	PVCC	HZ	HZ
1	1	1	0	0	X	HZ	HZ	HZ	HZ
1	1	1	0	1	0	HZ	HZ	PVSS	HZ
1	1	1	0	1	1	HZ	HZ	PVSS	PVSS

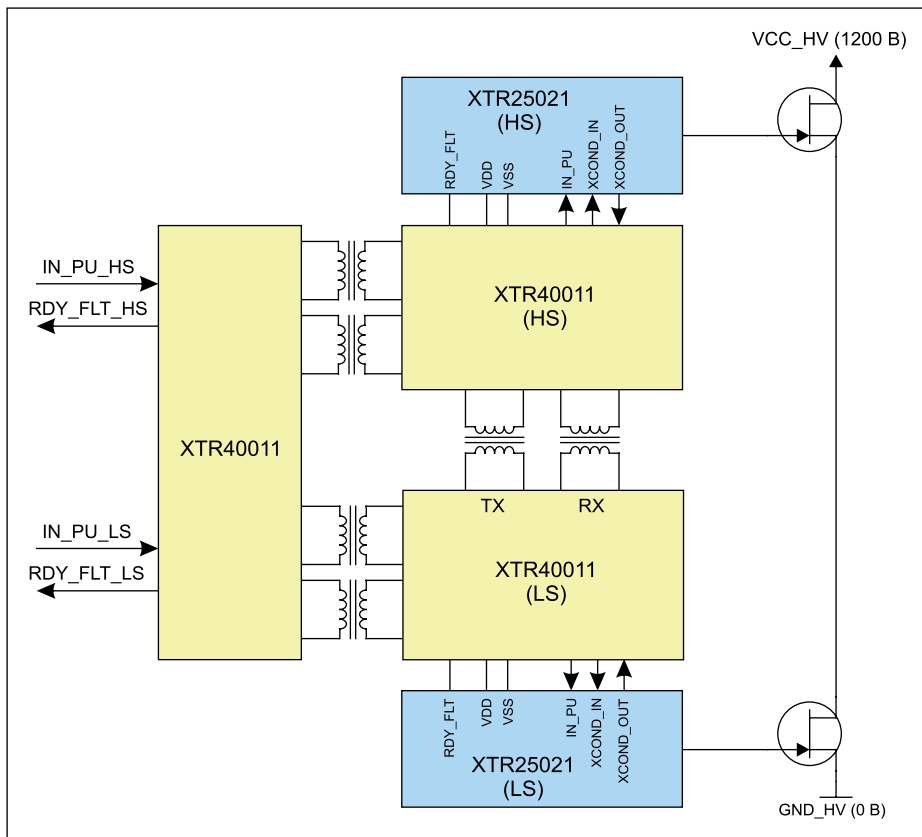


Рис. 2. Типовой вариант использования двух драйверов серии XTR2502x

Высокий логический уровень (5 В) на XCOND_EN позволяет использовать режим защиты от сквозных токов, возникающих при одновременно открытых транзисторах верхнего и нижнего плеча. Взаимодействие между двумя драйверами XTR2502x, управляющими транзисторами полумоста, выполняется при помощи выводов XCOND_IN, XCOND_OUT и XCOND_OUTB (только в бескорпусной версии), гальваническая развязка обеспечивается двумя изолированными транзисторами серии XTR4001x (рис. 2). Данное аппаратное решение исключает возможность появления короткого замыкания между шиной питания и «землей». Конфигурирование драйверов производится при помощи специального вывода HS_LSB. При HS_LSB = 0 они выступают в качестве драйверов нижнего плеча (режим master), а при HS_LSB = 1 управляют транзисторами верхнего плеча (режим slave).

На временной диаграмме, изображенной на рис. 3, наглядно показан порядок управления транзисторами. На IN_PU_HS устанавливается постоянный высокий логический уровень. При появлении логической единицы на выводе IN_PU_LS после задержки $t_{TX}+t_{RX}$ ($t_{TX} = 70$ нс и $t_{RX} = 60$ нс) с выхода XCOND_OUT (LS) отправляется «0», переводящий канал PU_DR драйвера верхнего плеча в выключенное состояние, а PD_DR, и затем PD_MC — во включенное. Задержка t_{DR} состоит из времени прохождения вход/выход и длительности фронта/спада импульса (15 нс). Далее проверяется условие $V_{GATE} < 1$ В и с выхода XCOND_OUT (HS) на вход XCOND_IN (LS) передается «1», сигнализирующая о том, что верхний транзистор выключен. После задержек $t_{TX}+t_{RX}$ и t_{DR} на затвор нижнего ключа подается сигнал включения. При появлении на линии IN_PU_LS нулевого уровня взаимодействие осуществляется схожим образом.

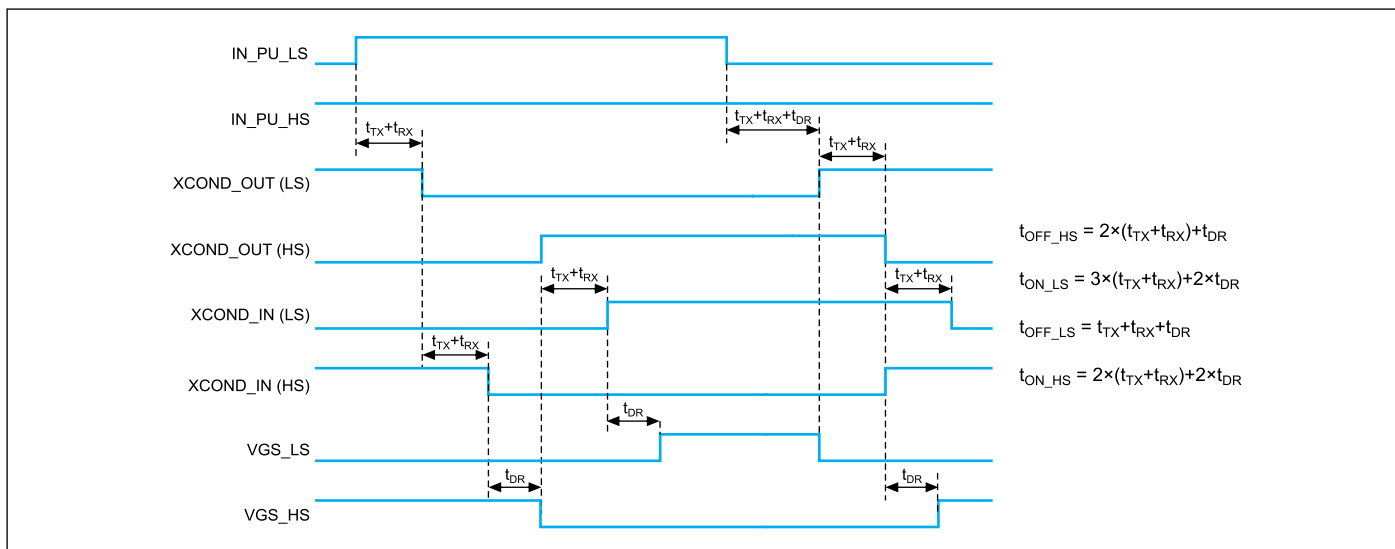


Рис. 3. Временные диаграммы работы драйверов XTR2502x в режиме защиты от сквозных токов



Рис. 4. Внешний вид полумостового драйвера на базе ИС компании X-REL Semiconductor

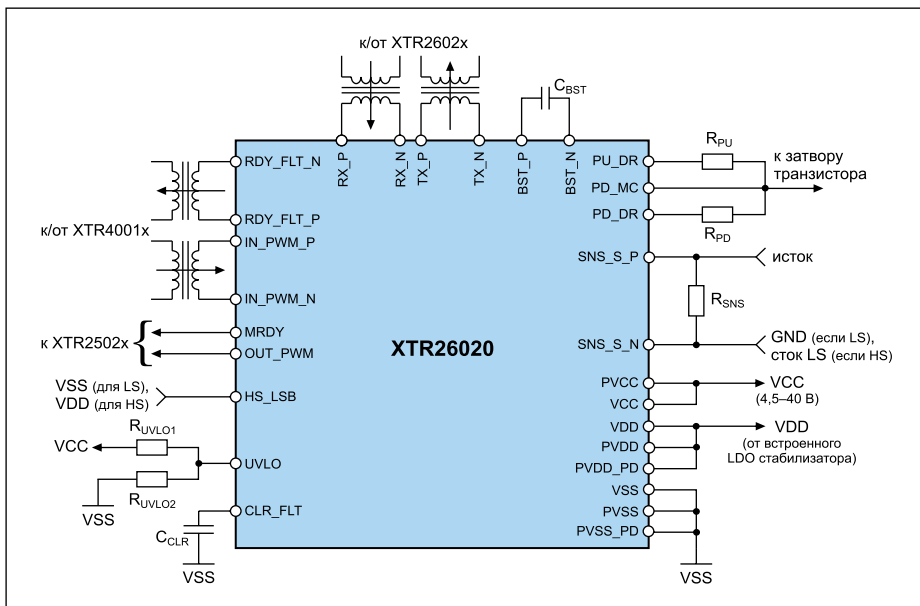


Рис. 5. Типовая схема включения драйверов серии XTR2602x

Практически все вышесказанное относится и к драйверам серии XTR2602x, имеющим аналогичную структуру и режимы работы [5]. Основное отличие от серии XTR2502x — присутствие интегрированного изолированного четырехканального приемопередатчика (два канала TX и два RX), обеспечивающего обмен данными между двумя драйверами и связь с внешним управляющим ШИМ контроллером. Данная особенность позволяет отказаться от применения дополнительных трансиверов серии XTR4001x. По сравнению с микросхемами первого поколения (XTR2601x) на 25% были уменьшены размеры корпуса и на 40% снижено требуемое количество внешних пассивных компонентов. В результате габариты готового изделия уменьшились, на рис. 4 показан внешний вид полумостового драйвера размерами всего 120×32×10 мм.

Микросхемы серии XTR2602x имеют повышенный до 4 А пиковый ток канала PU_DR, ток собственного потребления не более 12,5 мА, ожидаемый срок службы при температуре +230 °C составляет 5 лет. Они могут использоваться самостоятельно, но часто в каскадных схемах из множества транзисторов для каждой фазы их применяют в связке с силовыми драйверами XTR2502x.

В этом случае ИС XTR2602x выступает в качестве контроллера, генерирующего необходимые управляющие сигналы и предотвращающего функции дополнительной защиты, а его выходная мощность увеличивается применением одного или нескольких драйверов XTR2502x. На рис. 5 изображена типовая схема подключения устройств серии XTR2602x.

Здесь затворные резисторы R_{PU} и R_{PD} определяют скорость переключения силовых транзисторов, резисторы R_{UVLO1} и R_{UVLO2} задают пороговое значение схемы защиты от пониженного напряжения V_{CC} , а конден-

сатор C_{CLR} — время перезапуска драйвера. Дифференциальное напряжение с токоуравнительного резистора R_{SNS} сравнивается с внутренним опорным напряжением 100 мВ схемы ОСР, детектируя случаи наступления короткого замыкания.

LDO-стабилизаторы напряжения серии XTR7002x

Высокотемпературные компоненты серии XTR7002x относятся к линейным стабилизаторам с низким падением напряжения вход/выход, не превышающим 1,2 В при температуре эксплуатации +230 °C. Они позиционируются для применения в преобразователях положительного/отрицательного напряжения, регулируемых источниках питания, а также в качестве источников тока [6]. Выгодно отличаются широким диапазоном входных напряжений (3–30 В), максимальным выходным током 2 А и превосходными точностными характеристиками. Нестабильность выходного напряжения по сети и по нагрузке составляет 0,015%/В и 0,15%/А соответственно, температурный коэффициент — 40 ppm/°C, а уровень шума не более 550 мкВ для V_{OUT} , равного 15 В, и 75 мкВ для $V_{OUT} = 0,9$ В. Данные характеристики гарантируются во всем диапазоне температур –60...+230 °C, возможна работоспособность стабилизаторов и за их пределами, но с большей погрешностью параметров. Малый ток собственного потребления (до 2,3 мА в активном режиме) делает эти устройства оптимальными для приборов с батарейным питанием. Монолитные микросхемы данного семейства выпускаются как в виде бескорпусных кристаллов, так и в малогабаритных керамических корпусах типоразмеров DIP-8, TO-254 и SOIC-10. От вида корпусного исполнения зависят доступные номиналы выходного напряжения и функциональные возможности. В таблице 3 приведены все имеющиеся варианты.

Самыми полнофункциональным устройством с 17 доступными фиксированными напряжениями являются стабилизаторы XTR70020-BD и XTR70020-TD, представляющие собой бескорпусные кристаллы.

Таблица 3. Особенности LDO-стабилизаторов серии XTR7002x

Наименование	Фиксированные выходные напряжения, В*	Защитные функции			Функция VrefMult	Функция SHDN	Корпусное исполнение
		TS	OCP	UVLO			
XTR70020-BD	0,6; 0,8; 0,9; 1,2; 1,67; 1,87; 2,2; 2,5; 2,8; 3,3; 3,33; 5; 6,67; 8; 10; 12; 15	+	+	+	+	+	Бескорпусной кристалл
XTR70020-TD							Тестированный бескорпусной кристалл
XTR70021-SH	0,6; 3,33	–	+	+	–	+	Керамический SOIC-10 с радиатором
XTR70022x-T	0,6; 0,8; 0,9; 1,2; 1,8; 2,2; 2,5; 2,8; 3,3; 5; 5,5; 7,5; 8; 9; 10; 12; 13; 15**	–	+	+	–	–	TO-254
XTR70025-D	0,6	+	+	+	–	+	Керамический DIP-8

Примечания. * При необходимости могут быть изменены при помощи внешнего делителя напряжения (за исключением XTR70022x-T).

** Одно значение, устанавливаемое на заводе-производителе.

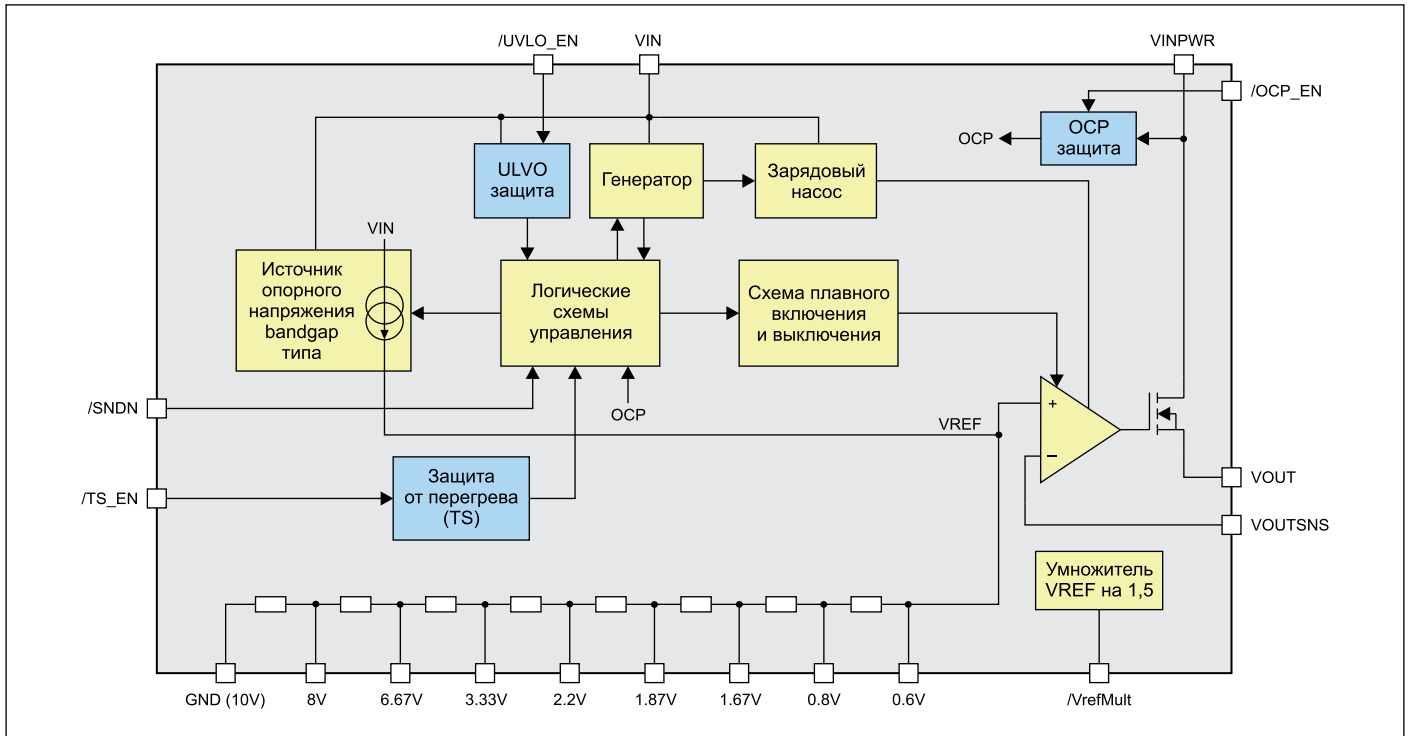


Рис. 6. Внутренняя структура стабилизатора XTR70020-BD

На рис. 6 проиллюстрирована их внутренняя структура. С целью оптимизации размера и падения напряжения вход/выход стабилизаторы XTR7002x изготавливаются с применением N-канального МОП-транзистора, управляемого «зарядовым насосом», активным при $V_{IN}-V_{OUT} < 5$ В, благодаря ему на затвор транзистора подается напряжение выше входного. Определенный номинал напряжения устанавливается путем заземления контактов 0.6V, 0.8V, 1.67V, 1.87V, 2.2V, 3.33V, 6.67V и 8V, дополнительные значения получаются при соединении вывода VrefMult с общим проводом. В этом случае активируется умножитель напряжения, позволяющий в 1,5 раза увеличить каждый номинал. По умолчанию, если эти контакты не подключены, напряжение V_{REF} внутреннего ИОН составляет 10 В, его погрешность не превышает $\pm 3\%$. Выходное напряжение соответствует опорному при замыкании вывода V_{OUTSNS} на V_{OUT} . При необходимости возможна регулировка значений выхода путем подключения к выводу V_{OUTSNS} резистивного делителя.

Набор защитных функций обеспечивают длительную бесперебойную эксплуатацию в жестких условиях окружающей среды. Защита реализуется при помощи схемы UVLO с порогом срабатывания 2,75 В, блока ОСР, ограничивающего выходной ток на уровне 2,6 А и цепи TS, отключающей стабилизатор при достижении температуры $+295$ °С. Также среди функциональных особенностей можно отметить возможность дистанционного отключения.

ИС XTR70021-SH, вследствие своего корпусного исполнения (всего 10 выводов), от-

личается ограниченными возможностями. Она не имеет отдельных входов разрешения, встроенные защитные схемы постоянно находятся либо во включенном, либо в выключенном состоянии — например, температурная защита отключена, а схемы ОСР и UVLO включены. Также доступно всего два опорных напряжения: 3,3 В по умолчанию и 0,6 В при заземлении одноименного контакта, умножитель отсутствует. Поэтому основным способом изменения выходного напряжения становится применение внешнего делителя, расчет значения выполняется по формуле $V_{OUT} = V_{REF} \times (1 + R_1/R_2)$. Внешний вид XTR70021-SH показан на рис. 7. Стабилизатор XTR70025-D, выполненный в корпусе DIP-8, отличается от XTR70021-SH наличием тепловой защиты и всего одним опорным напряжением 0,6 В.



Рис. 7. Внешний вид LDO-стабилизатора XTR70021-SH

Для приложений, требующих заранее известного определенного номинала выхода, рекомендуются стабилизаторы XTR70022x-T, выпускаемые в трехвыводных корпусах TO-254. При заказе вместо x в наименование подставляются буквы английского алфавита от A до R, каждой из них соответствует одно из 18 предустановленных на заводе-изготовителе значений выходного напряжения.

Драйверы кварцевых генераторов серии XTR6002x

Микросхемы данной серии предназначены для использования в генераторах тактовых импульсов, точных времязадающих цепях и генераторах развертки [7]. ИС с напряжением питания 2,5–5,5 В могут работать совместно с кварцевыми резонаторами с частотой 1–50 МГц. Они обладают цепями автоматической регулировки усиления для адаптации к типу используемого кварцевого кристалла, имеют режим пониженного энергопотребления, отдельное питание излучателя и буфера для уменьшения уровня шумов и выполнены в высококачественных корпусах для планарного и сквозного монтажа. На рис. 8 представлена структурная схема драйверов XTR60020 и XTR60021. От аналогового источника, подключаемого между VDDA и GND, запитываются драйвер кристалла, амплитудный детектор и блок восстановления сигнала, от цифрового — делители частоты и выходной буфер. Все цифровые входы (/LPMode, /PrsSelect, /DIV_0, /DIV_1 и /StdBy) постро-

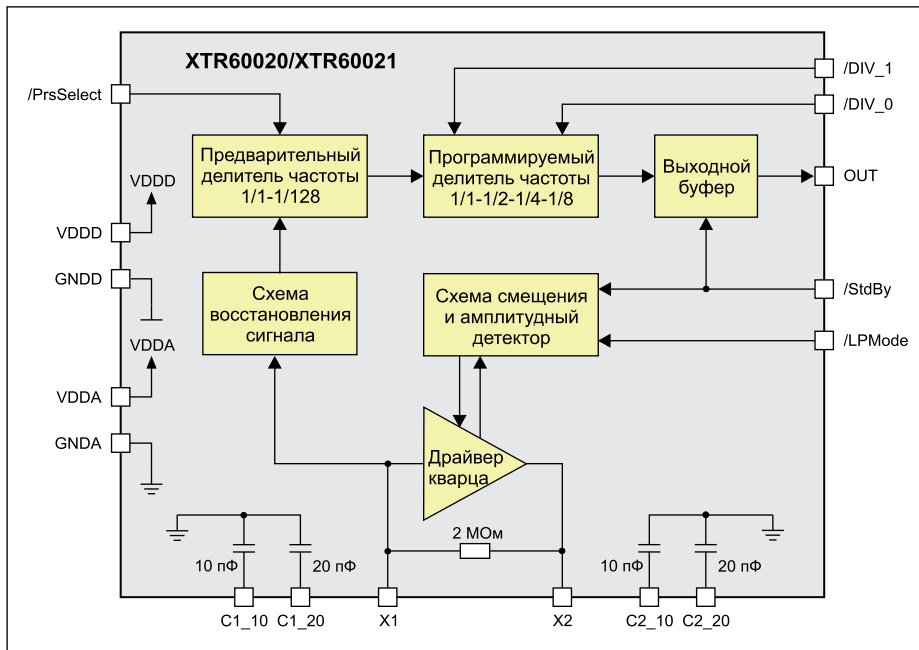


Рис. 8. Внутренняя структура драйверов XTR60020 и XTR60021

ены с помощью триггеров Шмитта и внутренне подтянуты к напряжению питания. Интегрированные конденсаторы C1_10 и C2_10, C1_20 и C2_20 на 10 и 20 пФ соответственно позволяют отказаться от применения внешних. Предварительный делитель, вносящий дополнительный коэффициент деления частоты (1/128), запускается низким логическим уровнем на входе /PrsSelect. Программируемый частотный делитель задает значение основного коэффициента деления (1, 2, 4 или 8) путем использования входных сигналов на контактах /DIV_0 и /DIV_1 (табл. 4). В совокупности они позволяют получить коэффициент деления частоты 1–1024.

Существуют три режима работы. Стандартный (при /LPMoDe = 1) предназначен для рабочих частот в диапазоне

1–50 МГц, драйвер кварцевого кристалла регулирует коэффициент усиления для получения амплитуды колебаний на выводе X1 в пределах 300–500 мВ. Режим энергосбережения выбирают установкой нулевого напряжения на входе /LPMoDe, максимальная частота не превышает 10 МГц, а драйвер кварца действует с постоянным усилением. Ток в данном режиме уменьшается до 0,57 мА при рабочей частоте 1 МГц и напряжении питания 5,5 В. Низкий уровень на /StdBy устанавливает режим ожидания, в котором запрещается работа генератора, а на выходе устанавливается высокоимпедансное состояние. Собственное потребление при этом сокращается до 60 мкА (аналоговые цепи) и 3,5 мкА (цифровые).

Все вышесказанное относится к драйверам XTR60020 и XTR60021, выпускаемым в виде

Таблица 4. Таблица истинности драйверов серии XTR6002x

Состояние выводов				Коэффициент деления частоты	Выход
/StdBy	/PrsSelect	/DIV_1	/DIV_0		
0 (запрет генератора)	X	X	X	X	Высокоимпедансное состояние
1	1	1	1	1	$F_{\text{раб}}$
1	1	1	0	2	$F_{\text{раб}}/2$
1	1	0	1	4	$F_{\text{раб}}/4$
1	1	0	0	8	$F_{\text{раб}}/8$
1	0	1	1	128	$F_{\text{раб}}/128$
1	0	1	0	256	$F_{\text{раб}}/256$
1	0	0	1	512	$F_{\text{раб}}/512$
1	0	0	0	1024	$F_{\text{раб}}/1024$

бескорпусных кристаллов либо в 16-выводных корпусах форм-факторов DIP и SOIC. В отличие от них ИС XTR60022, доступная в двух модификациях (DIP-8 и DFP-8), обладает ограниченными возможностями. У нее отключен предварительный делитель частоты, программный делитель имеет всего один коэффициент (2, получаемый при заземлении /DIV_0), все внутренние блоки питаются от одного источника напряжения (рис. 9).

Заключение

Проектирование высококачественных электронных компонентов, предназначенных для эксплуатации в жестких условиях окружающей среды, в том числе при экстремальных температурах, связано с моделированием и расчетом тепловых режимов, выбором и обоснованием применяемых материалов и типов корпусного исполнения, организацией технологических процессов производства и проведением соответствующих квалификационных испытаний. Эти и ряд других сложных задач X-REL Semiconductor успешно решает при производстве своей продукции. Номенклатура

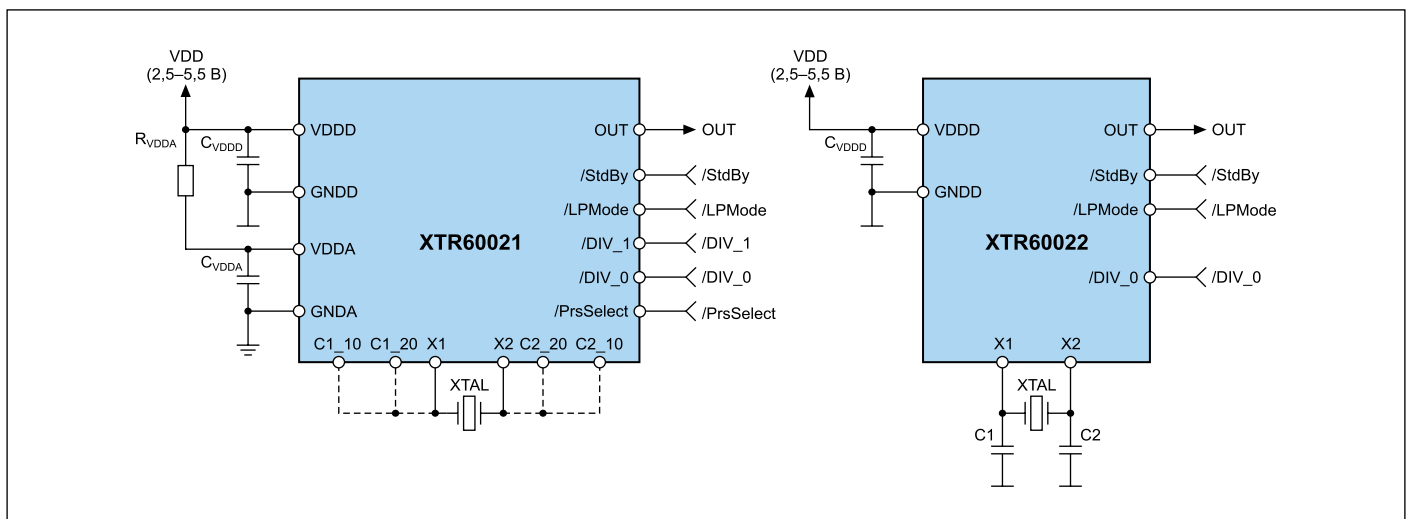


Рис. 9. Типовые схемы включения драйверов XTR60021 и XTR60022

изделий компании включает дискретные полупроводниковые компоненты, а также аналоговые и цифровые интегральные схемы различного функционального назначения, широко применяемые в оборудовании буровых установок, геотермальных электростанций, геолого-разведочной аппаратуре, устройствах аэрокосмического и оборонного назначения. ■

Литература

1. Кастро Г., Уотсон Д. Проблемы проектирования и надежности высокотемпературной электроники // Компоненты и технологии. 2012. № 11.
2. Electronic products designed for harsh environments. Product catalog. December 2016. www.x-relsemi.com/en/Documentation/Divers/X-REL-Catalog.pdf
3. Верхулевский К. X-REL Semiconductor — электронные компоненты для экстремальных температур // Компоненты и технологии. 2014. № 12.
4. XTR25020 — High temperature intelligent gate driver. Datasheet, rev. 1C December 2015. www.x-relsemi.com/EN/Documentation/Datasheet/DS-00662-14-XTR25020-High%20Temperature%20Intelligent%20Gate%20Driver.pdf
5. XTR26020 — High temperature isolated intelligent gate driver. Datasheet, rev. 2B November 2016. www.x-relsemi.com/EN/Documentation/Datasheet/DS-00511-13-XTR26020-High%20Temperature%20Isolated%20Intelligent%20Gate%20Driver.pdf
6. XTR70020 — High temperature, high input voltage, 2A positive LDO regulator. Datasheet, rev. 2F. August 2016. www.x-relsemi.com/EN/Documentation/Datasheet/DS-00593-14-XTR70020-High-temperature,%20High%20Input%20Voltage,%202A%20Positive%20LDO%20Regulator.pdf
7. XTR60020 — High temperature, high frequency crystal oscillator driver. Datasheet, rev. 1A. December 2015. www.x-relsemi.com/EN/Documentation/Datasheet/DS-00766-15-XTR60020-HIGH-TEMPERATURE,%20HIGH-FREQUENCY%20CRYSTAL%20OSCILLATOR%20DRIVER.pdf