

# ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ИМПУЛЬСНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Реализация интегрального высокочастотного преобразователя, работающего при высоких напряжениях, является очень сложной задачей. Вариантом может быть дополнительное устройство защиты от кратковременных всплесков входного напряжения. В предлагаемой статье рассматриваются решения для защиты низковольтной электроники от выбросов напряжения, которые могут возникнуть в бортовой сети автомобиля.

Возрастающие требования к мощности питания при использовании в автоэлектронике новых быстрых процессоров ведут к постепенной смене метода преобразования: с простого, недорогого, но неэффективного линейного регулятора на более сложный, но эффективный импульсный преобразователь.

## Преимущества импульсного преобразователя

С ростом частоты преобразования физические размеры пассивных компонентов, таких как силовая катушка индуктивности или накопительный конденсатор, могут быть уменьшены. Уменьшая рассеивание мощности, высокоэффективные преобразователи устраняют необходимость громоздких и дорогих радиаторов. Таким образом, использование импульсных преобразователей уменьшает общий размер источника питания. Эти преимущества делают импульсный преобразователь весьма привлекательным выбором для

управления питанием в таких автомобильных устройствах, как системы самодиагностики, информационно-развлекательные системы, модули управления двигателем.

## Выбор импульсного преобразователя

Выбор частоты переключения очень важен, поскольку использование импульсного преобразователя влечет за собой ряд проблем. Электромагнитные помехи, порождаемые основной частотой преобразования и ее гармониками, могут влиять на работу других устройств. К примеру, АМ-радиоприемники чувствительны к частотам в области от 530 кГц до 1710 кГц. Следовательно, частота переключения более 1710 кГц устраняет влияние основной частоты и ее гармоник в АМ-диапазоне. Лабораторные тесты показывают, что простые устройства защиты вместе с высокочастотными преобразователями невысокого напряжения, производимые фир-

# MAXIM

## Новый 802.11g/b-совместимый РЧ-трансивер

Компания Maxim Integrated Products представила однокристалльный, сверхмаломощный 802.11g/b-совместимый РЧ-трансивер прямого преобразования MAX2830 со встроенными усилителем мощности (УМ), переключателями прием/передача/тип антенны и схемой кварцевого генератора.

MAX2830 является первым в отрасли трансивером, который содержит переключатели приема/передачи и типа антенны, что позволяет сэкономить площадь печатной платы и затраты на комплектующие по сравнению с решениями конкурентов. Малая стоимость и малые размеры этого высокоинтегрированного трансивера делают идеальным применение MAX2830 в Wi-Fi-устройствах, КПК, VoIP-применениях и сотовых телефонах. MAX2830 также содержит кварцевый генератор с цифровым управлением (DCXO), который выступает в роли задающего генератора и позволяет использовать небольшие, недорогие и маломощные кварцевые резонаторы.

MAX2830 разработан с использованием являющейся собственностью компании Maxim высококачественной технологии SiGe BiCMOS. Трансивер работает от напряжения питания 2,7...3,6 В, а УМ питается напряжением 2,7...4,2 В, что позволяет питать MAX2830 непосредственно от аккумулятора сотового телефона. Приемник потребляет ток 62 мА в режиме приема, при этом достигая уровня шума 3,3 дБ. Это позволяет ему добиться лучшей в своем классе чувствительности приема -75 дБм (64QAM OFDM) без внешнего маломощного усилителя.

MAX2830 выпускается в миниатюрном 48-выводном корпусе TQFN-EP с размерами 7x7 мм. Для ускорения проектирования выпущена отладочная плата.

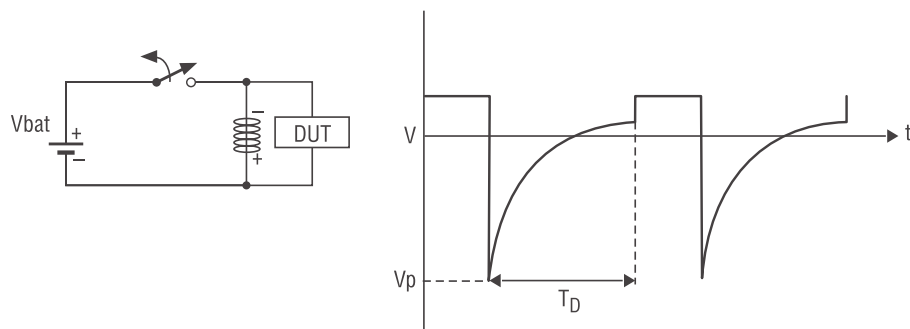


Рис. 1. Схема генерирует повторяющиеся отрицательные импульсы

мой Maxim, являются отличным решением для электропитания в автомобиле. В связи с этим, разработчики больше не нуждаются в высоковольтных преобразователях при разработке автомобильных источников питания.

Повышение частоты преобразования также увеличивает потери, что несколько снижает преимущества использования импульсных преобразователей. Поскольку потери пропорциональны квадрату рабочего напряжения, то с повышением входного напряжения ситуация сильно ухудшается. К сожалению, типичный автомобильный преобразователь должен рассчитываться на высокое напряжение (40 В и выше), чтобы противостоять различным перенапряжениям, например, при сбросе загрузки. Высокое напряжение влечет за собой увеличение геометрических размеров силового транзистора, утолщение переходов и удлинение каналов управления, возрастание задержки распространения сигнала. Таким образом, из-за замедления процессов переключения растут потери и снижается эффективность. Технология компании Maxim позволяет разрабатывать чрезвычайно быстрые преобразователи, работающие при средних напряжениях. Например, сдвоенный buck-boost преобразователь MAX5073 работает на частоте 2,2 МГц и может выдерживать входное напряжение до 23 В. Работа каналов в противофазе позволяет достичь эффективной частоты преобразования 4,4 МГц.

Так как импульсные преобразователи должны быть устойчивы к помехам источника питания, возникает вопрос — действительно ли в автомобильных приложениях нужны высоковольтные ИС? Ответ на этот вопрос раскрывается далее, с рассмотрением типичных помех в автомобильных системах питания и методов защиты от них низковольтных электронных устройств.

### Перенапряжение в цепи питания

Устройства защиты от перенапряжения изолируют и защищают электронную схему от чрезмерных напряжений, возникающих

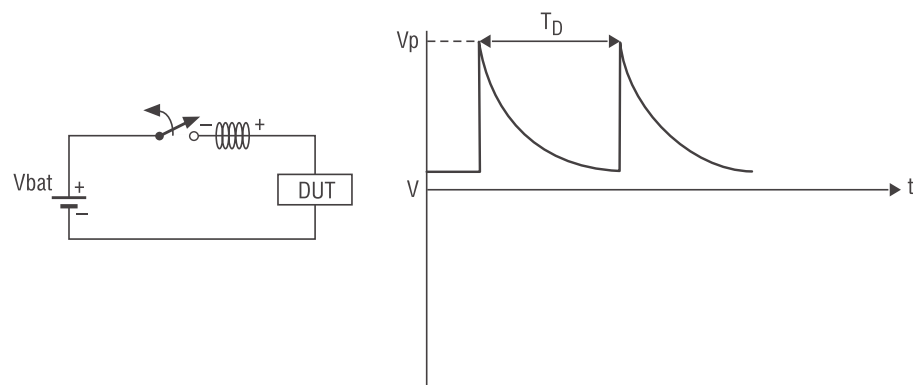


Рис. 2. Схема генерирует повторяющиеся положительные импульсы

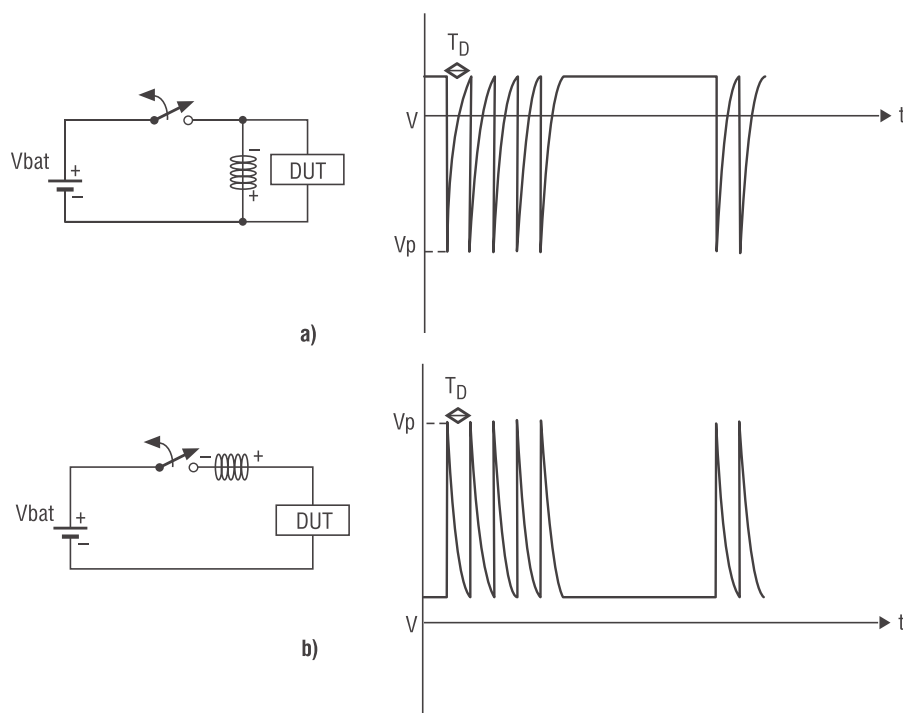


Рис. 3. Схема генерирует пакеты отрицательных и положительных импульсов

при подключении к автомобильной электросети, в особенности — к основному источнику питания. Способность противостоять таким возмущениям известна как кондуктивная помехозащищенность. Хотя оригинальные производители автомобилей часто выдвигают свои требования, основа спецификаций по испытаниям этого параметра взята из стандарта ISO-7637. Далее приводится краткое описание типичных перенапряжений, относящихся именно к автомобильным системам.

### Статические перенапряжения

В некоторых случаях перенапряжение имеет достаточно большую длительность, чтобы его

можно было рассматривать как постоянное. Примером может быть любое перенапряжение, сохраняющееся дольше, чем тепловая постоянная времени в связанном электронном устройстве. В таких ситуациях основной проблемой является продолжительное рассеивание мощности и вытекающий из него рост температуры. Статические перенапряжения случаются при отказе регулятора напряжения генератора, удвоении напряжения на батарее при запуске и обратном подключении батареи. Кратко рассмотрим особенности этих состояний.

Регулятор стремится выровнять выходное напряжение генератора, которое зависит от скорости,

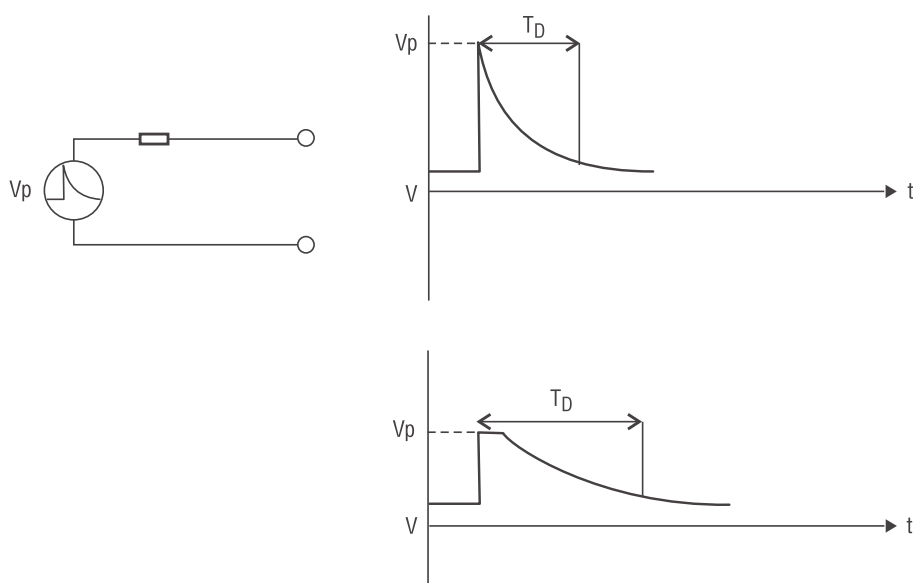


Рис. 4. Импульс при падении нагрузки

ного напряжения. Когда это случается, вся система может оказаться под напряжением, превышающим типовые 13,5 В. Фактический уровень напряжения зависит от скорости движения, нагрузки и других условий. Типичным тестовым требованием OEM при сбое регулятора является перенапряжение 18 В в течение одного часа. Большинство систем обязано выдерживать такой тест, хотя для некоторых их функций допустимо небольшое отклонение от нормы.

Другим статическим перенапряжением является удвоение напряжения на батарее, когда буксирующий грузовой автомобиль или персонал сервиса использует напряжение 24 В для запуска отказавшего автомобиля или зарядки «насмрть» разряженной батареи. Типичное тестовое OEM-требование в этом случае – 24 В в течение двух минут. В таких условиях обязаны работать некоторые системы автомобиля, связанные с безопасностью или управлением двигателем.

Перенапряжение в энергосистеме автомобиля может возникнуть при обратном включении батареи (переполюсовка) в случае ошибок в производстве или техобслуживании. В таком случае большинство систем должны уцелеть, не работая при этом. Типичным тестом является подача напряжения -14 В в течение одной минуты. Это испытание может быть проблемой для высокоточных устройств и устройств с низким падением напряжения.

### Кратковременные перенапряжения

Большинство кратковременных перенапряжений в автомобиле происходит при коммутации индуктивной нагрузки. К таким нагрузкам относятся электродвигатель стартера, топливный насос, электродвигатели стеклоподъемников, катушки реле, соленоиды, компоненты системы зажигания и различные распределенные по схеме индуктивности. Отключение любой из этих индуктивных нагрузок ведет к импульсу перенапряжения. Для подавления таких перенапряжений в зависимости от их амплитуды и дли-

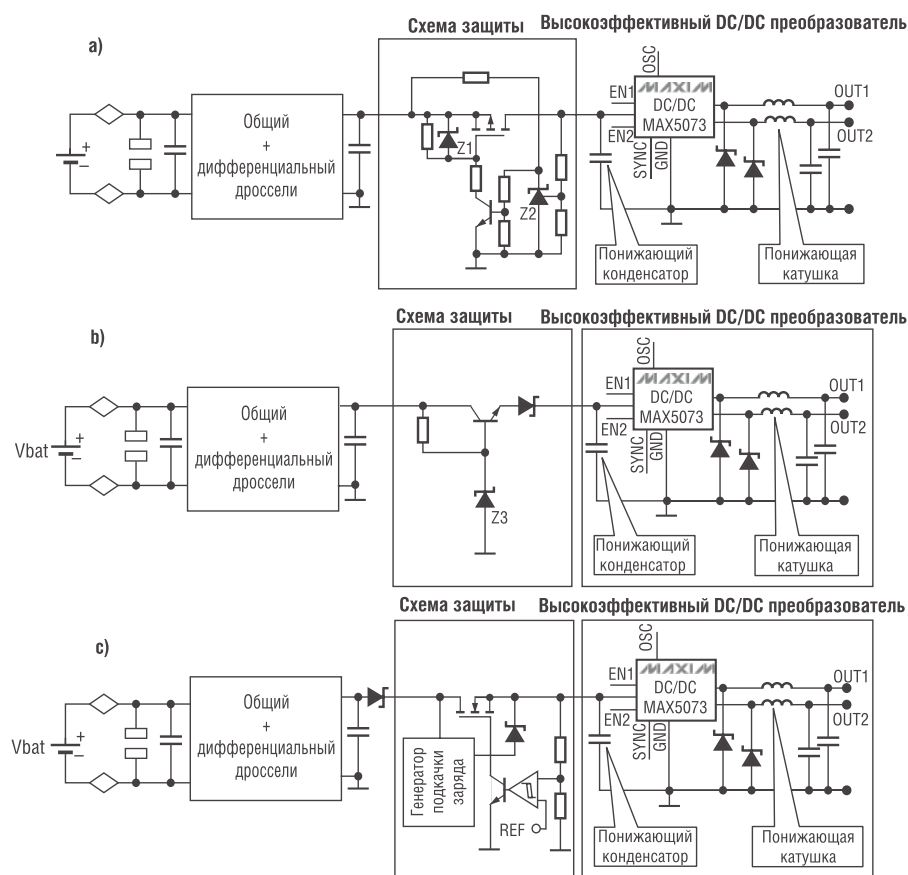


Рис. 5. а) Ограничитель напряжения на р-канальном MOSFET транзисторе б) ограничитель напряжения на n-p-n транзисторе в) ограничитель напряжения на n-канальном MOSFET-транзисторе.

загрузки автомобиля и температуры окружающей среды, путем изменения амплитуды тока обмотки возбуждения. Для этого обычно используется электронная схема, которая обеспечивает изменение напряжения на обмотке путем

широкоимпульсной модуляции. Типичный уровень выходного напряжения регулятора равняется 13,5 В. Однако регулятор напряжения может отказать и подать максимальный ток возбуждения, независимо от нагрузки или выход-

Таблица 1. Тесты кондуктивной помехозащищенности у различных производителей (OEM)

Тип импульса	Параметр	OEM 1	OEM 2	OEM 3	OEM 4	OEM 5	OEM 6	OEM 7	OEM 8
Импульс 1	Td, мс	2	2	2	2	5	50 нс	140 с	46
	Vp, В	-100	-100	-100	-150	-100	-100	-80	-80
	Rs, Ом	10	10	10	10	25	10	5	20
Импульс 2	Td, нс	50	50	50	50		2 мс	5,7	
	Vp, В	150	50	100	75		200	110	
	Rs, Ом	4	2	10	2		10	0,24	
Импульс 3а	Td, нс	100	100	100	100		100	4,6 мс	
	Vp, В	-150	-150	-150	-112		-150	-260	
	Rs, Ом	50	50	50	50		50	34	
Импульс 3б	Td, нс	100	100	100	100		100		
	Vp, В	100	100	100	75		100		
	Rs, Ом	50	50	50	50		50		
Импульс 5	Td, мс	300	400	300		120		500	380
	Vp, В	50	100	43,5		80		70	60
	Rs, Ом	0,5	2	0,5		2,5		0,5	0,75

тельности используются фильтры питания, металлоксидные варисторы (MOV) или подавители переходных напряжений. Соответствующие требования описаны в стандарте ISO7637. На рисунках с 1 по 4 показаны требования к подавлению перенапряжений, основанные на ISO7637. На рис. 1 во время переключений схема генерирует повторяющиеся отрицательные импульсы амплитудой от -80 В до -150 В длительностью от 1 мс до 140 мс при типичном импедансе источника 5...25 Ом. На рис. 2 во время переключений схема генерирует повторяющиеся положительные импульсы амплитудой от +75 до +150 В длительностью 50 мкс. при типичном импедансе источника 2...10 Ом. На рис. 3 во время переключений схема генерирует пачки отрицательных импульсов амплитудой -150 В и длительностью 100 нс (сигнал 3а) и положительных амплитудой 100 В, длительностью 100 нс (3б). при импедансе источника 50 Ом. А на рис. 4 показан импульс при падении нагрузки, возникающий при внезапном отсоединении регулятора, питающего разряженную батарею. Здесь резкое падение тока индуцирует импульс высокого напряжения, продолжительность которого зависит от электрической постоянной времени схемы регулятора и его времени отклика.

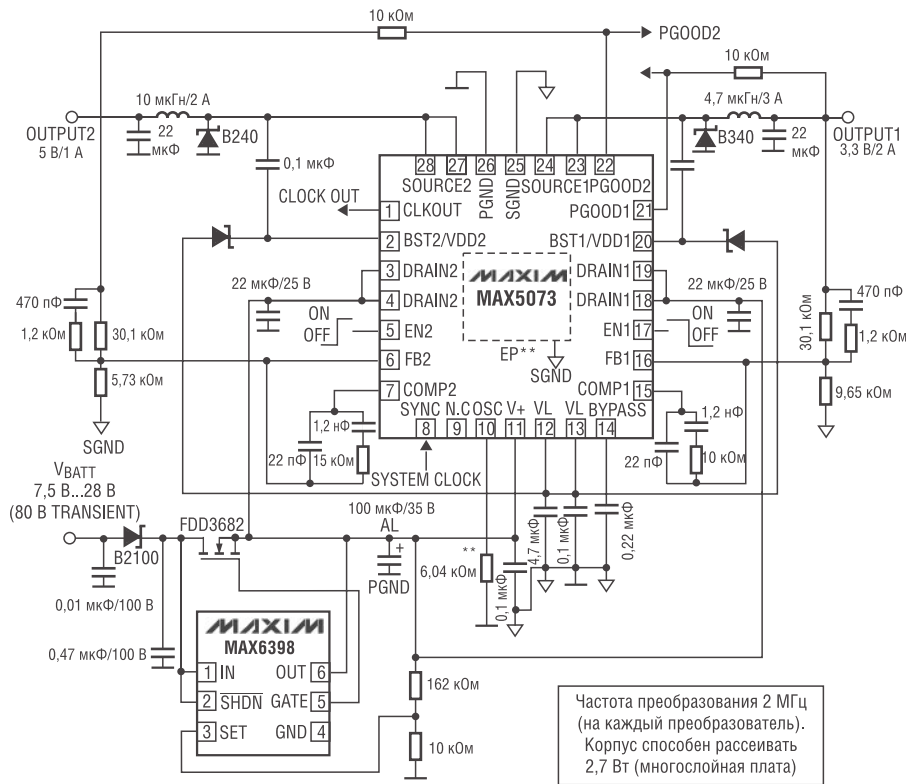


Рис. 6. Импульсный 2 МГц преобразователь MAX5073 со схемой защиты от перенапряжения (MAX6398) на входе

Таблица 1 содержит обобщение современных OEM-требований, в большинстве своем взятых из того же стандарта ISO7637.

Как упоминалось ранее, низковольтные высокоэффективные импульсные преобразователи не могут быть запитаны непосредственно от батареи. Поэтому аккумулятор часто подключается через

подавитель переходного напряжения (обычно металлоксидный варистор), или с шунтирующим конденсатором, подключенным к обычному ограничителю входного напряжения. Эти простые схемы строятся на КМОП-(MOSFET-транзисторе) с р-каналом (рис. 5а), с рабочим напряжением от 50 до 100 В, в зависимости от ожидае-

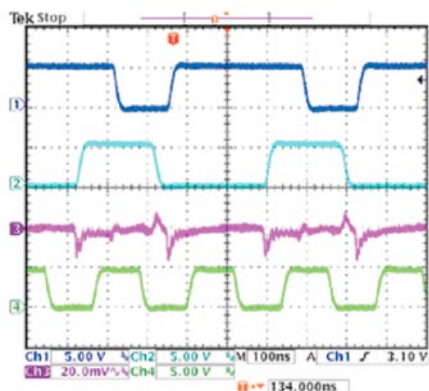
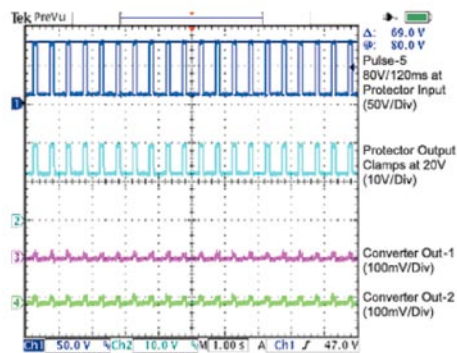
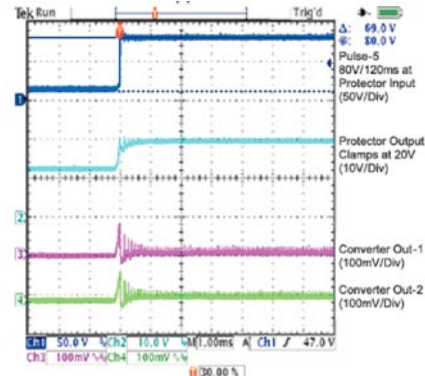


Рис. 7. Форма сигналов в вдвоенном импульсном преобразователе MAX5073, показанном на рисунке 6



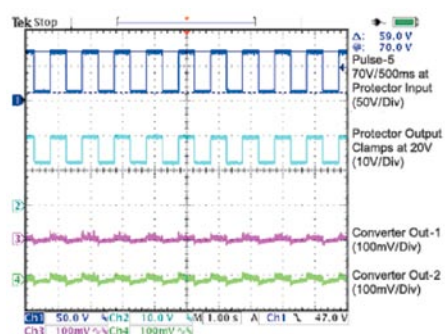
a)

Рис. 8а. Состояние выхода 1 MAX5073



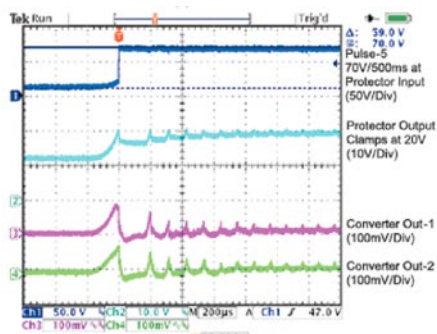
b)

Рис. 8b. Состояние выхода 2 MAX5073



a)

Рис. 9а. Состояние выхода 1 MAX5073



b)

Рис. 9b. Состояние выхода 2 MAX5073

мого уровня переходных процессов напряжения на  $V_{BAT}$ .

Стабилитрон Z1 номиналом 12 В препятствует превышению напряжения затвор-исток транзистора свыше  $V_{GSMAX}$ . Транзистор работает в режиме насыщения, когда входное напряжение  $V_{BAT}$  меньше напряжения пробоя стабилитрона Z2. Во время переходного процесса MOSFET блокирует напряжения больше напряжения пробоя Z2. Недостатком данного метода является использование дорогостоящего MOSFET с р-каналом и множества связанных с ним компонентов.

Другой метод основан на использовании п-р-п-транзистора. На базе транзистора зафиксировано напряжение  $V_{Z3}$ , которое также регулирует и напряжение на эмиттере ( $V_{Z3} - V_{BE}$ ). Такое решение недорого, но из-за падения напряжения  $V_{BE}$  возникает потеря мощности  $P_{LOSS} = I_{IN} \cdot V_{BE}$ . Падение напряжения  $V_{BE}$  также увеличивает минимальный необходимый уровень напряжения батареи, что

особенно критично при запуске холодного двигателя (рис. 5b).

Третьим решением является использование п-канального MOSFET-транзистора, которые более распространены, менее дороги и могут использоваться как элемент блокировки. Подключение затвора этого транзистора усложнено тем, что требуемое напряжение  $V_G$  должно быть больше напряжения источника. Блок-схема на рис. 5с показывает использование MOSFET-ключа в роли устройства блокировки. Во время падения нагрузки MOSFET полностью выключается, если  $V_{BAT}$  превышает установленный предел, и остается выключенным все время, пока  $V_{BAT}$  выше предела. Контроллер защиты от перенапряжения MAX6398 защищает источник питания от перенапряжений сети автомобиля (падений нагрузки и удвоения напряжения батареи) как раз путем управления п-канальным MOSFET (см. рис. 6). На рис. 7-9 приведены результаты лабораторного тестирования помехозащи-

щенности и показана практическая реализация устройства защиты от переходного напряжения на п-канальном MOSFET. Параметры для рис. 7: собственная частота преобразователя 2,2 МГц, частота импульсов на входном конденсаторе 4,4 МГц ( $C_{H1} = SOURCE2$ ;  $C_{H2} = SOURCE1$ ;  $C_{H3} = Input\ Capacitor\ Ripple$ ;  $C_{H4} = CLK_{OUT}$ ). Параметры для рис. 8: импульс 5 (80 В, 120 мс, OEM5) подан на вход схемы защиты. MAX5073 соединен с выходом схемы защиты. Масштаб времени на рис. 8а – 1 с/см, на 8б – 1 мс/см. ( $C_{H1} = V_{BAT}$ ;  $C_{H2} = V_{PROT}$ ;  $C_{H3} = Output-1$ ;  $C_{H4} = Output-2$ ). Параметры для рис. 9: импульс 5 (70 В, 500 мс) подан на вход схемы защиты. MAX5073 соединен с выходом схемы защиты. Масштаб времени на рис. 9а – 1 с/см, на 9б – 200мкс/см. ( $C_{H1} = V_{BAT}$ ;  $C_{H2} = V_{PROT}$ ;  $C_{H3} = Output-1$ ;  $C_{H4} = Output-2$ ).

Как показано на рис. 9, MAX6938 эффективно блокирует импульсы при падении нагрузки в автомобильной сети и регулирует напряжение, необходимое для низковольтной электроники. Использование комбинации устройства защиты и высокочастотного преобразователя экономит пространство и снижает затраты по сравнению с высоковольтными решениями, работающими на значительно более низких частотах. **5**

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