

Простое решение проблемы зарядки аккумуляторов В ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ И СИЛЬНОТОЧНОЙ СИСТЕМЕ

Стив НОТ (Steve KNOTH)

Введение

Становится привычным, что все большее количество устройств, питающихся от батарей, может работать с источниками заряда, батареями различных химических типов, имеющих широкий диапазон тока и напряжения. Например, промышленные, медицинские и автомобильные зарядные устройства требуют все более высоких напряжений и токов, так как применяются новые схемы сборки массивов больших батарей. Кроме того, все больше солнечных батарей различных уровней мощности и разных размеров работают с перезаряжаемыми герметичными свинцово-кислотными (Sealed Lead Acid, SLA) аккумуляторами и аккумуляторами на основе лития. Их используют повсеместно: начиная от светофоров на пешеходных переходах до портативных акустических систем, от пресс-компакторов мусора до морских буев.

Некоторые свинцово-кислотные аккумуляторы, используемые в солнечных установках, являются одним из видов аккумуляторов глубокого разряда, способных выдерживать длительные повторяющиеся циклы заряда после полной разрядки. Хорошим примером этого являются глубоководные морские буи, для которых необходимое условие — это 10-летний срок службы, а также неэлектрифицированные (то есть отключенные от сетей электроэнергии общественно-пользования) системы возобновляемых источников энергии, например в солнечной или ветровой энергетике, где время готовности системы имеет первостепенное значение из-за сложности доступа к таким установкам.

Сегодняшняя рыночная конъюнктура такова, что даже при создании установок, не использующих солнечную энергию, возрождается интерес к элементам аккумуляторных батарей SLA большой мощности. Автомобильные или «стартовые» элементы аккумуляторных батарей SLA стоят недорого, если исходить из соотношения стоимости и выходной мощности. Они могут выдавать большие кратковременные импульсные токи, что делает их оптимальными для стартеров автомобилей и других применений в транспортных средствах.

Свинцово-кислотные аккумуляторы глубокого разряда — это еще одна технология, популярная в промышленности. У них более толстые пластины, чем в автомобильных аккумуляторах, и они разработаны для разряда менее 20% от их полной зарядки. Такие аккумуляторы, как правило, используются там, где подача питания требуется в течение длительного периода времени, например в вилочных погрузчиках или гольфмобилях. Тем не менее, как и их литиево-ионные (Li-Ion) аналоги, свинцово-кислотные аккумуляторы очень чувствительны к перезарядке, поэтому относиться к ним нужно бережно.

Существующие решения, основанные на единой интегральной схеме (ИС), покрывают лишь часть из множества возможных комбинаций входного напряжения, напряжения и тока заряда. Для того чтобы решить остальные задачи, требующие более сложных комбинаций и топологий, приходится использовать не самое оптимальное сочетание микросхем и большое количество дискретных элементов. Так было до тех пор, пока в 2011 году корпорация Linear Technology не упростила этот рыночный сегмент, создав 2-микросхемное решение для зарядного устройства, включив в него микросхему контроллера зарядки аккумулятора LTC4000 и совместимый DC/DC-преобразователь с внешней компенсацией.

Все, что нужно, — это несложное комбинированное зарядное устройство

Обозначим некоторые проблемы, с которыми сталкивается проектировщик с самого начала разработки зарядного устройства. Это выбор из широкого круга всевозможных аккумуляторов, высокая емкость батарей, нуждающихся в зарядке, или входное напряжение, которое находится выше и ниже диапазона напряжения аккумулятора, что вызывает необходимость в комбинированной топологии. Кроме того, ситуацию ухудшают множество устройств без простых, специализированных, на базе одной микросхемы решений для зарядки аккумулятора.

Вот примеры:

- Разнообразие входов зарядки для данного аккумулятора: одни из них имеют напря-

жение выше напряжения аккумулятора, другие — ниже.

- Единственный вход, чей диапазон напряжения охватывает значения выше и ниже диапазона напряжения аккумулятора.
- Высокое входное напряжение (>30 В).

Набор входных источников столь же широк, сколь и разнообразен. Перечислим наиболее сложные, с которыми приходится работать, когда речь идет о системах зарядки аккумуляторов: это сетевые адаптеры высокой мощности с напряжением от 5 до 19 В и выше, системы с выпрямлением на 24 В переменного тока, солнечные батареи с высоким сопротивлением, а также автомобильные аккумуляторы и аккумуляторы для грузовых автомобилей и машин повышенной проходимости. А это значит, что возможное сочетание аккумуляторов в этих системах — на основе лития (Li-Ion, Li-Polymer, LiFePO₄), свинцово-кислотные и даже на основе никеля — увеличивает возможность перестановок еще больше, что усложняет положение разработчика.

В связи с трудностью разработки микросхем в основном ограничиваются понижающими контроллерами зарядки аккумулятора или более сложными топологиями преобразователя с несимметрично нагруженной первичной индуктивностью (SEPIC). Если добавить функцию зарядки от солнечных батарей, то откроется множество других возможностей. Наконец, существующие устройства могут заряжать множество типов батарей (некоторые со встроенной схемой окончания заряда); однако до сих пор ни одно зарядное устройство на одной микросхеме не обеспечило необходимых эксплуатационных характеристик для решения всех этих вопросов.

Новое решение с одной микросхемой

Комбинированное устройство для зарядки с одной микросхемой должно обладать большинством из перечисленных ниже характеристик свойств:

- Гибкость. (Оно должно эффективно работать как в повышающем, так и в понижающем режиме.)
- Широкий диапазон входных напряжений.

- Широкий диапазон выходных напряжений для работы с разнообразными аккумуляторами.
- Возможность зарядки различных химических батарей.
- Простая и автономная работа (без микропроцессора).
- Высокий ток заряда для быстрой зарядки больших высокоомощных гальванических элементов.
- Разводка, обеспечивающая малый размер и низкий профиль.
- Улучшенный корпус для снижения тепловыделения и повышения эффективности используемого пространства.

Когда компания Linear Technology несколько лет назад выпустила микросхему контроллера зарядного устройства аккумулятора LTC4000, которая работает в сочетании с DC/DC-преобразователем с внешней компенсацией для формирования мощного и гибкого 2-микросхемного решения для зарядки аккумулятора, это значительно упростило довольно запутанное и громоздкое альтернативное решение. Чтобы использовать схему управления PowerPath, преобразователь с повышением/понижением и ограничением входного тока, в недавнем прошлом приходилось задействовать комбинированный DC/DC-стабилизатор с импульсным управлением или контроллер зарядного устройства импульсного понижающего стабилизатора в паре с внешним повышающим контроллером, дополняя их микропроцессором и несколькими микросхемами, а также дискретными компонентами.

Основными недостатками такой схемы были ограниченный диапазон рабочего напряжения, невозможность совместной работы с солнечной батареей, неспособность заряжать все типы химических батарей и отсутствие встроенного прекращения заряда. Тем не менее сегодня стало доступно более простое и гораздо более компактное интегрированное устройство для решения этих многочисленных проблем. Комбинированный контроллер заряда аккумулятора LTC4020 обеспечивает понижающее/повышающее решение для зарядки на основе только одной микросхемы.

Контроллер зарядки аккумулятора LTC4020

LTC4020 — это современное устройство управления высоким напряжением питания и контроллером для заряда разнообразных химических аккумуляторов. Оно разработано для эффективной передачи мощности от различных источников в шину питания системы и для зарядки аккумулятора. Устройство осуществляет точную регулировку тока заряда, регулирование напряжения заряда в пределах ±0,5% и работает в широком (от 4,5 до 55 В) диапазоне входного напряжения, оно также совместимо

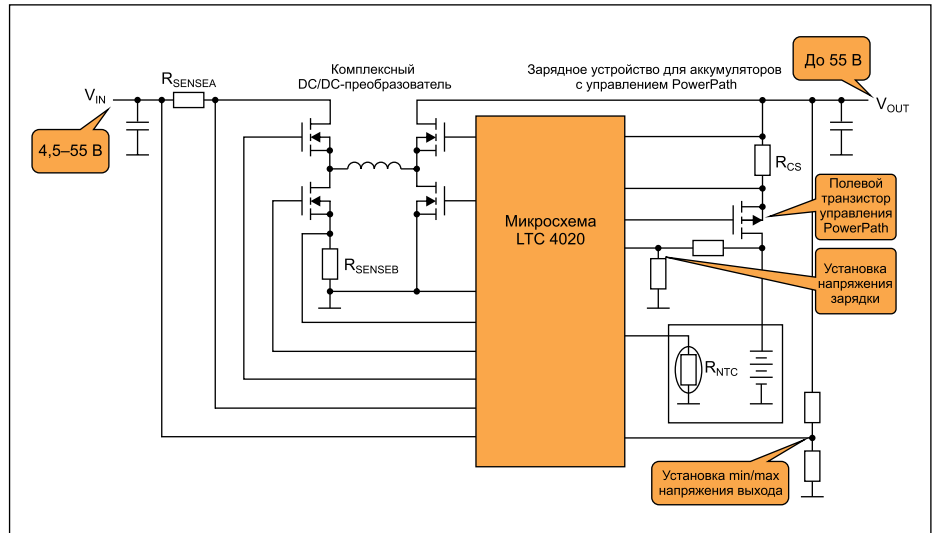


Рис. 1. Типовая схема применения LTC4020

с множеством различных источников входного напряжения. Имея выходное напряжение до 55 В, ток заряда 20 А и возможность выбора трех алгоритмов окончания заряда, микросхема LTC4020 в равной степени приспособлена к широкому спектру напряжений аккумуляторных блоков и химических типов батарей. LTC4020 содержит повышающий/понижающий DC/DC-контроллер, что позволяет ей работать с напряжениями аккумуляторов, которые выше, ниже или равны входному напряжению (V_{IN}). Типичные области применения включают портативное промышленное и медицинское оборудование, системы солнечных батарей, военную технику связи и встроенные автомобильные системы от 12 до 24 В.

Особенностью LTC4020 является интеллектуальная схема PowerPath (рис. 1): она сужает диапазон напряжений, требуемых для последующих компонентов системы, для которых будет необходим другой диапазон напряжений в аккумуляторах по сравнению с максимальным напряжением источника на входе. Кроме того, мгновенная готовность к работе обеспечивает систему мощностью в нагрузку с полностью разряженным аккумулятором. Более того, эта топология преимущественно обеспечивает питание для нагрузки системы, когда потребляемая мощность ограничена; контроллер идеального диода гарантирует, что на выходе V_{OUT} всегда будет необходимая мощность, в том случае если от DC/DC-преобразователя ее поступает недостаточно.

Цепь контроля точки оптимальной мощности (Maximum Power Point Control, MPPC) имеет контур регулирования входного напряжения, который управляет током заряда для удержания входного напряжения на запрограммированном уровне, идеальном для входа с высоким импедансом или устройств, питаемых от солнечных батарей. При отсутствии входного питания ток стока батареи

снижается только до 10 мкА, таким образом поддерживается максимальная сохраняемая емкость.

Три метода зарядки, выбираемых с помощью выделенных для этого входов контроллера LTC4020, оптимизированы для различных химических аккумуляторов. LTC4020 может обеспечить зарядные характеристики постоянный ток/постоянное напряжение (constant-current/constant-voltage, CC/CV), или C/10, либо прекращение зарядки, заданное по времени, для использования с аккумуляторными системами на основе лития, включая Li-Ion, Li-Polymer и LiFePO₄. Способность заряда при помощи постоянного тока (CC) вкупе с возможностью прекращения зарядки, заданной по времени, могут быть использованы для зарядки суперконденсаторов или аккумуляторов на основе никеля (с непрерывным подзарядом). Наконец, 4-ступенчатый 3-этапный метод заряда свинцово-кислотных устройств эффективен при работе со всеми типами свинцово-кислотных аккумуляторов, в том числе герметичных, а также AGM- и кислотных аккумуляторов.

Встроенный таймер управляет прекращением заряда CC/CV по времени и выступает в качестве дополнительной защиты во время предварительной и абсорбционной зарядки для свинцово-кислотных аккумуляторов. Два цифровых выхода с открытым стоком показывают состояние зарядного устройства и сигнализируют о сбоях. При помощи этих выходов предоставляется информация о зарядке аккумулятора, ждущем или выключенном режимах, превышении температуры в батарее и ее неисправности. В числе других свойств зарядного устройства: заряд, ограниченный по температуре с помощью термистора с отрицательным температурным коэффициентом (NTC), автоматическая перезарядка и предварительная зарядка малым током для сильно разряженных батарей.

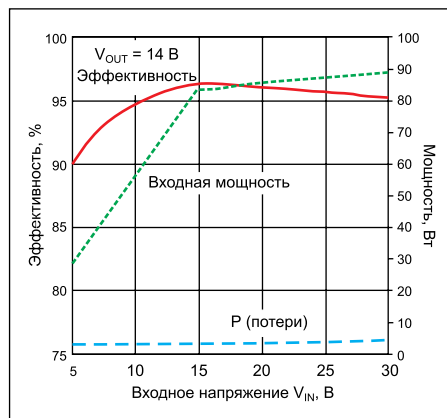


Рис. 2. Характеристика эффективности заряда при максимальной выходной мощности относительно входного напряжения

LTC4020 обеспечивает высокую эффективность зарядки. На рис. 2 приводится характеристика при работе с 6-элементной свинцово-кислотной батареей. Эффективность составляет более 90% и поднимается до 97% в зависимости от входного напряжения и уровня мощности.

Микросхема LTC4020 выполнена в низкопрофильном (0,75 мм) 38-контактном плоском QFN-корпусе с металлической подложкой для лучшего теплоотвода. Размеры корпуса — 5×7 мм. Устройство гарантирует работу в диапазоне от -40 до +125 °С.

Основные характеристики:

- Широкий диапазон напряжения: от 4,5 до 55 В (вход), до 55 В (выход), 60 В — абсолютный максимум.
- Синхронный повышающе-понижающий DC/DC-контроллер.
- Алгоритмы заряда Li-Ion и свинцово-кислотных батарей.
- Точность установки напряжения: $\pm 0,5\%$.
- Точность тока зарядки: $\pm 5\%$.
- Мгновенная работа для сильно разряженных батарей.
- Контроллер идеального диода обеспечивает низкие потери с PowerPath при ограниченной входной мощности.
- Регулировка входного напряжения для устройств с высокоимпедансным входом и солнечных батарей с функцией удержания пиковой мощности.
- Встроенный таймер для защиты и прекращения заряда.
- Обнаружение неисправных аккумуляторов с автоматическим сбросом.
- Вход NTC для контроля температуры при зарядке.
- Дополнительные выводы с открытым коллектором для контроля состояния.

Зарядка от солнца

Существует много различных способов для того, чтобы попытаться вывести солнечную батарею на ее точку оптимальной

мощности (Maximum Power Point, MPP). Один из самых простых заключается в подключении аккумулятора солнечной панели через диод. Этот метод основан на согласовании максимального выходного напряжения батареи с относительно узким диапазоном напряжения аккумулятора. Если используемые уровни мощности очень малы (менее нескольких десятков милливатт), это может стать наилучшим подходом. Однако уровни мощности не всегда низкие. Поэтому в LTC4020 используется управление точкой оптимальной мощности (Maximum Power Point Control, MPPC). Эта технология основана на том, что максимальное напряжение питания (Maximum Power Voltage, VMP) солнечной батареи обычно сильно не меняется в зависимости от изменений количества падающего света. Таким образом, простая схема может заставить панель работать при фиксированном напряжении и примерно максимальной рабочей мощности. Для измерения напряжения батареи используется делитель напряжения, и, если входное напряжение падает ниже запрограммированного уровня, нагрузка на батарею уменьшается до тех пор, пока она не сможет поддерживать запрограммированный уровень напряжения.

Зарядка никелевых аккумуляторов

Для батарей на основе никеля, например никель-кадмиевых (NiCd) или никель-металлогидридных (NiMH), необходимо предусмотреть возможность избыточного заряда. Стандартный подход — это зарядка с низкими токами в течение длительного периода времени. NiCd- или NiMH-аккумуляторы могут поглощать ток зарядки C/300 до бесконечности. Уменьшить продолжительность зарядки можно при использовании алгоритма заряда источником тока с ограничением по времени. Однако перед зарядкой рекомендуется убедиться в том, что аккумулятор разряжен, а затем зарядить его не более чем на 125% его мощности. Например, разряженный NiMH-аккумулятор 2000 мА·ч заряжается при 2,5 А в течение одного часа.

Заключение

LTC4020 упрощает очень сложную зарядку систем высокого напряжения и высоких токов. С его помощью можно заряжать различные химические аккумуляторы, в том числе на основе лития: литий-ионные, литий-полимерные, литий-фосфатные, а также герметичные свинцово-кислотные и даже ячейки на основе никеля. Способность микросхемы действительно и эффективно повышать или понижать сигнал из различных входных источников, в том числе при использовании солнечных батарей, значительно упрощает проектирование цепей зарядки высокоэнергетических аккумуляторов. ■