

УДК 004.383.3

Моделирование протоколов обмена данными для сети микроконтроллеров stm32l

***Пронин А.В.**, студент*

*Россия, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Компьютерные системы и сети»*

***Чибисов А.А.**, студент*

*Россия, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Компьютерные системы и сети»*

Научный руководитель: Хартон В.Я., к.т.н, доцент

*Россия, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Компьютерные системы и сети»*

bauman@bmstu.ru

Платформа для моделирования

Во время разработки микропроцессорных систем часто возникает проблема выбора оптимальной конфигурации микроконтроллера для решаемой задачи. При проектировании микроконтроллерного приложения приходится соблюдать баланс между ценой и эксплуатационными характеристиками с одной стороны и гибкостью и производительностью с другой. Существует огромное количество типов микроконтроллеров, отличающихся архитектурой процессорного модуля, объемом встроенной памяти, набором периферийных устройств, типом корпуса и др. Для решения тестовых задач при проектировании широко применяются платы с ограниченным набором функций, такие как платы серии STMicroelectronics32.

Одним из последних продуктов этой серии является плата STM32L-DISCOVERY. Это новейшая модель на рынке, специально предназначенная для тестирования и отладки разнообразных программ. Плата использует микроконтроллер STM32L152RBT6, построенный на базе 32-разрядного ARM Cortex-M3 микропроцессора с ультранизким энергопотреблением. Отличительными характеристиками этого микроконтроллера являются [1]:

- ядро Cortex M3 r2p0, тактовая частота 32 кГц - 32МГц;
- Flash-память - 128 Кбайт, память RAM - 16 Кбайт, память EEPROM - 4 Кбайт;

<http://sntbul.bmstu.ru/doc/715926.html>

- 8 таймеров; часы реального времени (RTC);
- генератор случайных чисел;
- коммуникационные интерфейсы: SPI (2), I2C (2), USART (3), USB 2.0 FS (1);
- линии портов ввода-вывода - 51;
- 12-разрядный АЦП с количеством каналов, равным 24;
- 12-разрядный ЦАП с количеством каналов, равным 2;
- встроенный контроллер LCD 8x40;
- рабочее напряжение: 1,6 — 3,6 В;
- температура окружающей среды: -40 — +85 °С;
- корпус LQFP64.

Плата STM32L-DISCOVERY содержит достаточный набор периферии, в том числе жидкокристаллический дисплей (LCD), а установленный МК поддерживает интерфейс SPI [2]. Приведенная на рисунке 1 схема демонстрирует связи между микроконтроллером и периферийными устройствами платы:

- встроенный программатор и отладчик ST-LINK/V2;
- 2 кнопки (пользовательская B1 и сброса B2);
- сенсорные кнопки и слайдер;
- дисплей LCD;
- 2 светодиода (LD3 и LD4);
- измеритель тока.

Для отладки используется внутрисхемный программатор/отладчик ST-LINK/V2 для микроконтроллеров серии STM8 и STM32, поддерживаемый программными средствами разработки от фирм IAR, Keil, Atollic и др. Данный отладчик можно использовать не только для платы, в которую он установлен, но и для других (внешних) микроконтроллеров. Для этого отладчик подключается к отладочным платам посредством стандартного JTAG/SWD интерфейса (микроконтроллеры на базе ядра STM32) или посредством SWIM-интерфейса (для микроконтроллеров семейства STM8).

Для визуализации процесса обмена данными и вывода результата их обработки используется жидкокристаллический дисплей, установленный на отладочной плате. Он содержит шесть полей для отображения букв и цифр, по 14 сегментов в каждом поле и дополнительно по 4 точки, двоеточия и полосы. Весь этот набор сегментов разделен на четыре группы по 24 сегмента в каждой. В ОЗУ выделены специальные ячейки, для хранения информации для каждой из четырех групп сегментов.

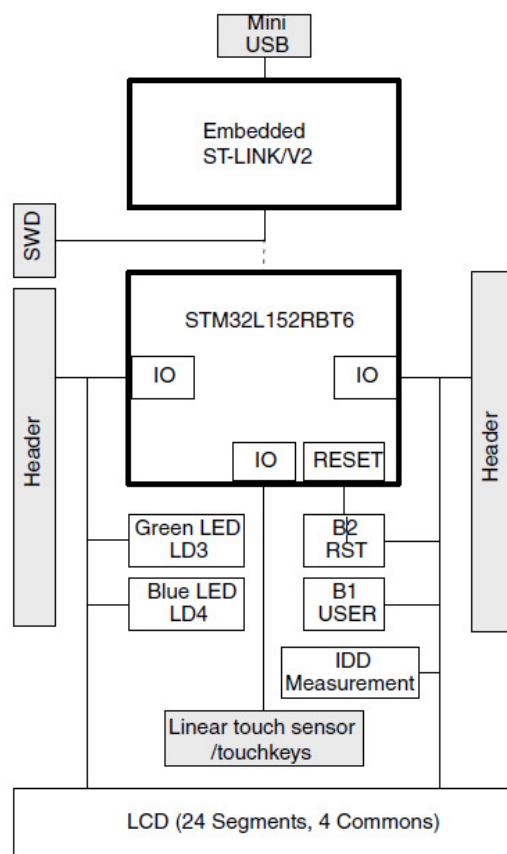


Рис. 1. Плата STM32LDISCOVERY

Обмен данными между микроконтроллерами

Для изучения принципов обмена данными между микроконтроллерами была создана система из двух плат STM32L-DISCOVERY, которая обеспечивала передачу и обработку числовых данных. В основу работы было положено изучение взаимодействия этих микроконтроллеров по принципу «master-slave» (ведущий-ведомый). Один из микроконтроллеров пересылал набор чисел другому, который производил их арифметическую обработку и возвращал результат первому микроконтроллеру. Пересылаемые числа и получаемый результат хранились в ОЗУ микроконтроллеров, передача данных между микроконтроллерами осуществлялась по каналу SPI. Этот канал является дуплексным, что дает возможность микроконтроллеру одновременно принимать и передавать данные. Все передаваемые, принимаемые числа и получаемый результат обработки с целью контроля выводились на дисплеи соответствующих микроконтроллеров. Обобщенный алгоритм взаимодействия микроконтроллеров, выбранный для обмена данными, представлен на рисунке 2.

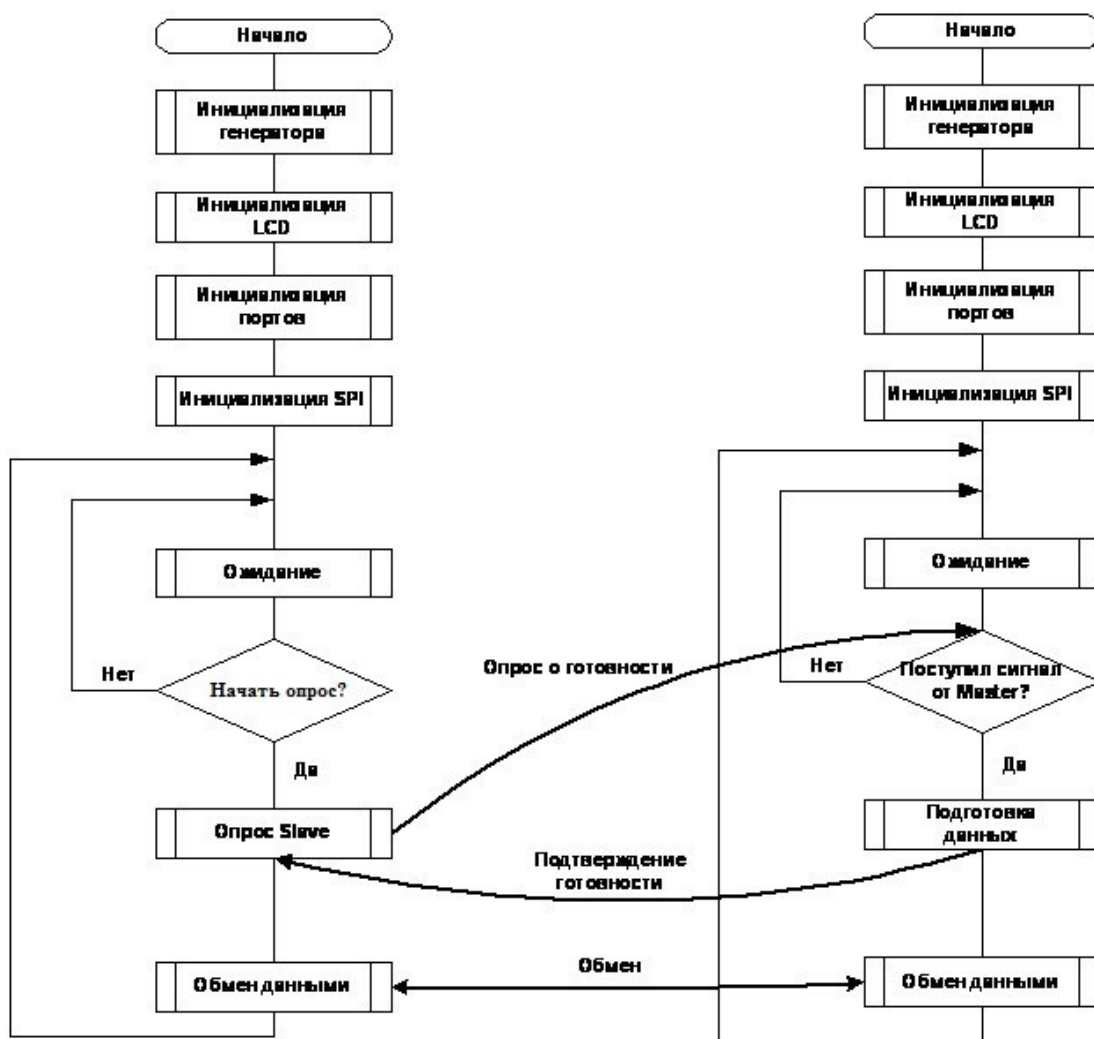


Рис. 2. Обобщенный алгоритм взаимодействия микроконтроллеров

Для данной системы был создан специальный программный протокол обмена данными между микроконтроллерами. В ведомом контроллере предварительно подготавливается набор чисел, например, это могут быть данные с измерительных датчиков. По запросу от ведущего микроконтроллера slave запускает цикл передачи чисел, который закончится после передачи всего набора. На каждой итерации цикла slave-микроконтроллер записывает в буфер очередное число и ожидает сигнала от master для обмена содержимым буферов. Master, в свою очередь, запускает цикл приема числового набора, который завершится при получении от slave управляющего кода конца передачи (0xFE). На каждой итерации master запрашивает у slave новые данные, а после приема сигнала об окончании набора данных master выходит из цикла приема и приступает к арифметической обработке полученного числового массива. После получения результата

обработки master передает его slave, который находился в ожидании конца обработки данных.

Во время работы программ, реализующих эти алгоритмы, каждая передача и прием данных визуализировались с помощью установленных светодиодов и дисплеев, установленных на отладочной плате. Микроконтроллеры обменивались между собой 8-разрядными числовыми данными, два из которых - 0xFE и 0xFF были использованы как коды управления каналом обмена данными.

Рабочие схемы алгоритмы, реализующие протокол обмена данными между ведущим и ведомым микроконтроллерами, представлены на рисунке 3.

Из-за большого количества информации, поступающей от различных устройств, часто появляется необходимость разделять процессы сбора данных и их обработку. Разработанная система позволяет выполнить подобную задачу: один МК отвечает за сбор информации, считывая ее, например, с различных датчиков; другой МК обрабатывает поступающую информацию, предварительно получив ее от первого микроконтроллера.

Выше рассмотренная система может служить основой для более крупных микропроцессорных комплексов. Так, обрабатывающий МК может получать данные не с одного, а с нескольких собирающих устройств. Несколько микроконтроллеров можно объединить в сеть, используя низкоуровневый интерфейсы (SPI, I2C), либо используя дополнительные внешние схемы, реализуя переход на более высокий уровень стековых протоколов TCP/IP. Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки.

Организация сети

Для реализации обмена данными по SPI можно использовать стандартную топологию в виде кольца (рисунок 4) [3]. Для реализации такой схемы необходимо наличие двух интерфейсов SPI у каждого устройства сети. Обмен данными может происходить в одном направлении последовательно. Один из интерфейсов работает в режиме master (ведущий), инициализируя обмен данными со следующим устройством. Второй - в режиме slave (ведомый), принимая сообщения с предыдущего микроконтроллера. Такая сеть проста в реализации, не требует использования стека сетевых протоколов обмена и дополнительного оборудования, но скорость обмена данными ограничивается топологией сети и сеть неустойчива к отказам (отказ одного устройства приводит к нарушению работы всей сети).

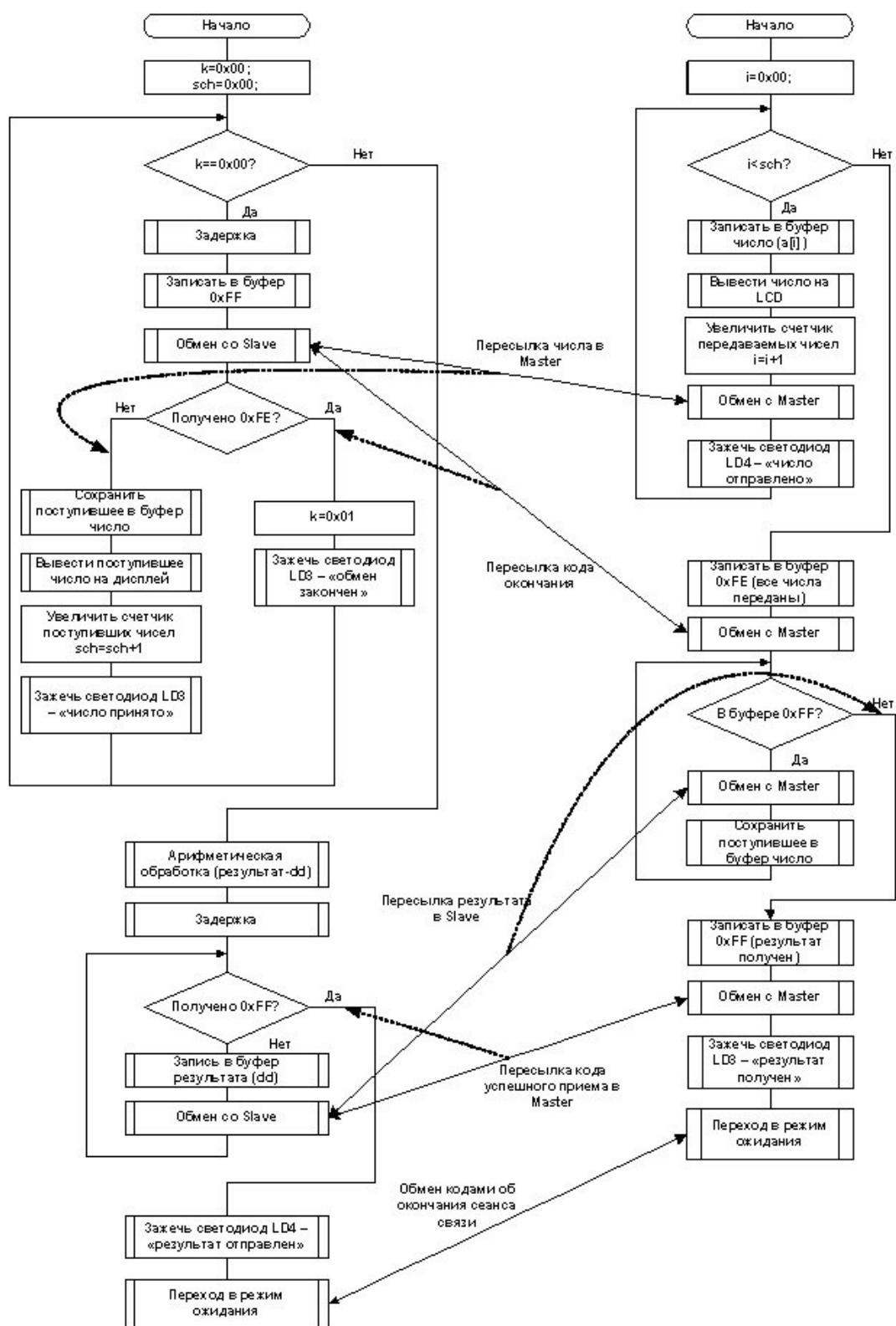


Рис. 3. Рабочие схемы алгоритмов обмена данными между микроконтроллерами

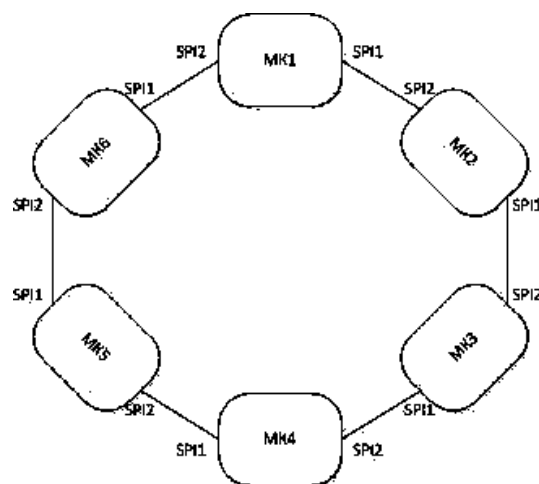


Рис. 4. Топология сети микроконтроллеров типа «кольцо»

Подключение микроконтроллера к локальной сети ЭВМ можно осуществить с помощью платы-преобразователя, имеющей разъем RJ-45 и интерфейс SPI [4]. Для работы в IP-сети микроконтроллер должен уметь реагировать на сетевые запросы и взаимодействовать с другими узлами сети, что реализуется поддержкой стека протоколов TCP/IP. Внешняя плата-преобразователь поддерживает стандарт Ethernet IEEE 802.3i, что обеспечивает скорость обмена данными до 10 Мбит/сек, и протокол обмена данными по SPI с микроконтроллером с предельной скоростью до 10 Мбит/сек. При реализации протоколов обмена данными стека TCP микроконтроллер получит возможность доступа в локальную и глобальную сеть. Существуют стандартные библиотеки, позволяющие использовать готовые решения для реализации стека TCP на языке программирования С.

Подключение микроконтроллера в локальную вычислительную сеть позволит обеспечить следующие возможности:

- работа микроконтроллера с программным обеспечением современных сетевых операционных систем;
- доступ к функциям микроконтроллера с разрешенных узлов ЛВС;
- скорость обмена данными не зависит от скорости обмена всех других узлов сети и ограничивается только возможностями интерфейса SPI;
- отказоустойчивость и гарантированная доставка пакетов с помощью стека протоколов TCP/IP;
- унифицированная логика обмена данными с устройствами сети;
- использование одного интерфейса SPI;
- беспроводной доступ к микроконтроллеру.

Поддержка стека протоколов TCP позволяет получать данные от микроконтроллеров из любой удаленной точки и собирать информацию в единый центр для обработки.

Заключение

Таким образом, отладочная плата STM32L-DISCOVERY является полноценным инструментарием, позволяющим начать разработку собственных приложений без дополнительных затрат. Кроме того, ощутимым преимуществом STM32L-DISCOVERY является низкая стоимость и энергопотребление по сравнению с другими платами и микроконтроллерами. С помощью интерфейса SPI возможно построение микроконтроллерной сети или подключение микроконтроллера к глобальной сети для решения большого спектра задач.

Список литературы

1. STM32L15xx6/8/B Datasheet. Режим доступа: <http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/datasheet/CD00277537.pdf> (дата обращения 19.03.2014).
2. STM32LDISCOVERY — UM1079 User Manual. Режим доступа: http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/user_manual/DM00027954.pdf (дата обращения 21.04.2014).
3. Хартов В.Я. Микропроцессорные системы : учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. Образования. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 320 с.
4. Подключение микроконтроллера к локальной сети. Сообщество EasyElectronics.ru, 2011. Режим доступа: <http://we.easyelectronics.ru/electro-and-pc/podklyuchenie-mikrokontrollera-k-lokalnoy-seti.html> (дата обращения: 13.04.2014).