

ОПТИМИЗАЦИЯ МОБИЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ НОВОГО ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ USB-C

ЖИГАН ЛЯН (ZHIGANG LIANG), технический менеджер по маркетингу, **АШВИНИ РАВИНДРАН (ASHWINI RAVINDRAN)**, ведущий инженер по приложениям, **САНКУН ЛИМ (SUNGKEUN LIM)**, технический руководитель по приложениям, **СТАРРИ ЦАЙ (STARRY TSAI)**, ведущий менеджер по маркетингу продукции, Renesas Electronics Corp.
Перевод: **ДМИТРИЙ КОЗЛОВ**, руководитель направления полупроводников, ООО «Сканти», kdp@scanti.ru

Вопрос наличия порта USB-C для оптимизации мобильных вычислительных систем привлекает все больше внимания. Зарядка аккумулятора мобильного компьютера через USB-C становится новым трендом. В статье рассматриваются преимущества и недостатки схемы стандартного повышающе-понижающего зарядного устройства (ЗУ) для USB-C NVDC. Описывается техническое решение комбинированного зарядного устройства от Renesas для аккумуляторов, которое может работать и в режиме NVDC, и в новом режиме Hybrid Power Buck-Boost (HPBB).

ВВЕДЕНИЕ

Интерфейс USB-C коренным образом изменил метод зарядки электронных приборов и, в частности, мобильных вычислительных устройств. Традиционные мобильные вычислительные устройства, например ноутбуки или портативные компьютеры, имеют специализированный и, как правило, нестандартный разъем для блока питания. При подключении блока питания к специализированному разъему зарядное устройство, помимо подачи питания для системы, отвечает за зарядку аккумулятора.

В последнее время некоторые производители мобильных вычислительных устройств перешли к установке USB-портов, поддерживающих новые протоколы USB Type-C (USB-C) или USB Power Delivery (USB PD). USB-C поддерживает двустороннюю подачу питания на гораздо более высоком уровне, чем предыдущие версии интерфейса USB. Начиная со стандартного напряжения 5 В, контроллер порта USB-C может согласовать с подключенным устройством повышение напряжения порта до 12, 20 В или до другого взаимно согласованного значения напряжения при взаимно согласованном уровне тока. Максимальная мощность, которую может выдавать порт USB-C, достигает 20 В при токе 5 А, что составляет 100 Вт, которых вполне достаточно для зарядки компьютера. В результате зарядка мобильных вычислительных устройств

через USB-C порт становится более распространенной в сравнении с традиционной зарядкой через отдельный разъем для блока питания.

СХЕМА ПОВЫШАЮЩЕ-ПОНИЖАЮЩЕГО ЗУ USB-C NVDC

Новый протокол USB-C обеспечивает более широкий диапазон регулируемого входного напряжения ($V_{вх}$), подаваемого на систему заряд-

ки аккумулятора, которое может быть меньше или больше напряжения комплекта батарей и системной шины. Благодаря этому обстоятельству повышающе-понижающий преобразователь становится наиболее предпочтительным вариантом. На рисунке 1 показана упрощенная схема стандартного повышающе-понижающего ЗУ NVDC (архитектура заряда аккумуляторов на основе DC/DC-преобразователя с узким диа-

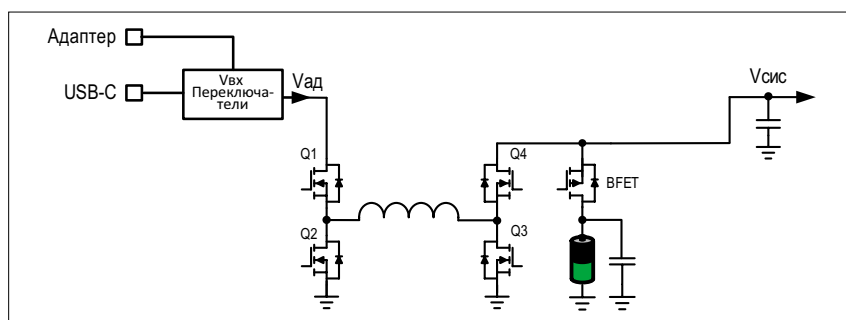


Рис. 1. Традиционная структура повышающе-понижающего зарядного устройства NVDC для USB-C

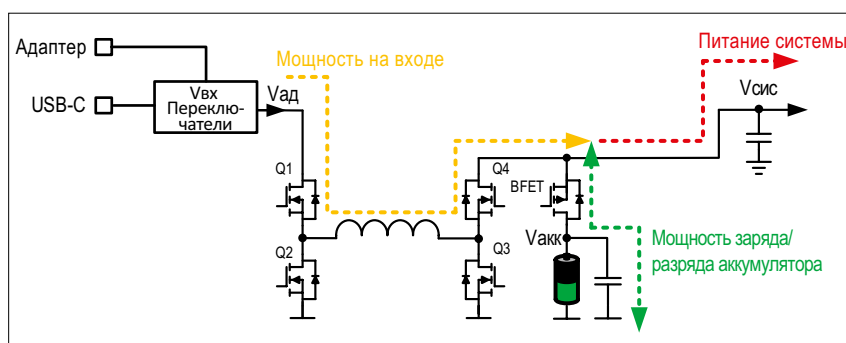


Рис. 2. Путь протекания тока в повышающе-понижающем ЗУ NVDC при наличии питания

пазоном выходного напряжения) с четырьмя ключами. Помимо четырех ключей (FET) в составе повышающе-понижающего преобразователя в зарядное устройство NVDC входит один полевой транзистор с управляющим *p-n*-переходом (BFET) между аккумулятором и системной шиной $V_{\text{сис}}$. Входное напряжение на повышающе-понижающий преобразователь поступает от сетевого адаптера или порта USB-C.

На рисунке 2 показан путь, по которому проходит ток при наличии питания. В этом режиме возможны три сценария работы.

1. При полностью заряженном аккумуляторе повышающе-понижающее ЗУ отключит BFET. В этом случае зарядное устройство обеспечит подачу выходной мощности в систему с $V_{\text{сис}}$, отрегулированном до необходимого уровня.
2. Если аккумулятор заряжен не полностью, и ЗУ заряжает аккумулятор, BFET включается. В режиме компенсации зарядного BFET работает в режиме насыщения, функционируя как линейный регулятор (LDO), и $V_{\text{сис}}$ регулируется до заданного напряжения. Если зарядное устройство работает в режиме *CC* или *CV* с полностью включенным BFET, $V_{\text{сис}} = V_{\text{бат}}$ (предполагается отсутствие падения напряжения на BFET). Мощность на входе определяется как сумма мощности системы и мощности заряда аккумулятора, исходя из предположения, что мощность на входе больше мощности системы.
3. Не важно, находится ли аккумулятор в состоянии заряда или нет. Как только мощность системы превысит мощность на входе, $V_{\text{сис}}$ уменьшится. Внутренний диод в BFET проводит ток при условии, что $V_{\text{сис}} < V_{\text{бат}} - V_{\text{пад}}$, где $V_{\text{пад}}$ – падение напряжения на внутреннем диоде, которое обычно имеет значение 0,7 В. Однако при более сложной системе контроля BFET может включиться раньше, чтобы «догнать» и поддержать $V_{\text{сис}}$. В любом случае, аккумулятор будет разряжаться, и мощность аккумулятора будет суммироваться с входной мощностью, чтобы обеспечить потребляемую системой мощность.

На рисунке 3 показан путь, который проходит ток в режиме подачи питания только от аккумулятора. Этот режим относительно проще предыдущего, поскольку аккумулятор всегда обеспечивает питание системы с принудительным включением BFET. В этом режиме $V_{\text{сис}} = V_{\text{акк}}$.

Одной из характерных особенностей конфигурации NVDC является то, что весь ток протекает через повыша-

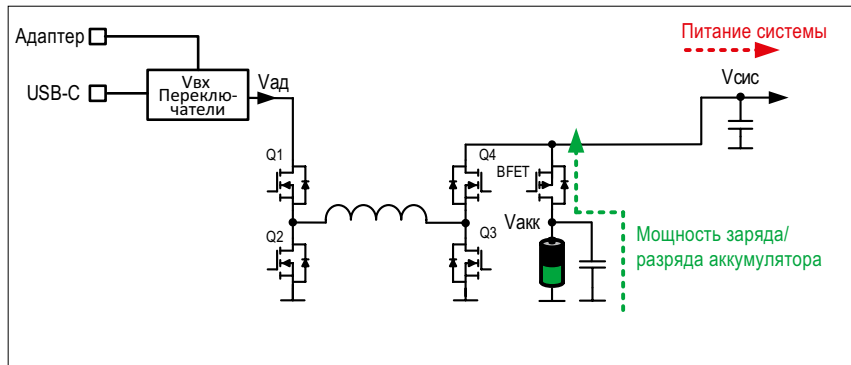


Рис. 3. Путь протекания тока в повышающе-понижающем зарядном устройстве NVDC в режиме питания только от аккумулятора

юще-понижающее ЗУ и управляется им, что делает неизбежными потери мощности в результате переключения МОП-транзистора, а также потери в проводнике, потери в сердечнике дросселя, потери в обмотке и т.д. Чтобы справиться с полной мощностью системы, необходимо правильно выбрать размер силового дросселя. При этом размер дросселя выбирается с запасом с учетом мощности заряда. Таким образом, конфигурация NVDC предпочтительна для систем малой мощности, например 60 Вт или меньше. Единственным преимуществом конфигурации NVDC является простота схемы управления. Когда система входит в турборежим, в котором ее мощность превышает мощность адаптера, зарядное устройство не обязательно контролировать что-либо кроме тока адаптера. В таком случае аккумулятор начинает пропускать ток через BFET, чтобы автоматически поддерживать питание системы.

НОВАЯ КОНФИГУРАЦИЯ RENESAS HYBRID POWER BUCK-BOOST (HPBB)

На рисунке 4 показана новая конфигурация ЗУ HPBB. В этом режиме мощность на входе передается по шунтирующему транзистору, а не проходит через повышающе-понижающее зарядное устройство. Таким образом, потери мощности значительно уменьшаются по сравнению с режимом NVDC. Зарядное устройство работает только с питанием заряда/разряда аккумулятора, и дроссель большого размера не требуется.

При наличии питания на входе реализуются два сценария работы в этом режиме.

1. Мощность на входе превышает мощность системы. Если это условие выполняется, повышающе-понижающее ЗУ не выдает электропитание в систему – оно работает либо в режиме ожидания, если аккумулятор полностью заряжен, либо

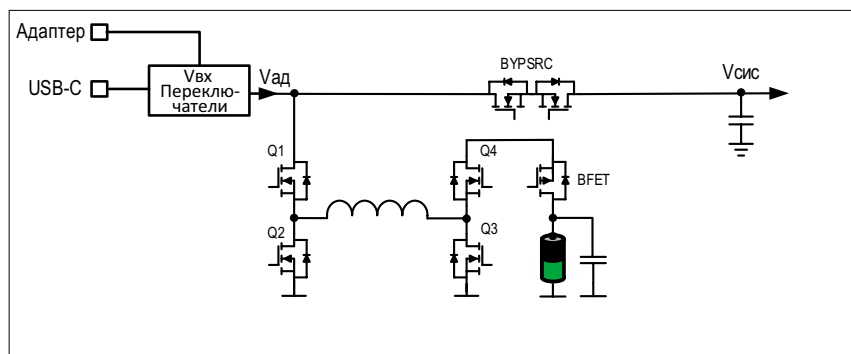


Рис. 4. Конфигурация повышающе-понижающего ЗУ Renesas HPBB

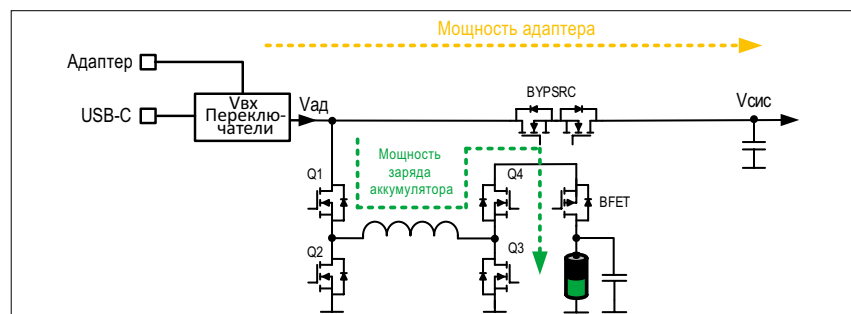


Рис. 5. Конфигурация повышающе-понижающего зарядного устройства HPBB от Renesas

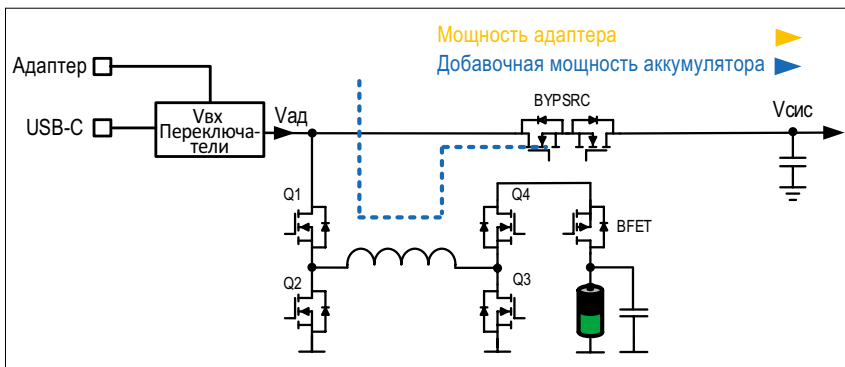


Рис. 6. Повышающе-понижающее ЗУ Renesas HPBB в режиме «обратное турбо-повышение»

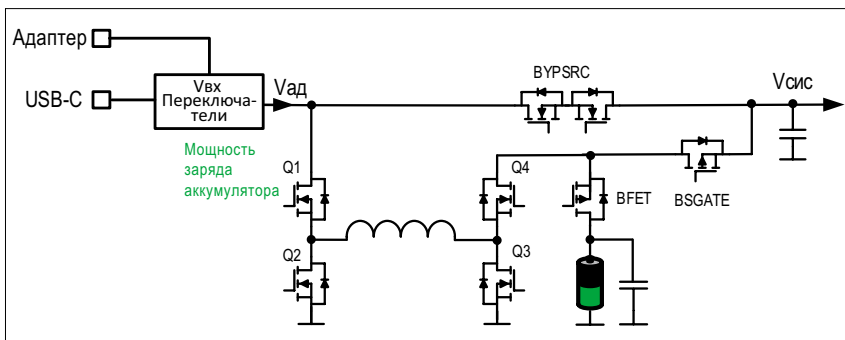


Рис. 7. ISL9241 – комбинированное повышающе-понижающее ЗУ, поддерживающее обе конфигурации – NVDC и HPBB

заряжает аккумуляторы. На рисунке 5 показан путь протекания тока в режиме HPBB для этого сценария.
2. Мощность на входе меньше мощности системы. В этом случае аккумулятор

следует разряжать, и повышающе-понижающее ЗУ работает в обратном режиме, передавая энергию от аккумулятора в сторону $V_{ад}$. Мощность аккумулятора суммируется с мощно-

стью на входе для поддержки мощности системы. Этот режим носит название «обратное турбо-повышение». На рисунке 6 показан путь протекания тока в режиме HPBB.

НОВОЕ ПОВЫШАЮЩЕ-ПОНИЖАЮЩЕЕ ЗУ АККУМУЛЯТОРА RENESAS ISL9241

ISL9241 – новейшее повышающе-понижающее зарядное устройство от Renesas. Это единственное промышленно выпускаемое повышающе-понижающее зарядное устройство с интерфейсом USB-C, которое поддерживает обе конфигурации – и NVDC, и HPBB.

В режиме NVDC устройство ISL9241 автоматически выбирает адаптер или аккумулятор в качестве источника питания системы. В режиме NVDC оно также поддерживает турборежим путем включения BGATE FET для ограничения тока адаптера на заданном уровне порога по току, тогда как все остальное питание, необходимое для системы, осуществляется аккумулятором.

В режиме HPBB зарядное устройство ISL9241 поддерживает режимы шунтирования, шунтирования с зарядкой, обратное турбо-повышение и т.д.

При наличии обеих конфигураций – HPBB и NVDC – устройство ISL9241 обеспечивает большую гибкость для конкретных разработок и оптимизирует

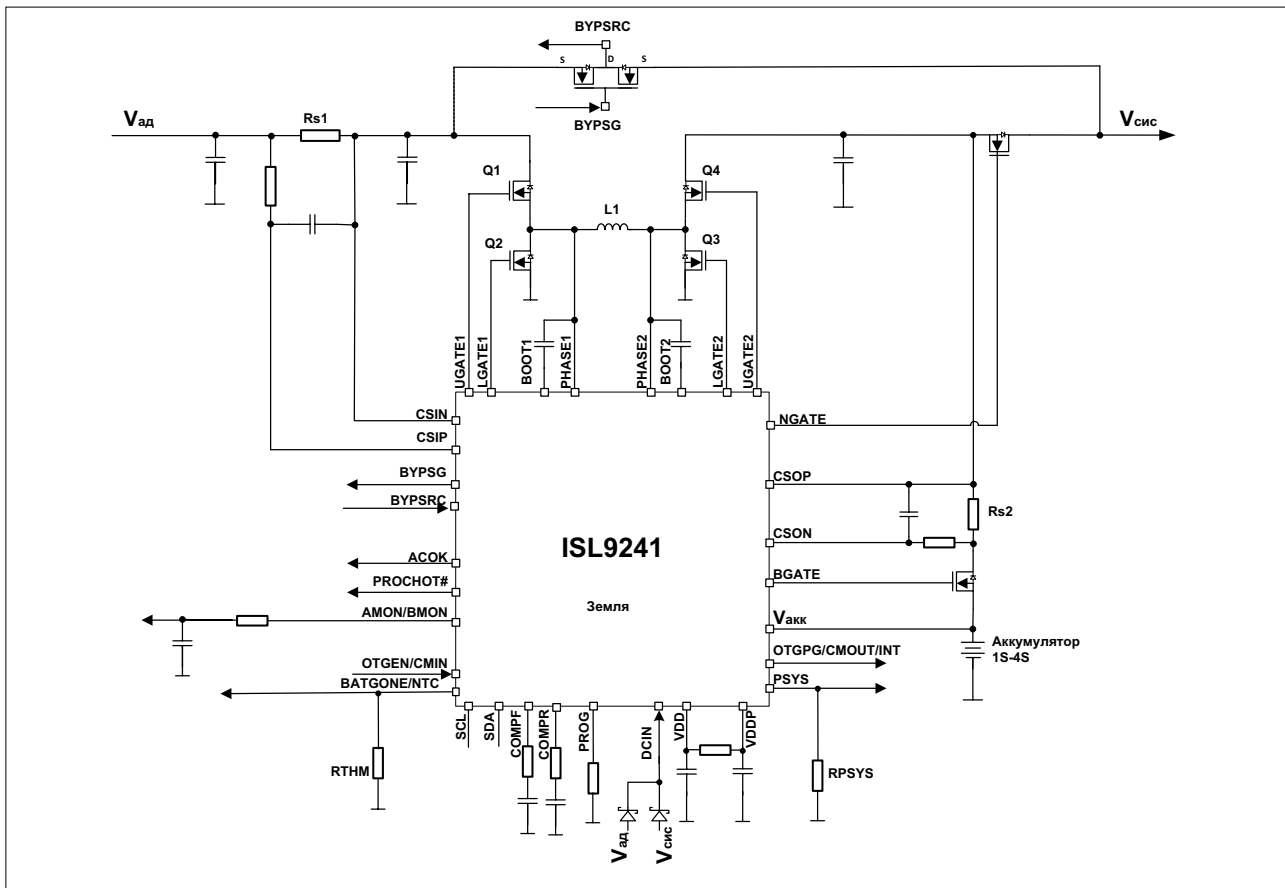


Рис. 8. Схема типowego применения комбинированного ЗУ ISL9241

ванную производительность системы (см. рис. 7). Эти два режима перенастраиваются в заводской прошивке на ЕС (встроенный контроллер системы) при использовании разных источников питания, например штепсельного адаптера или входов от портов USB-PD.

ЗУ ISL9241 осуществляет функции зарядки, регулировки системной шины, а также защиту, используя только полевые транзисторы NFET для улучшения производительности и оптимизации стоимости комплектующих. Для обеспечения высокоэффективного режима заряда на малых нагрузках используется передовая технология Renesas R3. Перенастройка компенсации позволяет устройству ISL9241 использовать дроссель меньших размеров и обеспечить более высокую производительность, оптимизированную для разных уровней мощности.

ISL9241 получает питание от разных источников постоянного тока (традиционные адаптеры, дорожные адаптеры, силовые порты USB Type-C и т. д.) и заряжает аккумуляторы, содержащие до четырех последовательно соединенных литиево-ионных элементов. ISL9241 также позволяет осуществлять автономную зарядку с автоматическим завершением. Режим шунтирования для HPBB использует заводскую прошивку контроллера, позволяющую направлять питание системе напрямую.

ISL9241 поддерживает работу в режиме обратного понижения, повышения, или повышения–понижения к адаптеру порта (режим OTG) для аккумуляторов, содержащих от двух до четырех элементов. В результате обеспечивается подача выходного напряжения с USB-C Power Delivery (PD) для портов электропитания с программным управлением (PPS). ISL9241 может работать только с аккумулятором, только с адаптером или совместно с адаптером и аккумулятором. Мощность системы обеспечивается адаптером, аккумулятором или адаптером и аккумулятором вместе. Системам, совместимым с Intel IMVP, ЗУ ISL9241 предоставляет функцию монитора потребляемой мощности (PSYS) (см. рис. 8), которая посылает аналоговый сигнал, характеризующий общую мощность платформы. Выходной сигнал PSYS может подстраиваться к регуляторам питания ядра IMVP для обеспечения функции управления питанием, совместимой с технологией IMVP. ISL9241 также отслеживает сигнал «горячий процессор» (PROCHOT#) и поддерживает дополнительный режим (Supplemental Mode), что отвечает требованию компании Intel по адаптивной защите Vmin Adaptive Protection (VAP), заключающейся в поддержании напряжения аккумулятора выше установленного минимума. В устройстве ISL9241 применяется последователь-

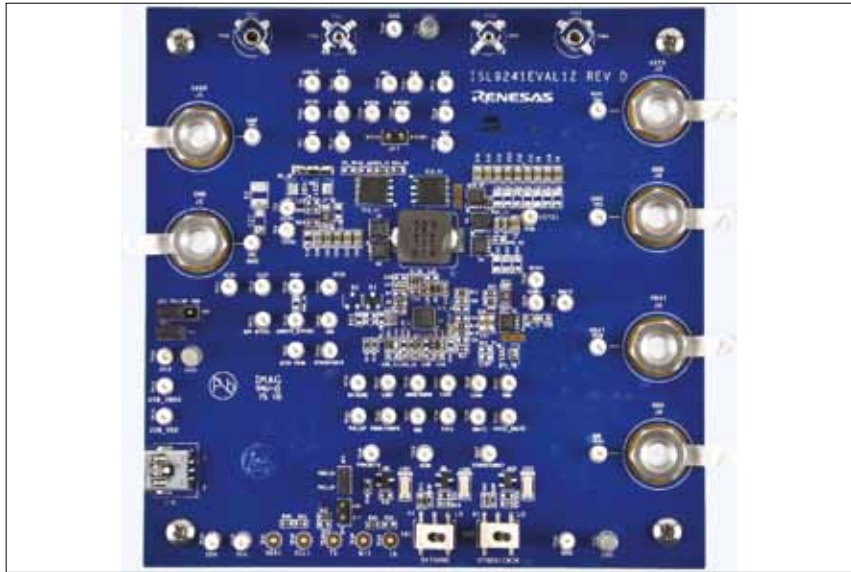


Рис. 9. Оценочная плата ISL9241

ный интерфейс с протоколом SMBus/I²C, позволяющий программировать многие ключевые параметры, что обеспечивает реализацию индивидуального решения.

ISL9241 отслеживает свою работу, передает сигналы об ошибках и уведомления по прерыванию. Встроенный в ISL9241 8-бит АЦП обеспечивает телеметрическую передачу ключевых параметров системы, например данные о температуре (печатная плата и соединения), ток и напряжение адаптера, ток заряда и разряда аккумулятора, напряжение шины системы.

Конфигурируемая архитектура зарядки ISL9241 обеспечивает гибкое использование зарядного устройства в многоканальных конфигурациях в соответствии с требованиями конструкции системы. Поддержка многоканальности портом USB-C позволяет создавать многоканальную систему

USB-C и полностью сохранять совместимость со стандартом USB-PD 3.0.

Зарядное устройство ISL9241 поддерживает входное напряжение в диапазоне 3,9–23,4 В и напряжение на выходе 3,9–18,304 В для аккумуляторов, содержащих от двух до четырех элементов; до 20 В On-The-Go. Кроме того, оно применяется для автономной зарядки с автоматическим прекращением заряда без связи со встроенным контроллером. Автоматический контроль позволяет устройству переключаться в режим компенсационного заряда, когда аккумулятор истощен; имеется возможность для настройки двух уровней порога по току. Режим battery learn регулирует показатель оставшегося заряда аккумулятора. Программирование характеристик с использованием интерфейса SMBus или I2C повышает гибкость разработки.

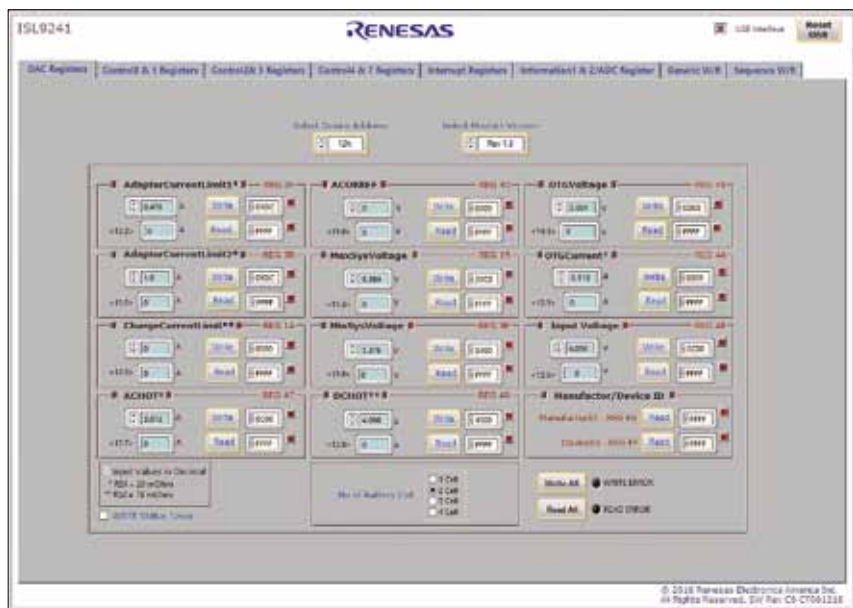


Рис. 10. Снимок экрана графического интерфейса пользователя ISL9241

**СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ
ОТ RENESAS****Оценочная плата/руководство
пользователя**

Для индивидуального тестирования и разработки с использованием устройства ISL9241 предоставляется оценочная плата и подробное руководство пользователя. Фотография оценочной платы показана на рисунке 9.

**ISL9241 ГРАФИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕЙС
ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ**

Графический интерфейс пользователя для ЗУ ISL9241, предлагаемый корпорацией Renesas, поможет ускорить разработку, тестирование, окончательное согласование и отладку схемы зарядного устройства. Этот интерфейс подключается к разрабатываемым платам для установки параметров системы и пороговых величин. На рисунке 10 показан пример графического интер-

фейса пользователя ISL9241 на основе ОС Windows.

ВЫВОДЫ

Мы рассмотрели современные архитектуры зарядных устройств аккумуляторов, а также принципы работы ЗУ для ноутбуков. Зарядное устройство для аккумулятора – важный компонент управления питанием мобильного устройства, который не только заряжает аккумулятор, но и управляет всем потоком мощности от адаптера к вычислительному устройству. Зарядное устройство для аккумулятора в вычислительной системе должно работать безупречно совместно с другими устройствами управления системой, например со встроенным контроллером (EC), чтобы эффективно соответствовать требованиям к питанию системы.

ЗУ ISL9241 позволяет повысить функциональную гибкость, обеспечивая работу в обеих конфигурациях – NVDC

и HPBB. У пользователя имеется возможность выбирать между этими двумя режимами, чтобы оптимизировать конструкцию зарядного устройства. Набор регистров ISL9241 в высокой степени совместим с другой существующей продукцией для зарядных устройств корпорации Renesas, например ISL9238. В результате существенно уменьшается объем проектирования при переходе на ISL9241 с другой конструкции зарядного устройства корпорации Renesas. Кроме того, заводская прошивка встроенного контроллера для режима NVDC требует лишь незначительной проверки для обеспечения работы ISL9241 в режиме HPBB, что уменьшает затраты на проектирование и требования к квалификации инженера при использовании ЗУ ISL9241 на разных вычислительных платформах. □

ЛИТЕРАТУРА

1. www.renesas.com.

КОММЕНТАРИИ СПЕЦИАЛИСТА**Дмитрий Козлов, руководитель направления полупроводников, ООО «Сканти»**

На сегодняшний день отечественный рынок несколько отстает от мировых лидеров в области производства электроники. Однако можно смело утверждать, что в будущем формат USB Type-C должен стать у нас таким же общепринятым, как в свое время стал USB Micro.

В рамках разворачивающейся на российском рынке концепции умного дома легко прогнозируется рост потребительского сегмента техники, где неочевидным, но вполне реальным преимуществом может стать наличие в устройстве разъема USB Type-C. Можно наблюдать, как на первый план в бытовых устройствах зачастую выходят вовсе не технические параметры (вычислительная мощность процессора, скорость или мощность сигнала беспроводных интерфейсов и т.д.), а банальное удобство использования или дизайн. Электронные изделия, в которых реализована возможность подключения через USB Type-C будет выглядеть в глазах потребителя выигрышнее, чем устаревшие модели с USB Micro и USB Mini.

Решение ISL9241 от Renesas вышло одновременно универсальным и своевременным. Поддержка обеих конфигураций NVDC и HPBB делает эту микросхему уникальной и применимой для самых разных изделий, начиная с логгеров и заканчивая ноутбуками, тем более что поддерживается мощность до 100 Вт.

Дополнительно используется запатентованная технология Renesas R3, лучшая в своем классе в плане эффективности при работе с малы-

ми нагрузками, которая позволяет быстрее заряжать аккумулятор и продлевает его срок службы.

Кроме того, компания Renesas позаботилась о простоте освоения своего решения, предусмотрев не только простую миграцию с других зарядных устройств компании, но и интуитивно понятный графический интерфейс для задания параметров функционирования микросхемы.

Компания Renesas не отказывается от своего курса на развитие линеек, связанных с питанием: DC/DC-преобразователей, модулей питания, понижающе-повышающих преобразователей и т.д. Обладая широкой линейкой микросхем зарядки аккумуляторов, Renesas расширяет свой портфель эксклюзивными решениями, например микросхемой зарядки для USB Type-C или беспроводной зарядки (которая появилась после приобретения компании IDT).

Таким образом, следуя этой политике, продукция производителя Renesas становится оптимальным вариантом для широкого круга задач.

**НОВОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ****| МОДУЛИ ПИТАНИЯ НА 10 И 15 А С PMBUS ОТ RENESAS |**

Цифровые модули питания ISL8280M (10 А) и ISL8282M (15 А) – это одноканальные синхронные стабилизаторы, работающие при входном напряжении 5–16 В.

Они являются лучшими в своем классе по плотности тока равной 115 мА/мм², выполнены в температурно-оптимизированном корпусе GHDA размером 12×11 мм. Их максимальная эффективность – 95%.

Модули включают в себя ШИМ-контроллер, MOSFET, индуктор и LDO. Чтобы получить готовый блок питания, следует установить керамические конденсаторы на вход и выход.

Основные характеристики:

- выходное напряжение: 0,5–5 В;
- точность установки выходного напряжения: 1,5%;
- 256 вариантов выходного напряжения, задаваемого внешним резистором;
- совместимость SMBus/I2C/PMBus v1.3 до 1,25 МГц;
- семь вариантов выбора рабочей частоты в диапазоне 0,3–1 МГц;
- работа с малой нагрузкой в режиме ККМ для улучшения эффективности;
- защита от скачков напряжения, перегрузки по току, тепловая защита.

www.renesas.com