

УДК 001.891.53

Цирульник С.М.

ЦК «Радіотехніка»

Вінницький технічний коледж

Ткачук В.М.

Вінницький технічний коледж

Роптанов В.І.

Вінницький національний технічний університет

МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ ЛОГІЧНОГО АНАЛІЗАТОРА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕРФЕЙСІВ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

У статті розглядаються питання, які пов'язані з особливостями застосування багатоканального логічного аналізатора сигналів для дослідження цифрових інтерфейсів інформаційно-вимірювальних систем та впровадження цих досліджень у навчальний процес. Запропонована схема лабораторного макета дає змогу дослідити та проаналізувати логічним аналізатором особливості обміну інформацією між мікроконтролером та LCD індикатором із контролером HD44780, цифровим датчиком температури DS18B20 з інтерфейсом 1-Wire, годинником реального часу DS1307 з інтерфейсом I2C.

Ключові слова: логічний аналізатор, інтерфейс інформаційно-вимірювальних систем, аналізатор протоколу, діагностування цифрових та мікропроцесорних пристроїв.

Постановка проблеми. Широке поширення радіоелектронних пристроїв із застосуванням цифрової обробки сигналів зумовлює підвищений інтерес до питань діагностування їх технічного стану. Одним із різновидів діагностування цифрових вузлів і блоків є покомпонентне тестове діагностування, застосування якого на етапі проектування та виготовлення цифрових пристроїв дає змогу визначити правильність їх функціонування і здійснити процедуру пошуку несправностей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У напрямі розвитку нових методів та засобів технічного діагностування цифрових об'єктів досягнуто значних успіхів. Про це свідчить велика кількість різноманітної літератури, яка опублікована відомими науковими школами таких провідних учених, як: П.П. Пархоменко, Е.С. Согомоян, В.А. Гуляев, А.В. Мозгалевський, В.Г. Тоценко, О.М. Романкевич, Ю.Г. Савченко, І.А. Біргер, Н.Н. Пономарьов, Ю.М. Туз, Е.Т. Володарський, М.П. Цапенко, Н.В. Кіншт, С.П. Ксенз, М.П. Байда, Ю.В. Малишенко, В.П. Чіпуліс, С.Г. Шаршунов, П.С. Давидов, Б.Я. Ліхтциндер, В.С. Харченко,

А.В. Дрозд, В.М. Локазюк, В. Хорвуд, С. Бостром, І. Кінгз, Г. Майєрс, А. Олби тощо [1].

Складність сучасних пристроїв та особливості технологій їх виготовлення обмежують застосування наявних методів діагностування, вимагаючи пошуку певних компромісів. Досвід багатьох провідних фірм світу: CheckSum, GenRed, Agilent 3070, DyagnoSYS (США), Polar (Британія), Гранит (Росія), MicroCraft (Японія), Seico (Італія) [1], які проектують сучасне діагностичне обладнання, показав, що перспективним напрямом випуску якісних цифрових пристроїв є сумісне застосування і подальше удосконалення таких методів тестування, як функційне, внутрішньосхемне сканування та метод периферійного сканування об'єктів.

Постановка задачі. На різних етапах проектування та налагодження цифрових систем використовуються такі спеціалізовані апаратні засоби: логічні аналізатори, осцилографи змішаних сигналів, різні види плат розвитку, схемні симулятори і емулятори, налагоджувальні комплекси, емулятори пам'яті, програматори [2].

На сучасному рівні складності цифрової техніки знання методів параметричного, функцій-

ного, тестового або комбінованого контролю і діагностування стає обов'язковим для фахівців у галузі розроблення й експлуатації цифрових та мікропроцесорних пристроїв. Актуальним є впровадження у навчальну пізнавальну діяльність студентів спеціальностей 122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології», 123 «Комп'ютерна інженерія», 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», 171 «Електроніка», 172 «Телекомунікації та радіотехніка», 173 «Авіоніка» сучасних апаратних засобів підтримки проектування та відлагодження цифрових та мікропроцесорних систем. Одним із доступних та ефективних інструментальних засобів, якому мало приділяють уваги в лабораторних практикумах, є логічний аналізатор.

Метою статті є ознайомлення з методикою дослідження та аналізу інтерфейсів I2C, 1-Wire, LCD індикатора багатоканальним логічним аналізатором сигналів.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Логічний аналізатор «Saleae Logic». Під час пошуку складних несправностей у дискретних

пристроях виникає необхідність одночасного спостереження кількох сигналів поведінки схеми (одноразових і аперіодичних). Таку змогу дає логічний аналізатор.

Логічний аналізатор (далі – ЛА) є комбінацією багатоканального реєстратора двійкових сигналів, побудованого на базі швидкодіючого запам'ятовуючого пристрою з розвинутою системою управління процесом запису даних, і дисплея, що відображає записану в пам'ять інформацію у формі, що є зручною для аналізу [3].

Відповідно до вимог сьогодення, ЛА можна розділити на два основних типи: аналізатори мікропроцесорних систем на програмному рівні опису (embedded microprocessor software debug applications) – аналізатори станів (state analyser) та аналізатори цифрових систем на логічному та часовому рівні (hardware debug applications) – аналізатори часових співвідношень (timing analyser) [2].

Для налагодження мікропроцесорних систем треба не тільки зафіксувати логічний стан, що передається по системній магістралі, а й ідентифікувати інформацію (дані, команди або сигнали керування). Для цього вхідні канали аналізатора розбиваються на дві або три групи. Одна група каналів записує адреси, друга – дані, третя – команди та коди керування.

Найбільш поширеною формою представлення цих ЛА є часові діаграми та таблиці станів.

Вітчизняний ринок засобів діагностування і налагодження цифрових систем має свої особливості. Часто вирішальним фактором є ціна виробу, у зв'язку з чим набули поширення ЛА, виконані у вигляді периферійних пристроїв або плат розширення для персональних комп'ютерів. Однею

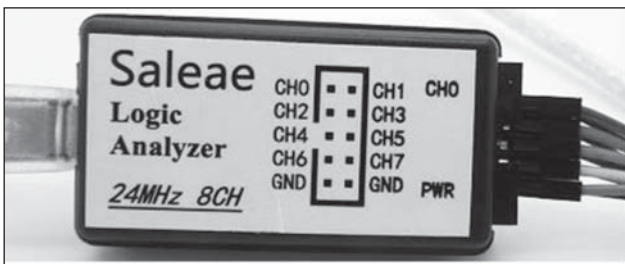


Рис. 1. Зовнішній вигляд 8-канального USB логічного аналізатора

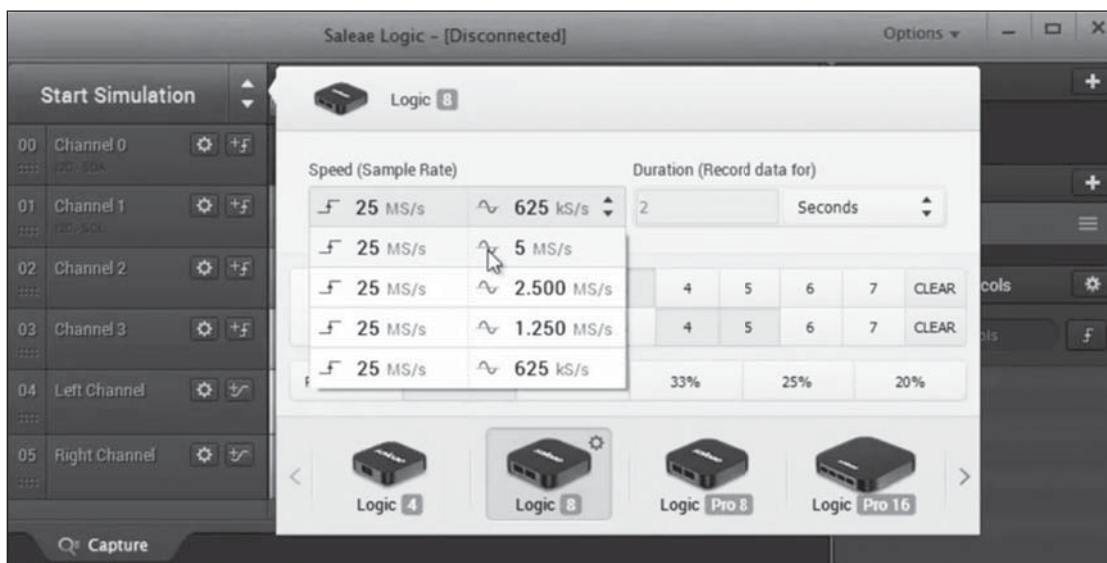


Рис. 2. Програмне забезпечення Saleae Logic. Режим налаштувань

з доступних на вітчизняному ринку є продукція компанії «Saleae», яка пропонує цілий ряд ЛА на базі персонального комп'ютера (ПК) із числом каналів від 4 до 16 і швидкістю запису до 500 МГц [4]. Налаштування системи та візуалізація отриманої інформації виконується програмною оболонкою «Saleae Logic».

Робота з 8-канальним USB логічним аналізатором (рис. 1) можлива тільки після установки програмного забезпечення. Після підключення до вільного USB порта ПК зеленим кольором загоряється світлодіод PWR. Logic Analyzer забезпечує частоту опитування 24 МГц на кожен канал, якщо на шині USB відсутні інші пристрої та комп'ютер має достатню продуктивність. Якщо USB-контролер обслуговує інші пристрої, то частота опитування знижується до 16 МГц або 12 МГц. Після запуску програмного забезпечення «Saleae Logic» (рис. 2) на екран виводиться основне вікно аналізатора, на якому присутнє поле діаграми з вісьма даних для 8 каналів та мітками часу, кнопки вибору бажаного об'єму вибірки та частоти опитування каналів. Заголовок програми Disconnected / Connected змінюється, коли логічний аналізатор підключений до ПК.

На рис. 2 показано режим налаштування програмного забезпечення, який викликається натисанням на правий кут кнопки «Start Simulation». У цьому режимі необхідно вибрати «Logic8»; встановити частоту опитування (Speed) – 25MS/s для цифрових сигналів, 5MS/s для аналогових сигналів; час аналізу сигналів (Duration) – 2 с; вибрати канали для захоплення та режим захоплення за натисненням кнопки або за подію по тригеру.

Програмне забезпечення дає змогу у зручному виді переглядати записані дані, об'єм та частоту зняття яких задається програмно. Передбачений режим курсорних вимірювань, вимірювань частоти та тривалості сигналів. Є можливість експорту даних у зручних форматах для документування.

Для вимірювання часових параметрів передбачені такі режими:

- тривалість (Width): час між двома виділеними фронтами сигналу;
- період (Period): час, між трьома виділеними фронтами сигналу;
- частота (Frequency): величина, що обернена до періоду;
- шпаруватість (Duty Cycle): % часу, при якому сигнал був у стані «1» за певний період;
- байт (Byte): цифрове представлення усіх 8-ми каналів у заданий момент часу;

- T1: абсолютне значення часу, що задане маркером T1;
- T2: абсолютне значення часу, що задане маркером T2.
- |T1 - T2|: час, що пройшов між маркерами.

Приклад аналізу та вимірювання параметрів цифрового сигналу за допомогою логічного аналізатора наведений на рис. 3.

Програмне забезпечення Saleae Logic дає змогу аналізувати багато сучасних інтерфейсів інформаційно-вимірювальних систем (UART, I2C, SPI, 1Wire, CAN та ін.) [4]. Для додавання аналізатора протоколу необхідно вибрати його з меню на

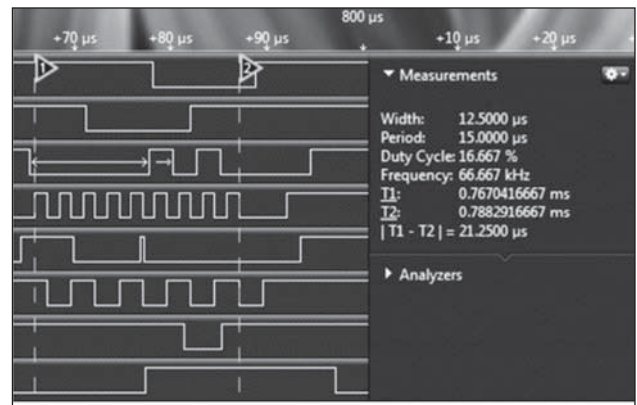


Рис. 3. Saleae Logic. Вимірювання параметрів цифрових сигналів

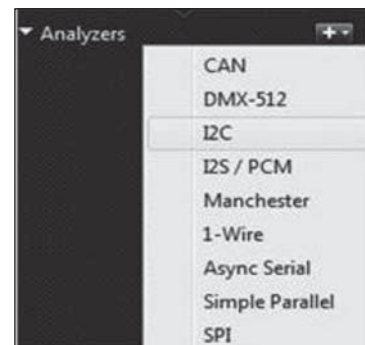


Рис. 4. Вибір аналізатора протоколів

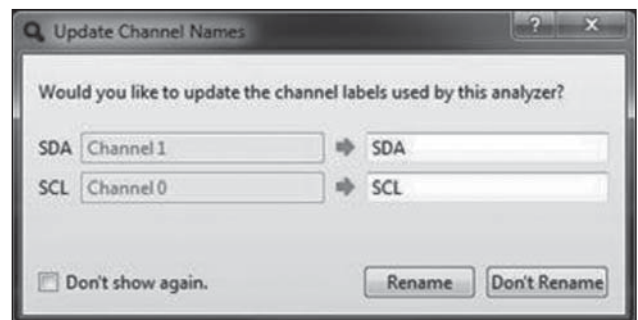


Рис. 5. Налаштування аналізатора протоколів I2C

панелі аналізаторів (рис. 4) та вказати, який канал за який сигнал відповідає (рис. 5). Після додавання/редагування аналізатора він автоматично обробляє усі накопичені в каналі дані (рис. 6).

Методика дослідження інтерфейсів інформаційно-вимірювальних систем. Для навчання роботи з логічним аналізатором та досліджен-

ням інтерфейсів інформаційно-вимірювальних систем пропонується лабораторний макет (рис. 7), який являє собою годинник-календар із давачем температури [5]. Схема складається з контролера керування ATtiny2313 (U1), LCD індикатора 16x2 на HD44780, годинника реального часу DS1307 (U3) з інтерфейсом I2C, давача темпера-

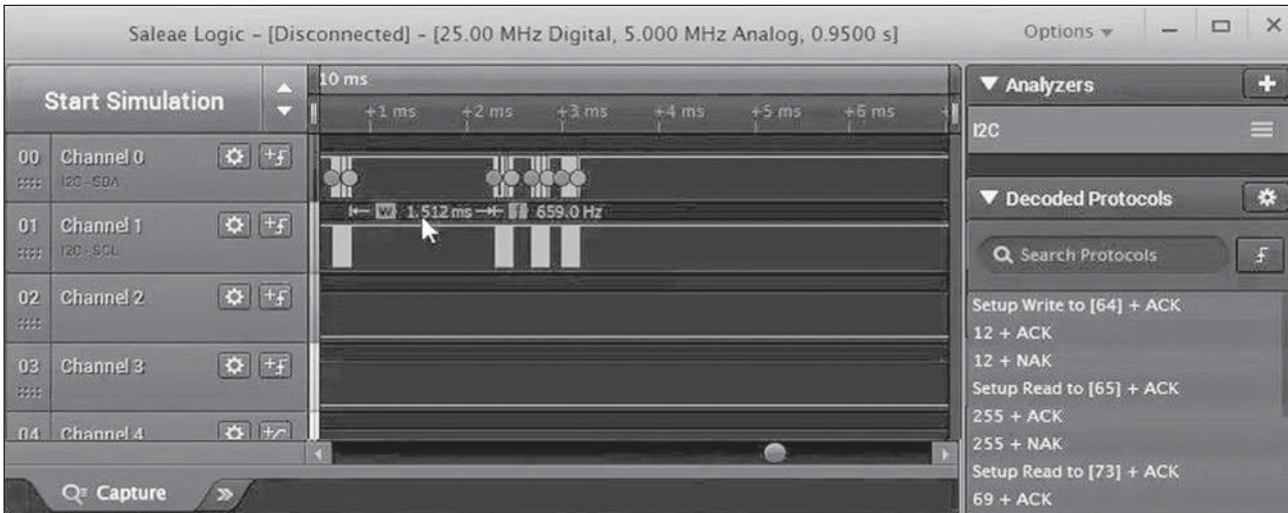


Рис. 6. Аналіз та декодування інформації шини I2C

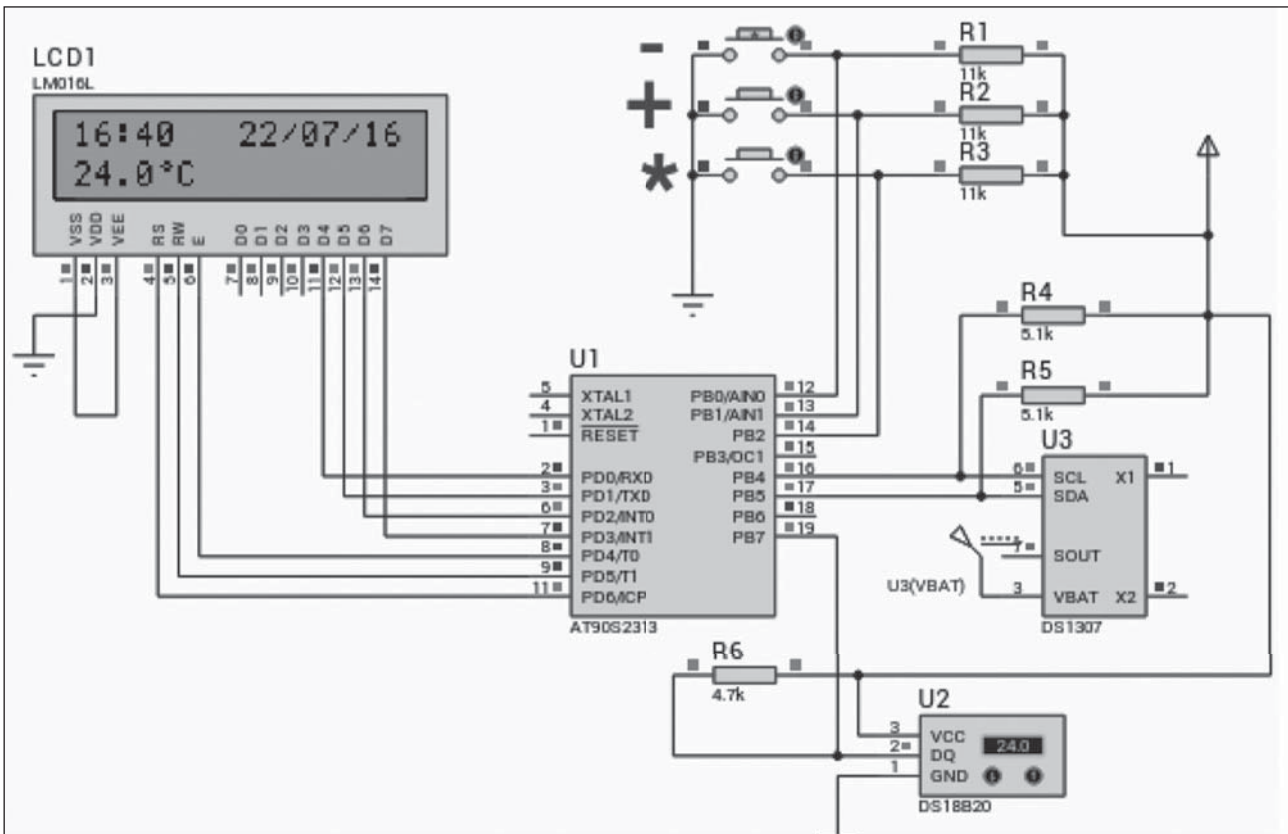


Рис. 7. Схема лабораторного макета

тури DS18B20 з інтерфейсом 1-Wire. Кнопками «*», «+» та «-» установлюється значення годин та календаря. В основному циклі програми відбувається опитування натиснення кнопок. За перериванням таймера, орієнтовно, раз за секунду, мікроконтролер отримує значення температури, дані від годинника реального часу, обробляє ці дані та виводить їх на LCD індикатор.

1. Ознайомитись із конструкцією лабораторного макету (рис. 8) та логічного аналізатора (рис. 1).

2. Підключити логічний аналізатор до персонального комп'ютера. Підключити лабораторний

макет до персонального комп'ютера. Встановити поточну дату та час на LCD індикаторі. З'єднати контакти SCL, SDA лабораторного макету з Logic Analyzer. Запустити програмне забезпечення «Saleae logic» та налаштувати його для роботи (рис. 2).

3. Підключити аналізатор протоколів I2C (рис. 3, 4) та виконати захоплення сигналів логічним аналізатором. Провести аналіз даних на лінії SDA. Провести ретельний аналіз даних із поясненням особливостей обміну інформації між МК (U1) та DS1307 (U3) (рис. 7) [6; 7]. Визначити фізичну

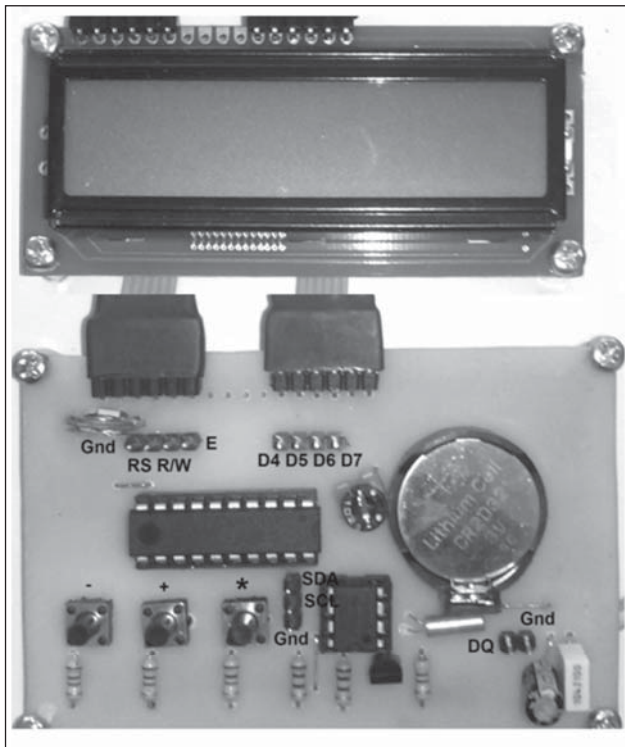


Рис. 8. Зовнішній вигляд лабораторного макета

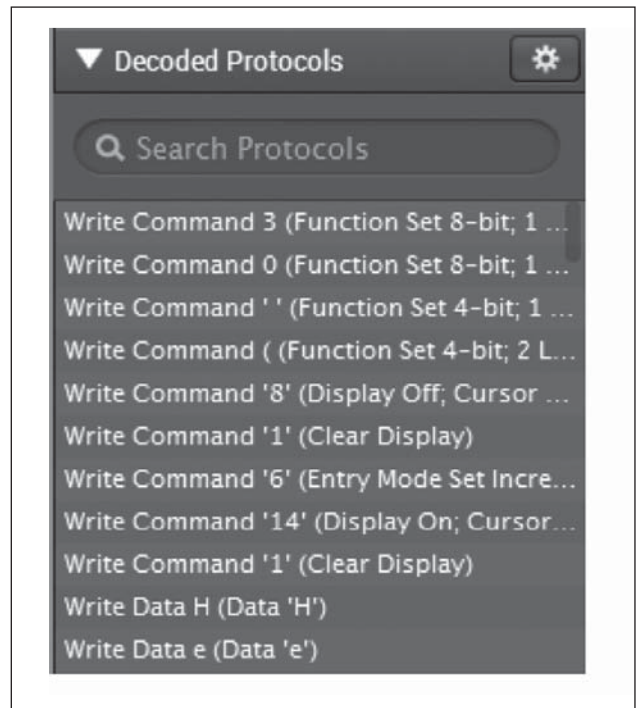


Рис. 10. Приклад декодування протоколу паралельного інтерфейсу LCD індикатора з контролером HD44780

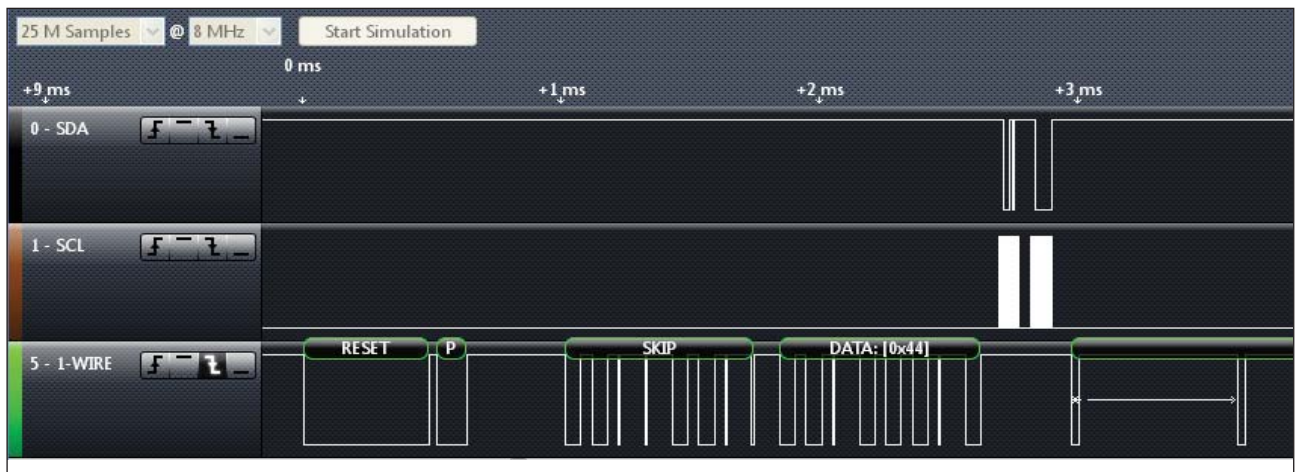


Рис. 9. Аналіз обміну інформації по шині 1-Wire

адресу DS1307 (U3), режим роботи (Read/Write) та дані, що передаються до МК. Виміряти параметри імпульсного сигналу на лінії SCL та задокументувати отриману інформацію.

4. З'єднати контакт DQ лабораторного макету з Logic Analyzer. Підключити аналізатор протоколів 1-Wire, налаштувати його та виконати захоплення сигналів логічним аналізатором. Провести аналіз обміну інформацією між МК (U1) та давачем температури DS18B20 (U2) по шині 1-Wire. Визначити команди мережного та транспортного рівня, що передає МК (рис. 9) [6; 7]. Визначити коди даних та CRC код. Задокументувати отриману інформацію. Показати на часовій діаграмі такі елементи: 1-Wire Reset, Presence Pulse, Overdrive commands and data, All Standart ROM commands, Data Bytes. Виміряти тривалість імпульсу 1-Wire Reset, паузи та імпульсу присутності 1-Wire пристрою Presence Pulse.

5. Підключити шупи логічного аналізатора до контактів LCD індикатора: DB7-CH0, DB6-CH1,

DB5-CH2, DB4-CH3, E-CH4, R/W-CH5, RS-CH6. Підключити аналізатор протоколів HD44780, налаштувати його та виконати захоплення сигналів логічним аналізатором. Провести аналіз обміну інформацією між МК (U1) та LCD індикатором (рис. 10). Навести коди команд та даних, що передаються мікроконтролером. Розшифрувати їх [6; 7]. Порівняти їх з інформацією, що відображається на індикаторі.

Висновки. Запропонована методика дослідження дає змогу набутися знання та отримати практичні навички з дослідження та аналізу роботи цифрових та мікропроцесорних систем із різноманітними інтерфейсами інформаційно-вимірювальних систем та протоколами передавання даних, що необхідно для параметричного, функційного, тестового та комбінованого контролю і діагностування інтегральних схем різного ступеня інтеграції, а також змонтованих на їх базі вузлів, пристроїв, що розміщують на друкованих платах.

Список літератури:

1. Азаров О.Д., Перевозніков С.І., Біліченко Н.О., Озеранський В.С. Діагностування цифрових пристроїв. Навчальний посібник. Вінниця: Універсум-Вінниця, 2009. 74 с.
2. Перцовский М., Воробьев Е., Трифонов А. Применение логических анализаторов в тестировании цифровой техники. Современные технологии автоматизации. 2000. № 2. С. 6–12.
3. Озеранський В.С. Перевозніков С.І. Особливості використання логічного аналізатора в системах покомпонентного діагностування цифрових пристроїв. Інтернет Освіта Наука: матеріали X Міжнар. наук.-техн. конф. ІОН-2016, 11–14 жовт. 2016, Вінниця. 2016. С. 84–85.
4. Офіційна сторінка компанії Saleae. URL: <http://www.saleae.com/logic>.
5. Радиокот. Часы, календарь, термометр. URL: <http://radiokot.ru/circuit/digital/home/54>.
6. Цирульник С.М. Лисенко Г.Л. Проектування мікропроцесорних систем. Вінниця: ВНТУ, 2012. 191с.
7. Рюмик С.М. 1000 и одна микронтроллерная схема. Вып. II. М.: «Додека-XXI», 2011. 400 с.

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В статье рассматриваются вопросы, связанные с особенностями применения многоканального логического анализатора сигналов для исследования цифровых интерфейсов информационно-измерительных систем и внедрением этих исследований в учебный процесс. Предложенная схема лабораторного макета позволяет исследовать и проанализировать логическим анализатором особенности обмена информацией между микроконтроллером и LCD индикатором с контроллером HD44780, цифровым датчиком температуры DS18B20 с интерфейсом 1-Wire, часами реального времени DS1307 с интерфейсом I2C.

Ключевые слова: логический анализатор, интерфейс информационно-измерительных систем, анализатор протокола, диагностирования цифровых и микропроцессорных устройств.

THE TECHNIQUE OF APPLYING LOGIC ANALYZER TO STUDY THE INTERFACES OF INFORMATION-MEASURING SYSTEMS

Questions, which related to specific applications of multi-channel logic analyzer of signals to digital interface research information and measurement systems and implementation of research in an educational process, examined in the article. The layout of the laboratory model represents a clock-calendar on the microcontroller ATtiny2313 with temperature sensor DS18B20 interface 1-Wire, real time clock DS1307 I2C interface and LCD display with HD44780 controller with parallel interface control. Logical multichannel signal analyzer connects to a PC via USB. Research and analysis of signals performed by free software "Saleae logic". The technique allows the study to acquire knowledge and gain practical skills in research and analysis of digital and microprocessor systems upcoming embedded developer.

Key words: logic analyzer interface information and measurement systems, protocol analyzers, diagnostics digital and microprocessor devices.