

УДК 519.684.6

## РАЗРАБОТКА МИКРОКОНТРОЛЛЕРОГО ПРОГРАММИРУЕМОГО УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЗАРЯДА LI-ION БАТАРЕИ В ПРОСТРАНСТВЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

С.И. Гусев, С.Ц. Манжикова

Приведены результаты разработки микропроцессорной системы на стеке протокола IPv6 для анализа состояния Li-Ion батареи на основе микроконтроллера ATmega1281 и трансивера CC1180 (TexasInstruments) с учётом анализа построения отказоустойчивой сети IoT (InternetofThings) интернета третьего поколения.

*Ключевые слова:* программируемый микроконтроллер; трансивер; интернет вещей; алгоритмы управления; сетевой протокол; UML модель.

---

## DEVELOPMENT OF A PROGRAMMABLE MICROCONTROLLER DEVICE FOR MANAGEMENT LI-ION BATTERIES CHARGE PROCESS IN THE INTERNET OF THINGS

S.I. Gusev, S.Ts. Manzhikova

This article deals with the results of the development of microprocessor system based on the IPv6 protocol stack for the analysis of Li-Ion batteries using ATmega1281 microcontroller and transceiver CC1180 (Texas Instruments) and taking into account the analysis of the construction of a fault-tolerant network IoT (Internet of Things) of the Internet third generation.

*Keywords:* programmable microcontroller; transceiver; Internet of things; control algorithms; network protocol; UML model.

Впервые термин “Интернет вещей” (Internetofthings) использовал известный футуролог Кевин Эштон (Kevin Ashton) в 1999 г., предсказав начало эры, когда бытовые приборы уже не будут пассивными устройствами, а станут высокоинтеллектуальными гаджетами, без участия человека, подключающимися к интернету. Таким образом, была сформулирована одна из возможных концепций развития и практического применения интернета в жизни всех людей, населяющих планету. Дальнейшее развитие технологий позволило определить пути претворения концепции в жизнь и поставило конкретные научно-технические и технологические задачи.

Одно из определений Интернета вещей (InternetofThings, IoT) констатирует [1], что он представляет собой единую сеть физических объектов, способных изменять параметры внешней среды или свои, собирать информацию и передавать ее на другие устройства.

В настоящее время к задачам, решение которых означает успешную реализацию идеи Интернета вещей, относятся следующие: создание средств идентификации устройств, объединяемых Интернетом вещей, разработка средств из-

мерения физико-технических и/или химических параметров их состояния и решение проблемы передачи данных, которые необходимы и для анализа контролируемой ситуации, и для выработки соответствующего управленческого решения с целью изменения этой ситуации в требуемом направлении.

В настоящее время для измерения используется широкий класс сенсоров, начиная от самых простых (температура, давление и пр.), приборов учета потребления и сложнейших вычислительных систем. Для обеспечения корректной и надёжной работы датчиков должна решаться задача понижения энергопотребления и повышения емкости и эффективности аккумуляторов. В идеале, сенсоры должны питаться энергией автономно, что позволяет решить немало других сопутствующих проблем, связанных с организацией измерений.

В данной статье приводятся результаты проектирования микропроцессорной системы на стеке протокола IPv6 для анализа состояния Li-Ion батареи на основе микроконтроллера ATmega 1281 [2] и трансивера CC1180 [3] (Texas Instruments) с учётом анализа построения отказоустойчивой сети IoT (Internet of Things) интернета третьего поколения.

Актуальность разработки связана с тем, что в условиях современного активного развития технологий, а также постепенного перехода со стека протокола IPv4 на стек протокола IPv6 открываются новые возможности подключения миллиардов устройств к глобальной всемирной сети третьего поколения “Интернета вещей”. В связи с этим развитие устройств с низким потреблением электроэнергии является актуальной и перспективной отраслью, которую активно стали развивать такие мировые гиганты как CiscoSystems, IBM, Google [4].

Анализ путей реализации сетевого микроконтроллера позволил остановиться на технологии сетевого процессора [5]. Функциональная схема такого устройства представлена на рисунке 1.

Прибор способен осуществлять дистанционный контроль за уровнем заряда Li-Ion батареи с возможностью обрабатывать данные в двух режимах:

- 1) собирать статистику об уровне заряда для последующего анализа уровня нагрузки на батарею;
- 2) выполнять одиночные запросы для проверки состояния батареи в текущий момент времени.

Такая технология позволяет не только дистанционно получить информацию об уровне заряда батареи, но и в случае необходимости произвести заряд батареи в правильном режиме, что позволяет продлить срок ее службы.

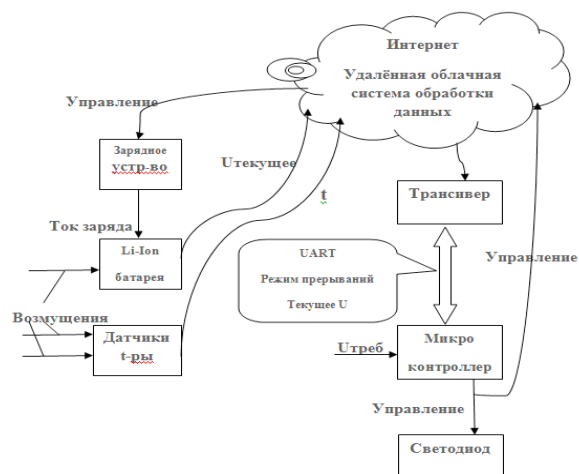


Рисунок 1 – Функциональная схема сетевого микроконтроллера для управления процессом подзарядки Li-Ion батареи

Процесс зарядки батареи разбит на три этапа, каждому из которых соответствует свой режим зарядки, разработанный алгоритм которого приводится ниже.

Одна из эксплуатационных проблем аккумуляторов многих типов – это чувствительность

к температуре окружающей среды при зарядке. Поэтому в разрабатываемом устройстве особое внимание уделено обработке информации, поступающей с датчиков температур, подключенных непосредственно к Li-Ion батарее с тем, чтобы обеспечить оптимальный режим заряда батареи на основе полученных температурных данных.

Однако указанные недостатки подобного типа батарей не снижают их достоинств. Вместе с распространением в бытовом секторе электроники мобильных и автономных устройств с повышенным энергопотреблением, таких как сотовые телефоны, видео- и фотокамеры, стоимость таких аккумуляторов на основе лития постоянно снижается, а многообразие конструктивных решений этих источников энергии позволяет применять их во многих электронных приборах, выпускаемых даже небольшими сериями.

Микроконтроллер является основным блоком устройства. Он управляет работой всех остальных блоков. Его основные функции состоят в следующем: прием и обработка прерываний, как от трансивера и датчика температуры, так и от внутренних таймеров; выполнение арифметических операций, необходимых для расчета требуемого управляющего воздействия; периодическая подсветка светодиодного индикатора; проверка работоспособности устройства.

Другим важным компонентом является трансивер, который управляет передачей полученных данных по интернет протоколу. Его основные функции – это формирование прерывания для микроконтроллера; пересылка данных на сервер/клиент; циклическая проверка целостности передаваемых данных.

Функциональные требования, предъявляемые к программируемому микроконтроллеру, формализуются с помощью UML диаграммы вариантов использования [6] (рисунок 2). На диаграмме показано, что работа сетевого микроконтроллера заключается в управлении устройством, контролирующем процесс зарядки/подзарядки литиевой батареи, поэтому между вариантами использования Работа сетевого микроконтроллера и Управление устройством установлено отношение обобщения [6]. Функция управления устройством обязательно включает контроль температуры батареи, поэтому между соответствующими вариантами использования установлено отношение со стереотипом <<include>>. Выработка управляющего воздействия происходит дискретно в зависимости от показаний датчиков температуры и соответствующими им временными прерываниями, которые формирует трансивер. Функция трансивера Формирование прерываний для микроконтроллера

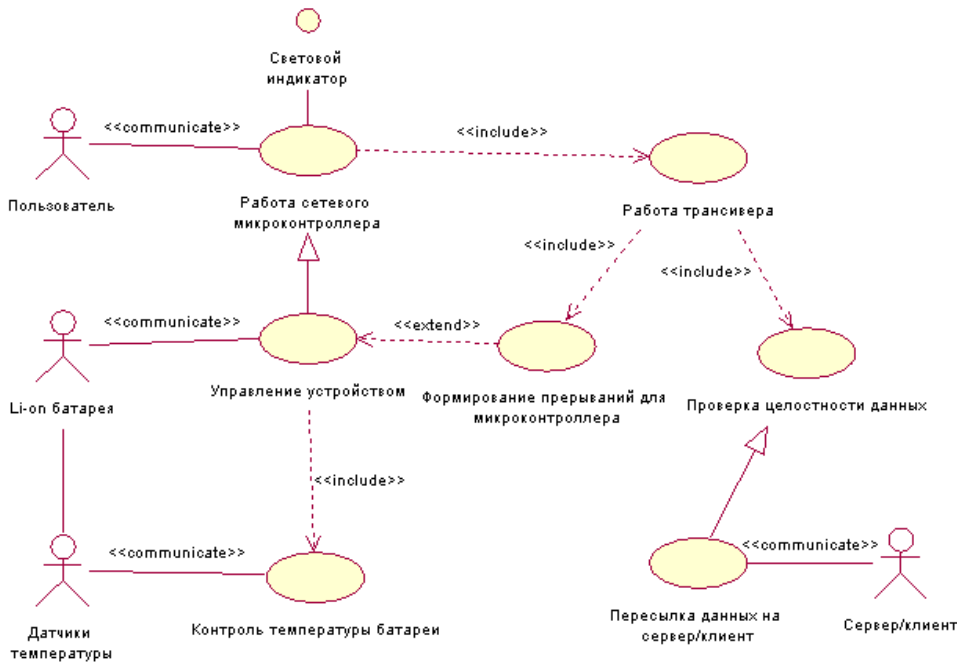


Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования микроконтроллера для управления зарядкой литиевой батареи

дополняет (расширяет) возможности микроконтроллера и поэтому соединена с вариантом использования Управление устройством отношением <<extend>>.

Батарея непрерывно находится под управлением микроконтроллера, на что указывает отношение ассоциации [6] между ними.

Диаграмма показывает, что работа микроконтроллера обязательно сопровождается функционированием трансивера, поэтому между соответствующими вариантами использования существует отношение включения <<include>>.

Микроконтроллер имеет световой индикатор, позволяющий визуально наблюдать показания датчиков уровня заряда батареи, что показано на диаграмме элементом интерфейса [6].

Алгоритм работы микроконтроллера представлен с помощью UML диаграммы деятельности на рисунке 3. Функция (действие) Конфигурирование системы включает установление конфигурации портов, таймеров, UART и АЦП в последовательном режиме. Операция Инициализация LCD предусматривает также вывод на экран заставки в течение времени паузы 3 сек, и затем очистку экрана. Глобальное разрешение прерываний запускает главный цикл. Каждая итерация главного цикла управления завершается выводом данных о состоянии батареи на экран LCD и выгрузку их в UART.

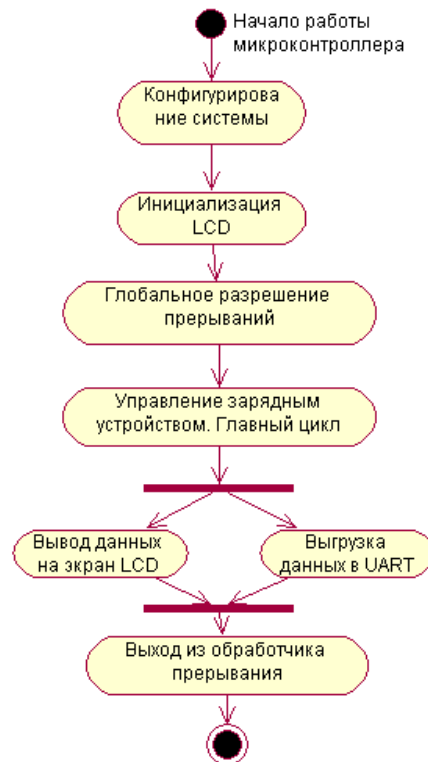


Рисунок 3 – Алгоритм работы микроконтроллера управления работой зарядного устройства

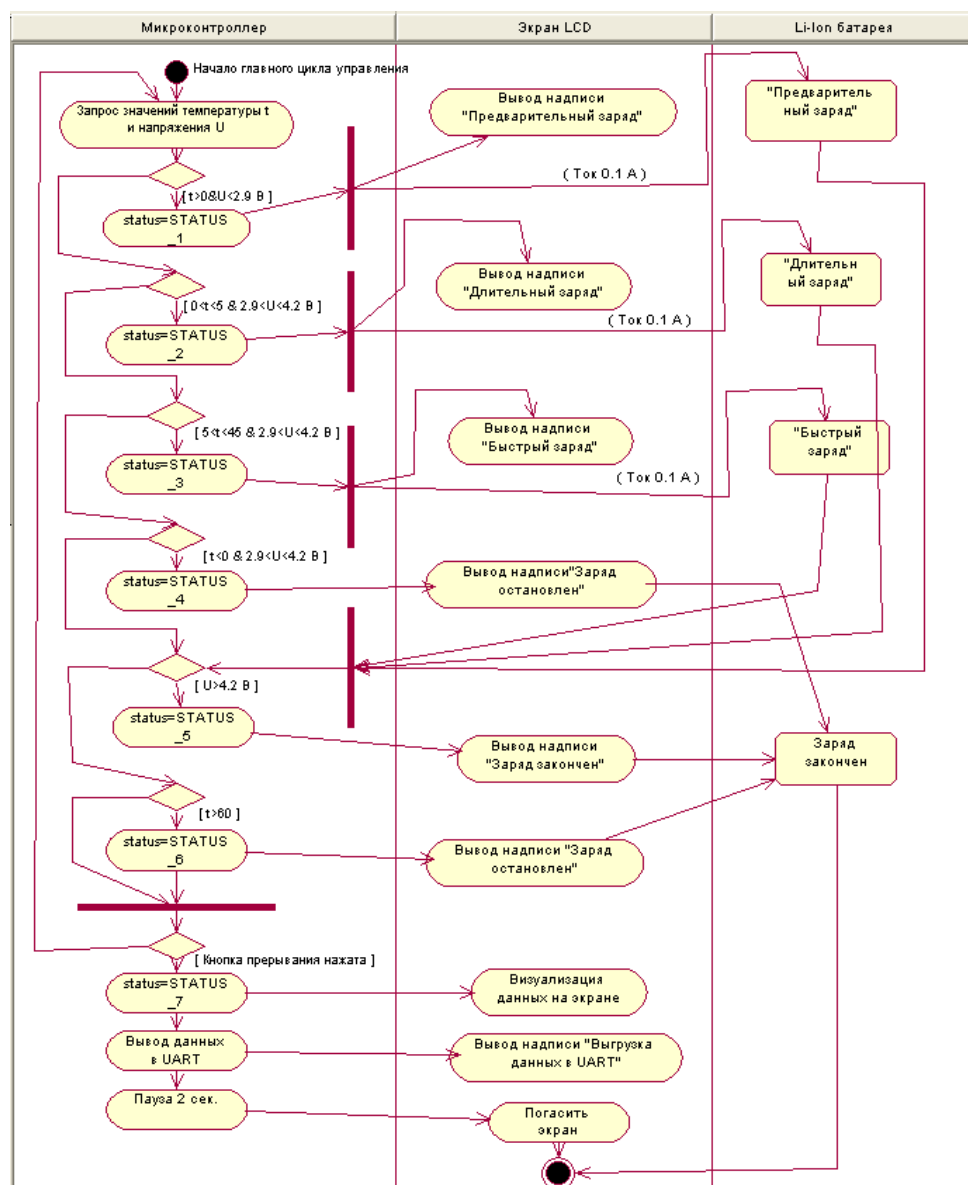


Рисунок 4 – Главный цикл управления зарядом Li-Ion батареи

По окончании процесса заряда батареи микроконтроллер прекращает режим обработчика прерывания.

Наибольший интерес представляет сам главный цикл управления работой зарядного устройства, который показан на рисунке 4 в виде UML диаграммы деятельности.

Эта диаграмма показывает, как в процессе заряда батареи взаимодействуют такие компоненты системы как Микроконтроллер, Световой индикатор LCD и Батарея. Каждому компоненту соответствует своя “дорожка” (swimlane). Внутри до-

рожек Микроконтроллер и Световой индикатор LCD изображаются действия (операции, функции), которые совершает соответствующий компонент в течение процесса заряда батареи.

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.

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 температура заряда аккумуляторов на основе лития составляет +15...+25 °С.

Процесс заряда разделяют на три этапа:

1. **Предварительный заряд.** Если аккумулятор глубоко разряжен, то величина зарядного тока на начальном этапе должна составлять 0,1С. Типичное значение определения порога глубокой разряженности – 2,9 В. Некоторые модели аккумуляторов допускают и меньший уровень.

2. **Режим быстрого заряда постоянным током (основной режим).** 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.

3. **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.

Эти особенности учитываются в алгоритме управления (рисунок 4). Интегрированная переменная status может принимать семь различных значений: от STATUS\_1 до STATUS\_7. Каждое значение соответствует комбинации диапазона температуры и диапазона напряжения. Так, если режим эксплуатации происходит при условии [ В], то переменная status принимает значение STATUS\_1, и это означает, что микроконтроллер должен ввести Li-Ion батарею в состояние (режим) предварительного заряда током 0.1 А. При этом на экране светового индикатора выводится сообщение (надпись) “Предварительный заряд”. Значение

STATUS\_4 соответствует отрицательным температурам, когда заряд батареи осуществлять не рекомендуется, и МК останавливает его. Аналогично МК реагирует и на температуры выше 60 °С. В этих случаях на экране появляется сообщение “Заряд остановлен”.

Режим заряда батареи заканчивается при достижении напряжения  $U > 4.2$  В, когда переменная status принимает значение STATUS\_6. При значении STATUS\_7 эксплуатационные параметры (данные) батареи выводятся на экран LCD и в UART.

Функционал управляющего устройства, представленный на диаграмме вариантов использования (см. рисунок 2), и алгоритмы управления, отображенные с помощью диаграмм деятельности (рисунки 3, 4), реализованы с использованием языка Си. Процесс программирования был разделён на два этапа: программирование МК ATmega1281 и трансивера CC1180 с учетом их соединения через последовательный канал UART.

Разработанный сетевой микроконтроллер позволяет реализовать различные режимы зарядки Li-Ion батареи с высокой точностью, предназначен для практического применения в условиях Интернета вещей и способствует повышению эффективности рабочих процессов в энергетике, промышленности и других отраслях.

#### Литература

1. Интернет вещей. Что это? URL: <http://chezasite.com/news/chto-takoe-internet-veshei-82180.html>
2. AT mega 1281 datasheet. URL: <http://www.atmel.com/devices/atmega1281.aspx>
3. CC1180 Sub-1GHz 6LoWPAN NetworkProcessor. URL: <http://www.ti.com/lit/gpn/cc1180>
4. ‘The Internet of Things’: Google, Apple and the next big growth cycle. URL: <http://www.theglobeandmail.com/globe-investor/investment-ideas/strategy-lab/growth-investing/the-internet-of-things-google>
5. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника / Е.П. Угрюмов. СПб.: Изд. БХВ-Петербург, 2010. 810 с.
6. Орлов С.А. Технологии разработки программного обеспечения / С.А. Орлов. СПб.: Питер, 2006. 480 с.