

Чинрон Сян, Сихуа Вэн

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ LI-ИОН БАТАРЕЙ

Инженеры компании *Texas Instruments* подробно пишут о способах повышения безопасности Li-Ion аккумуляторных элементов питания. Такие элементы находят все более широкое применение в бытовой, медицинской, промышленной и лабораторной портативной электронике. В статье рассматривается использование в автономном источнике питания микросхем *bq20z80*, *bq2084*, *bq29312* и *bq29412* производства *Texas Instruments*. Микросхема измерителя *bq20z80*, а также микросхемы того же семейства *bq20z70* и *bq20z90* основаны на запатентованной *Texas Instruments* технологии *Impedance Track™*.

Производители источников питания на основе Li-Ion батарей внимательно относятся к созданию безопасных и надежных устройств для систем с автономным питанием. Электронные устройства в автономных источниках питания контролируют условия работы Li-Ion батарей, в том числе внутреннее сопротивление батареи, температуру, напряжение на элементах, токи заряда и разряда, и процесс заряда для обеспечения системы точной информацией об остаточном ресурсе и исправности батареи. На этой информации основана правильность принятых системой решений. Кроме того, для повышения безопасности батареи, при возникновении хотя бы одного из условий отказа, элементы батареи отключаются от питания системы путем выключения двух защитных МОП-транзисторов, соединенных последовательно с Li-Ion элементами в автономном источнике питания. Условия отказа могут быть следующими: перегрузка по току, короткое замыкание, превышение напряжения на батарее, превышение предельно допустимой температуры. Блок контроля батареи (БКБ), основанный на технологии *Impedance Track™*, контролирует внутреннее сопротивление элементов на протяжении всего ее

срока службы. Кроме того, осуществляется контроль асимметрии напряжений на элементах, потенциально позволяющий обнаруживать микроразмыкание в элементе и предотвращающий риск возгорания или даже взрыва.

БЕЗОПАСНОСТЬ LI-ИОН БАТАРЕЙ

Функционирование при температурах, превышающих предельно допустимый уровень, ускоряет снижение работоспособности элементов и вызывает неконтролируемый рост температуры и взрыв в Li-Ion батареях. Это наиболее актуально для данного типа батарей, так как в них содержатся очень агрессивные активные вещества. Короткое замыкание или перезаряд батареи при большом токе может привести к быстрому росту температуры. Во время перезаряда Li-Ion батарей, активный металлический литий осаждается на аноде. Этот материал существенно увеличивает опасность взрыва, так как он может вступать в реакцию с целым рядом веществ, в том числе с электролитом и материалом катода. Например, смесь, состоящая из лития и углерода, вступает в реакцию с водой, и водород, выделяющийся в результате этой реакции, может вспыхнуть от высокой температуры, сопровождаю-



Новый логарифмический усилитель от TI

Компания *Texas Instruments* представила новый прецизионный высокоскоростной (длительность переходного процесса 1 мкс) логарифмический усилитель, который формирует выходное напряжение или ток как натуральный или десятичный логарифм входного напряжения или тока. **LOG114** имеет динамический диапазон 8 декад и реализовывает функцию логарифмирования без применения внешних компонентов (см. www.ti.com/SC7071).

LOG114 специально разработан для усиления сигналов на выходе фотодиодов волоконно-оптических кабелей коммуникационных систем. **LOG114** также может применяться для измерения оптической плотности в медицинских и промышленных приложениях, а также для приведения его динамического диапазона входного сигнала в соответствие с входным динамическим диапазоном АЦП. Корпус QFN-16 позволяет использовать усилитель в компактных встраиваемых модулях и многоканальных системах.

Высокая скорость и широкий динамический диапазон (эквивалентно 27 битам; от 100 пА до 10 мА на входе) с высокой точностью делают **LOG114** пригодным для применения в лазерных системах управления. Усилитель имеет встроенный источник опорного напряжения 2,5 В и два независимых операционных усилителя, что позволяет организовать смещение, амплитудное масштабирование, пороговое детектирование, а также некоторые другие функции. **LOG114** работает от одиночного +5 В или сдвоенного ± 5 В источника питания в диапазоне температур от -5 до 75°C.

щей эту реакцию. Такой материал катода, как LiCoO_2 , вступает в реакцию с электролитом при превышении неконтролируемого роста температуры порога в 175°C при напряжении элемента 4,3 В.

Для изоляции положительного и отрицательного электродов в Li-Ion-элементах применяются такие тонкие микропористые пленки,

как полиолефин. Этот материал обладает отличными механическими свойствами, химической стабильностью и приемлемой ценой. Низкая температура плавления полиолефина, находящаяся в диапазоне от 135 до 165°C, позволяет применять его в качестве теплового предохранителя. При нагреве этого полимера до точки плавления, его пористость теряется. Это приводит к отключению элемента, так как ионы лития больше не могут протекать между электродами. Также, для обеспечения дополнительной защиты Li-Ion элементов имеется терморезистор и предохранительный клапан. Корпус, обычно используемый в качестве отрицательного вывода, выполнен из стали покрытой никелем. Когда корпус запаивается, может произойти загрязнение внутреннего пространства элементов металлическими частицами. Со временем, частицы могут перемещаться внутрь сепаратора, ухудшая изоляционный барьер, размещенный между анодом и катодом элемента. Такой процесс создает микроразрывы между анодом и катодом и позволяет свободно течь электронам, в конечном счете, проводя к отказу батареи. Чаще всего, такой тип отказа приводит как минимум к отключению батареи и прекращению нормального функционирования. Однако, в редких случаях, батарея может перегреться, расплавится, вызвать пожар или даже взорваться. По сообщениям прессы, это явилось основной причиной некоторых недавних отказов батарей, приведших к массовому отзыву приборов различными производителями.

БЛОК КОНТРОЛЯ БАТАРЕИ (БКБ) И ЗАЩИТА БАТАРЕИ

Разработчики материалов элементов стремятся к повышению уровня безопасной температуры. С другой стороны, несмотря на то, что батарея должна пройти строжайшие испытания на безопасность стандарта UL, например UL1642, за обеспечение правильных условий заряда и готовность к возникновению многочисленных отказов электронных элементов всегда несет ответственность разра-

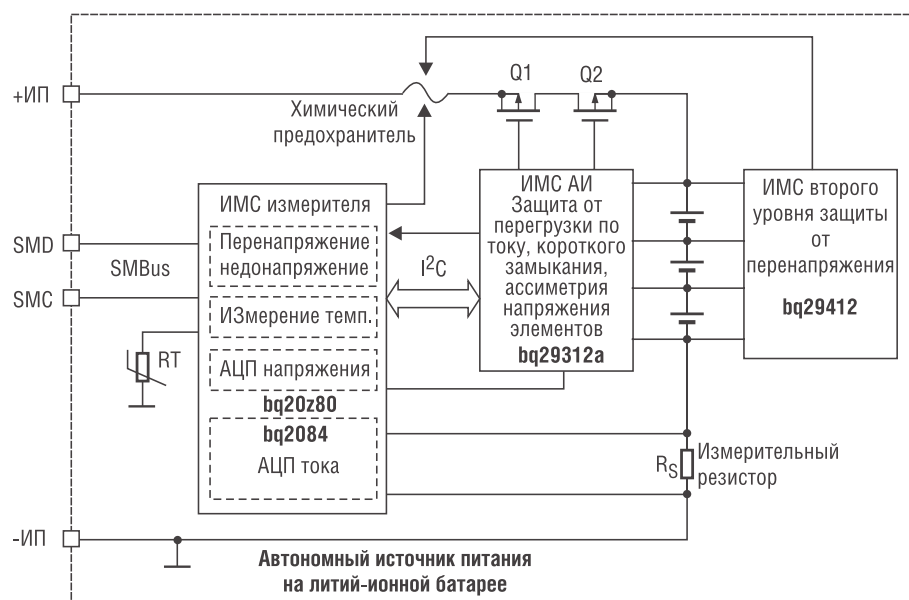


Рис. 1. Блок контроля батареи

ботчик системы. Система не должна приводить к катастрофическим отказам батареи при возникновении перенапряжения, перегрузки по току, короткого замыкания, условий, приводящих к перегреву и неисправности внешних дискретных элементов. Это означает, что необходимо предусмотреть отказоустойчивую защиту, т.е. наличие, по крайней мере, двух независимых схем или механизмов защиты в одном автономном источнике питания. Также желательно иметь электронную схему, для определения внутренних микроразрывов батареи и предотвращения выхода ее из строя.

На рисунке 1 показана функциональная схема блока контроля батареи в автономном источнике питания, которая содержит микросхему измерителя, аналогового интерфейса (АИ), и независимую схему безопасной защиты второго уровня.

Микросхема измерителя разработана для точного определения доступной емкости Li-Ion батареи. Ее уникальный алгоритм позволяет в реальном времени отслеживать изменение емкости батареи, ее внутреннего сопротивления, напряжения, тока, температуры и других важных параметров автономного батарейного источника питания. Микросхема измерителя автоматически учитывает токи заряда и разряда, са-

моразряд и старение элементов, что приводит к отличной точности, даже когда батарея изнашивается. Например, семейство микросхем измерителя, основанных на запатентованной технологии Impedance Track, таких как bq20z70, bq20z80 и bq20z90, может обеспечить погрешность не более 1% на весь срок службы батареи. Для защиты от перегрева и определения возможности заряда или разряда температура элемента контролируется с помощью терморезистора. Например, как правило, не допускается заряд батареи при температуре элемента ниже 0°C или выше 45°C, и не допускается разряд, когда температура элемента выше 65°C. Когда обнаруживается перенапряжение, перегрузка по току или перегрев, микросхема измерителя дает команду АИ на запирающие МОП-транзисторы заряда и разряда, Q1 и Q2 соответственно. Когда обнаруживается недостаточное напряжение на элементе, микросхема подает сигнал на АИ для запирающего МОП-транзистора разряда Q2, оставляя зарядный МОП-транзистор включенным, таким образом осуществляется подзарядка батареи.

Основной задачей АИ является защита от токовой перегрузки и короткого замыкания зарядного и разрядного МОП-транзисторов, элементов питания и других пос-

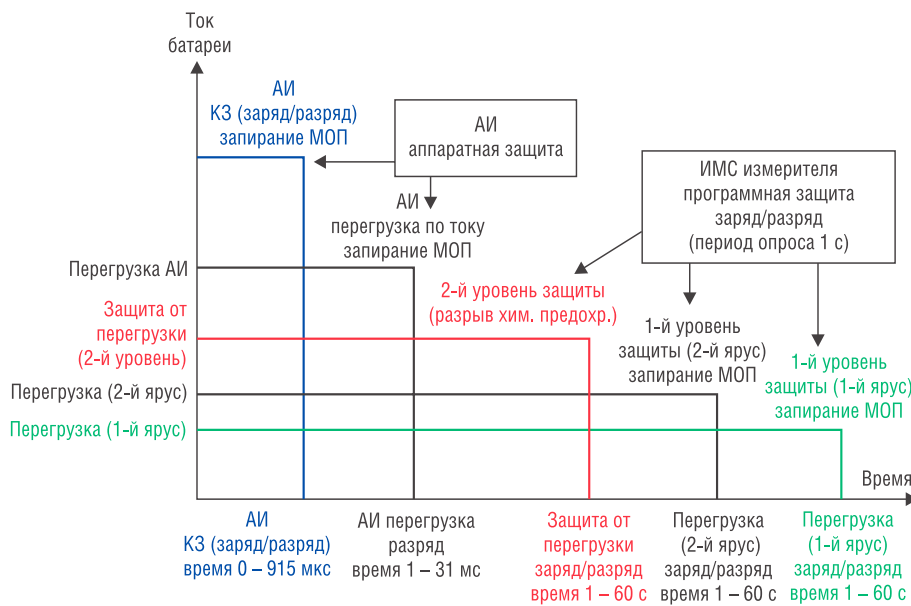


Рис. 2. Многоуровневая защита батареи от перегрузки по току

ледовательно включенных компонентов. Короткое замыкание определяется по повышению тока как в цепи заряда, так и в цепи разряда. Порог и задержка срабатывания АИ при токовой перегрузке или при коротком замыкании может устанавливаться программно, с помощью параметров хранящихся во флэш-памяти микросхемы измерителя. Когда обнаружена перегрузка по току и истекло время задержки, оба, зарядный и разрядный, МОП транзисторы Q1 и Q2 запираются. Параметры возникшего воздействия сохраняются в регистре состояния АИ, так что измеритель, считывая эти параметры, может исследовать причины отказа.

Блок АИ выполняет важную роль в микросхеме для измерения параметров автономных источников питания на двух, трех или четырех Li-Ion элементах. Он выполняет функции высоковольтного интерфейса и обеспечивает аппаратную токовую защиту. Для доступа микросхемы измерителя к регистрам АИ и для конфигурации параметров защиты этот блок имеет интерфейс, совместимый с I²C. В блок АИ также включена схема контроля асимметрии напряжений элементов. Во многих случаях в заряженном состоянии (SOC) напряжения элементов в автономном источнике питания может отли-

чаться друг от друга, что вызывает асимметрию напряжений. Блок АИ содержит обходные цепи для каждого элемента. Эти обходные цепи могут быть использованы для снижения тока заряда каждого элемента и, поэтому позволяют сбалансировать состояние заряда элементов во время подзарядки. Так как микросхема измерителя с технологией Impedance Track™ может определять степень заряда каждого элемента на химическом уровне, то на основании этого может быть принято решение о необходимости использования уравнивания напряжений элементов.

Множество порогов защиты от перегрузки по току совместно с различными временами активации, как показано на рисунке 2, делают защиту автономного источника питания на батареях более надежной. Измерительная микросхема имеет два уровня установки защиты перегрузки по току при заряде/разряде. В случае возникновения короткого замыкания, когда МОП-транзисторы и батарея могут быть выведены из строя за секунды, микросхема измерителя всецело полагается на блок АИ, который самостоятельно запирает МОП-транзисторы, не допуская подобного отказа.

Хотя микросхема измерителя и, соответственно, ее блок АИ обеспечивают защиту от перена-

пряжения, дискретная природа контроля напряжения ограничивает время реакции такой системы защиты. В большинстве применений требуется независимая быстродействующая схема контроля перенапряжения, функционирующая совместно с микросхемой измерителя и блоком АИ. Эта схема контролирует напряжения каждого элемента независимо от измерителя и АИ, и обеспечивает переключение логического уровня выходов в случае превышения любым элементом фиксированного порога перенапряжения. Время отклика защиты от перенапряжения определяется номиналом внешнего конденсатора задержки. Как правило, выходной сигнал защиты второго уровня используется для срабатывания химического предохранителя или другого устройства безопасности с целью полного отключения Li-Ion элемента от системы.

ЗАЩИТА АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ОТ УСТОЙЧИВОГО ОТКАЗА

Очень важной характеристикой блока контроля батареи является возможность выключения автономного источника питания при возникновении нештатных условий. Обнаружение устойчивого отказа включает защиту от перегрузки по току во время заряда и разряда, защиту от перегрева при заряде и разряде, защиту от перенапряжения (напряжение источника питания), защиту при асимметрии напряжений элементов, и защиту от неисправности МОП-транзисторов при коротком замыкании в режиме заряда и разряда. Выбор сочетания вышеперечисленных способов контроля устойчивого отказа остается за разработчиком. Когда обнаружена любая из этих контролируемых неисправностей, будет задействован химический предохранитель для полного отключения автономного источника питания. Для дополнительной защиты от отказа электронных компонентов блок контроля батареи способен обнаруживать неисправность зарядного и разрядного МОП-транзисторов Q1 и Q2. В случае

закорачивания зарядного или разрядного МОП-транзистора также сработает химический предохранитель.

Внутреннее микрозамыкание батареи, по сообщениям в прессе, было основной причиной серии недавних отзывов батарей из эксплуатации [1]. Существует ли возможность обнаружить внутреннее микрозамыкание батареи и предотвратить ее возгорание или даже взрыв? Внутреннее микрозамыкание батареи может произойти в случае попадания металлических микрочастиц и других включений внутрь элементов при помещении батареи в корпус в ходе изготовления. Внутреннее микрозамыкание значительно увеличивает ток саморазряда, приводящий к пониженной внутренней ЭДС по сравнению с нормальным элементом. Микросхема измерителя с технологией слежения за внутренним сопротивле-

нием контролирует напряжение внутренней ЭДС и фиксирует асимметрию напряжения элементов, когда разность внутренней ЭДС элементов превышает установленный порог. При возникновении такой неисправности формируется сигнал устойчивого отказа, и МОП-транзисторы запираются. В этом случае происходит и срабатывание химического предохранителя. Это приведет к невозможности использования данной батареи в качестве источника питания, ее отбраковке и предотвращению опасности, связанной с ее возможным использованием.

ВЫВОД

Блок контроля батареи очень важен для обеспечения безопасности конечного потребителя. Надежная многоуровневая защита, включающая обнаружение перенапряжения, перегрузки по

току, перегрева, асимметрии напряжения элементов и неисправности МОП-транзисторов, значительно повышает безопасность использования автономных источников питания на батареях. Метод слежения за внутренним сопротивлением с помощью контроля внутренней ЭДС элемента и постоянного отключения батареи, позволяет обнаруживать внутренние микрозамыкания, повышая тем самым безопасность конечного пользователя.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Спенсер Чин, «Возврат батарей может стоить компании Sony более 170 миллионов долларов» EETimes, 25 августа 2006 г.

По вопросам получения технической информации обращайтесь в компанию КОМПЭЛ.
E-mail: theory.vesti@compel.ru.

Technology for Innovators™

ИЗМЕРИТЕЛИ ЕМКОСТИ БАТАРЕЙ С ДИНАМИЧЕСКИМ КОНТРОЛЕМ ИМПЕДАНСА (ТЕХНОЛОГИЯ IMPEDANCE TRACK™)

Высокая точность измерения емкости батареи (99%) позволяет максимизировать время ее работы

Наименование	Емкость Батареи, мА/ч	Количество элементов батареи	Количество светодиодных индикаторов	Интерфейс	Особенности
BQ20Z70	800...15000	2...4	нет	HDQ и SMBus	Защита по току, напряжению, температуре
BQ20Z80			3, 4 или 5	SMBus	Поддерживает спецификации Smart Battery
BQ20Z90			SMBus	Учитывает "старение", саморазряд и температуру батареи	

ОСОБЕННОСТИ СЕМЕЙСТВА BQ20ZX0:

- Наличие АЦП высокого разрешения, повышающие точность измерения заряда батареи
- Встроенный процессор для подсчета величины остаточной емкости и времени работ батареи
- Встроенная флэш-память

www.compel.ru