

SC806 — контроллер заряда Li-Ion аккумулятора

Алексей КИЛИН
AlexeyK@list.ru

Контроллер заряда SC806 (Semtech Corporation, США) предназначен для построения компактного полнофункционального узла заряда Li-Ion аккумулятора для устройств с автономным питанием. В статье описывается опыт практического применения SC806.

Из всех видов аккумуляторных батарей широкого применения Li-Ion и Li-Pol аккумуляторы выделяются самым высоким напряжением на ячейку (типичное значение 3,6 В) и самой высокой удельной емкостью (100–160 Вт·час/кг). Вместе с распространением в бытовом секторе электроники мобильных и автономных устройств с повышенным энергопотреблением, таких как сотовые телефоны, видео- и фотокамеры, стали широко доступны аккумуляторные батареи на основе лития. Их стоимость постоянно снижается, а многообразие конструктивов открывает простор для применения во множестве электронных приборов, выпускаемых даже сравнительно небольшими сериями. Примерами таких применений могут служить носимые медицинские регистраторы, кардиомониторы, диагностические приборы, средства сбора информации в торговых и промышленных предприятиях, автономные модули охранных систем и др.

Наряду с указанными преимуществами Li-Ion аккумуляторы более требовательны к режиму заряда, теряют значительную часть ресурса при разряде ниже порогового значения и остаются пока более дорогими, чем NiCd или NiMH аккумуляторы. Кроме того, Li-Ion аккумуляторы оснащаются встроенными схемами защиты, что также сказывается на их стоимости. Наличие схем защиты актуально для предотвращения возможного взрыва от перегрева или образования газов, выделяющихся в ячейке при определенных условиях в процессе заряда.

Условия заряда Li-Ion и Li-Pol аккумуляторов

Одна из эксплуатационных проблем аккумуляторов многих типов — это чувствительность к температуре окружающей среды при заряде. Большинство разновидностей Li-Ion аккумуляторов допускают заряд током до 1С (С — номинальная емкость аккумулятора) при температуре от +5 до 45 °С. При температуре от 0 до +5 °С рекомендуется заряжать током 0,1С. Заряд при отрицательной температуре не рекомендован. Оптимальная тем-

пература заряда аккумуляторов на основе лития составляет +15...+25 °С [3].

Процесс заряда разделяется на три этапа:

- Предварительный заряд (Pre-Charge mode [1]). Если аккумулятор глубоко разряжен, то величина зарядного тока на начальном этапе заряда должна составлять 0,1С. Типичное значение определения порога глубокой разряженности — 2,9 В. Некоторые модели аккумуляторов допускают и меньший уровень [1].
- Режим быстрого заряда постоянным током (основной режим, Fast-Charge Constant Current mode). Когда напряжение на ячейке превысит документированный нижний порог, заряд можно продолжить значительно большей величиной тока. Заряд проводится при постоянной величине тока. Производители аккумуляторов рекомендуют ток зарядки 0,7С для быстрого заряда в простых зарядных устройствах. Аккумуляторы допускают заряд большей величиной тока (1,0... 1,5С), но при этом необходимо контролировать температуру ячейки, чтобы не допустить ее перегрев с последующим выходом аккумулятора из строя. Напряжение на ячейке постепенно нарастает до номинального верхнего предела.

- Режим быстрого заряда постоянным напряжением до максимальной емкости. Ток заряда при этом постепенно снижается. Погрешность величины напряжения на клеммах аккумуляторной батареи в процессе заряда постоянным напряжением не должна превышать ±50 мВ.

На рис. 1 изображены основные стадии заряда. Моментом смены стадии заряда является достижение аккумулятором верхнего порога напряжения зарядки. В зависимости от марки аккумулятора величина напряжения заряда может иметь и другие значения, но наибольшее распространение получили аккумуляторы с напряжением заряда 4,1 или 4,2 В.

На рис. 2 показаны вариации тока заряда для аккумулятора с емкостью 1000 мА·ч [3]. В первой фазе заряд идет постоянным током до достижения напряжением на аккумуляторе порогового значения. В этот момент контроллер заряда должен сменить режим заряда. На втором этапе зарядному устройству необходимо контролировать постоянно уменьшающийся ток, и при достижении нижнего порогового значения (обычно 0,03...0,1С [3]) прекращать заряд, потому что Li-Ion и Li-Pol аккумуляторы очень чувствительны к перезаряду [3].

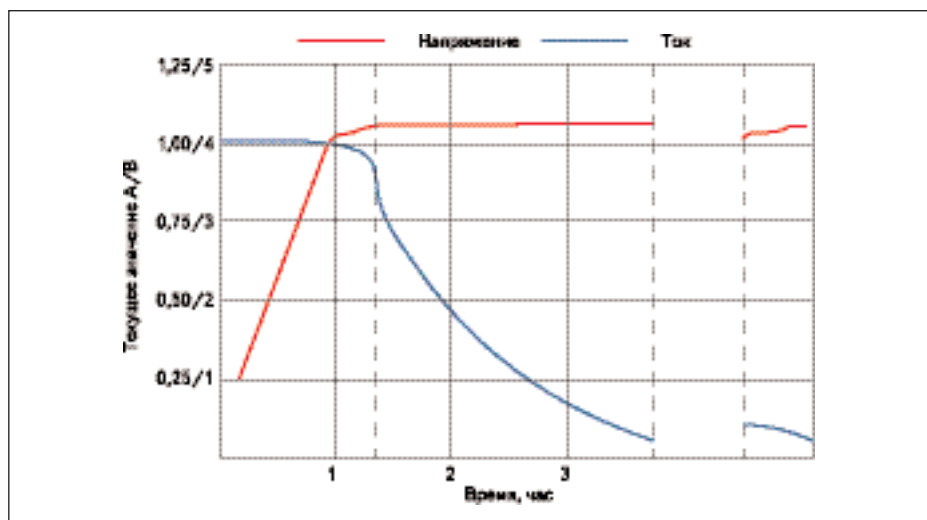


Рис. 1. Стадии заряда Li-Ion и Li-Pol аккумуляторов в основном режиме

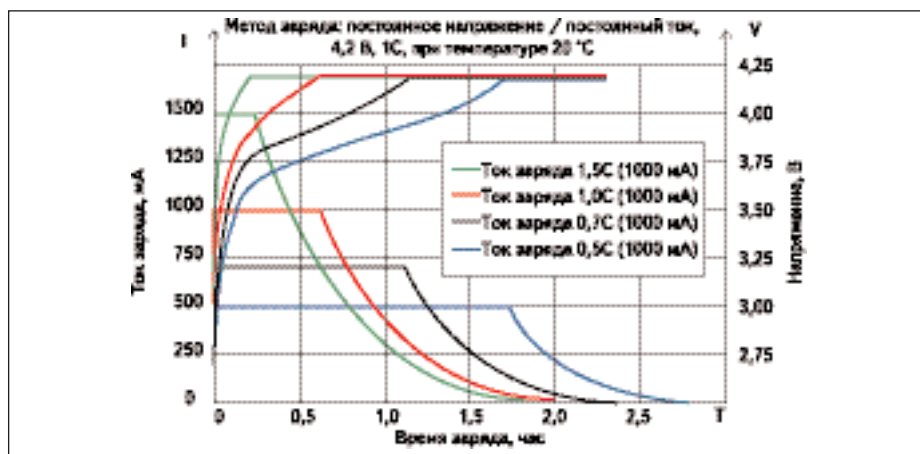


Рис. 2. Длительность заряда при различных величинах зарядного тока

Дополнительным преимуществом данного типа аккумуляторов является их повсеместная распространенность в качестве батарей, например, для сотовых телефонов. Благодаря своим компактным размерам, удобной конструкции и встроенным в большинство моделей цепям защиты, Li-Ion аккумуляторы, изготовленные для сотовых телефонов, могут быть использованы в разнообразных устройствах с автономным питанием.

Благодаря широкому функциональным возможностям, низкой стоимости и компактным размерам контроллер заряда SC806 отлично подходит для применения в устройствах с автономным питанием. В этой статье в качестве заряжаемого аккумулятора для описания различных вариантов включения SC806 выбран аккумулятор марки BLB-3, применяемый в сотовых телефонах NOKIA 8260. Указанный аккумулятор имеет емкость 1000 мА·ч, внутреннюю схему защиты от переразряда ниже 2,7 В и ограничение зарядного тока на уровне 900 мА.

В узле заряда, построенном на SC806, могут быть реализованы следующие функции:

- определение наличия напряжения от внешнего адаптера;
- определение наличия аккумуляторной батареи;
- определение состояния аккумулятора и заряд во всех описанных выше режимах;

- предварительный заряд глубоко разряженного аккумулятора током 0,1С (Pre-Charge mode);
- две стадии основного заряда: постоянным током и постоянным напряжением с автоматическим переключением режима;
- автоматическое переключение в режим мониторинга батареи при снижении величины зарядного тока до заданного предела;
- светодиодная индикация режимов работы контроллера;
- автоматическое отключение заряда при превышении температуры аккумулятора (с использованием входа NTC);
- определение величины тока, протекающего через батарею, на любой стадии заряда;
- возможность управления процессом заряда от внешнего контроллера системы.

Характеристики SC806

SC806 — это контроллер, предназначенный для построения узла заряда одной ячейки Li-Ion аккумулятора и полностью реализующий весь алгоритм заряда Li-Ion аккумулятора.

Контроллер обеспечивает прямое подключение светодиодных индикаторов к соответствующим выходам с открытым стоком. Индикаторы отражают наличие напря-

жения от внешнего источника, наличие аккумулятора, все режимы заряда и аварийное состояние.

Контроллер также имеет два управляющих входа — переключение между режимами заряда и мониторинга, а также вход контроля температуры аккумулятора.

SC806 выпускается в миниатюрном корпусе MLP 3×3 мм с 10 выводами и требует небольшое количество пассивных внешних компонентов (в минимальной конфигурации включения — 2 резистора и 2 конденсатора) [2]. Типовая схема включения показана на рис. 3.

Назначение выводов SC806:

VCC — вход подключения внешнего адаптера.

DIS — вход включения–выключения заряда. Низкий логический уровень включает контроллер в режим заряда, а при увеличении напряжения выше 1,0 В контроллер переключается в режим мониторинга аккумулятора. Оставлять неподключенным данный вход нельзя.

CHRGB и **CPB** — выходы, реализованные на МОП-транзисторах с открытым стоком для прямого подключения светодиодных индикаторов.

- Состояние выхода CHRGB отражает текущий режим работы зарядного узла:
 - низкое состояние означает, что контроллер находится в процессе заряда аккумулятора;
 - высокоомное состояние устанавливается после уменьшения зарядного тока ниже порога, заданного резистором Rterm на выходе ITERM;
 - режим мерцания с частотой 1 Гц устанавливается при аварийном состоянии (перегрев контроллера или превышение предела входного напряжения).
- Выход CPB переходит в низкий логический уровень при напряжении на входе VCC выше 3,0 В. Контроль напряжения на входе VCC осуществляется независимо от состояния входа DIS.

NOBAT — выход, сигнализирующий об отсутствии батареи. Вывод переключается в высокоомное состояние при установленной батарее и в логическую единицу, если батарея отсутствует.

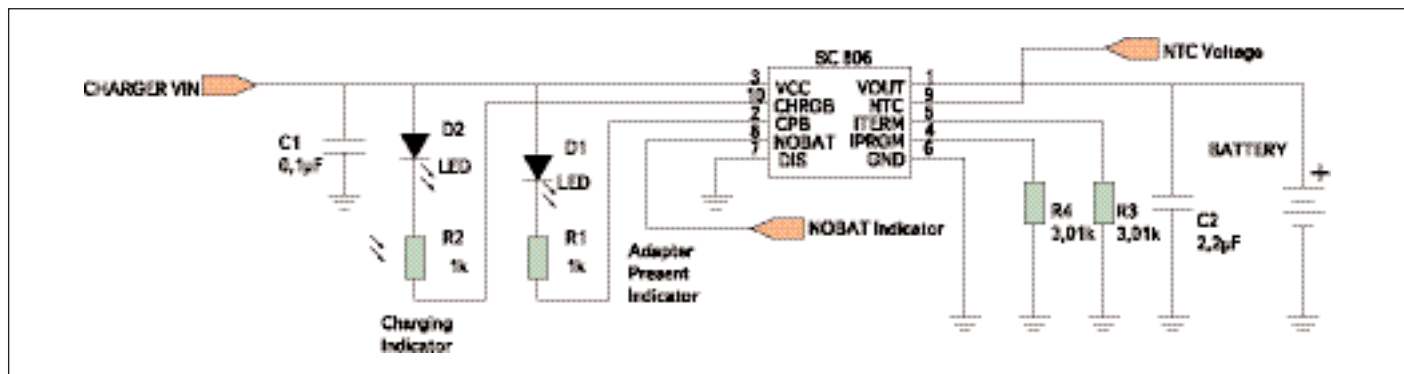


Рис. 3. Типовая схема зарядного устройства на основе контроллера заряда SC806IMLTRT

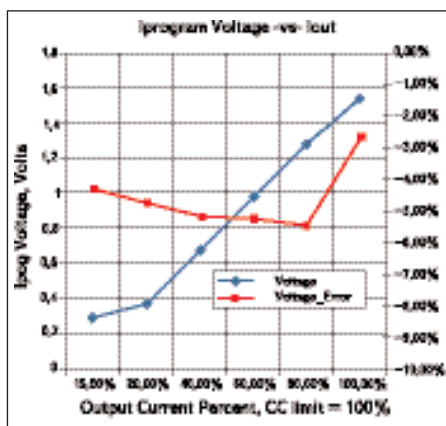


Рис. 4. Зависимость напряжения на выводе IPRGM от тока заряда

NTC — вход контроля температуры аккумулятора. Подключается через резистор к Vcc и через термозависимый элемент внутри батареи к GND. Когда напряжение на входе NTC превышает 90% от напряжения Vcc, происходит переключение выхода NOBAT в высокий логический уровень. Вход NTC управляет только состоянием выхода NOBAT и не влияет на процесс зарядки. Для автоматического прекращения процесса заряда при использовании NTC элементов необходимо соединить выход NOBAT с входом DIS. В этом случае логическая единица, сформированная на выходе NOBAT при превышении порога на входе NTC, прекратит процесс заряда.

ITERM и IPRGM предназначены для подключения внешних токозадающих резисторов, их правильный подбор позволяет выбрать оптимальные для каждой модификации аккумулятора токи предварительного и основного режимов заряда, а также ток порога завершения заряда.

VOUT — вывод для подключения батареи. По окончании процесса заряда SC806 переходит в режим слежения за состоянием батареи (режим мониторинга). При снижении напряжения на 0,1 В контроллер возобновляет заряд. Кроме того, контроллер SC806 снаб-

жен внутренней защитой от перегрева и индикатором некорректного уровня входного напряжения.

SC806 обеспечивает постоянный ток заряда до 1,0 А и диапазон входного напряжения от 3,15 до 6,4 В (предельное напряжение 7,0 В [2]).

Функциональные возможности SC806 позволяют построить гибкий и надежный узел заряда на минимальной площади печатной платы.

Подключение SC806 к микроконтроллеру

SC806 позволяет создавать функционально законченные зарядные устройства, осуществляющие весь процесс заряда в автономном режиме. Но если зарядное устройство на основе SC806 встроено в микроконтроллерную (микропроцессорную) систему, контролировать состояние и управлять работой узла может ядро системы.

Системный микроконтроллер может получать информацию о состоянии зарядного узла с выходов SC806 CHRGB, CPB, NOBAT и включать или выключать заряд сигналом, подаваемым на вход DIS.

Выходы с открытым стоком CHRGB и CPB служат для индикации состояния зарядного устройства. Подключив их к портам общего назначения микроконтроллера, можно контролировать работу узла заряда и, например, программно интерпретировать характер изменения сигналов для вывода информации о состоянии узла на знаковосинтезирующий или графический ЖКИ в более информативном текстовом или графическом виде.

Уровень напряжения на контакте IPRGM пропорционален силе тока через аккумулятор, а на контакте NTC — его температуре. Контакт IPRGM — это один из входов компаратора. Ко второму входу данного компаратора подключен источник опорного напряжения 1,5 В. Изменение потенциала на IPRGM позволяет регулировать порог ограничения зарядного тока. Таким образом, можно производить ускоренный заряд аккумулятора

большой силой тока. При этом важно контролировать температуру аккумулятора по уровню напряжения на контакте NTC и при ее повышении снижать порог ограничения тока заряда. На рис. 4 приведена зависимость напряжения на выводе IPRGM и величины ошибки этого напряжения от тока заряда.

Необходимо отметить, что величина тока предварительного заряда, а также порога прекращения заряда определяется потенциалом на входе ITERM. На рис. 5а, б показана зависимость токов основного и предварительного или порогового заряда от сопротивлений, подключенных к IPRGM и ITERM соответственно. Величина данного тока может быть определена по следующим формулам:

$$PCI = ITERM = (1,5/Rterm) \times 100,$$

где PCI — ток предварительного заряда, А; ITERM — пороговое значение тока прекращения заряда, А; Rterm — сопротивление, Ом; подключенное к выводу ITERM (R3 на рис. 3).

$$PCI = (1,5/Rprgm) \times 1000,$$

где FCI — ток основного заряда, А; Rprgm — сопротивление, Ом; подключенное к выводу IPRGM (R4 на рис. 3).

Для того чтобы зарядить аккумулятор до максимальной емкости, необходимо установить низкий порог прекращения заряда. Но ток предварительного заряда при этом будет столь же низким, что приведет к увеличению времени предварительного заряда. Для более эффективного управления необходимо устанавливать различные значения токов этих режимов. Чтобы сделать различными величины токов предварительного заряда и порога прекращения заряда, необходимо устанавливать потенциал на входе ITERM индивидуально в каждом режиме. Изменение может производиться путем переключения сопротивлений. Реализация такой функции обязательно должна сопровождаться контролем температуры аккумулятора, так как со временем аккумулятор теряет начальную емкость и слишком низкий порог прекращения заряда может вызвать необратимые последствия из-за нетерпимости Li-Ion аккумуляторов к перезаряду.

Использование цифрового потенциометра в качестве Rprgm позволяет построить зарядный узел с динамически управляемым значением тока на этапе основного заряда. Такие возможности могут быть использованы при создании универсального зарядного устройства, предназначенного для нескольких моделей аккумуляторов, имеющих различную электрическую емкость. Динамическое управление установками важно также для обеспечения возможности заряда при низких значениях температуры окружающей среды. Как уже упоминалось, при температуре от 0 до 5 °С все токи заряда необходимо снижать до величин, не превышающих 0,1С [3].

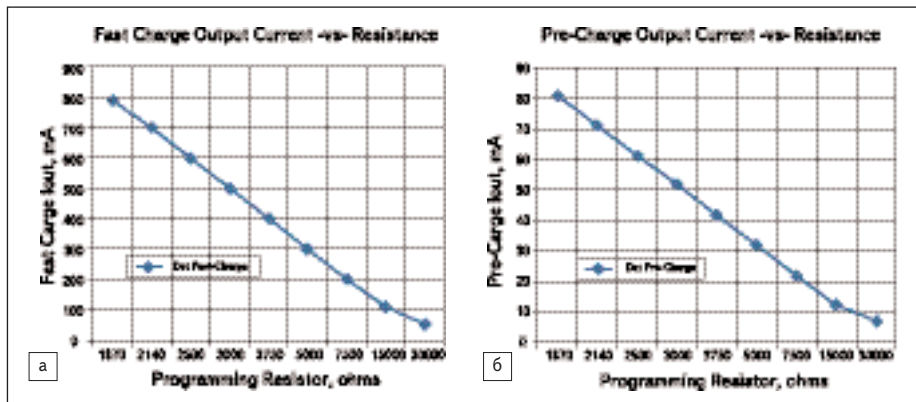


Рис. 5. Графическое представление зависимости тока FCI от Rprgm (а) и графическое представление зависимости тока PCI от Rterm (б)

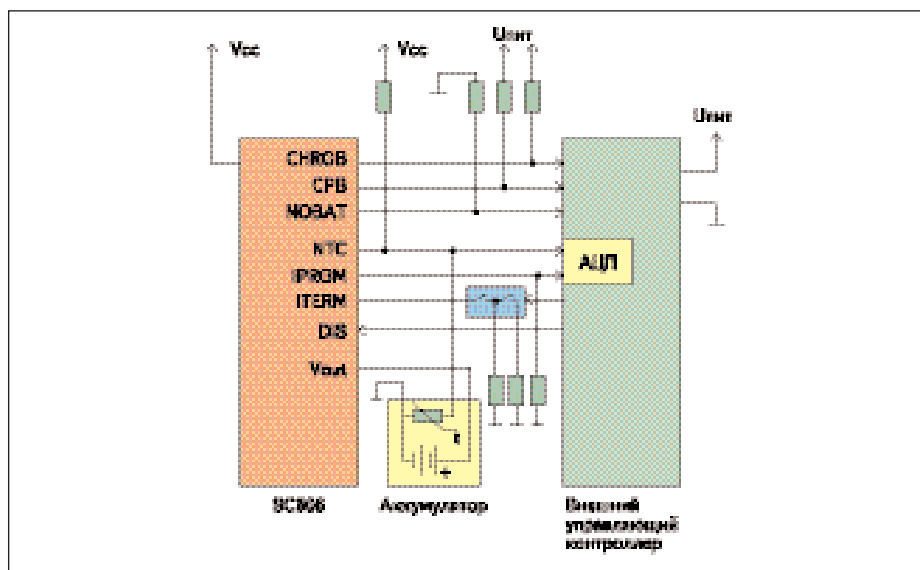


Рис. 6. Возможная схема подключения SC806 к микроконтроллеру

На рис. 6 представлена одна из схем подключения SC806 к микроконтроллеру: указаны направления передачи информации и управляющих команд. Внешний контроллер получает информацию о процессе заряда (линия CHRGB), подключении внешнего адаптера (линия CPB), информации о наличии батареи и срабатывании порога NTC (линия NOBAT) и может осуществлять включение–выключение процесса заряда (линия DIS). Величина тока, протекающего через батарею, может быть определена путем измерения напряжения на линии IPRGM, а температура — через линию NTC. Контроллер посредством некоторого коммутационного устройства имеет возможность изменять значение сопротивления на выводе ITERM, что позволяет реализовать различные значения порога прекращения заряда и величину тока предварительного заряда.

При проектировании печатной платы зарядного узла необходимо учитывать, что проводники силовых цепей должны обеспечивать минимальное падение напряжения при силе тока до 1,0 А. Производитель рекомендует устанавливать развязывающие конденсаторы номиналом по 0,1 мкФ вблизи терминалов подключения адаптера и аккумулятора для компенсации импульсных помех от дребезга при горячем подключении адаптера. Если расстояние от SC806 до терминалов превышает 25–30 мм, может понадобиться установка дополнительных помехоподавляющих конденсаторов непосредственно у терминалов и у контроллера (Layout Guidelines [2]).

В процессе зарядки контроллер SC806 нагревается. Для эффективного рассеивания тепла производитель рекомендует на нижней плоскости печатной платы под корпусом контроллера отвести площадь фольги 25×25 мм. Не рекомендуется также располагать рядом с контроллером термочувствительные элементы схемы.

Дополнительные функции контроллеров заряда Semtech

Контроллер SC806 является самым простым в серии SC80x. Другие контроллеры серии поддерживают ряд дополнительных функций. Например, контроллер SC805 оснащен встроенным таймером и выполняет функцию стабилизатора напряжения с малым падением напряжения (LDO). Полный перечень контроллеров заряда серии SC80x Semtech и их функциональная наполненность приведены в таблице.

Таймер является одним из элементов схемы предотвращения необратимых последствий работы неисправного аккумулятора: если условие завершения заряда не наступает в течение времени, ограниченного установкой таймера, то процесс заряда прекращается и контроллер устанавливает индикацию аварии. Бесконтрольное продолжение зарядного процесса, если аккумулятор неисправен (например, когда паразитный ток утечки превышает порог прекращения заряда, либо не-

исправен датчик температуры), может вызвать его возгорание и взрыв.

Наличие дополнительной функции LDO у зарядного контроллера является очень удобным. В этом случае, при подключенном к устройству внешнем источнике питания и полностью заряженном аккумуляторе, зарядный контроллер может не только следить за состоянием аккумулятора, но и выполнять вторую полезную работу — линейного стабилизатора. При этом сокращается количество компонентов на плате и общая стоимость устройства.

Контроллеры серии SC80x могут использоваться также для заряда NiCd и NiMH аккумуляторов в режиме заряда постоянным током. Критерием окончания заряда в этом случае необходимо считать ограничение температуры согласно техническому описанию применяемой модели аккумулятора, а также заряд по таймеру.

В заключение хотелось бы отметить, что благодаря появлению малогабаритных и энергоемких аккумуляторов и современных контроллеров заряда, выполняющих все стадии заряда автоматически, процесс разработки узлов питания для автономной электронной аппаратуры значительно упростился.

Литература

1. Safety precautions for lithium ion battery packs.
http://www.panasonic.com/industrial/battery/oem/images/pdf/Panasonic_LiIon_Precautions.pdf
2. SC806 Miniature High Current Lithium-Ion Battery Charger. Datasheet.
<http://www.semtech.com/pc/downloadDocument.do?navId=H0,C100,C149,P2432&id=623>
3. Литий содержащие аккумуляторы.
<http://www.rcmaster.ru/club/articles/electronics/li-ion/index.shtml>
4. SC805 Miniature High Current Lithium-Ion Battery Charger. Datasheet.
<http://www.semtech.com/pc/downloadDocument.do?navId=H0,C100,C149,P2429&id=624>
5. Аккумуляторы для мобильных устройств — методы заряда.
<http://www.ixbt.com/mobile/battery-charge.html>

Таблица. Функциональность и параметры контроллеров заряда Semtech

Наименование	Uвх, В	Uвых, В	Ток заряда, макс. А	Точность по току (быстрый заряд), %	Точность по напряжению, %	Режим линейного стабилизатора	Интерфейс датчика температуры	Таймер	Индикатор наличия входного напряжения	Индикатор процесса заряда	Индикатор ошибки	Интерфейс датчика наличия акс.	Встроенные схемы защиты аккумулятора	Диапазон рабочих температур, °С	Тип корпуса
SC801	4,2–6,5	4,1; 4,2; рег. от 3,4 В до Uвх – 150 мВ	1,5	10	1	да	нет	нет	да	да	да	да	OVP, OCP, OTP	–40...+85	MLPQ-16 (4×4 мм)
SC802	4,2–6,5		1,5	10	1	да	да	да	да	да	да	да			
SC802A	4,2–6,5		1,5	10	1	да	да	да	да	да	да	да			
SC803	4,2–6,5		1,5	10	1	да	нет	нет	да	да	да	да			
SC804	4,3–6,2	4,2 рег. от 3,5 В до Uвх – 150 мВ	1,5	4	1	нет	да	да	да	да	да	нет			
SC804A	4,3–6,2	4,4 рег. от 3,5 В до Uвх – 150 мВ	1,5	4	1	нет	да	да	да	да	да	нет			
SC805	3,15–5,9	фикс. 4,2 В	1,0	4	1	да	да	да	да	да	да	да			MLPD-10 (3×3 мм)
SC806	3,15–6,3	фикс. 4,2 В	1,0	4	1	нет	да	нет	да	да	да	да			
SC1410A	2–18	рег. до Uвх – 2,0 В	1,5	3	5	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	OVP	0–70	QSOP-16