

УДК 621.3.049.774; 004.738.5.057.4

Обзор возможностей систем на кристалле и протоколов беспроводной передачи данных

А.В. Яшкин¹

¹ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь

Обзор преимуществ современных систем на кристалле. Обзор возможностей протокола Bluetooth Low Energy и технологии Matter. Проблема устойчивого соединения между узлами лазера. Предложена структурная схема беспроводного манипулятора.

Ключевые слова: Полупроводниковые интегральные схемы. Твердые схемы. Монолитные схемы; Протокол интернета.

Введение

Современная электроника стремится к использованию беспроводных технологий и миниатюризации размеров конечного устройства. Достижения в данных областях и в области сетевых протоколов легли в основу Интернета вещей, всевозможных беспроводных датчиков и портативных устройств, где получили дальнейшее развитие.

Такой шаг стал возможен благодаря усилиям производителей микросхем в сфере создания миниатюрных чипов, сочетающих в себе не только микроконтроллер, но и периферию. Такие чипы получили название «Системы на Кристалле (СнК)». СнК имеют богатый набор инструментов и обеспечивают гибкость в использовании, что позволяет использовать их в других областях, например: компьютерной периферии и медицине.

1. Возможности СнК

При решении задач в области передачи небольшого объёма данных (информация с датчиков, команды управления) на расстояниях в десятки метров в устройствах с батарейным питанием, одной из основных проблем является снижение энергопотребления. Существует несколько протоколов, успешно справляющихся с ней – это Bluetooth Low Energy (также известный как Bluetooth Smart), ANT+, ZigBee, Matter. На потребительском рынке наибольшее распространение приобрели стандарты Bluetooth Low Energy (BLE) и ANT+. Компания Nordic Semiconductor объединила поддержку Bluetooth low energy (BLE) и ANT+ в своей Системе на Кристалле (СнК) nRF52.

Основные области применения новой СнК [2]: интернет вещей; носимая электроника; сенсоры и хабы; компьютерная периферия; дистанционное управление; радиомаяки; медицинские устройства; спортивные гаджеты; умные часы; датчики умного дома; игрушки; промышленные датчики;

СнК nRF52840 является компактным и высоко эффективным малопотребляющим устройством, которое может работать в диапазоне питающих напряжений от 1,7 до 5,5 В. Все отдельные периферийные устройства и тактирующие схемы могут гибко отключаться от питания, когда они не используются, минимизируя, таким образом, энергопотребление. Для этого СнК имеет комплексную автоматизированную и адаптивную систему управления питанием.

В чип встроена поддержка NFC – так называемое Out-of-Band (OOB) спаривание устройств с использованием NFC упрощает процесс аутентификации между двумя Bluetooth-устройствами, производя обмен аутентификационной информацией через NFC-соединение.

2. Спецификация Bluetooth

Рассмотрим подробнее Bluetooth. В настоящее время существует два типа устройств с поддержкой Bluetooth:

- Bluetooth Classic (BR/EDR), используется в беспроводных громкоговорителях, автомобильных информационно-развлекательных системах и наушниках;

- Bluetooth Low Energy (BLE), т.е. Bluetooth с низким энергопотреблением, который появился в версии стандарта Bluetooth 4.0. Он чаще всего применяется в приложениях, чувствительных к энергопотреблению (например, в устройствах с батарейным питанием) или в устройствах, передающих небольшие объемы данных с большими перерывами между передачами (например, разнообразные сенсоры параметров окружающей среды или управляющие устройства, такие как беспроводные выключатели).

Спецификация протокола следующая:

- Используемый частотный диапазон 2.400 – 2.4835 ГГц.

- Весь частотный диапазон поделен на 40 каналов по 2 МГц каждый.

- Максимальная скорость передачи данных по радиоканалу (начиная с Bluetooth версии 5) 2 Мбит/с.

- Дальность передачи сильно зависит от физического окружения, а также используемого режима передачи. Например, в режиме большой дальности передачи дальность связи будет выше, а скорость передачи ниже, чем в высокоскоростном режиме. Типичная дальность передачи: 10-30 метров.

- Потребление электроэнергии также может изменяться в широких пределах. Оно зависит от реализации устройства, различных параметров протокола и используемого чипсета. Типичное потребление BLE-трансивера во время передачи данных как правило не превышает 15 мА.

- Обеспечение безопасности не обязательно при обмене данными через BLE и зависит от устройства и реализации приложения разработчиком. Другими словами, существует несколько возможных для реализации уровней обеспечения безопасности.

- Для всех операций, связанных с шифрованием, BLE использует алгоритм AES-CCM с длиной ключа 128 бит.

- BLE предназначен для передачи данных по каналу с низкой пропускной способностью. Использование BLE для приложений с большим объемом часто передаваемых данных существенно увеличивает потребление электроэнергии и сводит на нет основное преимущество BLE. То есть минимизация использования радиосвязи, насколько это возможно, позволяет достичь минимального уровня потребления энергии.

- Версии Bluetooth (в части BLE) являются обратно совместимыми. Тем не менее возможности связи будут ограничены функциями более старой версии. Например, устройство с поддержкой Bluetooth 5 LE может установить связь с устройством с поддержкой Bluetooth 4.1 LE, но возможности, появившиеся в версии 4.2 и более новых, будут недоступны. В то же время они смогут использовать возможности подключения, рассылки и приема широковещательных пакетов, обнаруживать сервисы и характеристики, а также читать и записывать их независимо от поддерживаемой ими версии стандарта, так как эти возможности доступны во всех версиях Bluetooth.

Ввиду перечисленных спецификаций данный протокол имеет массу преимуществ по сравнению с классическим Bluetooth:

- Очень низкое энергопотребление;
- Бесплатный доступ к официальным спецификациям;
- Низкая цена модулей и чипсетов по сравнению с другими технологиями;
- Экономия места на печатной плате.

Исходя из ограничений и преимуществ, указанных выше, существуют варианты использования, где BLE раскрывается наиболее полно:

- Малый объем передаваемых данных;
- Настройка устройств;
- Использование смартфона в качестве интерфейса;
- Использование в миниатюрных датчиках;
- Персональные и носимые устройства;

BLE работает в диапазоне 2,4 ГГц, который разделен на 40 каналов по 2 МГц. Он использует скачкообразную перестройку несущей частоты (FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum), что позволяет двум взаимодействующим устройствам переключаться на случайные предварительно согласованные частоты для обмена данными. Это значительно повышает надежность и позволяет устройствам избегать перегруженных каналов. Мощность передачи может быть не более: 100 мВт (+20 дБм) или 10 мВт (+10 дБм) в зависимости от версии. И не менее: 0.01 мВт (-20 дБм).

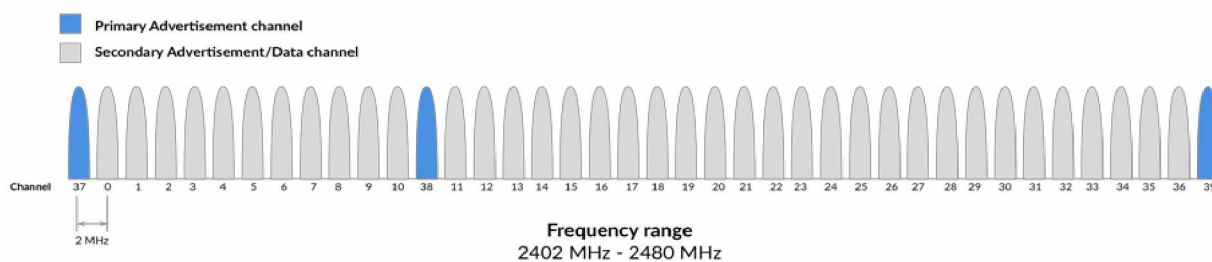


Рис.1. Спектр BLE

Синим показаны каналы широковещательной рассылки, которые позволяют обнаружить широковещающее устройство и прочесть его данные сканирующим устройствам. После этого сканирующее устройство может инициировать соединение, если широковещающее разрешает подключение. Также сканирующее устройство может послать запрос на сканирование, и, если широковещающее устройство поддерживает эту функцию, то оно пошлет ответ на сканирование. Запросы на сканирование и ответы на него позволяют передавать дополнительные данные без подключения к устройству.

3. Применение СнК nRF52840

Основное преимущество такой СнК заключается в том, что она сочетает в себе радиопередающую часть (рис.2) с микроконтроллером, т.е. нет необходимости в проектировании усилительных каскадов для формирования радиосигнала. nRF52840 [3] обеспечивает мощность выходного сигнала в +8 dBm со скоростью передачи до 2 Мбит/с.

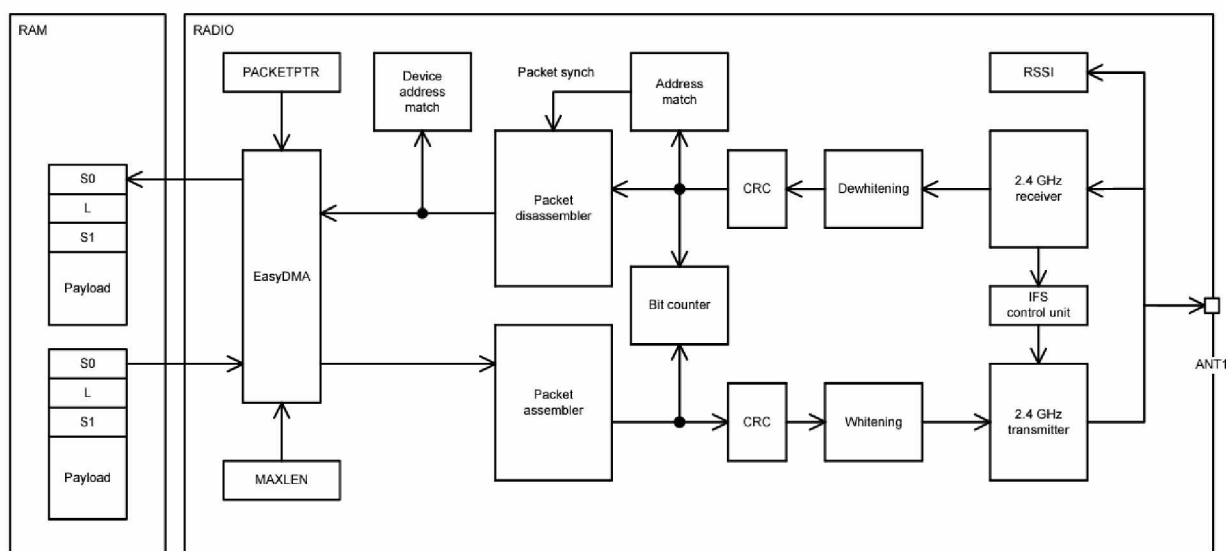


Рисунок 2 – Функциональная схема блока RADIO

Разработчику схемы остается только рассчитать саму антенну и согласующий фильтр, а также выбрать схему питания. По причине того, что в основном сфера применения данной СнК носимые миниатюрные устройства, то питание является батарейным, обычно это это 3 В. На «борту» nRF52840 имеет встроенный LDO-стабилизатор для обеспечения качественного питания, а также DC-DC конвертер на случай, когда входное напряжение больше 3 В. Пример электрической схемы показан на рис. 3.

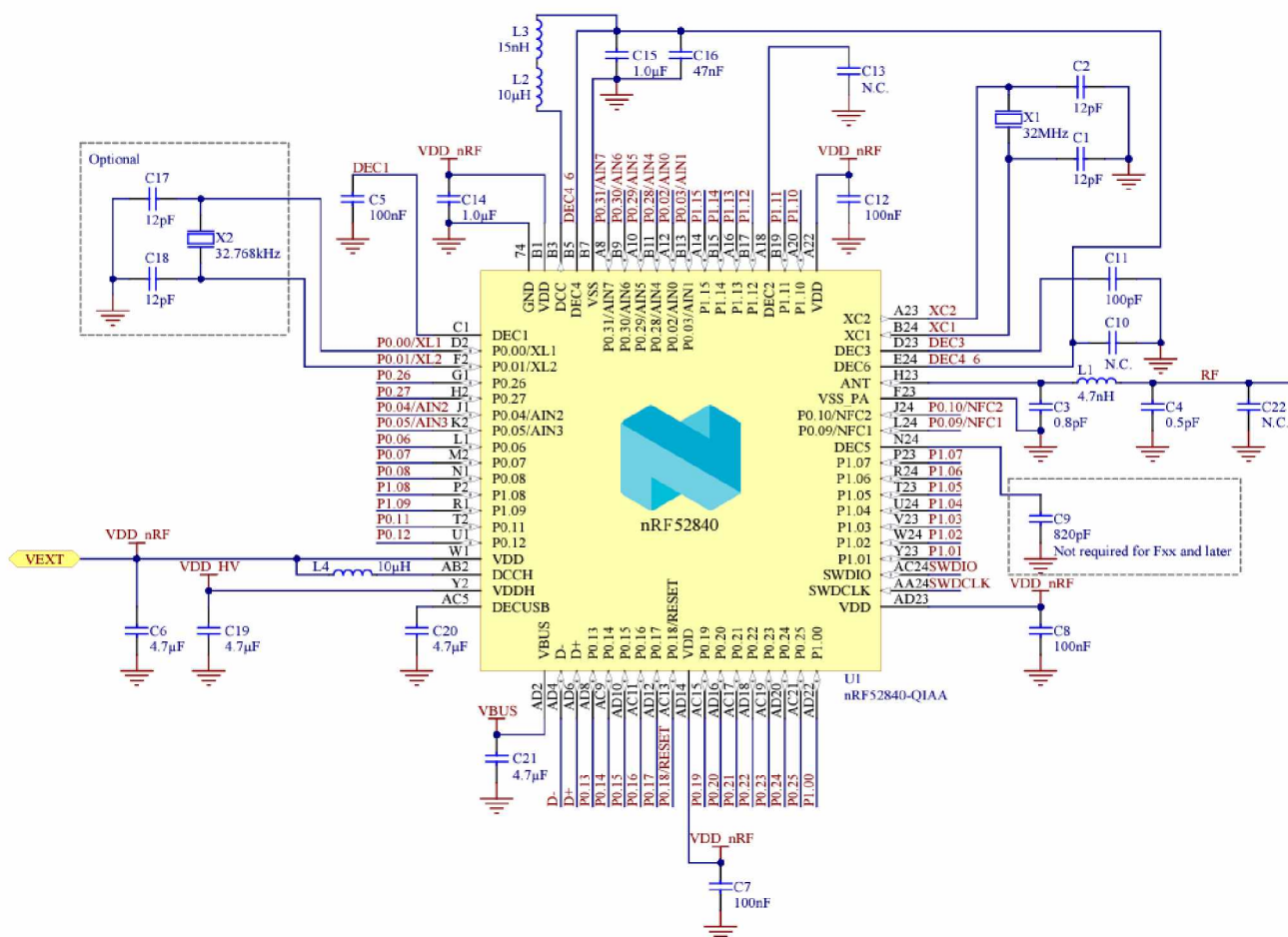


Рис. 3. Пример реализации схемы с использованием nRF52840

4. Стандарт Matter

Особый интерес представляет собой новый стандарт Matter [1], разработанный четырьмя технологическими гигантами (Amazon, Apple, Google и Samsung SmartThings) совместно с альянсом CSA, ранее известным как Zigbee Alliance и выпущенный в релиз в 2022 году. Технология основана на сочетании Wi-Fi, Bluetooth LE и Thread, использует Bluetooth Low Energy и также поддерживает взаимодействие с голосовыми помощниками Alexa, Google Assistant и Siri.

Основной идеей нового протокола является полная совместимость устройств интернета вещей друг с другом, а также более безопасное и надёжное беспроводное подключение. Matter имеет открытый исходный код, что позволяет ускорить процесс разработки устройств.

Для управления современным Умным домом может потребоваться около пяти приложений, поскольку в общий комплекс должны быть привязаны различные устройства. Меньше приложений и больше совместимости – это основной девиз нового стандарта [2].

– Matter позволит потребителям расширять возможности подключения по требованию. Замысел заключается в том, чтобы сделать Matter таким же вездесущим, как Wi-Fi, где пользователям не придётся беспокоиться о том, будет ли устройство, которое они собираются приобрести, совместимо с их сетью и другими устройствами дома. Пользователям не придётся задумываться о смене всей платформы умного дома, чтобы приобрести желаемое устройство.

– Matter переносит управление устройством в локальную сеть, гарантируя значительно более быстрое время отклика.

– Matter снизит расходы. Потребители смогут сэкономить деньги, поскольку для достижения целей эксплуатации Умного дома им потребуется всего несколько продуктов. Выстраивание всей системы с нуля из-за покупки самого нового на рынке продукта станет сказкой из прошлого.

5. Использование новой СнК в медицине

В области медицины существуют задачи, решить которые могут новые сетевые протоколы и современных систем на кристалле. Эти возможности можно успешно использовать для создания единой экосистемы в медицинском учреждении, где каждый медработник обеспечивается персональным беспроводным портативным устройством с возможностью подключения к локальной сети. В сети имеется общая база данных, куда приходит информация со всего медицинского оборудования, датчиков, носимых пациентами, персональных устройств врачей и медсестёр и на основании этого формируются индивидуальные карточки пациентов. Имея оперативный доступ к информации, можно повысить скорость проведения обследования и дальнейшего лечения, а также появляется возможность оперативно принимать решения.

Другим востребованным направлением внедрения радиотехнологий в медицине является совершенствование диагностического и технологического оборудования с целью повышения его надёжности. На сегодняшний день существует проблема бесперебойной связи лазера с манипулятором. Лазер соединен с манипулятором посредством электрического кабеля, который в процессе эксплуатации часто выходит из строя. Для решения данной проблемы, можно использовать новые СнК от Nordic Semiconductor, которые будут обрабатывать информацию с периферийных устройств (кнопки, датчик положения и температуры), затем создавать пакеты для протокола BLE и формировать радиосигнал для передачи на антенну.

Структурная схема беспроводного манипулятора представлена на рис. 4.

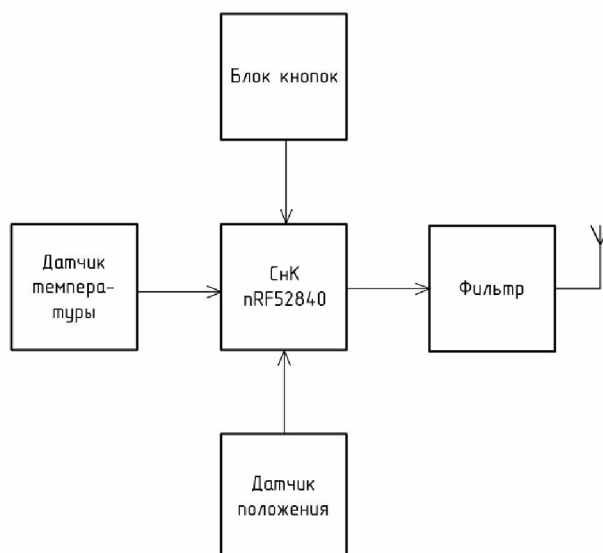


Рис. 4. Структурная схема беспроводного манипулятора

Заключение

Бурное развитие портативных электронных устройств и Интернета вещей возможно благодаря усилиям производителей микросхем и систем на кристалле, благодаря которым возможно создать инновационный продукт, а также затратить меньше времени на разработку.

Компания Nordic Semiconductor имеет широкую линейку СнК для беспроводных решений, используя все современные протоколы, а также уделяя особо внимание низкому энергопотреблению и гибкости в процессе разработки и настройки устройства.

Протокол Bluetooth Low Energy давно стал стандартом индустрии и отлично зарекомендовал себя в областях, где требуется передавать небольшие объемы данных на большом временном отрезке.

Новые СнК находят свое применение не только в области сенсоров, но и в области медицины, помогая обеспечить надежную беспроводную связь между устройствами, благодаря чему, повышается надежность оборудования и затраты на ремонт.

Список источников

- [1] Альянс CSA / URL: <https://csa-iot.org>
- [2] Что несет новый nRF Connect SDK для Nordic / URL: <https://habr.com/ru/articles/497034/>
- [3] Specification of nRF52840 / URL: https://infocenter.nordicsemi.com/pdf/nRF52840_PS_v1.8.pdf
- [4] Что такое Matter? / URL: <https://www.tp-link.com/ru/blog/1165/%D1%87%D1%82%D0%BED-1%82%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B5-matter-/>

OVERVIEW OF CAPABILITIES OF SYSTEMS ON CHIP AND WIRELESS DATA TRANSMISSION PROTOCOLS

N.A. Titovich¹, A.V. Yashkin¹

¹ Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

An overview of the benefits of modern SoCs. Overview of the capabilities of the Bluetooth Low Energy protocol and Matter technology. The problem of stable connection between laser nodes. A block diagram of a wireless manipulator is proposed.

Keywords: Semiconductor integrated circuits. Solid diagrams. Monolithic circuits; Internet Protocol