

Разработка недорогих схем

дистанционного управления стандарта ZigBee RF4CE

Йифэнь Янь (Yifeng Yang)
Тайлер Смит (Tyler Smith)

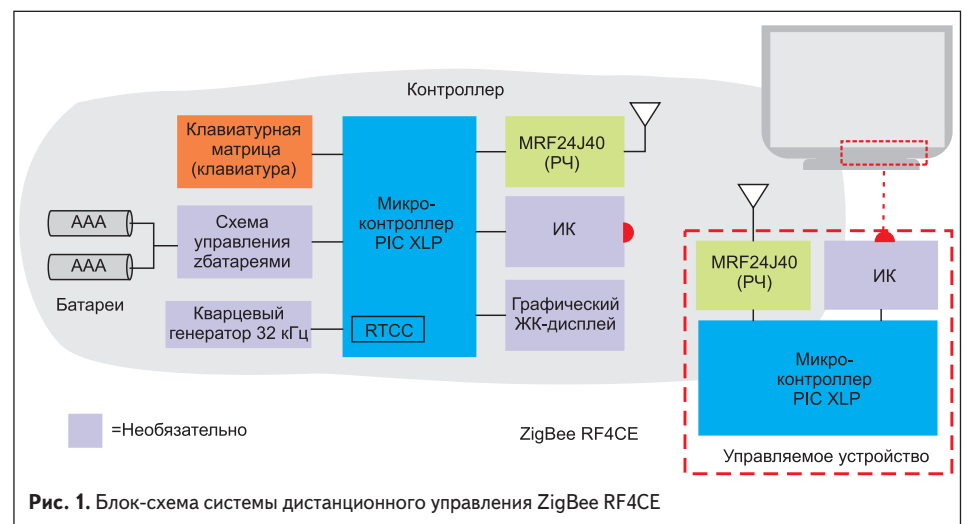
Инфракрасная (ИК) технология преобладает в системах дистанционного управления (ДУ) на протяжении более чем двух десятилетий. Учитывая широкую популярность крупноформатных ЖК- и плазменных телевизоров, а также высокие темпы разработки бытовой электроники, принципиальные ограничения ИК-технологии создают спрос на разработку технологии радиочастотного ДУ, которое имеет множество преимуществ перед инфракрасным, в том числе отсутствие фонового шума от подсветки телеэкрана, двунаправленная связь и отсутствие необходимости находиться в пределах прямой видимости. Эти преимущества делают радиочастотные (РЧ) пульты более удобными в использовании, а время их автономной работы более длительным. Стандартный протокол ZigBee RF4CE, в основе которого лежит спецификация IEEE 802.15.4, завоевывает все большую популярность и представляется наиболее вероятным кандидатом на замену ИК-технологии в ближайшем будущем. Простая блок-схема системы ДУ на базе технологии ZigBee RF4CE показана на рис. 1.

Насчитывая более двух десятилетий разработки и производства, технология инфракрасного дистанционного управления для бытовой электроники является весьма зрелой. ИК-компоненты производятся массово крупными сериями по относительно низкой себестоимости.

В связи со зрелостью инфракрасной технологии ДУ сформировалось представление о том, что пульты дистанционного управления общего назначения должны стоить недорого. Поэтому перспективы внедрения РЧ-технологии на базе стандарта ZigBee RF4CE определяются возможностью создать недорогое решение. Стоимость пультов ДУ стандарта ZigBee RF4CE будет определяющим фактором успеха этого радиочастотного протокола на соответствующем рынке. Есть два основных элемента, влияющих на стоимость пультов ДУ стандарта ZigBee RF4CE: аппаратная платформа и микропрограммное обеспечение для реализации данного стандарта.

Аппаратный подход

Затраты, связанные с дополнительным оборудованием, очевидны для любого производителя систем дистанционного управления. В условиях массового производства любой дополнительный компонент или прибавка к себестоимости обернутся, в конечном счете, крупными издержками для производителя. Чтобы снизить стоимость компонентов нового изделия, крайне важно правильно выбрать приемопередатчик IEEE 802.15.4 и оптимальный управляющий микроконтроллер для решения рассматриваемых задач. Оценка общей стоимости радиочастотного приемопередатчика и сопутствующего микроконтроллера — основное требование к реализации РЧ-технологии. Более



того, на переходный период весьма вероятно сосуществование ZigBee RF4CE и ИК-технологии в одной системе дистанционного управления. Таким образом, весьма предпочтительной является возможность работы обоих микропрограммных стеков — ZigBee RF4CE и ИК — на одном микроконтроллере. Есть одно системное требование, которым порой пренебрегают, но которое может помочь в снижении стоимости компонентов. Это требование связано с энергонезависимой памятью. Протокол ZigBee RF4CE требует сохранять определенные данные в энергонезависимой памяти для поддержания надежного взаимодействия по сети даже после выключения и включения питания. Это похоже на ИК-коды, хранящиеся в универсальных пультах ДУ сегодня. Такой энергонезависимой памятью может быть EEPROM (electronically erasable programmable read-only memory) — в микроконтроллере или внешняя, подключаемая к контроллеру по интерфейсам SPI или I²C. Лучше всего иметь энергонезависимую память в микроконтроллере — это дешевле. Но не у всех микроконтроллеров есть EEPROM, подходящая для хранения данных ZigBee RF4CE. Согласно спецификации ZigBee RF4CE, в каждый пакет встраивается 4-байтовый счетчик кадров во избежание дублирования данных, а также атака с повторным воспроизведением в защищенных изделиях. Чтобы обеспечить возможность восстановления значения счетчика кадров после выключения и включения питания, это значение должно записываться в энергонезависимую память с интервалом в 1024 исходящих пакета. Кроме того, профиль ZigBee Remote Control (ZRC) предписывает передавать команду повторения пользовательского управляющего сигнала (User Control Repeated) с интервалом в 50 мс в случае, если пользователь нажимает или удерживает какую-либо кнопку. Если взять среднестатистического пользователя, который нажимает и удерживает кнопки пульта дистанционного управления на 5 секунд по 10 раз в день, значение счетчика кадров будет наращаться такими темпами, что понадобится ежедневное обновление энергонезависимой памяти. Если долговечность EEPROM микроконтроллера составляет приблизительно 1000 циклов стирания, энергонезависимая память пульта управления придет в негодность примерно через два-три года. Для создания надежного пульта управления стандарта ZigBee RF4CE с длительным сроком службы необходимо использовать EEPROM с долговечностью не менее 10 000 циклов стирания (рекомендуется 100 000). Если выбрать микроконтроллер с долговечной внутренней памятью, можно сэкономить на внешней EEPROM, снизив тем самым общую стоимость аппаратных компонентов.

Микропрограммный подход

При рассмотрении себестоимости системы часто принимают во внимание только аппаратную часть. На деле же важной статьёй общей себестоимости пульта дистанционного управления стандарта ZigBee RF4CE является микропрограммное обеспечение. Размер стека ZigBee RF4CE определяет требуемую емкость флэш-памяти микроконтроллера, а следовательно, и стоимость реализации.

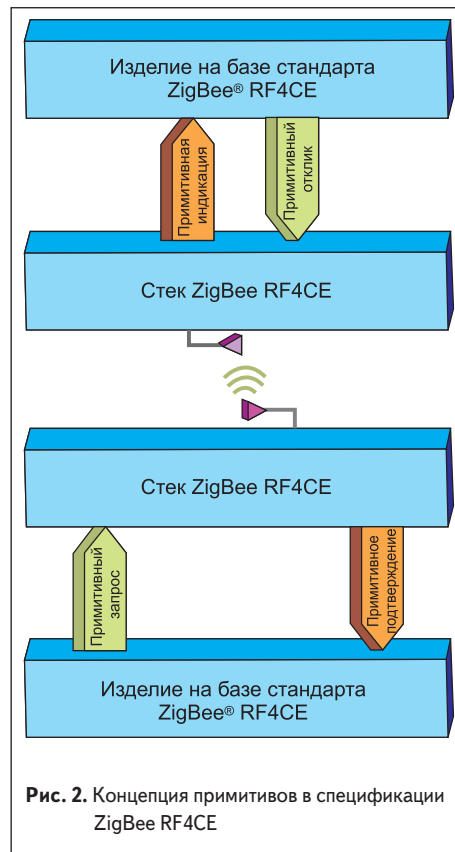


Рис. 2. Концепция примитивов в спецификации ZigBee RF4CE

Одним из центральных спорных моментов является представление базовых спецификаций IEEE 802.15.4 и ZigBee с использованием метода программных примитивов (термин «примитив» означает некую структуру данных, вместе с идентификатором команды передаваемую от одного уровня ZigBee-стека другому). Можно выделить четыре вида примитивов: запрос, подтверждение, индикация и отклик. Эти категории переходят из одной в другую согласно их предопределенной функциональности. На рис. 2 показано, как примитивы функционируют в стеке протокола ZigBee RF4CE. Идея состоит в том, чтобы делить сложную функциональность протокола на более мелкие фрагменты, каждый из которых реализует определенную ее часть. Метод примитивов усложняет процесс разработки спецификации, требуя более обстоятельной микропрограммной реализации каждой мельчайшей детали. Но в результате стек протокола можно разработать довольно быстро, строго следуя примитивам в архитектуре конечного автомата. Такой метод упрощает разработку протокола, но делает это ценой избыточности и большей задержки стека протоколов. Для перехода от одного примитива к другому необходимо периодически проверять ряд параметров, устанавливая флаги; кроме того, конечный автомат должен работать в пошаговом режиме. Метод также требует от разработчика конструкции понимания соответствующей спецификации для использования примитивов, что повышает сложность разработки систем ДУ стандарта ZigBee RF4CE для рынка бытовой электроники. Ввиду чувствительности рынка систем дистанционного управления к затратам есть другие методы реализации стека протокола

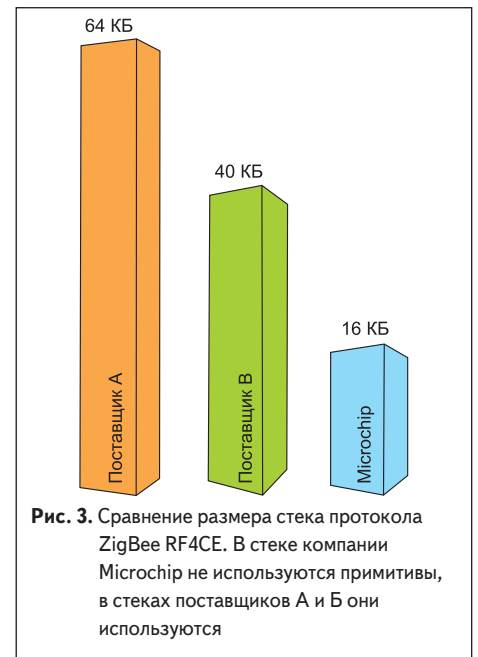


Рис. 3. Сравнение размера стека протокола ZigBee RF4CE. В стеке компании Microchip не используются примитивы, в стеках поставщиков А и Б они используются

ZigBee RF4CE, не использующие архитектуру конечного автомата на базе примитивов. Реализация стека RF4CE без примитивов приводит к коренному сокращению размера микропрограммного стека. На рис. 3 сравнивается размер трех сертифицированных микропрограммных стеков ZigBee RF4CE. Компания Microchip использовала прямолинейный метод реализации, не опирающийся на примитивы, в результате чего ей удалось более чем на 50% сократить размер стека RF4CE. Выбор микропрограммной архитектуры без примитивов может значительно снизить требуемую емкость флэш-памяти пультов ДУ стандарта ZigBee RF4CE, что, в свою очередь, позволяет использовать более дешевые микроконтроллеры и снизить общую себестоимость системы. Есть также свидетельства повышения производительности и сокращения времени отклика, что положительно сказывается на времени автономной работы пульта. Вдобавок использование стека без примитивов избавляет разработчиков конструкций от необходимости понимать примитивы или детали спецификации стека протокола ZigBee RF4CE, что сокращает время разработки и сроки выхода на рынок, а также снижает общую себестоимость системы. Из приведенного выше анализа очевидно, что сочетание эффективного микропрограммного обеспечения и оптимизированного аппаратного обеспечения играет значительную роль в создании экономически эффективного решения на базе стандарта ZigBee RF4CE.

Выводы

Хотя радиочастотная технология на базе стандарта ZigBee RF4CE с высокой вероятностью заменит в ближайшей перспективе инфракрасную технологию в системах дистанционного управления, рынок бытовой электроники до сих пор является и впредь останется весьма конкурентным и чувствительным к затратам. Разумный выбор аппаратной и микропрограммной архитектуры поможет снизить стоимость реализации новых систем ДУ стандарта ZigBee RF4CE и ускорить внедрение этой новой технологии. ■