

Андрей Никитин

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАРЯДОМ АККУМУЛЯТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА MAXIM



В современных сложных портативных электронных устройствах использование невосстанавливаемых батарей становится экономически неэффективным — на длительном промежутке времени суммарная стоимость необходимого количества разовых батарей многократно превышает стоимость одного аккумулятора. В статье рассматриваются основные типы аккумуляторов, применяемых в мобильной электронной технике, а также интегральные схемы управления батарейным питанием (*Battery Management*), выпускаемые компанией *Maxim Integrated Products*.

Электрический аккумулятор — это химический источник тока многократного действия. Он используется для накопления энергии и автономного питания различных электронных устройств. Принцип действия аккумулятора основан на обратимости химической реакции. Работоспособность аккумулятора может быть восстановлена путем его заряда, то есть при пропускании тока в направлении, обратном направлению тока при разряде. Несколько аккумуляторов, последовательно соединенных в одну электрическую цепь, часто называют аккумуляторной батареей. Электрические и эксплуатационные характеристики аккумулятора зависят от материала электродов и состава электролита.

Рассмотрим основные параметры аккумуляторов и аккумуляторных батарей:

- Удельная электроемкость. Измеряется в Вт·час/кг. Характеризует скорее тип аккумулятора, а не его конкретную модель. Поскольку первоначальной областью применения кислотных свинцовых (*Lead Acid*) аккумуляторов были стартерные батареи для автомобильного транспорта и аварийные источники электроэнергии, по своим массогабаритным характеристикам совсем не миниатюрные, то в единице измерения традиционно присутствует именно килограмм (хотя применительно к аккумуляторам мобильных устройств это вызывает удивление). Используются также схожие характеристики: удельная мощность — Вт/кг и удельная энергоплотность — Вт·час/литр.

- Номинальное напряжение элемента (или ЭДС), измеряемое в Вольтах. Также характеризует тип аккумулятора.

- Емкость аккумулятора (или аккумуляторной батареи), измеряемая в А·час. Данный параметр характеризует конкретное изделие.

- Номинальное напряжение аккумуляторной батареи, измеряемое в Вольтах. Также характеризует конкретное изделие.

- Количество циклов заряд-разряд (по сути — срок службы изделия). К сожалению, данные различных производителей сложно сравнивать: одни под сроком службы понимают количество циклов, после которых первоначальная емкость падает на 80%, другие — 50 или 30%.

- Саморазряд аккумулятора, измеряемый в %/месяц. Даже при отсутствии подключенной нагрузки заряд

MAXIM
INNOVATION DELIVERED™

Никель-кадмиевый аккумулятор — химический источник тока, электрохимическая система которого устроена следующим образом: анодом является металлический кадмий (в виде порошка), электролитом — гидроксид калия с добавкой гидроксида лития, катодом — гидрат окиси никеля с графитовым порошком. Первыми в мобильных электронных устройствах стали применяться именно никель-кадмиевые аккумуляторы.

Основные достоинства:

- Невысокая стоимость.
- Высокая надежность. Данные аккумуляторы невосприимчивы к перезаряду и не теряют работоспособность при полном разряде.
- Более высокие значения пикового и оптимального тока нагрузки (по сравнению с другими типами аккумуляторов) при одинаковой емкости.
- Устойчивая работа при отрицательных температурах.

Номенклатура **интегральных схем заряда аккумуляторов**, выпускаемая компанией **Maxim Integrated Products**, весьма широка и включает более шестидесяти позиций.

аккумулятора с течением времени непрерывно уменьшается.

- Ток нагрузки (пиковый и оптимальный).

- Диапазон рабочих температур (как правило, для разряда).

В современной электронной технике наиболее распространены следующие типы аккумуляторов:

- Никель-кадмиевые (NiCd);
- Никель-металлогидридные (Ni-MH);
- Литий-ионные (Li-Ion);
- Литий-полимерные (Li-Pol).

Рассмотрим коротко особенности каждого из них.

- Допускают длительное хранение в разряженном состоянии.

Основные недостатки:

- Наиболее существенный: аккумуляторы этого типа подвержены необратимому «эффекту памяти».

- Большой, по сравнению с литиевыми аккумуляторами, саморазряд. При малых токах нагрузки аккумулятор быстро теряет заряд именно за счет саморазряда. По этой причине в часах и пультах дистанционного управления используются все-таки одноразовые батареи, а не аккумуляторы — от саморазряда аккумуляторы «сядут» быстрее, чем от их использования.

Таблица 1. Технические характеристики основных видов аккумуляторов

Параметр	Тип аккумулятора			
	Ni-Cd	Ni-MH	Li-Ion	Li-Pol
Удельная электроемкость, Вт·час·кг	45...85	60...120	110...160	100...130
ЭДС, В	1,25	1,25	3,6	3,6
Количество циклов заряд-разряд	1500	400	800	800
Саморазряд, %/месяц	20	30	10	10
Ток нагрузки, пиковый, А	20	5	2	2
Ток нагрузки, оптимальный, А	1	0,5	1	1
Диапазон рабочих температур, °С	-40...60	-20...60	-20...60	0...60

Несколько слов об «эффекте памяти». Под этим понимается потеря емкости аккумулятора в случае частой зарядки не полностью разряженного аккумулятора. В этом случае происходит укрупнение кристаллов рабочего вещества (электролита) аккумулятора. Чем мельче кристаллы электролита, тем больше их суммарная площадь и, следовательно, максимально количество энергии, запасаемой аккумулятором. При укрупнении кристаллов в процессе эксплуатации суммарная площадь их поверхности уменьшается и, как следствие, уменьшается реальная емкость — иными словами, «аккумулятор не держит».

В **никель-металлогидридных аккумуляторах** в качестве анода используется водородный металлогидридный электрод (обычно никель-лантан или гидрид никель-литий), в качестве электролита — гидроксид калия, в качестве катода — оксид никеля. Исследования в области технологии изготовления Ni-MH аккумуляторов начались как попытка преодоления недостатков никель-кадмиевых аккумуляторов.

Основные достоинства:

- Частично устранен «эффект памяти». Это означает, что заряжать не полностью разряженный аккумулятор можно, если он хранился в таком состоянии не более нескольких дней. Если же аккумулятор был частично разряжен, а затем не использовался в течение длительного времени, то перед зарядом его необходимо разрядить.

- Большая удельная электроемкость по сравнению с никель-кадмиевыми аккумуляторами.

Основные недостатки:

- Критичность к перезаряду.
- Аккумуляторы необходимо хранить полностью заряженными. При хранении надо регулярно (раз в 1-2 месяца) проверять напряжение. Если напряжение упало ниже 1 В, необходимо зарядить аккумуляторы заново.
- Практически по всем параметрам (число циклов «заряд-разряд», величина саморазряда, токи нагрузки, диапазон рабочих температур) уступают никель-кадмиевым аккумуляторам.

Литий-ионный аккумулятор — тип электрического аккумулятора, широко распространенный в современной бытовой электронной технике. В настоящее время это самый популярный тип аккумуляторов в таких устройствах как сотовые телефоны, ноутбуки, цифровые фотоаппараты, медиаплееры. В качестве анода используется графит, а в качестве катода — оксиды лития с кобальтом или марганцем. Литий-кобальтовые пластины служат дольше, а литий-марганцевые значительно дешевле. В качестве электролита используют различные соли лития (раствор или гель). На сегодняшний момент существует множество разновидностей Li-ion аккумуляторов, отличить которые по внешнему виду невозможно. Поэтому отметим только те достоинства и недостатки, которые свойственны всем типам этих устройств.

Преимущества:

- Высокая плотность энергии и, как следствие, большая емкость при тех же самых габаритах по сравнению с аккумуляторами на основе никеля.
- Низкий саморазряд.
- Высокое напряжение единичного элемента, что упрощает конструкцию — зачастую аккумуляторная батарея состоит только из одного элемента.
- Отсутствует эффект памяти.
- Как следствие — удобство в эксплуатации и простота обслуживания. Нет необходимости в периодических циклах разряда для восстановления емкости.

Недостатки:

- Более высокая стоимость по сравнению с никелевыми аккумуляторами.
- Меньшие токи нагрузки при равной емкости с никелевыми аккумуляторами.
- Для аккумулятора требуется встроенная схема защиты (что ведет к дополнительному повышению его стоимости), которая ограничивает максимальное напряжение на каждом элементе аккумулятора во время заряда и предохраняет напряжение элемента от слишком низкого понижения при разряде. Кроме того, она ограничивает максимальные токи заряда-разряда и контролирует температуру элемента. В результате возможность металлизации лития практически исключена.
- Аккумулятор подвержен старению, даже если он не используется — уже через два года он теряет большую часть своей емкости.
- Аккумуляторы этого типа могут быть опасны при разрушении корпуса. Попытки зарядки аккумуляторов с дефектами корпуса могут повлечь за собой бурную реакцию с выделением выделяющихся газов.

Оптимальные условия хранения Li-Ion аккумуляторов достигаются при 40% заряде от емкости аккумулятора. Попытки решения проблем с обеспечением безопасности эксплуатации Li-Ion аккумуляторов привели к появлению **литий-полимерных аккумуляторов**. Основное отличие — в используемом электролите: в литий-полимерных аккумуляторах используется не раствор или гель, а твердый сухой электролит

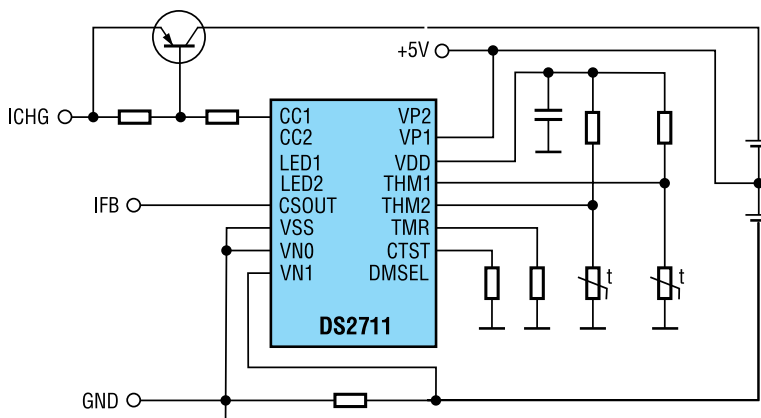


Рис. 1. Схема включения микросхем DS2711 и DS2712

Таблица 2. Технические характеристики микросхем заряда никелевых аккумуляторов

Изделие	Поддерживаемые типы аккумуляторов	Количество батарей	Максимальное напряжение заряда, В	Максимальный ток заряда, А	Критерий окончания зарядки	Регулятор	Корпус/Число выводов
DS2710	NiCd, NiMH	1	5,5	4	-ΔV	Импульсный	TDFN/10
DS2711	NiCd, NiMH	1, 2	5,5	-	-ΔV	Линейный	SOIC(N)/16 TSSOP/16
DS2712	NiCd, NiMH	1, 2	5,5	-	-ΔV	Импульсный	SOIC(N)/16 TSSOP/16
DS2714	NiCd, NiMH	1, 2, 3, 4	5,5	-	-ΔV	Внешний	TSSOP/20
DS2715	NiMH	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	16,5	-	dT/dt	Линейный, импульсный	SOIC(N)/16
MAX712	NiMH	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	20	2	-ΔV	Линейный, импульсный	CDIP(N)/16 PDIP(N)/16 SOIC(N)/16
MAX713	NiCd, NiMH	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	20	2	-ΔV	Линейный, импульсный	CDIP(N)/16 PDIP(N)/16 SOIC(N)/16

(в виде пленки) в который для повышения электропроводности добавляется некоторое количество геля.

Основные преимущества:

- Низкая цена за единицу емкости.
- В перспективе – возможность достижения характеристик Li-Ion аккумуляторов по существенно более низкой цене.
- Отсутствие эффекта памяти.
- Низкий саморазряд.
- Толщина элементов от 1 мм и возможность придавать аккумулятору гибкую форму.
- Экологическая безопасность.

Недостатки:

- В настоящее время по таким параметрам как удельная электроемкость и количество циклов заряд-разряд литий-полимерные аккумуляторы несколько уступают литий-ионным.
- Диапазон рабочих температур литий-полимерных аккумуляторов ограничен: элементы плохо работают при отрицательных температурах.
- Основные технические характеристики перечисленных типов аккумуляторов приведены в таблице 1.

Интегральные схемы управления батарейным питанием

Данные микросхемы включают в себя несколько классов, которые существенно отличаются по своему назначению:

- Микросхемы заряда аккумуляторов (*Battery Charger*), которые и рассматриваются в данной статье.
- Микросхемы защиты аккумуляторов (*Battery Protector*).
- Микросхемы контроля состояния (*Battery Status Monitor*).
- Микросхемы индикации уровня заряда (*Battery Fuel Gauge*).

Некоторые микросхемы реализуют несколько функций из приведенных выше.

Номенклатура интегральных схем заряда аккумуляторов, выпускаемая компанией Maxim, весьма широка и включает более 60 позиций. Основным

критерием, по которому их можно классифицировать является тип обслуживаемых аккумуляторов, а именно:

- Никелевые. Как правило, это и никель-кадмиевые, и никель-металлогидридные (хотя есть и исключения).
- Литиевые (литий-ионные и литий-полимерные).
- Универсальные (никелевые, литиевые и, часто, кислотнo-свинцовые).

Имеет смысл привести и другие классификации:

- По способу заряда: медленный заряд, быстрый заряд, реверсивный заряд, капельная подзарядка (*Trickle Charging*).
- По способу контроля окончания заряда: по изменению напряжения, по скорости изменения температуры, по времени, по максимуму напряжения, по минимуму тока заряда, с внешним управлением.
- По типу используемого регулятора: импульсные и линейные.
- По используемому источнику: от источника постоянного напряжения, от USB-порта.

Микросхемы заряда никелевых аккумуляторов.

В таблице 2 приведены технические характеристики микросхем заряда никелевых аккумуляторов.

Типичными для микросхем данного класса являются изделия **DS2711** и **DS2712**, упрощенная схема включения которых представлена на рисунке 1 (при последовательном подключении двух батарей).

Микросхемы обеспечивают:

- Заряд одной или двух аккумуляторных батарей типоразмера AA или AAA (номинальным напряжением 1,2 В), включенных параллельно или последовательно.
- Обнаружение одноразовых батарей и отказ от их заряда.
- Предварительный заряд разряженных ($V_{BAT} < 1$ В) аккумуляторов малым током.
- Быстрый заряд аккумуляторов с контролем окончания заряда по методу «отрицательного приращения напряжения -ΔV».
- Контроль температуры аккумулятора и прекращение заряда при превышении 50°C.
- Контроль напряжения аккумулятора. Отказ (прекращение) заряда при превышении значения 1,75 В.
- Контроль времени. Прерывание заряда по тайм-ауту.

Микросхемы содержат:

- Линейный (для DS2711) или импульсный (DS2712) регулятор тока заряда.

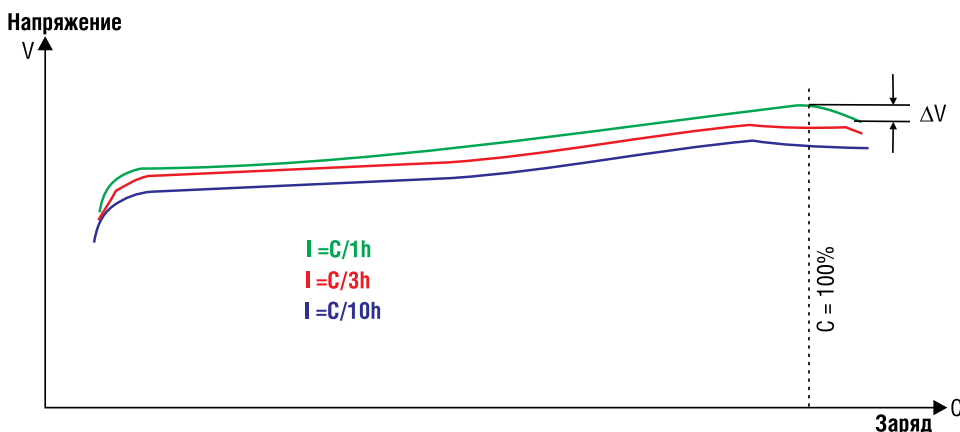


Рис. 2. Кривая заряда никелевого аккумулятора

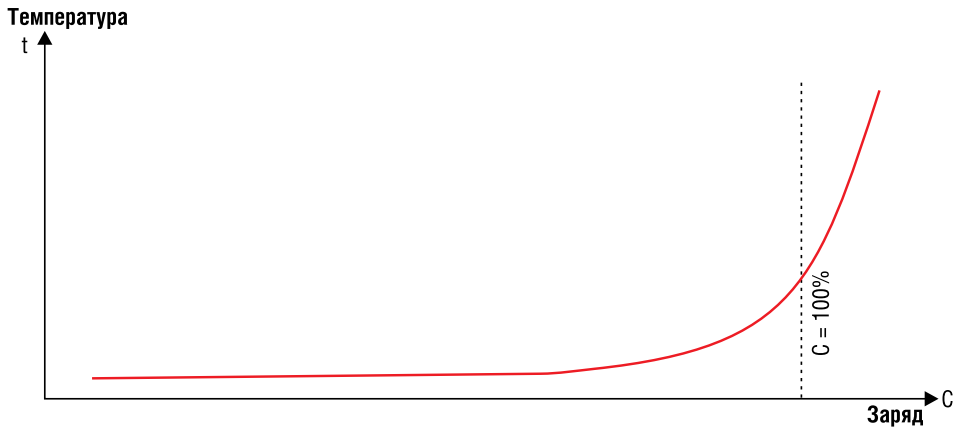


Рис. 3. Кривая изменения температуры аккумулятора при заряде

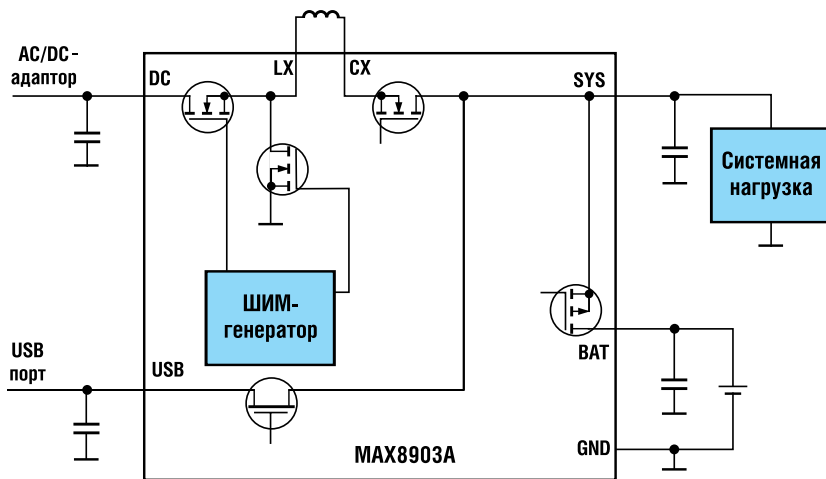


Рис. 4. Схема включения микросхемы MAX8903A

• Индикатор состояния заряда на светодиодах.

Некоторые пояснения относительно быстрого заряда аккумулятора и контроля завершения заряда по критерию « ΔV ». Под быстрым зарядом понимают заряд аккумулятора постоянным током величиной примерно 1С. Если номинальная емкость аккумулятора равна, к примеру, 1000 мА·час, то под током 1С понимают ток 1000 мА. Под током 0,25С (медленный заряд) — 250 мА и т.д.

Одним из методов определения окончания заряда никелевых аккумуляторов является « ΔV ». На рисунке 2 показан график напряжения на элементе при заряде. Зарядное устройство заряжает аккумулятор, и напряжение на нем возрастает. После того, как аккумулятор полностью заряжен, напряжение на нем начинает падать. Эффект наблюдается только при достаточно больших токах зарядки. Зарядное устройство должно определить это падение (оно составляет примерно 15...20 мВ для Ni-Cd и 5...10 мВ для Ni-MH аккумуляторов) и выключить зарядку. Естественно, соответствующий каскад микросхемы должен обладать необходимой чувствительностью (для DS2711 и DS2712 этот параметр равен 2 мВ).

Другим способом определения завершения заряда является измерение скорости изменения температуры аккумулятора « dT/dt », которое реализовано в микросхеме DS2715. Суть его заключается в следующем. При зарядке элемента постоянным током большая часть электрической энергии преобразуется в химическую энергию. Когда аккумулятор полностью заряжен, то подводимая электрическая энергия будет преобразовываться в тепло. При достаточно большом зарядном токе можно определить окончание заряда по резкому увеличению температуры элемента, установив датчик температуры аккумулятора. Данный метод иллюстрируется рисунком 3.

Микросхемы заряда литиевых аккумуляторов

Микросхемы данного класса представлены в линейке компании Maxim наиболее широко. В таблице 3 приведены технические характеристики микросхем заряда литиевых аккумуляторов.

В качестве примера рассмотрим микросхему MAX8903A, упрощенная схема включения которой представлена на рисунке 4.

Микросхема обеспечивает:

• Заряд одного литиевого аккумулятора током до 2 Ампер.

• Выбор одного из двух источников входного напряжения (AC/DC-адаптер или USB-порт) с использованием встроенной схемы Smart Power Selector™.

• Питание нагрузки от AC/DC-адаптера при отсутствии аккумулятора или при разряженном аккумуляторе.

• Предварительный заряд разряженных ($V_{BAT} < 3$ В) аккумуляторов малым током (10% от величины максимального тока).

• Быстрый заряд аккумуляторов с контролем окончания заряда по методу «минимального тока заряда».

• Задание величины максимального тока с помощью внешних резисторов.

• Контроль температуры аккумулятора и прекращение заряда при превышении значения 100°C (при использовании внешнего терморезистора сопротивлением 10 кОм).

• Контроль времени в режимах предварительного и быстрого заряда. Прерывание заряда по тайм-ауту. Значение тайм-аута задается внешним конденсатором.

• Подзарядку аккумулятора в процессе работы в целях компенсации его саморазряда.

Микросхема содержит:

• Импульсный регулятор тока заряда с частотой коммутации 4 МГц, требующий минимального количества внешних компонентов.

• Встроенный выходной MOSFET-транзистор.

• Выходы состояний «DC OK» и «USB OK», индицирующие подключение AC/DC-адаптера или USB-порта, соответственно.

• Выходы состояний «Charge» и «Fault», индицирующие процесс заряда или прерывание заряда по какой-либо причине, соответственно.

Рассмотрим метод определения полной загрузки литиевого аккумулятора по критерию «минимальный ток заряда». На рисунке 5 приведены кривые тока и напряжения при заряде литиевого аккумулятора.

При частично разряженном аккумуляторе ($V_{BAT} = 3,0...4,2$ В) включается режим быстрого заряда. При этом до достижения значения напряжения $V_{BAT} = 4,2$ В величина зарядного тока остается максимальной. При достижении этого напряжения ток заряда постепенно уменьшается. Заряд аккумулятора считается законченным, если ток заряда становится меньше некоторого порогового значения (примерно 0,1С). В этот момент зарядка прекращается.

Как отмечалось выше, рассматриваемая микросхема поддерживает режим подзарядки. При этом отслеживается снижение напряжения аккумулятора от номинального значения 4,2 В до порогового значения 4,1 В и ниже (вне режима быстрого заряда). Данная ситуация

Таблица 3. Технические характеристики микросхем заряда литиевых аккумуляторов

Изделие	Поддерживаемые типы аккумуляторов	Количество батарей	Максимальное напряжение заряда, В	Максимальный ток заряда, А	Критерий окончания зарядки	Регулятор	Корпус/ Число выводов
DS2731	Li-Ion, Li-Polymer	1	13,2	1,5	Минимальный ток заряда	Импульсный	TSSOP-EP/28
MAX1507	Li-Ion, Li-Polymer	1	7	0,8	Внешнее управление	Линейный	TDFN-EP/8
MAX1508	Li-Ion, Li-Polymer	1	7	0,8	Внешнее управление	Линейный	TDFN-EP/8
MAX1551	Li-Ion, Li-Polymer	1	7	0,28	Внешнее управление	Линейный	TSOT/5
MAX1555	Li-Ion, Li-Polymer	1	7	0,28	Внешнее управление	Линейный	TSOT/5
MAX17005B	Li-Ion, Li-Polymer	3, 4	26	5	Внешнее управление	Импульсный	TQFN/20
MAX17006B	Li-Ion, Li-Polymer	2, 3	26	5	Внешнее управление	Импульсный	TQFN/20
MAX17015B	Li-Ion, Li-Polymer	2, 3, 4, 5	26	5	Внешнее управление	Импульсный	TQFN/20
MAX1736	Li-Ion, Li-Polymer	1	22	2	Минимальный ток заряда	Импульсный	«SOT/6, TDFN-EP/6»
MAX1737	Li-Ion, Li-Polymer	1, 2, 3, 4	28	4	Минимальный ток заряда	Импульсный	QSOP/28
MAX17435	Li-Ion, Li-Polymer	1, 2, 3, 4	26	7	Внешнее управление, Минимальный ток заряда	Импульсный	TQFN/24
MAX1757	Li-Ion, Li-Polymer	1, 2, 3	14	1,5	Минимальный ток заряда	Импульсный	SSOP/28
MAX1758	Li-Ion, Li-Polymer	1, 2, 3, 4	28	1,5	Минимальный ток заряда	Импульсный	SSOP/28
MAX1811	Li-Ion, Li-Polymer	1	6,5	0,5	Внешнее управление	Линейный	SOIC(N)/8
MAX1874	Li-Ion, Li-Polymer	1	6,5	1	Внешнее управление	Линейный	TQFN/16
MAX1879	Li-Ion, Li-Polymer	1	22	2	Внешнее управление	Линейный	µMAX/8
MAX1898	Li-Ion, Li-Polymer	1	12	1,4	Минимальный ток заряда	Линейный	µMAX/10
MAX1925	Li-Ion, Li-Polymer	1	12	2	Минимальный ток заряда	Импульсный	TQFN/12
MAX1926	Li-Ion, Li-Polymer	1	6,1	2	Минимальный ток заряда	Импульсный	TQFN/12
MAX745	Li-Ion, Li-Polymer	1, 2, 3, 4	24	4	Минимальный ток заряда	Импульсный	SSOP/20
MAX8600	Li-Ion, Li-Polymer	1	7	1	Минимальный ток заряда	Линейный	TDFN-EP/14
MAX8601	Li-Ion, Li-Polymer	1	7	1	Минимальный ток заряда	Линейный	TDFN-EP/14
MAX8606	Li-Ion, Li-Polymer	1	5,5	1	Минимальный ток заряда	Линейный	TDFN-EP/14
MAX8671X	Li-Ion, Li-Polymer	1	6,6	1	Минимальный ток заряда	Линейный	TQFN/40
MAX8677A	Li-Ion, Li-Polymer	1	6,6	1,5	Минимальный ток заряда	Линейный	TQFN/24
MAX8677C	Li-Ion, Li-Polymer	1	6,6	1,5	Минимальный ток заряда	Линейный	TQFN/24
MAX8731A	Li-Ion, Li-Polymer	1, 2, 3, 4	26	8	Внешнее управление, Минимальный ток заряда	Импульсный	TQFN/28
MAX8804	Li-Ion, Li-Polymer	1	7	0,7	Внешнее управление	Линейный	TDFN-EP/8
MAX8808	Li-Ion, Li-Polymer	1	6,5	1	Внешнее управление	Линейный	TDFN-EP/8
MAX8814	Li-Ion, Li-Polymer	1	6,5	0,6	Внешнее управление	Линейный	TDFN-EP/8
MAX8819	Li-Ion, Li-Polymer	1	5,5	1	Минимальный ток заряда	Линейный	TQFN/28
MAX8844	Li-Ion, Li-Polymer	1	7	1	Внешнее управление	Линейный	See Data Sheet
MAX8845	Li-Ion, Li-Polymer	1	7	1	Внешнее управление	Линейный	See Data Sheet
MAX8856	Li-Ion, Li-Polymer	1	5,5	1	Минимальный ток заряда	Линейный	TDFN-EP/14
MAX8903A	Li-Ion, Li-Polymer	1	16	2	Минимальный ток заряда	Импульсный	TQFN/28

Таблица 4. Технические характеристики универсальных микросхем заряда аккумуляторов

Изделие	Поддерживаемые типы аккумуляторов	Количество батарей. Ni	Количество батарей. Li	Максимальное напряжение заряда, В	Максимальный ток заряда, А	Регулятор	Корпус/Число выводов
MAX1501	Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH	3	1	6,25	1,4	Линейный	TQFN/16
MAX1535	Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	2, 3, 4	28	8	Импульсный	TQFN/32
MAX1535A	Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	2, 3, 4	28	8	Импульсный	TQFN/32
MAX1640	Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	1, 2, 3, 4, 5, 6	26	—	Импульсный	QSOP/16
MAX1641	Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	1, 2, 3, 4, 5, 6	26	—	Импульсный	QSOP/16
MAX1645	Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1, 2, 3, 4	28	3	Импульсный	QSOP/28
MAX1645A	Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	2, 3, 4	28	3	Импульсный	QSOP/28
MAX1645B	Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	2, 3, 4	28	3	Импульсный	QSOP/28
MAX1647	Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1, 2, 3, 4	28	4	Импульсный	SSOP/20
MAX1772	Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2, 3, 4	28	4	Импульсный	QSOP/28
MAX1870A	Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH	6, 9, 10	2, 3, 4	28	4	Импульсный	TQFN/32
MAX1873	Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH	5, 6, 7, 8, 9, 10	2, 3, 4	28	4	Импульсный	QSOP/16
MAX1908	Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2, 3, 4	28	5	Импульсный	TQFN/28
MAX1909	Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	3, 4	28	5	Импульсный	TQFN/28
MAX846A	Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	1, 2	20	2	Линейный	QSOP/16
MAX8713	Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	1, 2, 3, 4	28	2	Импульсный	TQFN/24
MAX8724	Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2, 3, 4	28	5	Импульсный	TQFN/28
MAX8725	Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	3, 4	28	5	Импульсный	TQFN/28
MAX8765	Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2, 3, 4	28	5	Импульсный	TQFN/28

происходит по мере саморазряда аккумулятора. В этом случае включается режим быстрого заряда батареи, который прекращается опять же при достижении «минимального тока заряда».

Строго говоря, току заряда 0,1С соответствует заряд аккумулятора не полностью, а примерно на 95%. Желание «собрать крошки» привело к модифи-

кации метода «минимального тока заряда». Данная модификация используется в микросхемах **MAX1757** и **MAX1758**. Ее суть заключается в том, что при достижении минимального тока зарядка не прекращается, а включается таймер (для рассматриваемых микросхем на 10...50 минут). Естественно, ток заряда будет продолжать снижаться, и предпо-

лагается, что оставшиеся 5% будут «сохранены». Данная модификация, тем не менее, применяется не часто — литиевые аккумуляторы критичны к перегреву. Неверно подобранное «добавленное время» приведет к срабатыванию температурной защиты. Единичный перегрев, в принципе, не страшен, но систематический (при каждой зарядке) от-

рицательно скажется на сроке службы батареи.

Универсальные микросхемы заряда аккумуляторов

Данный класс микросхем обеспечивает зарядку как никелевых, так и литиевых аккумуляторов. В таблице 4 приведены технические характеристики универсальных микросхем заряда.

С точки зрения циклограммы заряда данные микросхемы не содержат каких-либо принципиальных отличий — они реализуют либо циклограмму заряда никелевых аккумуляторов (контроль отрицательного ΔV), либо циклограмму заряда литиевого аккумулятора (контроль минимального тока заряда). В простейшем случае (например, в микросхеме **MAX1501**) тип аккумулятора задается определенным уровнем сигнала на соответствующем входе.

В большинстве случаев применение универсальных микросхем предполагает:

- Использование управляющего микроконтроллера с последовательным каналом обмена данными (например, SMBus), линиями аналогового и цифрового ввода-вывода (не обязательно все перечисленное).

- Применение интеллектуальных аккумуляторов (*Smart Battery*), содержащих информацию о своем типе, параметрах и, возможно, текущем состоянии. Данные аккумуляторы также имеют последовательный канал обмена, по которому эта информация может быть считана микроконтроллером.

- Наличие последовательного канала обмена (как, например, **MAX8713**) или его отсутствие (например, **MAX8765**). В первом случае все необходимые настройки осуществляются путем записи информации в программно доступные регистры. Во втором — задаются иным образом: формированием необходимых уровней на входах микросхемы, выбором номиналов внешних компонентов и т.д. Соответственно и состояние схемы (значения напряжения аккумулятора, тока заряда, текущее состояние) могут быть доступны микроконтроллеру по последовательному каналу или по аналоговым и цифровым линиям. Решение об окончании заряда (независимо от выбранного метода) может приниматься как в микросхеме заряда, так и в микроконтроллере (*External Control*).

При всем многообразии заряжаемых аккумуляторов алгоритм заряда сводится к применению одному из двух режимов: постоянный ток заряда и постоянное напряжение заряда.

В алгоритме постоянного тока заряда (*CCI — Constant Charge I*) измеряется напряжение аккумулятора. Этот алгоритм применяется:

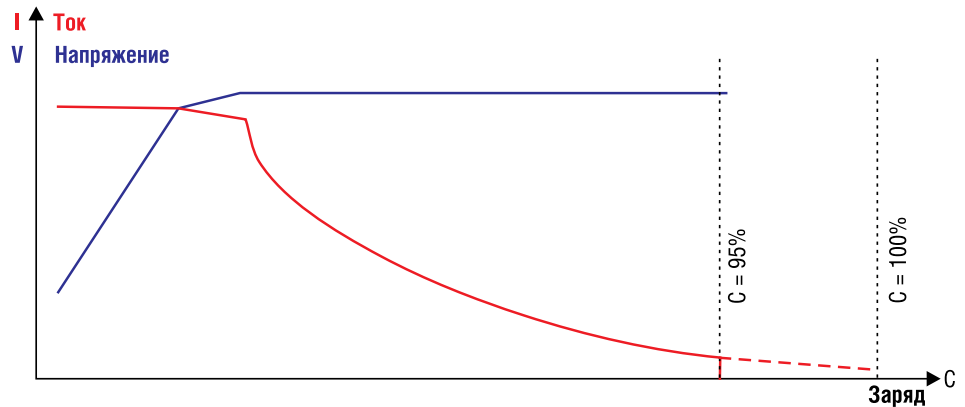


Рис. 5. Кривая заряда литиевого аккумулятора

- При предварительной зарядке разряженного аккумулятора (никелевого или литиевого). Малый ток (примерно 0,1C) заряжает аккумулятор до тех пор, пока напряжение на аккумуляторе не достигнет заранее заданного значения.
- При быстром заряде никелевого аккумулятора. Измеряется напряжение, значение и знак его приращения за единицу времени.
- При быстром заряде литиевого аккумулятора. Измеряется напряжение на аккумуляторе до момента достижения номинального значения.

При алгоритме постоянного напряжения заряда (*CCV — Constant Charge V*) измеряется ток, заряжающий аккумулятор. Этот алгоритм применяется на завершающей стадии быстрого заряда литиевого аккумулятора — измеряется ток заряда до момента достижения заданного минимального значения, которое свидетельствует о моменте окончания заряда.

Соответственно, два параметра — максимальный ток заряда и номинальное напряжение аккумулятора — позволяют реализовать алгоритм заряда как никелевого, так и литиевого аккумулятора. Хотя, конечно, особенности реализации этих алгоритмов и способы задания значений могут отличаться для различных микросхем рассматриваемого класса.

Заключение

В статье рассмотрены микросхемы управления зарядом аккумуляторов, предлагаемые компанией Maxim Integrated Products. Данному направлению уделяется достаточно пристальное внимание — за последние три года появилось около двадцати новых изделий. Помимо непосредственно микросхем управления зарядом активно разрабатываются и выпускаются сервисные микросхемы: индикаторы уровня заряда, схемы контроля состояния, защиты, применение которых также положительно сказывается на потребительских свойствах конечных изделий. В настоящее время линейка данных устройств, предлагаемых компанией Maxim, содержит около двадцати пяти изделий.

Из изложенного очевидно: широкая номенклатура микросхем управления батарейным питанием дает возможность выбрать оптимальный набор компонентов практически для любого мобильного электронного устройства, в котором в качестве источника питания используются наиболее распространенные типы аккумуляторов.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: analog.vesti@compel.ru

MAXIM

INNOVATION DELIVERED™

ИС управления зарядом

НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ
ЗА РАЗУМНУЮ ЦЕНУ:

DS2711, DS2712, DS2715 -
микросхемы заряда NiMH-
аккумуляторов

MAX1501, MAX8903A -
универсальные микросхемы заряда