

Аккумулятор с функцией беспроводной зарядки стандарта Qi

Е.Д. Демешко, А.А. Минеев, Д.А. Черноморов, О.И. Бурмистров, П.С. Серёгин, А.А. Дмитриев, Н.А. Олехно

Университет ИТМО

Аннотация: в данной работе представлена разработка модуля типоразмера PP3 (“Крона”) с выходным напряжением 9 В, оснащённого приёмной катушкой для беспроводной зарядки стандарта Qi, DC-DC преобразователем и перезаряжаемым аккумулятором. Предложенный модуль поддерживает функцию беспроводной зарядки от стандартных станций Qi и позволяет добавлять функционал беспроводной зарядки в устройства, питающиеся от элементов питания соответствующего типоразмера. Проведено экспериментальное исследование характеристик разработанного аккумулятора с функцией беспроводной зарядки.

Ключевые слова: аккумулятор, беспроводная передача энергии, стандарт Qi, приемная катушка

1. Введение

Технологии беспроводной передачи энергии набирают всё большую популярность за счёт возможности значительного увеличения удобства зарядки бытовых устройств, таких, как смартфоны, часы и зубные щётки. Наиболее популярным стандартом для беспроводной зарядки является стандарт Qi, в котором энергия передаётся за счёт магнитного поля на частотах 100-200 кГц. Однако, приёмники для беспроводной зарядки выполняются либо встроенными в само устройство, либо в виде внешних модулей ограниченной применимости – например, приёмных катушек с разъёмом USB Type-C для подключения к смартфону. К примерам также относятся блок питания CleanJuice Air от компании RetroSix с беспроводной зарядкой стандарта Qi для портативных игровых консолей семейства Game Boy [1] и аккумуляторный блок с приёмником стандарта Qi для компьютерной мыши Apple Magic Mouse [2]. Однако, подобные модули несовместимы с широким классом бытовых устройств, питающихся от батареек и аккумуляторов стандартных типоразмеров.

Об актуальности разработки также говорит и множество патентов на смежные темы: идея зарядки батарейки с помощью цилиндрической тонкой катушки в виде наклейки на батарейку [3], катушки из комбинации трех перпендикулярных друг другу соленоидов [4], и общей идеи аккумулятора с функцией беспроводной зарядки как стандартного элемента питания [5].

2. Схема решения и прототип

Устройства с беспроводной зарядкой используют принцип электромагнитной индукции: изменяющееся магнитное поле создает в приёмной катушке из медной проволоки электрический ток. В свою очередь, изменение магнитного потока, пронизывающего приемную катушку, происходит за счет подачи переменного тока на передающую катушку.

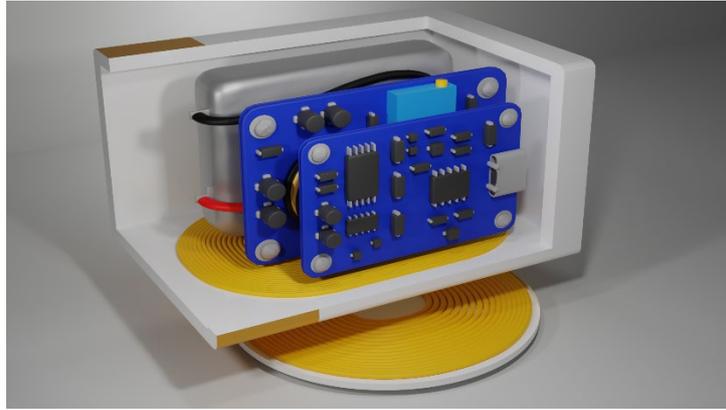


Рисунок 1. Концептуальное изображение разрабатываемого устройства. Снизу расположена передающая катушка, внутри пластикового корпуса модуля (выделен белым) располагается приёмная катушка (жёлтая), печатные платы DC-DC преобразователя и приёмника (синие), а также аккумулятор.

На рисунке 1 изображён общий вид разрабатываемого устройства. В корпусе типоразмера РР3 (“Крона”) с размерами 17,5x26,5x48,5 мм расположены аккумулятор, приемная катушка, с помощью которой осуществляется преобразование переменного магнитного поля от источника, а также плата приёмника, подключаемая к приёмной катушке и выдающая номинальное напряжение 5 В и плата контроллера заряда, включающая схему для заряда аккумулятора с выходным напряжением 3,7 В и DC-DC преобразователь, выдающий напряжение 9 В на внешние клеммы модуля (рисунок 2).

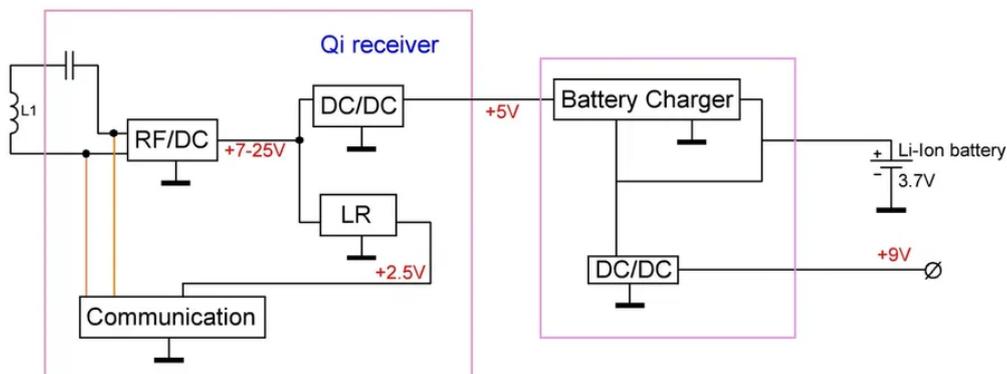


Рисунок 2. Структурная схема электронной части разработанного модуля с функцией беспроводной зарядки стандарта Qi, включающая приёмную катушку L, цепь приёмника Qi (Qi receiver), цепь контроллера заряда (Controller) и литий-ионный аккумулятор.

Для корректной зарядки аккумулятора в устройстве установлен выпрямитель, а также DC-DC преобразователь, понижающий напряжение до 5 вольт и линейный преобразователь напряжения (LR), понижающий напряжение до 2,5 В. В рамках стандарта Qi [6], по которому осуществляется беспроводная зарядка в предложенном беспроводном модуле, плата “Qi receiver” также обменивается с источником энергии информацией о заряде аккумулятора, что позволяет источнику адаптировать свою работу и полностью прекратить её при достижении максимального заряда аккумулятора. Кроме стандартной платы приёмника стандарта Qi, в разработанном беспроводном модуле также установлена плата Controller (рисунок 3), на которой реализованы контроллер заряда, стабилизирующий напряжение при зарядке и предотвращающий чрезмерный заряд аккумулятора, а также DC-DC преобразователь

напряжения, повышающий выходное напряжение аккумулятора 3,7 В до 9 В, номинального выходного напряжения батареек типоразмера РРЗ (“Крона”).

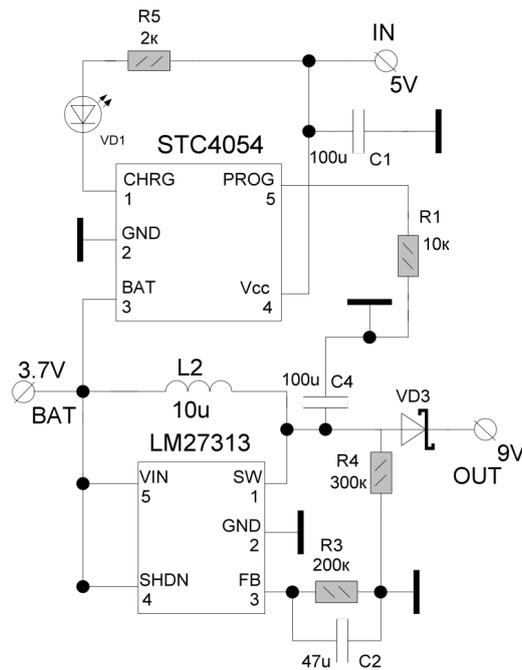


Рисунок 3. Принципиальная схема цепи Controller, включающей контроллер заряда аккумулятора и DC-DC преобразователь.

Модуль заряда аккумулятора TP4056 на рисунке 3 имеет защиту от перезарядки. Резистор R1 отвечает за ток заряда аккумулятора, при сопротивлении 2 кОм ток заряда будет равен 100 мА. Резистор R2 необходим для работы светодиодов VD1 и VD2, отвечающих за индикацию заряда аккумулятора. Плата выдерживает кратковременную переполнюсовку. Защита от перегрузки по току двухступенчатая: срабатывает при нагрузке 27 А в течении 3 мкс либо при токе 3 А в течении 10 мс. Защита от переразряда срабатывает при падении напряжения от аккумулятора до 2,4 В.

Микросхема NCP1529 имеет диапазон выходного напряжения от 0,9 В до 3,9 В. Резисторы R3, R4 и конденсатор C2 составляют делитель напряжения. Благодаря нему напряжение на выводе 5 (на котором микросхема поддерживает напряжение, равное 0,6 В) в 2,5 раза меньше напряжения на выходе схемы, равного 1,5 В. Конденсаторы C1, C3 выступают в качестве фильтров пульсаций, возникающих в ходе работы импульсного преобразователя напряжения.

На рисунке 4 представлена фотография прототипа разработанного модуля, включающего перечисленные выше цепи, выполненные в виде печатных плат, а также корпус, изготовленный на 3D-принтере методом FDM-печати. В ходе экспериментов, по индикации светодиодов установлена корректная работа протокола беспроводной передачи энергии, а также соответствие напряжений на выводах цепей номинальным значениям.



Рисунок 4. Изготовленный прототип модуля с функцией беспроводной зарядки стандарта Qi.

3. Заключение

В настоящей работе предложена конструкция аккумулятора типоразмера РРЗ (“Крона”), поддерживающего функцию беспроводной зарядки стандарта Qi. Использование данного стандарта позволяет сделать разработанный модуль совместимым с широким спектром зарядных станций, например, от смартфонов. Изготовлен прототип разработанного аккумулятора и продемонстрирована его работоспособность. В дальнейшем планируется исследовать возможность беспроводной зарядки устройств без извлечения аккумулятора из корпуса, а также разработать аналогичные аккумуляторы с функцией беспроводной зарядки с более компактными размерами.

Работа выполнена при поддержке **государственного задания № FSER-2024-0041 в рамках национального проекта «наука и университеты».**

Список литературы

1. handheldlegend.com "Wireless Battery Pack".
2. bhphotovideo.com "Bidul&Co. Pack Qi".
3. Stephen Peter Legg, Battery label with wireless battery charging circuit, патент US7456606B1, 2008.
4. Hao Li, Saining Ren, Aijun Qin, Wirelessly rechargeable battery and components thereof, патент US10461543B2, 2018.
5. Pierluigi Lorenzi. Standard-size rechargeable battery, equipped inside with a coil for receiving short-range wireless charging with electromagnetic induction technology, capable of replacing normal alkaline batteries in the wireless power supply of user devices, патент IT202000005854A1, 2019.
6. Dries van Wageningen, Toine Staring. The Qi wireless power standard // Proceedings of 14th International Power Electronics and Motion Control Conference EPE-PEMC 2010. – 2010. – С. S15-25-S15-32.