



ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ

Д. В. Шабанов, студент

E-mail: daniil.shabanov00@mail.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

В. Р. Парамонов, студент

E-mail: paramon4ik228mau@mail.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Е. П. Шамаев, доцент

E-mail: shamaever@mail.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

В статье рассмотрим вопрос о возможностях применения Logic Analyzer для улучшения понимания и освоения цифровых интерфейсов студентами технических специальностей. Особое внимание уделено разработке доступной инструкции по работе с прибором и предложениям по интеграции Logic Analyzer в учебный процесс.

Ключевые слова: интерфейс, анализатор, SPI, I2C, обучение.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях быстрого развития цифровых технологий и усложнения электронных устройств возрастает потребность в высококвалифицированных инженерах, способных эффективно решать задачи анализа и отладки сложных систем. Одним из ключевых инструментов в арсенале современного инженера является Logic Analyzer. В данной статье рассматриваются вопросы использования Logic Analyzer для изучения цифровых интерфейсов SPI и I2C студентами технических специальностей. Анализируются преимущества и недостатки различных подходов к обучению, предлагается методика разработки методических материалов, позволяющих упростить процесс освоения данного прибора, а также формулируются рекомендации по его интеграции в учебный процесс.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объекты исследования – интерфейсы SPI и I2C, инструмент Logic Analyzer.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Изучение и анализ работы интерфейсов SPI и I2C: детальный анализ принципов работы и особенностей интерфейсов SPI и I2C на примере реальных устройств (светодиодная матрица, датчик температуры с цифровым выходным сигналом Lm75).

2. Освоение работы с Logic Analyzer: получение навыков практической работы с Logic Analyzer, включая подключение прибора, настройку параметров и интерпретацию полученных данных.

3. Разработка методических материалов: создание подробной и понятной инструкции по работе с Logic Analyzer, ориентированной на студентов с разным уровнем подготовки.

4. Разработка предложений по интеграции Logic Analyzer в учебный процесс: конкретные идеи и рекомендации по внедрению Logic Analyzer в лабораторные работы и практические занятия для студентов технических специальностей.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе работы использованы такие методы, как анализ, описание, сравнение, обобщение и моделирование.

Для проведения экспериментов была выбрана платформа Education Board [1], так как именно она предоставляет широкие возможности в изучении и анализе различных микроконтроллеров и цифровой электроники, также имеются необходимые для наших экспериментов интерфейсы (рисунок 1).

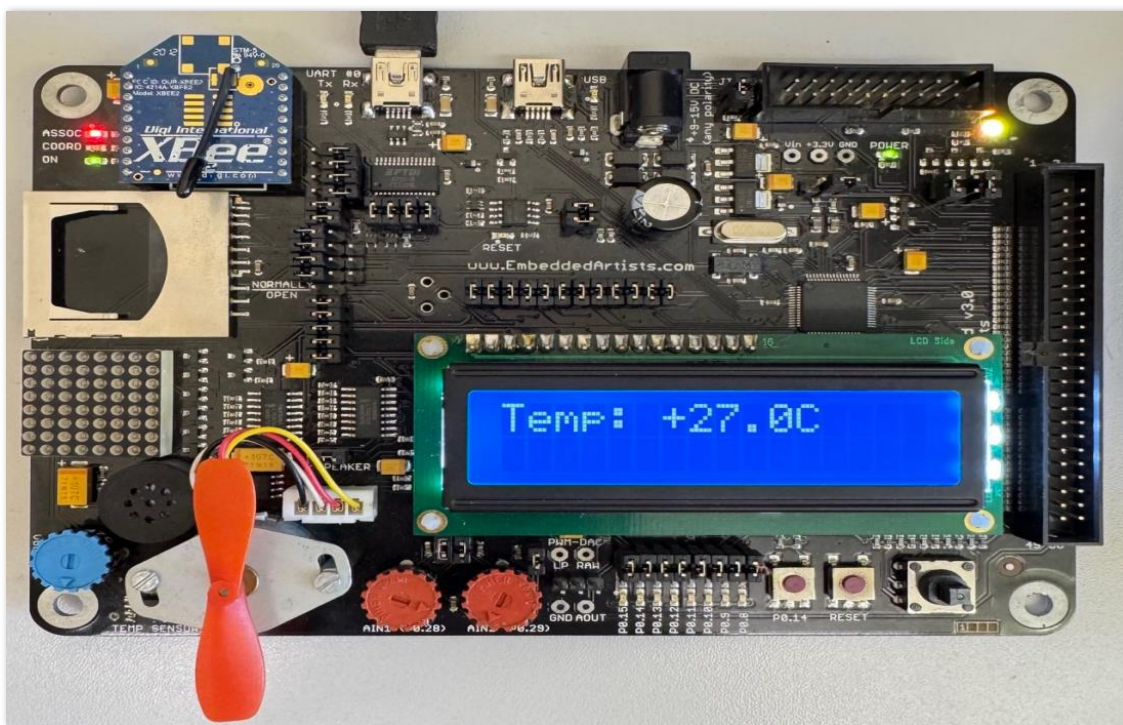


Рисунок 1 – Платформа Education Board

На рисунке 2 приведено Logic Analyzer.



Рисунок 2 – Logic Analyzer

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Изучение и анализ интерфейсов I2C и SPI

Интерфейс I2C (Inter-Integrated Circuit) – это простой и широко используемый последовательный протокол связи между интегральными схемами (микросхемами) на небольшой дистанции. Этот интерфейс используется для передачи данных температуры с датчика Lm75 микроконтроллеру LPC 2148 с выводом на дисплей (рисунок 3) [1].

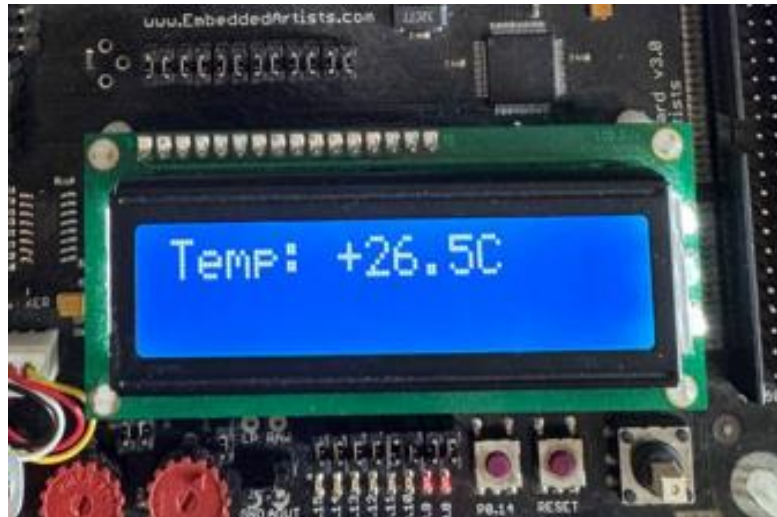


Рисунок 3 – Значение температуры

Для вывода на дисплей используем свободно распространяемую программу Logic 2.4.22. Результаты приведены ниже (рисунок 4). По каналу 0 (Channel 0) наблюдаем синхроимпульсы, по каналу 1 (Channel 1) – информацию, которая в двоичном коде приведена внизу рисунка.

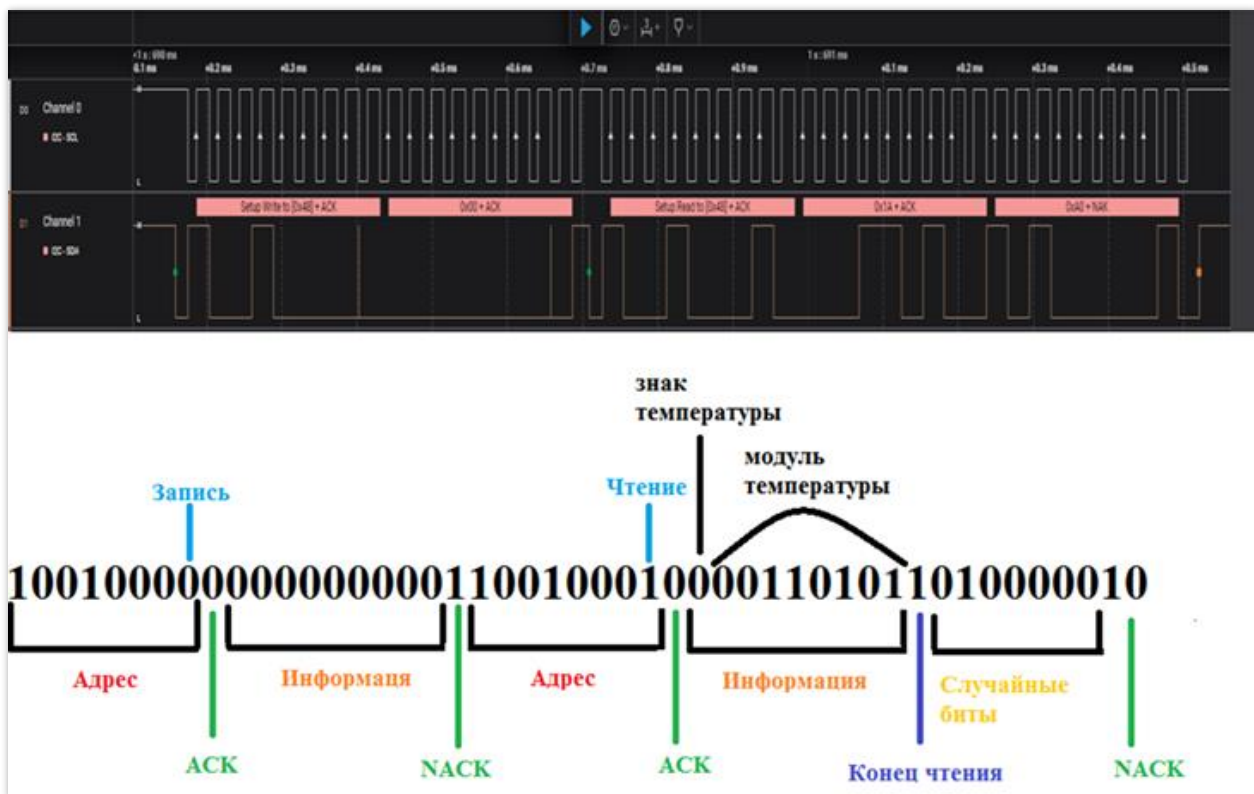


Рисунок 4 – Экспериментальные данные с интерфейса I2C

В данном случае идет 9-битная передача данных:

1. Первые 8 бит – это 7 бит нашего устройства + бит, который говорит о записи [2].
2. Далее идет бит подтверждения.
3. Потом 9 бит информации.
4. Следующий бит означает переключение.
5. Снова идут 7 бит адреса и бит, который уже говорит о чтении.
6. Далее идет бит подтверждения.
7. За ним идет 9 бит информации с температурой, которая зашифрована следующим образом:
 - Первый бит означает знак температуры; 0 это +, 1 это –.
 - Последующие 8 бит представляют собой число, которое нужно перевести в десятичную систему и разделить на 2.
8. В модуле температуры число $(000110101)_2 = 53_{10} \Rightarrow$ температура 26.5 градусов.
9. Потом идет бит, означающий, что чтение больше не идет.
10. Далее идут 7 случайных сигналов и NACK.

SPI (Serial Peripheral Interface) – это быстрый и простой синхронный последовательный интерфейс для связи между микроконтроллером и периферийными устройствами. На плате используется светодиодная матрица, к которой подведена команда о включении каждого светодиода (всего 64 шт.), однако эксперимент проводился с двумя расположенными рядом светодиодами – в целях наглядности и наилучшего усвоения информации (рисунок 5).



Рисунок 5 – Экспериментальная часть интерфейса SPI

Результаты приведены ниже (рисунок 6). По каналу 0 (Channel 0) наблюдаем синхроимпульсы, по каналу 1 и 2 (Channel 1,2) – информацию, по каналу 3 (Channel 3) – отслеживаем включение и выключение ведомых устройств.

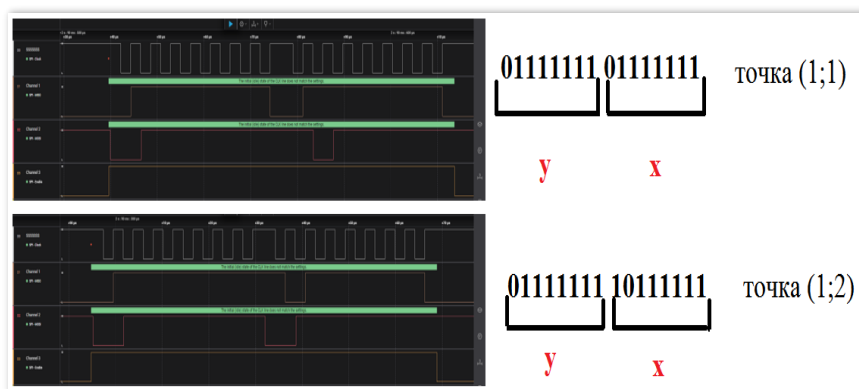


Рисунок 6 – Экспериментальные данные с интерфейса SPI

Итак, в данном случае в этом коде зашифрованы координаты точки по 2 осям.

Данные по каналу 1 (MOSI – мастер выход, ведомый вход), расшифрованы в двоичном коде на рисунке 6 справа [2].

- Первые 8 тактов показывают координату по оси y.
- В двоичном коде 0 обозначает, что лампочка горит, а 1 – не горит.
- Следующие 8 тактов отвечают за ось x, по такому же принципу.

Те же данные были получены с помощью четырехканального осциллографа (рисунок 7).

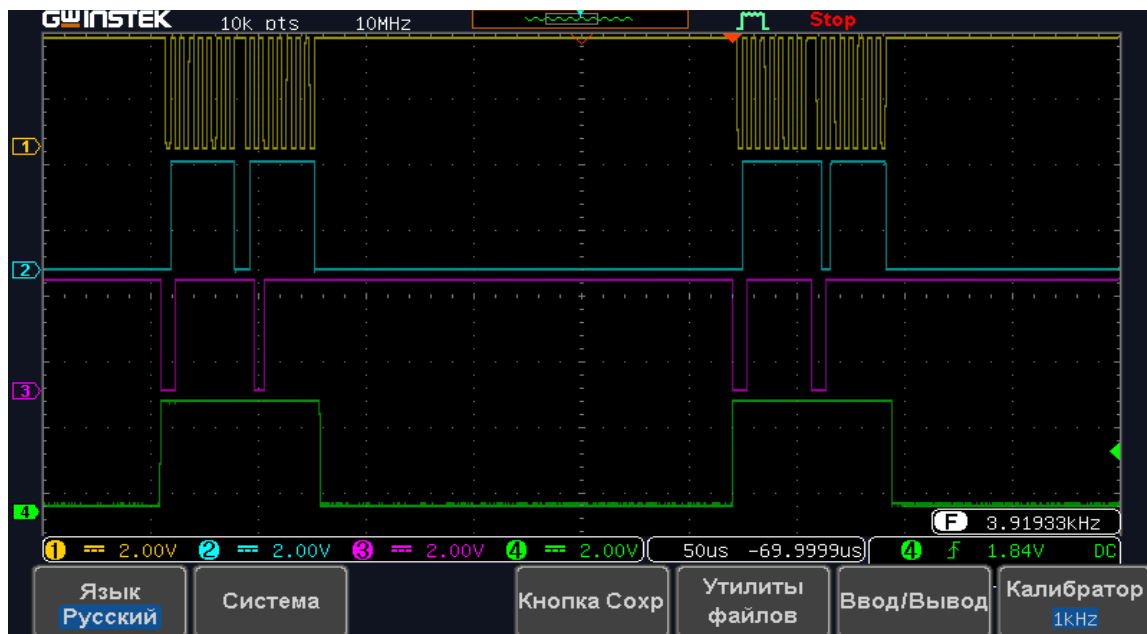


Рисунок 7 – Сигналы SPI на осциллографе

2. Освоение работы с Logic Analyzer

- Для интерфейса I2C

1) Для начала установим соответствующее программное обеспечение – Logic (на примере версии 2.4.22).

2) Подключим наш анализатор следующим образом:

- Линию данных SDA подключаем к одному из предоставленных каналов, например к CH1.
- Линию синхронизации SCL подключаем к другому каналу, например CH2.
- Не забываем подключить «землю» (CND), для нее у нас есть соответствующий канал.

3) Подключаем наш прибор к выводам микроконтроллера LPC2148 (SCL на 9 вывод, SDA на 10, CND на 5) [3].

4) Все оборудование подключается к компьютеру через USB провода (рисунок 8).

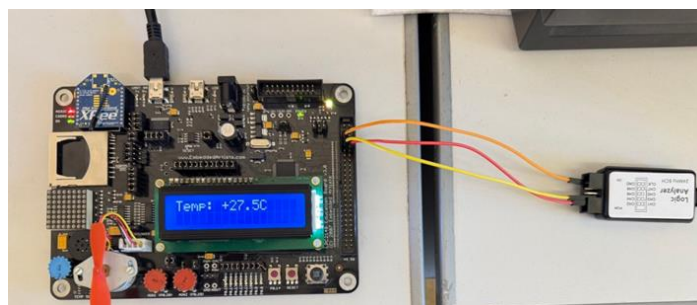


Рисунок 8 – Подключение Logic Analyzer

5) открываем программу Logic и приступаем к настройке:

- Выбираем в списке интерфейс.
- Опираясь на п. 2, выбираем соответствующие каналы для линий SDA – данные и SCL – синхроимпульсы. Сохраняем (рисунок 9).

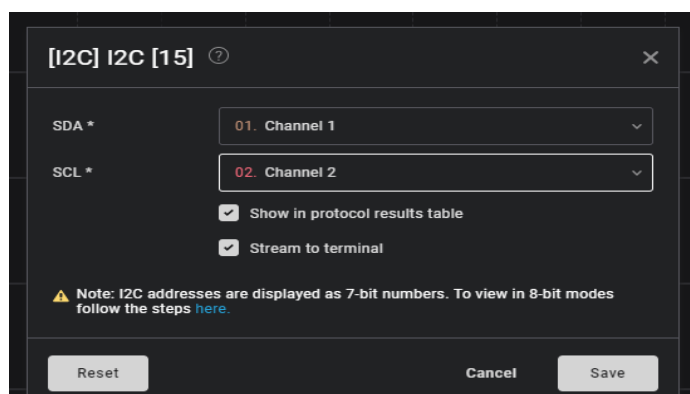


Рисунок 9 – Настройка каналов I2C

• Для интерфейса SPI:

1) Используем то же ПО – Logic 2.4.22.

2) Подключим анализатор следующим образом:

- SCK подключаем к каналу CH1
- MISO подключаем к CH2
- MOSI к CH3
- SSEL к CH4
- Не забываем подключать «землю» (CND), для нее у нас есть соответствующий вывод.

3) Подключаем наш прибор к выводам микроконтроллера LPC 2148 через 50-штырьковый разъем для внешних соединений (SCK на 11 вывод, MISO на 12, MOSI на 13, SSEL на 22, CND на 5).

4) Все оборудование подключается к компьютеру через USB провода.

5) В программе Logic приступаем к настройке:

- Выбираем в списке интерфейс SPI
- Опираясь на п. 2, выбираем соответствующие каналы для наших линий и сохраняем (рисунок 10).

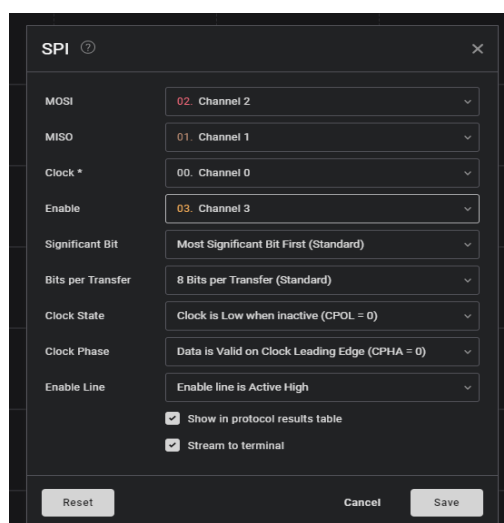


Рисунок 10 – Настройка каналов SPI

3. Разработка методических материалов

Разработанная инструкция приведена по ссылке QR-кода, который предоставит быстрый и легкий переход к электронной версии документа. Мы надеемся, что инструкция окажется полезным инструментом для студентов и специалистов, работающих с Logic Analyzer.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование подтвердило эффективность использования Logic Analyzer в качестве инструмента для обучения студентов технических специальностей анализу и отладке цифровых интерфейсов SPI и I2C.

Новизна разработанной методики расшифровки сигнала последовательных интерфейсов заключается в создании инновационного подробного алгоритма, который обеспечивает наглядность и углубленное понимание процесса. Внедрение работы с Logic Analyzer в лабораторный практикум является новой практикой, которой на данный момент нет в учебном процессе КГТУ по дисциплинам, связанным с передачей информации. В результате студенты нашего университета получают практическое подтверждение теоретических знаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wilfried Voss. A Comprehensible Guide to Controller Area Network. – Copperhill Media, 2005. – Р. 18–25 (дата обращения: 18.03.2025).
2. Основные функциональные модули микроконтроллера на основе ядра АРМ7: практикум / Е. П. Шамаев. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. – С. 28–42. (дата обращения: 18.03.2025).
3. Угренов, А. И. Микропроцессорные системы / А. И. Угренов, А. И. Валенко. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2004. – С. 56–63 (дата обращения: 18.03.2025).

RESEARCH ON INTERNAL SEQUENTIAL INTERFACES

D. V. Shabanov, student
E-mail: daniil.shabanov00@mail.ru
Kaliningrad State Technical University

V. R. Paramonov, student
E-mail: paramon4ik228mau@mail.ru
Kaliningrad State Technical University

E. P. Shamaev, Associate Professor
E-mail: shamaevp@mail.ru
Kaliningrad State Technical University

The article will discuss the potential applications of a Logic Analyzer to enhance the understanding and mastery of digital interfaces by students in technical fields. Special attention is given to the development of an accessible user manual for operating the device and suggestions for integrating the Logic Analyzer into the educational process.

Keywords: *interface, analyzer, SPI, I2C, training.*