ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ БАТАРЕЙНОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПОНИЖАЮЩЕ-ПОВЫШАЮЩЕГО КОНТРОЛЛЕРА

Д.К. СИНГХ (D.K. SINGH), ведущий менеджер по маркетингу продукции,
ДАВИД ЖАН (DAVID ZHAN), главный технический руководитель, Renesas Electronics Corp.
Перевод: **ДМИТРИЙ КОЗЛОВ**, руководитель направления полупроводников, ООО «Сканти», kdp@scanti.ru

Построение приложений резервного питания постоянного тока на основе двунаправленной понижающе-повышающей архитектуры обеспечивает наибольшую эффективность и увеличивает надежность всей системы. В статье описываются способы разработки недорогой аппаратно-реализованной автономной системы с использованием высоковольтных понижающе-повышающих контроллеров от Renesas Electronics. Такой подход позволяет уменьшить стоимость системы путем более эффективного использования аккумулятора, избежав применения сложных методов измерения тока и зарядных цепей.

ВВЕДЕНИЕ

Устройства хранения электроэнергии составляют основу современной революции в области устойчивой энергетики, а стремительно развивающиеся технологии производства аккумуляторов увеличивают ее распространение во всех отраслях промышленности. Литиево-ионные аккумуляторы и суперконденсаторы большой емкости получают все большее распространение в современных приложениях. По оценкам специалистов, занимающихся исследованиями рынка, спрос на литиево-ионные аккумуляторы в следующие семь лет удвоится. Увеличивается спрос и на другие типы устройств хранения электроэнергии, например на конденсаторы большой емкости (суперконденсаторы). Простой режим заряда и малый размер этих устройств способствуют дальнейшему повышению их востребованности даже в тех сегментах рынка, где прежде безраздельно господствовали свинцово-кислотные аккумуляторы. С другой стороны, расходы, связанные с простоем ответственного оборудования, например для телекоммуникационных систем, интернет-хостинга или медицинских приложений, настолько высоки, что применение резервного источника питания в них стало почти обязательным.

Избыточность по схеме N+1 обеспечивает резервирование с учетом локальных отказов, но не может полностью компенсировать потери электроэнергии из-за отказа основного источника питания. Использование стандартного источника бесперебойного питания (ИБП) по переменному току требует вложения значительных средств и приводит к лишнему расходу электроэнергии, поскольку такой источник должен обладать большей мощностью, чем это необходимо. Кроме того, в силу потерь на преобразование общая эффективность ИБП переменного тока невелика. В то же время успехи в технологии производства аккумуляторов ускорили их применение в ИБП постоянного тока.

Локализованный источник питания, использующий аккумулятор в качестве резервного устройства, обеспечивает экономное и надежное резервирование для основного источника электроэнергии. Наличие локализованного резервного питания постоянного тока для резервирования помогает оптимизировать схему питания, т. к. позволяет оценить и отрегулировать уровень электропитания в соответствии с током нагрузки. Новая концепция энергетического буфера используется в промышленных приложениях высокого класса для резервирования на ответственных шинах питания.

ТИПОВАЯ СИСТЕМА РЕЗЕРВНОГО ПИТАНИЯ И ХАРАКТЕРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Основой системы батарейного резервирования является аккумулятор. В ней также имеется электронное оборудование для заряда от источника постоянного тока и электронное оборудование для разряда с целью передачи энергии аккумулятора в систему при отключении основного источника питания. На рисунке 1 показана типовая система батарейного резервирования. В целом, разность между напряжениями питания на входе и выходе больше нуля, что является одной из главных причин низкой эффективности.

Рисунок 2а дает общее представление о внутренних элементах системы батарейного резервирования. Для хранения энергии используется аккумулятор или другая система, которая заряжается с помощью соответствующей цепи. Зарядная цепь может быть либо повышающей, либо понижающей, что зависит от напряжения цепи питания и аккумулятора. Иногда в целях экономии для заряда применяется линейный стабилизатор. Цепь разряда обычно состоит из понижающего преобразователя для подачи электропитания на нагрузку от источника электроэнергии путем преобразования напряжения аккумулятора в необходимое для системы напряжение. Обеспечение стабильности в данном случае связано с определенными проблемами: система слишком громоздка и сложна, а ее активная цепь нуждается в управлении наряду с многочисленными цепями защиты.

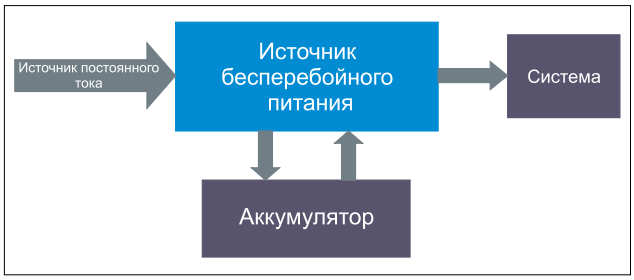

Рис. 1. **Типичная система батарейного резервирования**

С увеличением числа элементов вследствие усложнения системы среднее время безотказной работы уменьшается. Другая проблема в системах такого типа заключается в том, что аккумулятор постоянно подключен к цепи питания системы от основного источника, а это значит, что аккумулятор всегда работает при функционирующей системе. Такая компоновка снижает его ресурс и не может применяться с аккумуляторами многих типов.

С точки зрения эффективности, системы такого типа (см. рис. 2а) обычно менее эффективны, поскольку их коэффициент заполнения далек от идеального (менее 100% в понижающем режиме и более 0% – в повышающем). Конечно, имеются и другие факторы, к которым относятся используемая архитектура питания, состав компонентов, частота коммутации, влияющие на эффективность системы. Однако наибольший ущерб эффективности наносит разность напряжений V_{IN} и V_{OUT}. В целом, если все остальные факторы неизменны, эффективность снижается при увеличении разности входного и выходного напряжения. Например, преобразование 12 В/3,3 В осуществляется с меньшей эффективностью, чем 12 В/5 В. Влияние разности входного и выходного напряжений на эффективность преобразователя можно описать следующим образом. Эффективность понижающего преобразователя увеличивается вместе с коэффициентом заполнения и достигает пика при его значении, равном 100%. Эффективность повышающего преобразователя увеличивается с уменьшением коэффициента заполнения и достигает максимальной величины при 0%.

При повышающем и понижающем подходе к системе резервирования питания постоянного тока входное напряжение 12 В используется для заряда аккумулятора с более высоким напряжением, обычно равным 24 или 36 В, а для преобразования напряжения аккумулятора обратно в 12 В используется понижающий преобразователь. Системы такого типа имеют схожие проблемы и менее эффективны из-за неоптимальных коэффициентов заполнения при преобразовании в обоих направлениях.

Чтобы преодолеть явные проблемы с эффективностью, было предложено использовать понижающий преобразователь с более высоким коэффициентом заполнения и аккумуляторы с напряжением, близким к напряжению системы. При таком повышающе-понижающем подходе цепь повышения используется для заряда аккумулятора с напряжением, незначительно превышающим напряжение системы, а для подачи напряжения в систему используется простой понижающий преобразователь с высокой эффективностью и меньшей стоимостью. Общая стоимость силовых компонентов меньше, когда одни и те же компоненты используются для заряда и разряда с помощью микроконтроллера. Однако основной недостаток описанного подхода заключается в низком коэффициенте использования емкости аккумулятора. Поскольку в этой системе аккумулятор не может разряжаться ниже напряжения системы, требуются аккумуляторы большей емкости. Заметим при этом, что аккумуляторы являются одними из самых дорогостоящих элементов системы. При таком подходе аккумулятор всегда сохраняет высокий уровень заряда, что отрицательно влияет на его срок службы.

Таким образом, можно считать, что такие архитектуры батарейного резервирования сложны, неэффективны и ненадежны. Эти проблемы можно решить и тем самым увеличить общую производительность системы, если воспользоваться двунаправленной схемой. Реально двунаправленная система позволяет упростить конструкцию и значительно увеличить надежность системы (см. рис. 2б).

ДВУНАПРАВЛЕННЫЙ ПОДХОД К БАТАРЕЙНОМУ РЕЗЕРВИРОВАНИЮ

Двунаправленный подход с использованием фактически двунаправленного контроллера, например ISL81601 или ISL81401, обеспечивает многочисленные преимущества системе резервного питания постоянного тока или устройствам с питанием от аккумуляторов. Во-первых, он упрощает конструкцию и повышает общую надежность путем объединения сложной архитектуры заряда и разряда в одну цепь. Наличие отдельных цепей заряда и разряда требует двух индукторов (при условии, что для повышения эффективности на обоих этапах используется импульсный преобразователь), тогда как двунаправленной архитектуре требуется лишь один индуктор. При использовании такой архитектуры один и тот же комплект электроники меняет направление движения тока для обеспечения заряда и разряда. Двунаправленный

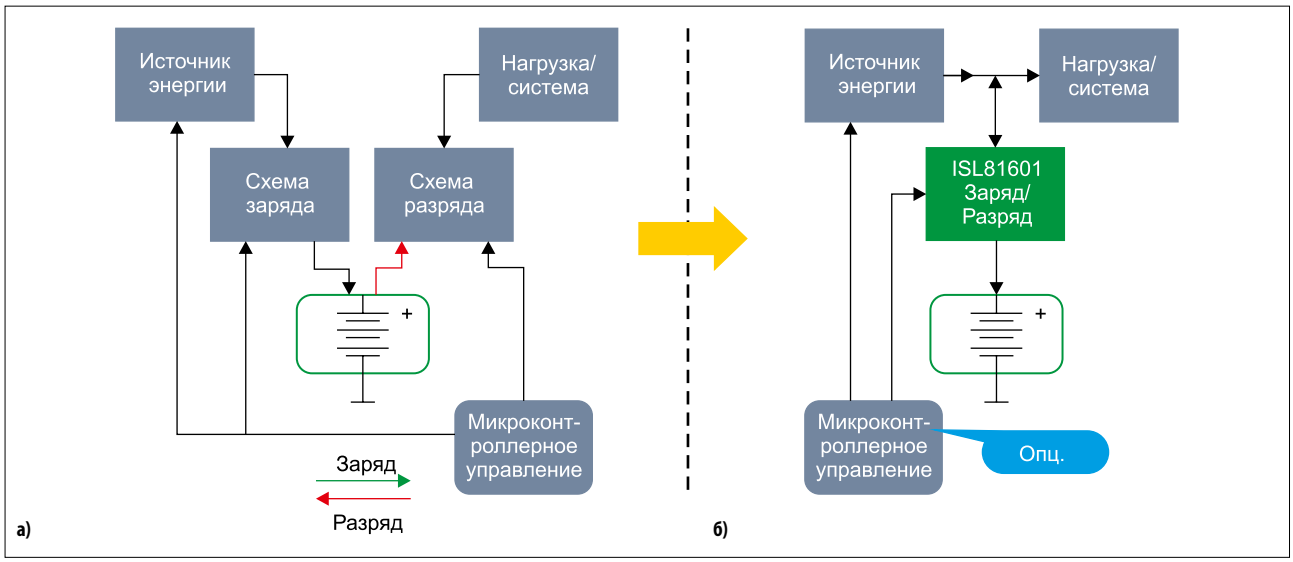

Рис. 2. **а) типовая система батарейного резервирования; б) двунаправленный подход к системе батарейного резервирования**

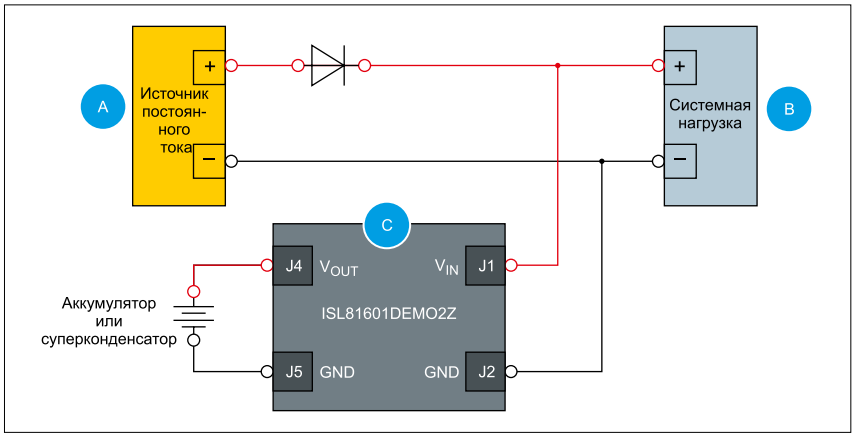

Рис. 3. **Система батарейного резервирования с применением двунаправленного контроллера ISL81601**

понижающе-повышающий контроллер значительно увеличивает общую эффективность системы, поскольку величину напряжения аккумулятора или иного элемента хранения можно выбрать ближе к напряжению системы. Поскольку разница между напряжениями аккумулятора и системы уменьшается, преобразователь всегда работает в режиме, обеспечивающем максимальную эффективность. В то же время система может при необходимости сильнее разрядить батарею, увеличив, таким образом, коэффициент использования емкости аккумулятора.

В конструкции на основе понижающе-повышающего преобразователя напряжение аккумулятора и напряжение, необходимое для работы системы, могут поддерживаться на одном уровне. Еще одним положительным моментом является состояние аккумулятора. При использовании предлагаемой архитектуры уровни заряда и разряда аккумулятора можно запрограммировать в соответствии с состоянием аккумулятора.

На рисунке 3 показана простая конфигурация для двунаправленной работы преобразователя. Источник постоянного тока А соединен с нагрузкой Б, и тот же самый источник присоединяется к аккумулятору или конденсатору большой емкости через двунаправленный понижающе-повышающий преобразователь В. Напряжение аккумулятора может иметь любое значение, соответствующее напряжению преобразователя.

ISL81601/401 от Renesas – двунаправленный понижающе-повышающий контроллер, позволяющий определить значение пикового тока и обеспечивающий контроль с обеих сторон. Эти устройства используют модуляцию пикового тока для управления в повышающем режиме и модуляцию токов впадин для управления в понижающем режиме. Подобные устройства также обладают свойством пошагового ограничения максимального отрицательного значения тока индуктора для защиты системы при работе в обратном направлении. Однако направление движения тока можно поменять в аппаратных настройках или с помощью микроконтроллера с соответствующей интерфейсной схемой. Это повышает простоту и эффективность конструктивных решений для устройств резервирования питания постоянного тока, а также обеспечивает значительную экономию с точки зрения размера и стоимости комплектующих элементов.

На рисунке 4 показаны диаграммы сигналов при работе устройства резервирования электропитания постоянного тока. Для простоты пояснения в схеме используется аккумулятор на 12 В вместе с регулируемым источником постоянного тока. Как только напряжение этого источника уменьшается с 18 до 9 В, аккумулятор подает необходимое питание в систему. Непосредственно перед моментом времени T1 напряжение источника составляет 18 В, и он питает нагрузку и аккумулятор. Как только аккумулятор полностью заряжается, источник отключается в момент времени T1. В момент времени T2 достигается заданное минимальное значение напряжения преобразователя, и он изменяет направление тока на разряд аккумулятора, предотвращая падение напряжения системы ниже 9 В. В момент времени T3 аккумулятор или конденсатор большой емкости полностью разряжается, что, в свою очередь, приводит к снижению напряжения питания системы. В ходе этого процесса система получает достаточно времени для корректного завершения своей работы. Переключение источников питания и изменение направления тока в момент времени T2 происходит без каких-либо заметных проблем.

Такая архитектура позволяет осуществлять контроль и измерение истинного пикового тока в обоих направлениях.

ДВУНАПРАВЛЕННЫЕ ПОНИЖАЮЩЕ-ПОВЫШАЮЩИЕ КОНТРОЛЛЕРЫ RENESAS

Являясь ведущим поставщиком интегрированных контроллеров для управления питанием, корпорация Renesas Electronics предлагает не только двунаправленные, но и однонаправленные понижающе-повышающие контроллеры.

Линейка микросхем ISL81601/ISL81401 от Renesas состоит из двунаправленных понижающе-повышающих

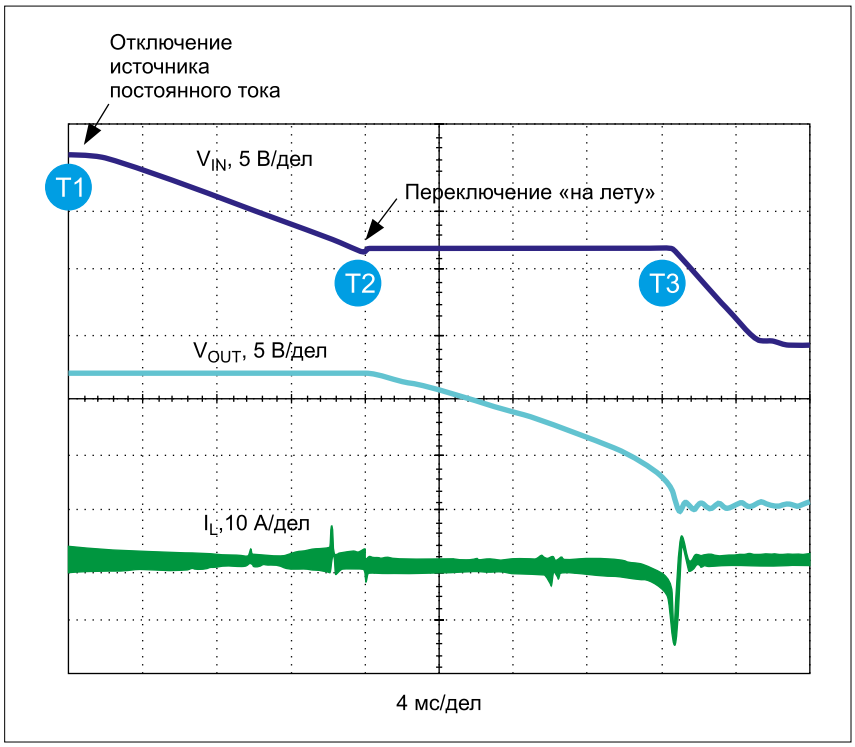

Рис. 4. **Двунаправленная работа ISL81601/401: переключение осуществляется на «лету»**

контроллеров с четырьмя внешними ключами, которые обладают впечатляющим перечнем характеристик. К ним относится сглаживание частоты и наличие внешнего смещения, позволяющие уменьшить финансовые расходы и время. Уникальная архитектура этих ИС гарантирует контроль и измерение пикового тока индуктора с обеих сторон. Кроме того, у микросхем имеются два вывода для контроля входного и выходного тока, которые можно использовать для управления постоянным током (CC) и постоянным напряжением (CV), а также в других случаях управления системой.

Характер работы данной архитектуры обеспечивает очень надежную защиту от любых неисправностей с каждой из сторон системы. Она оборудована четырьмя независимыми цепями для управления входным напряжением, выходным напряжением, входным током и выходным током. В результате достигается полный и независимый контроль над входным и выходным напряжениями и настройками токовых величин, таких как заряд и разряд, что бывает очень полезно в приложениях резервирования электропитания постоянного тока, поскольку заряд и разряд, как правило, осуществляются с разными скоростями. В таблице перечислены некоторые основные параметры понижающе-повышающих контроллеров высокого напряжения от Renesas.

Определение пикового тока с обеих сторон, а также его пошаговое ограничение в этой линейке контроллеров гарантирует эксплуатационную надежность за счет непрерывного ограничения тока в условиях переходных процессов и на входе, и на выходе. Работа при постоянном токе вплоть до очень низких значений напряжения предотвращает выход схемы из-под контроля в случае перегрузки или короткого замыкания.

Таблица. **Линейка понижающе-повышающих контроллеров высокого напряжения от Renesas**

Наименование устройства	Диапазон входного напряжения, В	Отличительные особенности	Управляющее напряжение, В
ISL81601	4,5~60	двунаправленный	8
ISL81401	4,5~40	двунаправленный	5,3
ISL81401A	4,5~40	однонаправленный	5,3

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИНЕЙКИ КОНТРОЛЛЕРОВ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ:

- работа с высоким напряжением (до 60 В), что приемлемо для большинства современных аккумуляторов;
- двунаправленная схема работы уменьшает размер печатных плат и снижает общую стоимость устройства;
- уникальная схема модуляции обеспечивает самые низкие уровни пульсаций и плавный переход между режимами;
- функция переключения «на лету» адаптирована под микроконтроллеры;
- работа в режимах с постоянным током (CC) и постоянным напряжением (CV) поддерживает заряд аккумулятора, минимизирует число внешних компонентов;
- многоуровневая защита от перегрузки по току обеспечивает надежную эксплуатацию;
- внешнее смещение позволяет минимизировать потери мощности, увеличить эффективность;
- режим эффективной работы в режиме малых нагрузок позволяет повысить эффективность и увеличить срок службы аккумулятора;
- расширенная защита от сбоев обеспечивает надежную эксплуатацию;
- синхронизация частоты позволяет уменьшить ЭМП;
- размывание частоты также позволяет уменьшить ЭМП;
- контроль входного и выходного тока улучшает управляемость системы;
- возможность каскадирования и распределения тока обеспечивает масштабируемость схемы.

Оценочную плату от Renesas для ISL81601 см. на сайте [1].

ЛИТЕРАТУРА:

1. www.renesas.com/eu/en/products/software-tools/boards-and-kits/eval-kits/isl81601evalxz.html.

ДАТЧИК ZMOD4410 ОТ RENESAS
для контроля качества воздуха в помещениях

Обеспечивает наилучшую чувствительность и стабильность в своём классе при анализе качества воздуха!

- Обнаружение TVOC (совокупности летучих органических соединений)
- Контроль качества воздуха в помещениях (IAQ)
- Оценка уровня CO_2
- Интерфейс I2C: до 400 кГц
- Потребляемая мощность <14 мВт при непрерывной работе
- Диапазон температур -40 ... +65 °C
- Напряжение питания от 1,7 до 3,6 В
- Размер 3,0 × 3,0 × 0,7 мм, корпус LGA-12

Поддержка продукта:

- Руководства по использованию, видео-презентации
- Несколько версий ПО для специальных применений, таких как обнаружение запахов или низко потребляющий режим при питании от батареи
- Каждый модуль датчика подвергается тестированию и калибровке. Данные калибровки сохраняются в энергонезависимой памяти изделия.

Renesas – единственный производитель датчиков, который использует независимую аттестацию на соответствие рейтингу IAQ Немецкого агентства по окружающей среде (UBA).

Хотите получить отладку для тестирования?
Пришлите запрос по адресу
renesas@scanti.ru

RENESAS

www.scanti.ru
Сканти
Официальный дистрибьютор

РЕКЛАМА