

Как спроектировать стабильный источник питания, работающий в широком диапазоне входных напряжений

В. Хасиев¹

УДК 621.314.1 | ВАК 05.27.01

В современных автомобильных и промышленных приложениях востребованы источники питания, выходное напряжение которых стабильно при значительных колебаниях напряжения на входе. Это необходимо для поддержания номинальных режимов работы критически важных компонентов и узлов системы. В статье описаны решения на базе высокоинтегрированных преобразователей напряжения для сохранения стабильного питания в системе при изменении в широких пределах напряжения на входе.

ВВЕДЕНИЕ

В автомобильных приложениях сильные колебания напряжения на шине питания могут быть вызваны холодным запуском двигателя, отключением / активацией цилиндров в системах динамического управления подачей топлива или значительным изменением нагрузки на двигатель. В промышленных приложениях нарушение энергоснабжения (brownouts) является большой проблемой, а включение мощных двигателей может вызывать значительные просадки питающего напряжения.

В случае, когда системы преобразования напряжения не могут обеспечить полную мощность на нагрузке при низком входном напряжении, они должны оставаться в рабочем состоянии независимо от уровня входного напряжения. Например, в широко используемых повышающих и понижающих преобразователях высокого напряжения используются высоковольтные полевые МОП-транзисторы со стандартным уровнем напряжения на затворе. При падении входного напряжения уровень смещения должен быть выше 10 В, чтобы драйверы затвора оставались в рабочем режиме. Кроме того, на критичные системы управления и информационные системы должно подаваться стабильное напряжение питания, чтобы обеспечить их работоспособность независимо от величины входного напряжения.

В статье предложены схемные решения для поддержания стабильного напряжения смещения в системе при изменении питания в широком диапазоне – от 5 до 140 В.

ОПИСАНИЕ РАБОТЫ СХЕМ

Если предполагается, что входное напряжение не будет падать ниже желаемого уровня смещения и цель проекта заключается в том, чтобы реализовать внешний источник питания для минимизации мощности, рассеиваемой импульсными контроллерами, то можно использовать простой понижающий преобразователь.

Такой подход иллюстрирует схема, изображенная на рис. 1. В основе решения – высоковольтный понижающий стабилизатор LTC7138 с внутренними переключающими транзисторами. Силовая цепь также включает

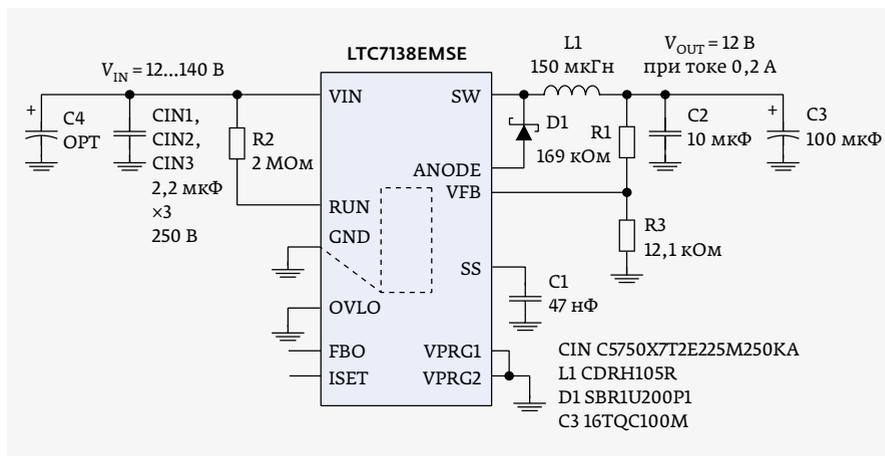


Рис. 1. Схема высоковольтного понижающего преобразователя ($V_{IN} = 12, 5 \dots 140$ В, $V_{OUT} = 12$ В при токе 0,2 А)

¹ Analog Devices, специалист по применению, victor.khasiev@analog.com.

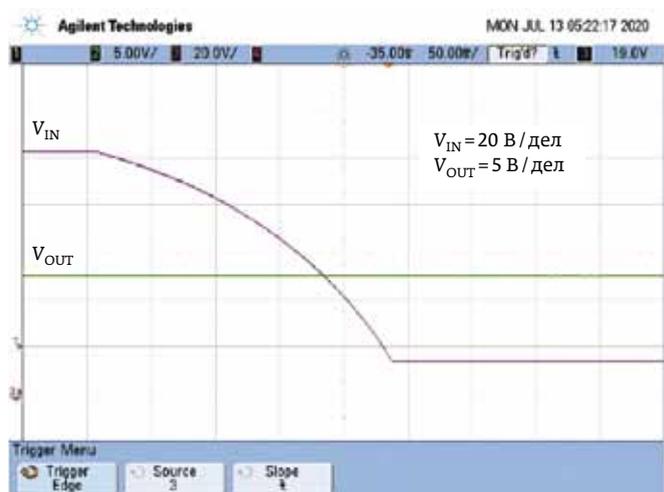


Рис. 2. Осциллограммы сигналов схемы на основе понижающего преобразователя ($V_{IN}=20$ В/дел., $V_{OUT}=5$ В/дел., цена деления шкалы времени 50 мс)

в себя катушку индуктивности L1, диод D1 и выходные конденсаторы C2 и C3. Чтобы уменьшить габариты устройства по высоте до менее 3 мм, на входе схемы были использованы только керамические конденсаторы. Опционально можно использовать также электролитический конденсатор (например, недорогой EMVE201 ARA220MKG5S на 22 мкФ/200 В), но он значительно увеличивает габариты источника питания.

Схема была протестирована, формы сигналов, иллюстрирующие работу схемы, представлены на рис. 2. Как показано на рисунке, начальный уровень входного напряжения 100 В падает до 12,5 В, но на выходе обеспечивается стабильное напряжение 12 В при токе 0,2 А.

Рассмотренная схема не применима, когда входное напряжение падает ниже требуемого уровня смещения. В этом случае недостаточно использовать только понижающий преобразователь, поскольку выходное напряжение следует за входным, когда оно падает ниже желаемого выходного уровня. На рис. 3 показано решение этой проблемы с использованием двухкаскадного источника питания. Первый, основной, каскад представляет собой понижающий преобразователь высокого

напряжения, аналогичный показанному на рис. 1. Его выход подключен к повышающему преобразователю, построенному на базе ИС LT8330 со встроенным мощным транзистором. Силовая цепь включает в себя также катушку индуктивности L2, диод D2 и выходной фильтр. Напряжение на компонентах повышающего преобразователя намного ниже по сравнению с входным понижающим преобразователем, что позволяет использовать относительно недорогие компоненты и снизить общую стоимость системы.

Выход понижающего преобразователя в этой схеме установлен на 12,5 В. Однако выход повышающего преобразователя настроен на более низкое напряжение 10,5 В, достаточное для корректной работы нагрузки. Преобразователи никогда не работают одновременно. Если один переключается, второй – нет.

В нормальных рабочих условиях ($V_{IN} > 12,5$ В), когда входное напряжение изменяется от 12,5 до 100 В, активен только понижающий преобразователь, обеспечивающий 12,5 В на нагрузке. Ток протекает к выводу подключения нагрузки V_{OUT} через катушку индуктивности и диод повышающего преобразователя. Из-за относительно низких уровней тока потери на этом пути тока минимальны.

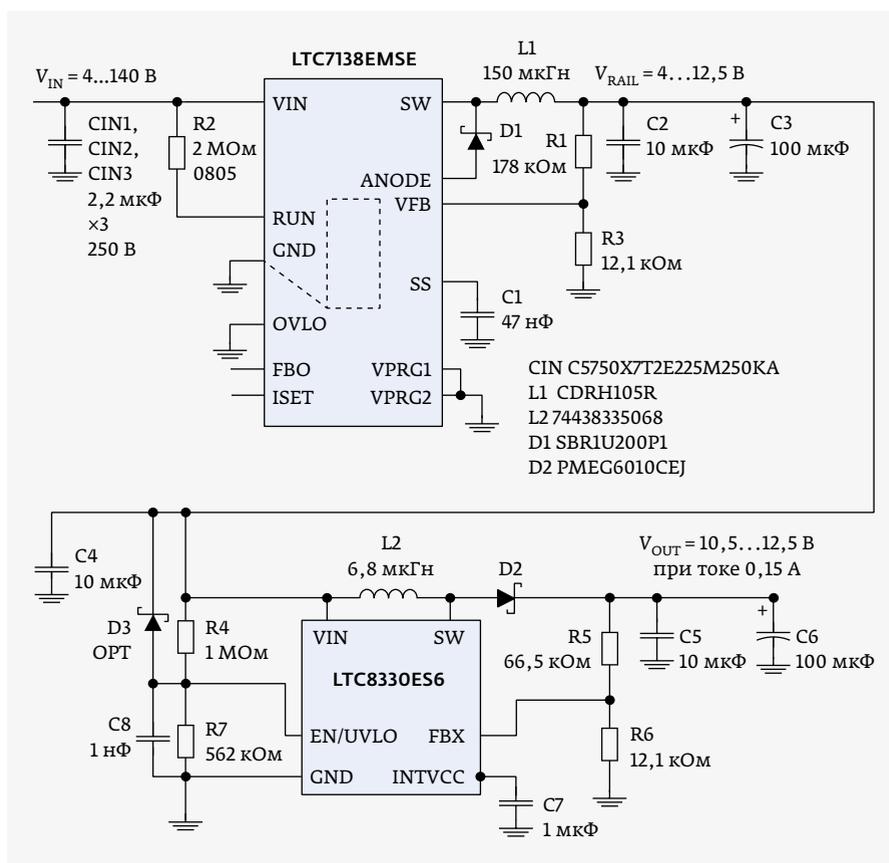


Рис. 3. Схема высоковольтного двухкаскадного источника питания ($V_{IN}=5...140$ В, $V_{OUT}=10,5$ В/12,5 В при токе 0,1...0,15 А)



Рис. 4. Осциллограммы сигналов двухкаскадного преобразователя (ток нагрузки 0,15 А, цена деления шкалы времени 50 мс)

Пока $V_{IN} > 12,5$ В, напряжение на выходе повышающего преобразователя составляет 12,5 В и намного превышает заданное значение 10,5 В, поэтому в каскаде повышающего преобразователя не происходит переключения и активен только понижающий преобразователь.

Когда входное напряжение снижается до уровня 12,5 В или ниже, понижающий преобразователь перестает переключаться, но поддерживает встроенный р-канальный МОП-транзистор во включенном состоянии, обеспечивая работу со 100%-ным коэффициентом заполнения.

Если входное напряжение падает ниже 12,5 В, то оба напряжения, V_{RAIL} (напряжение на промежуточной шине)

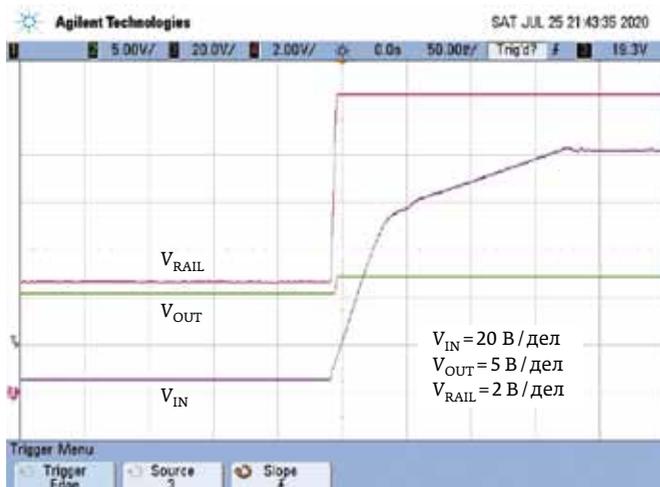


Рис. 6. Осциллограммы сигналов двухкаскадного преобразователя при повышении входного напряжения (ток нагрузки 0,1 А, цена деления шкалы времени 50 мс)

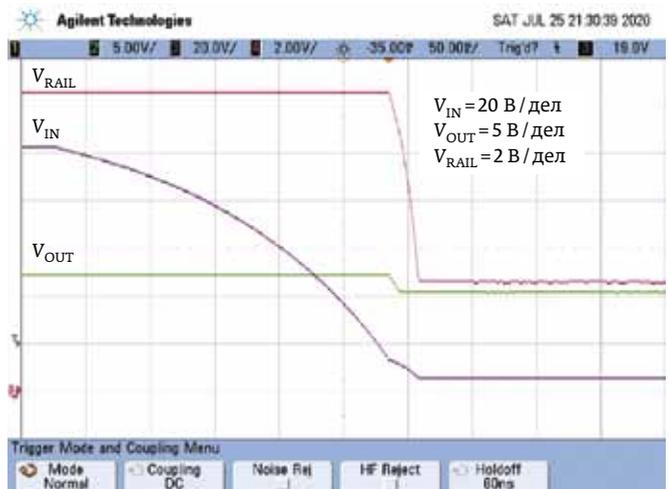


Рис. 5. Осциллограммы сигналов двухкаскадного преобразователя (ток нагрузки 0,1 А, цена деления шкалы времени 50 мс)

и V_{OUT} , падают до уровня V_{IN} . В диапазоне напряжений на промежуточной шине V_{RAIL} от 10,5 до 12,5 В оба каскада, понижающий и повышающий, не переключаются.

Если входное напряжение продолжает снижаться и уровень V_{RAIL} падает ниже 10,5 В, повышающий преобразователь переходит в рабочий режим, поддерживая V_{OUT} на уровне 10,5 В.

Осциллограммы сигналов, иллюстрирующие работу этого преобразователя, представлены на рис. 4. Минимальное входное напряжение составляет 5,5 В при токе нагрузки 0,15 А. Уменьшение тока нагрузки до 0,1 А соответствует минимальному входному напряжению 5 В, как показано на рис. 5. Повышение входного напряжения с 5 до 100 В иллюстрирует рис. 6. Внешний вид преобразователя, собранного на макетной плате, показан на рис. 7.

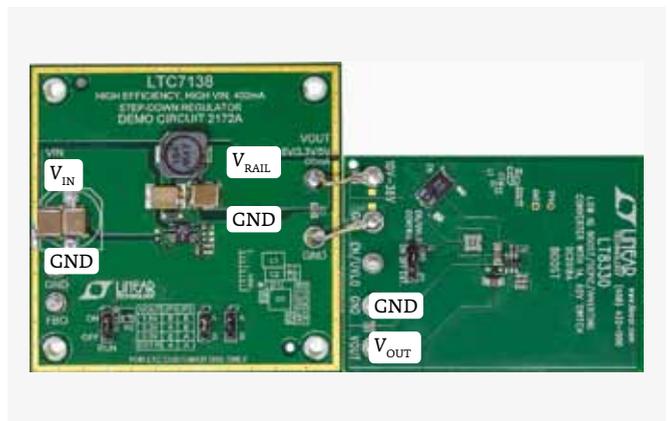


Рис. 7. Двухкаскадный преобразователь на базе LTC7138 и LT8330, собранный на макетной плате

ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ ВЫБОРА КОМПОНЕНТОВ СХЕМЫ

Максимальное входное напряжение и токи нагрузки определяют минимальное рабочее входное напряжение каскада повышающего преобразователя и, соответственно, минимальное входное напряжение всего источника питания.

Коэффициент заполнения (рабочий цикл) повышающего преобразователя:

$$D = \frac{V_o - V_{IN}}{V_o} \quad (1)$$

Входной ток повышающего преобразователя:

$$I_{IN} = \frac{I_o \cdot V_o}{(1-D) \cdot \eta} \quad (2)$$

Если предположить, что заданы значения V_o , I_{MAX} и I_o , то минимальное входное напряжение повышающего преобразователя будет равно:

$$V_{IN_MIN} = \frac{I_o \cdot V_o}{I_{MAX} \cdot \eta} \quad (3)$$

Однако, если заданы V_o , V_{IN_MIN} и I_{MAX} , максимальный выходной ток I_o будет равен:

$$I_o = \frac{I_{MAX} \cdot V_{IN_MIN} \cdot \eta}{V_o} \quad (4)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важно поддерживать работу основных систем питания в широком диапазоне входных напряжений. Представленные в статье схемные решения обеспечивают стабильный уровень смещения при колебаниях входных напряжений от 5 до 140 В, что гарантирует нормальную работу высоковольтных полевых МОП-транзисторов и блоков управления. В предлагаемых решениях использованы высокоинтегрированные преобразователи, которые уменьшают количество компонентов и общую стоимость системы. При необходимости можно минимизировать габаритные размеры устройства.

По вопросам поставки продукции Analog Devices обращайтесь в компанию ЭЛТЕХ по электронной почте analog@eltech.spb.ru.

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1300 руб.

ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ОТ АВТОМОБИЛЕЙ ДО АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ

Под ред. М. Бруссили, Дж. Пистойя

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2011. – 784 с.,
ISBN: 978-5-94836-287-8

В книге представлен аналитический обзор многочисленных электрохимических систем – неводных (с жидкими, полимерными или расплавленными солевыми электролитами) и водных аккумуляторных батарей, а также обсуждаются вопросы дальнейшего совершенствования конструкции батарей, технологии их изготовления, разработки новых материалов и повышения их надежности.

Настоящее издание содержит многочисленные примеры применения аккумуляторов: резервное питание, вспомогательное автомобильное оборудование, автоматическое оповещение о катастрофах, охранная, аварийная и пожарная сигнализации, спасательные системы, портативное медицинское оборудование, источники бесперебойного электропитания, аварийное освещение, измерительные системы, системы контроля и слежения, электроинструменты. Большое внимание уделено применению аккумуляторных систем в космонавтике – на спутниках, ракетах-носителях, летательных аппаратах для исследований планеты и космоса. В книге также показано, как новые области применения стимулируют создание новых или усовершенствование существующих аккумуляторных батарей.

Авторский коллектив книги – это ученые и специалисты университетов и научных институтов Англии, США, Франции, Бельгии, Израиля, Японии, Италии.

Монография предназначена для широкого круга специалистов, работающих в области электроники, полезна для инженеров и преподавателей высшей школы, студентов и аспирантов, бакалавров и магистров.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; ☎ +7 495 956-3346; ✉ knigi@technosphaera.ru, sales@technosphaera.ru