

Роман Криночкин (г. Винница)

МАХІМ'УМ БЕСПЕРЕБОЙНОСТІ: РЕШЕННЯ МАХІМ INTEGRATED ДЛЯ СИСТЕМ С БАТАРЕЙНИМ ПИТАННЯМ



MAX17047/17050 точно и по интеллектуальному алгоритму собственной разработки определит текущий заряд батареи. Семейство **MAX17048/49/58/59** сделает то же самое для Li+ батареи. **MAX8971** — высокоинтегрированный программируемый контроллер зарядки батарей. И это — лишь немногие из широкой линейки решений **Maxim** для приложений с батарейным питанием.

С тремительное развитие вычислительных устройств привело к невиданным возможностям в скорости и объемах обработки информации. Однако развитие необходимых для таких устройств систем мобильного электрического питания за последние полвека — не столь впечатляюще. Было разработано несколько новых типов аккумуляторов — никель-металл-гидридные (NiMH), литий-полимерные (Li-Pol), увеличены надежность и срок службы, немного поднята емкость (правда, с одновременным уменьшением максимально отдаваемого тока). Исходя из этих реалий, производителям электроники пришлось решать вопрос с помощью других методов — постоянного снижения энергопотребления электронных компонентов (как отдельных транзисторов, так и микросхем в целом), а также — реализации системного подхода к энергораспределению. Несколько слов о том, что это такое.

Во-первых, системный подход предусматривает четкий менеджмент ресурсов — в любой момент система управления питанием должна фиксировать количество имеющейся энергии (Дж) или заряда (Кл), тип и максимальный ток отдачи установленного аккумулятора, текущую общую величину потребления, основных потребителей. Все эти величины должны измеряться соответствующими компонентами — цифровыми токоизмерительными ключами или АЦП с измерительными шунтами. Этот первичный уровень управления осуществляет взаимодействие непосредственно с аппаратными ресурсами, по необходимости отключая или переводя их в режим пониженного потребления и,

таким образом, продлевая время работы прибора. Также данный уровень служит базовым источником информации для следующих уровней.

Во-вторых, рассматривая превращение энергии батареи в полезную работу, можно увидеть, что потребление является чрезвычайно неравномерным процессом. Поэтому, проследив динамику изменения потребления, а также учитывая распределение задач (потоков) по степеням приоритета и виды используемых пользователем приложений, можно составить более удачный алгоритм управления энергосбережением таким образом, чтобы важные задачи выполнялись без снижения эффективности и времени работы. С этой задачей может

справиться лишь базирующаяся на первичных измерениях программная система на уровне ОС.

В-третьих, профилактический уровень позволяет прогнозировать оставшееся время работы и необходимое время заряда, учитывая, например, «эффект памяти» аккумулятора и иные аспекты состояния оборудования. Это дает пользователю возможность предоставлять информацию и рекомендации по наиболее оптимальному использованию устройства.

Очевидно, что физической базой для последующих уровней является первичный, аппаратный уровень. Именно от его возможностей, быстроты действия и функционального совершенства зависит, достигнет ли вся система требуемых характеристик. Кроме того, необходимо учесть, что система управления питанием сама потребляет энергию, и чем более она совершенна, тем меньше затратность ее использования. Этот обзор посвящен ряду наиболее интересных разработок компании Maxim в данной сфере.

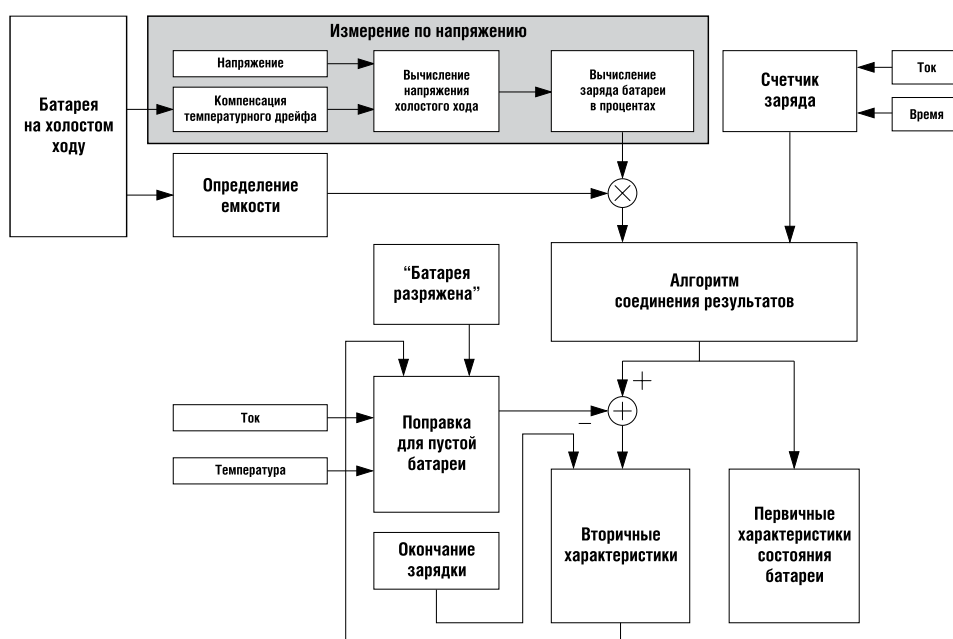


Рис. 1. Функциональная диаграмма работы алгоритма ModelGauge m³

Микросхемы для определения заряда батареи на базе фирменного алгоритма ModelGauge

Семейство MAX17047/17050

Микросхемы данного семейства предназначены для точного определения уровня текущего заряда батареи. Это типичная задача и, казалось бы, что нового тут можно придумать? Однако к решению данного вопроса существуют различные подходы.

Например, о текущем состоянии батареи или аккумулятора можно судить по остаточному напряжению между полюсами — по мере разряда оно уменьшается. Этот способ довольно прост в реализации и использовании, однако, имеет один существенный недостаток — он крайне неточен. На самом деле напряжение батареи под нагрузкой и без нее может существенно отличаться, а определять уровень заряда в большинстве случаев приходится именно в процессе функционирования устройства в режиме online. Это означает, что для получения корректных показаний необходимо дополнительно измерять ток потребления и на основании его величины судить о степени просадки напряжения от подключенной нагрузки. Можно также получить более точные результаты, проводя измерения в моменты, когда ток потребления близок к нулю (так называемое «напряжение батареи на холостом ходу» или. OCV — «open-circuit voltage»).

Однако результат все равно получается неточным и зависит от стабильности нагрузки в момент, предшествующий измерению, от температуры окружающей среды и иных факторов. Например, при кратковременных скачках мощности потребления измеренный уровень остаточного заряда, особенно при большой степени разрядки, будет сильно колебаться. Кроме того, этот подход дает нелинейные результаты (напряжение убывает по нелинейному закону), а потому усложняет реализацию алгоритма подсчета оставшегося времени работы. А ведь именно ответ на вопрос «сколько еще сможет прорабо-

тать мое устройство?» наиболее интересен конечному пользователю. Преимуществами же данного способа является относительная простота реализации и отсутствие необходимости постоянного мониторинга. Вполне достаточно время от времени проверять уровень остаточного напряжения и ток потребления в текущий момент.

Второй принцип, который может быть положен в основу измерителей величины остаточного заряда (SOC — State of charge), состоит в определении баланса зарядов. То есть, при зарядке подсчитывается фактическое количество заряда (в Кулонах), которое было поглощено батареей. Это значение запоминается в памяти микросхемы-контроллера батареи. При подключении нагрузки начинается постепенный разряд, и снова подсчитывается величина заряда, которая была потрачена на питание целевого устройства. Отняв из первой величины вторую, мы получим количество заряда, которое запасено батареей в данный момент. Сам по себе этот способ хорош и достаточно точен, однако, и он не лишен некоторых существенных недостатков.

Во-первых, сам подсчет количества зарядов реализуется не прямо (куметром), а опосредованно — опять-таки, через определение протекающего тока и умножение его на время измерения (ток, напомним, это отношение заряда ко времени). Кроме того, ток тоже обычно измеряют не прямо (амперметром), а косвенно — вычисляя падение напряжения на образцовом резисторе известного сопротивления. Это значительно упрощает схемотехнику: вместо трех приборов (куметра, амперметра и вольтметра), достаточно интегрировать только один — последний, реализовав его на основании аналого-цифрового преобразователя, технология интеграции которых давно отлажена. Однако мы получаем и все недостатки косвенных измерений — нелинейность, зависимость от второстепенных факторов (например, от точности определения отрезков времени или стабильности со-

противления образцовых резисторов), большие систематические погрешности при прочих равных условиях и т.п. Необходимо также добавить, что погрешности, вызванные указанными факторами, накапливаются со временем и потому требуют периодической корректировки — принудительного сброса счетчика заряда, когда определено независимым методом, что батарея пуста или полна. Если же батарея не опустошается длительное время, то погрешность будет постоянно нарастать, значительно уменьшая точность измерения.

Во-вторых, метод баланса зарядов априори предполагает, что заряд попадает в батарею и тратится из нее только контролируемым путем — через измерительную микросхему. Однако на практике такое допущение не вполне верно, в первую очередь — из-за постепенного саморазряда аккумуляторной батареи и ряда других, менее значительных, факторов (например, температурной, ионизационной автогенерации, различных пьезоэффектов). И хотя конструктив современных батарей предполагает сведение к минимуму указанных факторов, полностью сбрасывать их со счетов нельзя, особенно когда батарея не работает в течение длительного времени.

Таким образом, первый из описанных нами способов — контроль по напряжению — прост, но дает нестабильные результаты на коротких промежутках времени. Второй же — контроль по зарядам — наоборот, точен именно для коротких промежутков времени, однако при длительных дает значительные погрешности.

Немалым преимуществом микросхем компании Maxim является то, что они реализуют оба подхода в одной микросхеме, комбинируя положительные стороны и обходя недостатки описанных методов. Данный фирменный алгоритм получил наименование **ModelGauge m³**, его функциональная схема приведена на рисунке 1.

Алгоритм базируется на измерении четырех основных первичных параметров — напряжения, тока, времени и температуры. Кроме того, он является самообучающимся и адаптивным. Для определения состояния батареи учитывается также количество циклов «заряд-разряд» и уменьшение энергетической емкости в процессе эксплуатации. При старении батареи алгоритм учитывает изменение параметров и вносит коррективы в результаты измерений.

Безусловно, центральным моментом в работе алгоритма является принцип соединения результатов измерений по методам остаточного напряжения (OCV) и счетчика зарядов (coulomb-counter), выполненных независимо друг от друга (как было описано ранее). При этом используется принцип суммирования с ве-

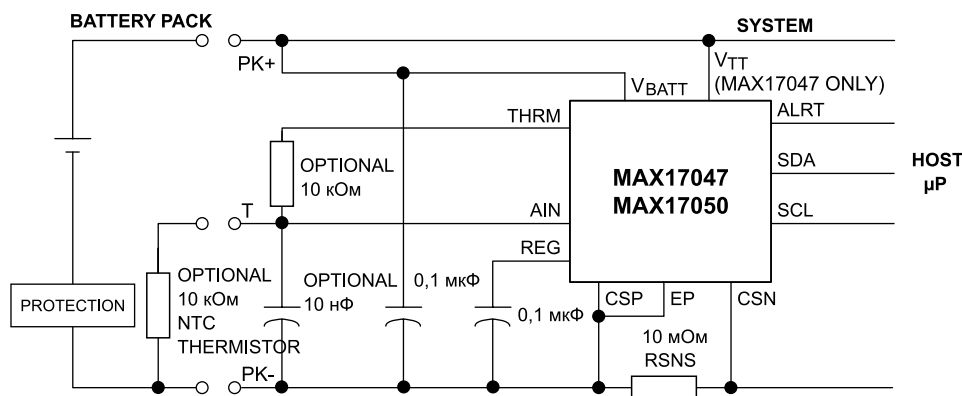


Рис. 2. Схема подключения MAX17047/ MAX17050

совыми коэффициентами. Вначале количество заряда в батарее неизвестно, поэтому более предпочтительным методом является определение по напряжению. Однако с накоплением информации о батарее и прохождении циклов «заряд-разряд» становится возможным измерение по методу счетчика зарядов. При этом данные остаточного напряжения продолжают использоваться, но уже только для корректировки кумулятивной погрешности счетчика.

Микросхема поставляется в миниатюрных 10-выводных TDFN-(MAX17047) и 9-выводных WLP-(MAX17050) корпусах. Назначение выводов (рисунок 2) следующее: V_{BATT} — плюс напряжения питания и одновременно вход для измерения остаточного напряжения; CSP и CSN — минус питания и вход подключения токоизмерительного шунта (резистор 10 мОм); SCL, SDA — подключение I²C-интерфейса; THRM и AIN — присоединение внешнего термистора для измерения температуры; REG — вывод для подключения внешнего конденсатора (0,1 мкФ); ALRT — вывод с открытым коллектором, который замыкается при наступлении определенных событий (вставка/извлечение батареи, выход напряжения и температуры за допустимые границы и проч.), требующих реакции; V_{TT} — вывод, который может пригодиться в случае необходимости подавать на термоизмерительный резистор напряжение, отличающееся от V_{BATT} (в большинстве случаев это не требуется).

Микросхема MAX17047/50 способна функционировать при напряжении питания от 2,5 до 4,5 В (эти же значения ограничивают диапазон измерения). Ток потребления в активном режиме составляет не более 40 мкА, что является нормальным для микросхем такого класса. Полезной особенностью микросхем данной серии является возможность получать результаты измерений как в ампер-часах, так и в % от полной емкости. Погрешность при измерении напряжения составляет не более ± 20 мВ во всем диапазоне рабочих температур (от -40 до 85°C), шаг измерения напряжения (минимальный значащий разряд внутреннего АЦП) — менее 1 мВ. При использовании функции подсчета оставшегося заряда в процентах гарантируется погрешность не более $\pm 0,5\%$, что достаточно для большинства применений.

Семейство MAX17048/49/58/59

Эти микросхемы предназначены для измерения состояния заряда Li+ батарей. Они эффективно моделируют их поведение и жизненный цикл, учитывая происходящие внутри химические процессы, инерционность, динамику старения и т.п. Схема подключения (ри-

сунок 3) довольно проста — всего лишь один внешний элемент. Микросхема использует тот же алгоритм ModelGauge, но в более упрощенной модификации — без учета влияния температуры. Однако в большинстве массовых применений температура не меняется слишком сильно, и потому точность результата не слишком страдает, зато схема применения упрощается.

Назначение выводов: V_{DD} , CELL — питание и измерительный вход; CTG, GND — земля; SDA, SCL, ALRT — интерфейс связи и сигнальный выход. А вот вывод QSTR имеет интересную функцию. Дело в том, что микросхемы данного семейства имеют специальную защиту от неправильного определения степени зарядки после первичного подключения батареи. Эта защита состоит из двух частей: выдержки времени (17 мс) перед измерением и многократного измерения с выбором наилучшего результата. Однако батареи имеют немного отличающиеся друг от друга характеристики. Вывод QSTR позволяет выполнить переинициализацию батареи в случае, если значение начального заряда определено неправильно.

Контроллеры зарядки

Мы рассмотрели различные подходы для определения состояния заряда батареи, и логичным продолжением

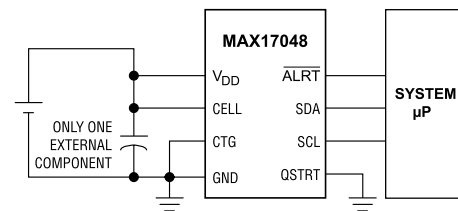


Рис. 3. Схема подключения MAX17048

этой темы являются специализированные контроллеры, на основании которых можно строить универсальные устройства для зарядки аккумуляторов. От того, насколько правильно построены подобные устройства, зависит максимально возможное накопление энергии и долговечность работы самой аккумуляторной батареи. Также в современных условиях миниатюризации потребительских устройств необходимо обеспечить высокую емкость, а значит — правильно подобрать профиль заряда (зависимость тока заряда от времени).

На рисунке 4 приведен пример такого профиля для литий-полимерной батареи. Когда она разряжена (первый участок), видно, что ток устанавливается на небольшом уровне, далее на переходном участке ток увеличивается, снова снижаясь во время подготовительной стадии. Такой профиль позволяет обеспечить первичную

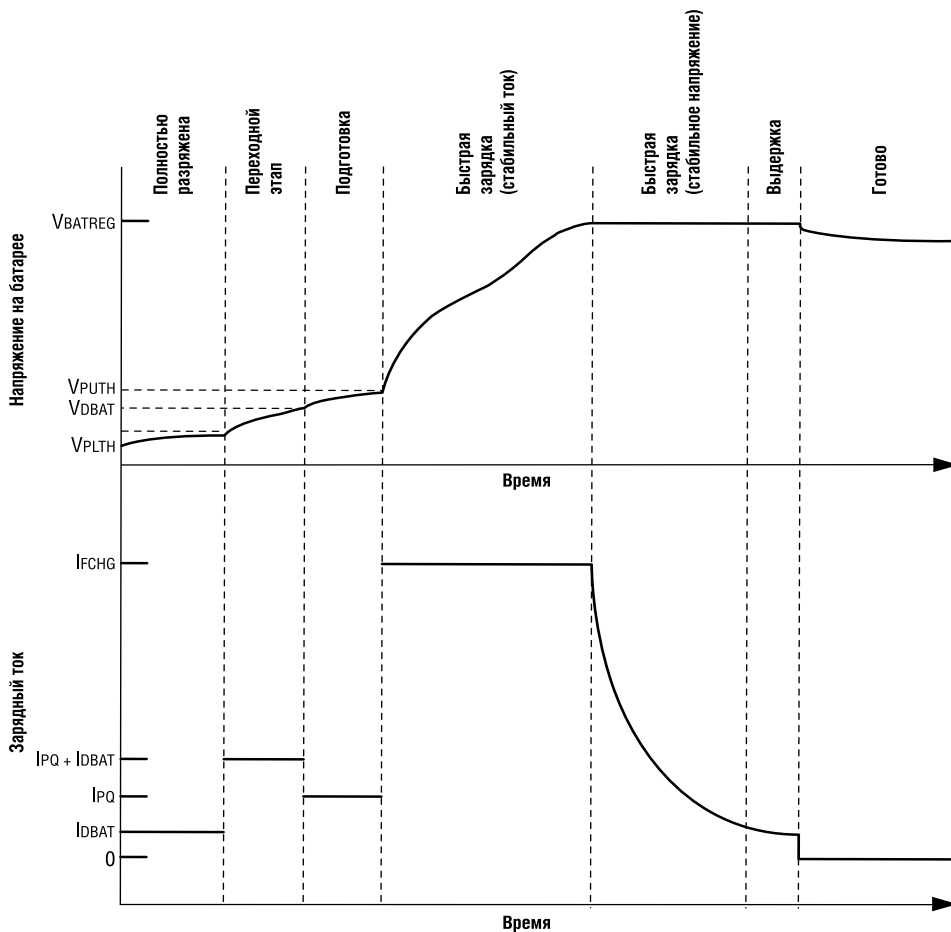


Рис. 4. Типичный профиль заряда литий-полимерной батареи

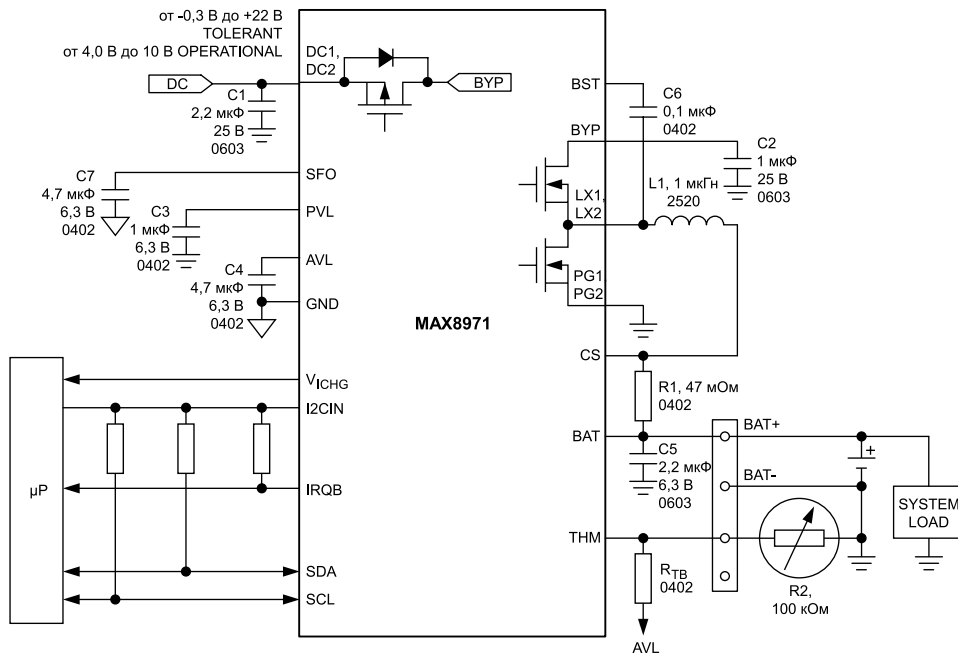


Рис. 5. Упрощенная схема подключения MAX8971

подготовку батареи, уменьшая время основного периода заряда, когда ток постоянно поддерживается на высоком уровне до тех пор, пока батарея не достигнет напряжения, слегка превышающего номинальное. Затем наступает промежуток, во время которого зарядный ток плавно уменьшается таким образом, чтобы напряжение батареи оставалось постоянным. На финальной стадии происходит короткая выдержка с минимальным током.

Такой подход позволяет накопить максимальный запас энергии в батарее, но требует сложных устройств регулирования процесса заряда, способных выступать источниками как тока, так и напряжения (причем различных номиналов), уметь отсчитывать время и отслеживать состояние батареи. Кроме того, необходимо проводить постоянный мониторинг температуры, поскольку слишком интенсивный процесс заряда приводит к значительному нагреву, что в случае с полимерными аккумуля-

торами чревато выходом из строя или даже взрывом.

Именно таким контроллером является микросхема **MAX8971**. Это высокоинтегрированный программируемый контроллер с встроенным DC/DC-регулятором, способный питаться от USB или другого внешнего источника. В микросхему традиционно интегрирован контроллер I²C, что позволяет получать программный доступ к функциям микросхемы. Поставляется в миниатюрных (около 4 мм²) 20-выводных WLP-корпусах.

Типичная схема применения представлена на рисунке 5. Пусть вас не пугает наличие большого количества выводов — это связано, прежде всего, с тем, что встроенный импульсный ШИМ-преобразователь микросхемы требует большого количества внешних конденсаторов (не менее семи штук). Кроме того, для улучшения теплоотвода (поскольку корпус миниатюрный) конструкторы продублировали некото-

рые выводы — они соединяются между собой и используются параллельно. К таким относятся выводы DC1, DC2 — вход источника питания (до 7,5 В); LX1, LX2 — подключение внешней индуктивности; PG1, PG2 — силовая земля. Для связи с микроконтроллером применяются выводы SDA, SCL, I²CIN — для использования в шине I²C; IRQB — прерывание, сигнальный выход с открытым коллектором (аналог вывода ALERT в микросхеме MAX17048). Интересной особенностью микросхем серии MAX8971 является наличие информационного вывода V_{ICHG}, напряжение на котором отражает текущее значение зарядного тока (в соотношении 1,4 мВ/мА). Вывод BAT служит непосредственно для подключения заряжаемой батареи (но это лишь информационный вход, используемый вместе с CS для определения напряжения и тока заряда, сам же зарядный ток поступает на батарею с выводов LX1, LX2 через внешнюю индуктивность), к THM необходимо присоединить терморезистор, позволяющий отслеживать температуру.

Заключение

Мы рассмотрели лишь небольшую часть из решений компании Maxim, предназначенных для использования в сфере автономного батарейного питания. Первая из микросхем отслеживания состояния (MAX17047/50) более функциональна, поскольку позволяет корректно измерять емкость комбинаций последовательно включенных батарей, а также реализует температурную коррекцию. Правда, она и более сложна. Непосредственно для литиевых (Li+) батарей разработаны микросхемы 17048/17058. Они проще, и требуют меньше внешних элементов (например, отсутствует токоизмерительный шунт), но характеристики их менее продуктивны.

Одним из новых продуктов текущего года является микросхема MAX8971, предназначенная для построения контроллеров заряда в портативных устройствах. Несмотря на очень малые размеры, она способна реализовывать сложные профили заряда с токами до 1,5 А, делая возможным быстрый и безопасный заряд аккумуляторов.

MAX17047, MAX17050 –
контроллеры уровня заряда аккумуляторов

Особенности:

- Компенсация температурного и временного дрейфа параметров аккумулятора
- Высокая точность измерения заряда – фирменный алгоритм измерения **ModelGauge™ m³**
- Возможность работы с многоэлементными батареями

Компел
www.compel.ru

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