

УДК 004.415.2

СИСТЕМА ЗБИРАННЯ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ МІКРОКОМП'ЮТЕРА RASPBERRY PI

В. Гошовський¹, В. Дзіковський², Р. Мисюк², В. Рабик², І. Сасовець²

¹ДНВП “Термоприлад-3”, вул. Наукова, 3, 79060 Львів, Україна

²Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Ген. Тарнавського, 107, 79017 Львів, Україна

RabykV@ukr.net

Розглянуто апаратну і програмну реалізацію системи збирання інформації з вимірювальних пристроїв на основі мікрокомп'ютера Raspberry Pi та передавання її на віддалений сервер з подальшим записом у базу даних. Передавання даних між мікрокомп'ютером та сервером може відбуватися по мережі Ethernet, за допомогою GSM модема або через мережу інтернет. Зв'язок з вимірювальними пристроями користувач може забезпечити через реалізовані web інтерфейс, Android додаток для смартфонів або програму Interface Control для комп'ютерів з ОС Windows.

Ключові слова: система збирання інформації, вимірювальні пристрої, мікрокомп'ютер Raspberry Pi, протокол Modbus, інтерфейс RS-485, файлообмінник Dropbox, база даних.

Для організації зв'язку між вимірювальними пристроями та мікрокомп'ютером Raspberry Pi застосовано протокол Modbus [1], який як середовище для передавання даних використовує інтерфейс RS-485. Протокол Modbus є протоколом типу “ведучий–ведений”. У довільний момент часу до шини може бути підключений тільки один ведучий пристрій (Master) і один або декілька (1–247) ведених пристроїв (Slave). Протокол Modbus передбачає використання адрес ведених пристроїв в інтервалі 1–247. Кожний пристрій у мережі має свою унікальну адресу.

Протокол Modbus може використовувати два режими послідовного передавання: ASCII або RTU. У разі застосування ASCII режиму кожний байт повідомлення передається як два ASCII символи. Передавання кожного байта починається зі старт-біта, після якого йдуть 8 біт даних, біт парності і стоп-біт.

Обмін даними по протоколу Modbus виконують фреймами. Фрейм починається з передавання адреси пристрою, до якого відправляється запит або адреси пристрою, що формує відповідь. Після передавання адреси йде байт функції, яка визначає функціональну належність запиту або відповіді. Діапазон можливих значень – 0–255. Далі виконується побайтно передавання даних. Кількість байтів, що передаються, може становити від 0 до 252. Після передавання даних ідуть два байти контрольної суми, призначені для перевірки вірогідності інформації, яку приймають. Відповідно до протоколу Modbus/RTU, довжина фрейму може бути змінною, не більше 256 байт.

Інтерфейс RS-485 використовує для з'єднання одну пару дротів (лінії А і В). Лінії зв'язку узгоджують з двох кінців резисторами. Максимально можлива довжина лінії

зв'язку визначена, головню, характеристиками кабелю. Для зменшення впливу на лінії електромагнітних завад використано кабель типу “кручена пара”. Для приєднання вимірювальних пристроїв до інтерфейсу RS-485 контакти “А” і “В” пристроїв приєднують до ліній А і В інтерфейсу. Схема приєднання приладів RE-205 [2], СТС-0189М [3] у мережу зображена на рис. 1.

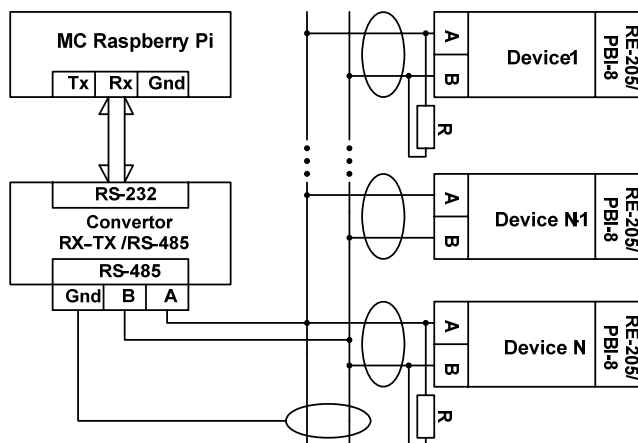


Рис. 1. Структурна схема приєднання пристроїв RE-205, PBI-8 до інтерфейсу RS-485.

Пристрій RE-205 [2] – це мікропроцесорний регулятор, призначений для використання на об’єктах автоматичного регулювання та сигналізації температури чи інших величин, попередньо перетворених в електричний сигнал. Регулятор може працювати з термоелектричними перетворювачами ХА(Р), ХК(Л), ЗК(І), ПП(Р, S, В), МК(Т), термоперетворювачами опору 100П, 50П, Pt100, Pt1000, 100М, 50М, а також з сигналами 0–1 В, 0–5 мА, 0–20 мА, 4–20 мА. Він підтримує двопозиційний, пропорційний (П), пропорційно-диференційний (ПД), пропорційно-інтегрально-диференційний (ПІД) закони регулювання.

Пристрій СТС-0189М [3] – це мікропроцесорний сигналізатор температури, призначений для вимірювання температури по вісьмох каналах і сигналізації про вихід значень температур або інших величин, попередньо перетворених в електричний сигнал, за допустимі межі. Складається з блока комутації та вимірювання СТС-0189М1, блока сигналізації та індикації СТС-0189 та бар’єра іскрозахисту ТФ-3388, що включений між ними. Як і регулятор RE-205, сигналізатор СТС-0189М може працювати з термоелектричними перетворювачами, термоперетворювачами опору й аналоговими сигналами.

У мікрокомп’ютері Raspberry Pi нема інтерфейсу RS-485, тому необхідний спеціальний адаптер – конвертор RX-TX / RS-485. Схема конвертора, який використано в реалізованій системі збирання інформації, зображена на рис. 2.

Гальванічна розв’язка напруги живлення мікрокомп’ютера Raspberry Pi та цифрового ізолятора AduM1201 [4], драйвера інтерфейсу RS-485 MAX13487 [5] реалізована на основі однополярного DC-DC перетворювача RM-0505 [6] виробництва фірми Resom. Цифровий ізолятор AduM1201 [5] компанії Analog Devices має два незалежні канали, працює від однополярного джерела живлення, приєданого до будь-якого боку пристрою, з напругою від 2,7 до 5,5 В. Це дає змогу виконувати перетворення рівнів через

ізоляційний канал. Ізолятор AduM1201 забезпечує високу швидкість передавання (до 25 Мбіт/с) і витримує дію вхідного синфазного сигналу зі швидкістю наростання понад 25 кВ/мкс.

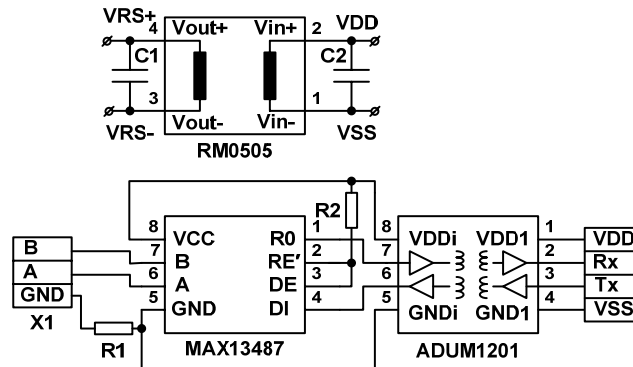


Рис. 2. Принципова схема конвертора RX-TX/RS-485.

Керування вимірювальними пристроями виконує мікрокомп'ютер Raspberry Pi [7], який працює на основі ОС Raspbian. Основою мікрокомп'ютера Raspberry Pi (Model B) [7] є система на кристалі (SoC) Broadcom BCM2835 з процесором ARM1176JZF-S (частота 700 МГц) і відеоприскорювачем VideoCore IV, що підтримує Full HD. Ємність ОЗП становить 512 МБт. До його складу входять також два порти USB 2.0, рознімач портів введення/виведення (GPIO), Ethernet адаптер 10/100Mb RJ45.

Для цього мовою C реалізовано програму ModBus_RS485, яка формує запити до вимірювальних пристроїв, приєднаних до мережі; отримує від них відповіді; записує отримані дані в файли, які зберігаються на SD Card мікрокомп'ютера; контролює вірогідність зчитаних даних. Контроль даних виконує функція, яка обчислює контрольну суму. У разі успішного виконання запиту повертається значення комірки регістра, до якого виконувався запит. У випадку невдалої спроби зчитування з регістра – повертається значення 99999. Використовувані в цьому разі параметри задає користувач на сервері, вони передаються у вигляді файлу Settings_register.txt на мікрокомп'ютер. Отримані від пристроїв дані передаються на комп'ютер у файлі з розширенням *.txt. Назва файлу – номер пристрою, до якого були надіслані відповідні запити на зчитування даних або записування у визначені користувачем регістри. Після зчитування даних із файлу з розширенням *.txt і записування їх у базу даних цей файл видаляється. Користувач має змогу переглянути всі доступні в мережі вимірювальні пристрої.

Програма ModBus_RS485 дає змогу працювати з такими функціями протоколу ModBus: записування значення одного аналогового виходу або регістра (код функції 0x06); читання декількох проміжних регістрів або аналогових виходів (код функції 0x03). Під час виконання функції записування в регістр для збереження змін необхідно також записати у регістр REGISTER_NUMBER значення VALUE. Для кожного пристрою значення REGISTER_NUMBER та VALUE можуть відрізнятися і містяться в інструкції користувача, яку надає виробник.

Структура запиту для виконання однієї з функцій протоколу ModBus:

перший байт – адреса пристрою;

другий байт – код функції, що виконуватиметься;
третій байт – молодший байт початкової адреси комірки (регістра);
четвертий байт – старший байт початкової адреси комірки (регістра);
п'ятий байт – молодший байт кількості регістрів;
шостий байт – старший байт кількості регістрів;
сьомий байт – молодший байт контрольної суми повідомлення;
восьмий байт – старший байт контрольної суми повідомлення.

Дані, зчитані з вимірювальних пристроїв, зберігаються в теках на SD Card мікрокомп'ютера. Тека ModbusData з даними міститься в кореневому каталозі. У ній для кожного пристрою мережі створена своя тека з ім'ям, що відповідає номеру пристрою. У кожну з цих тек записуються файли з даними вимірювань відповідного пристрою.

Для зміни параметрів вимірювань пристроїв мережі RS-485 формується файл з параметрами ініціалізації, який з сервера передається на мікрокомп'ютер Raspberry Pi. У цьому файлі задана така інформація:

- номер функції, що виконуватиметься;
- номер вимірювального пристрою у мережі;
- номер регістра або декількох регістрів, у які записуватимуться нові значення параметрів;
- час оновлення даних;
- нове значення для запису в регістр.

Функціональна схема реалізованої системи вимірювання та передавання інформації зображена на рис. 3.

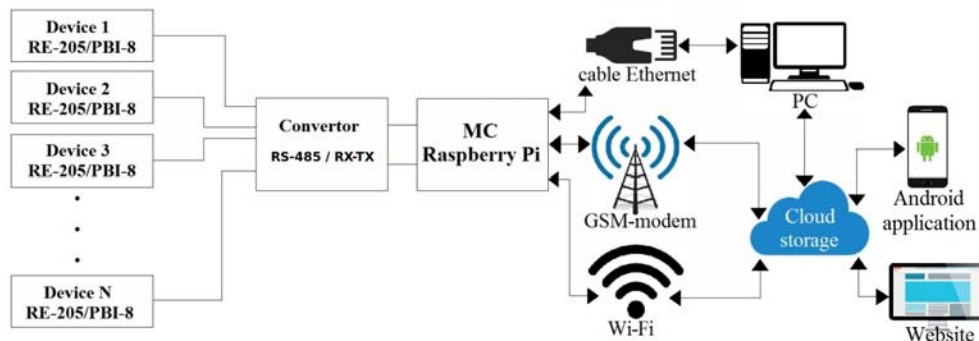


Рис. 3. Функціональна схема системи збирання та передавання інформації.

Обмін інформацією між мікрокомп'ютером Raspberry Pi та сервером може відбуватися через дротовий зв'язок Ethernet, бездротовий зв'язок Wi-Fi або GSM-модем. Вимірювальні дані можуть зберігатися на комп'ютері або в хмарних сховищах. У разі налаштування з'єднання між комп'ютером і Raspberry Pi дані зберігаються в базі даних комп'ютера. Якщо ж використовують інтернет-з'єднання, то дані вимірювань і файл налаштувань вимірювальних приладів мережі RS-485 зберігатимуться в сховищі даних на віддаленому сервері.

Для зберігання даних та файлів сьогодні щораз частіше використовують файлообмінники. Найпопулярнішими серед них є Google Drive, One Drive, Amazon Cloud Drive,

Dropbox. У реалізованій системі збирання інформації для її зберігання використовують Dropbox – файлообмінник та синхронізатор файлів від компанії Dropbox Inc [8]. Він має кросплатформенний клієнт (ОС Windows, Mac і Linux), за допомогою якого можна завантажувати файли на сервер.

Використання файлообмінника Dropbox потребує створення акаунту та авторизації користувача в системі. Для з'єднання зі сховищем необхідно ввести такі дані: App key, App secret та Access Token, а для цього потрібно встановити Dropbox Uploader на Raspberry Pi. Після цього для обміну даними між мікрокомп'ютером Raspberry Pi та віддаленим сервером на Dropbox використовують тільки команди, які вводять у терміналі на Raspberry Pi.

Завантаження файлу на Dropbox виконують командою

```
./dropbox_uploader.sh upload path/to/file dropbox filename
```

Для зчитування файлу з Dropbox використовують команду

```
./dropbox_uploader.sh download path/to/file
```

Видалення файлу на Dropbox виконують командою

```
./dropbox_uploader.sh delete path/to/file
```

Для періодичного зчитування вимірних даних з приладів мережі, оновлення файлу налаштувань використано crontab. Файл налаштувань параметрів вимірювальних приладів, який надсилається на Raspberry Pi, є однакової структури в web інтерфейсі, Android додатка для смартфона та програмі Interface Control для комп'ютера.

Програма Interface Control написана мовою C# в середовищі Visual Studio 2013 і дає змогу виконувати збирання даних з пристроїв та їхню обробку. У ній реалізовано функціонал та інтерфейс для роботи з базою даних My SQL, формування файлу налаштувань для роботи з пристроями й отримання файлу з даними вимірювань, візуалізацію отриманих даних. Інтерфейс програми зображений на рис. 4.

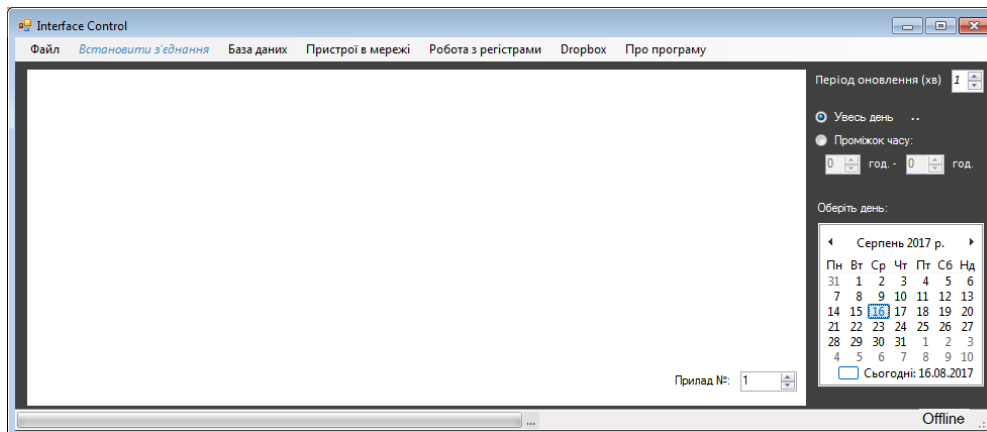


Рис. 4. Вигляд інтерфейсу програми Interface Control.

Меню програми “Встановити з’єднання” дає змогу з’єднати комп’ютер з мікрокомп’ютером. Для цього у текстових полях зазначеного вікна (рис. 5) потрібно ввести IP-адресу мікрокомп’ютера, ім’я користувача та пароль. Після натискання на кнопку

“Застосувати налаштування” виконується підключення до мікрокомп’ютера Raspberry Pi.

Меню програми “База даних” дає змогу виконати з’єднання з базою даних MySQL, переглянути її, застосувати фільтр для її даних та очистити базу даних. У разі вибору підменю “З’єднатися з базою даних” відкривається вікно, зображене на рис. 6. У ньому містяться поля для введення імені користувача, пароля, назви нової бази даних і таблиці у ній.

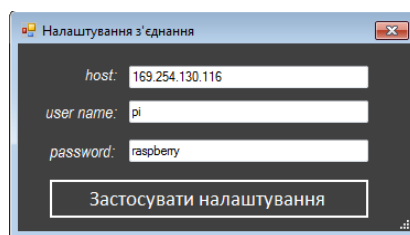


Рис. 5. Вигляд вікна “Налаштування з’єднання” меню програми Interface Control.

Меню програми “Пристрої в мережі” дає змогу відображати всі приєднані до мікрокомп’ютера вимірювальні пристрої. Для цього виконують запит до реєстра, у якому містяться дані про номер пристрою.

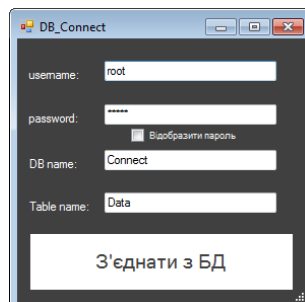


Рис. 6. Вигляд вікна “З’єднатися з базою даних” підменю програми Interface Control.

За допомогою меню програми “Робота з реєстрами” можна вчитати параметри заданих користувачем реєстрів пристрою, а також змінити їхні значення. Під час зчитування значення реєстра реалізується одноразовий запит до пристроїв мережі. Для цього у вікні, що відкривається, потрібно вибрати функцію, номер пристрою та реєстр. Переглянути значення параметра можна, натиснувши на кнопку “Вичитати” (рис. 7, а). Результат запиту буде відображений у поточному вікні. Для зміни значення реєстра в полі, яке відображається в разі вибору цієї функції, вводимо нове значення. Для внесення зміни необхідно також натиснути на кнопку “Вичитати”.

У підменю програми “Робота з реєстрами” формуються запити, які періодично надсилає мікрокомп’ютер пристроям у мережі. Для зчитування значення параметра, який записаний у реєстр пристрою, або зміни його у вікні підменю “Налаштування функцій реєстрів” потрібно обрати функцію, номер пристрою, номер реєстра та період запису. Зміна зчитуваного значення параметра буде виконана після натискання на кноп-

ку “Надіслати” (див. рис. 7, б). Зчитувати значення можна з одного або декількох регістрів. Мікрокомп’ютер з заданим інтервалом часу виконуватиме запит до пристрою і вчитані дані будуть записані в базу даних.

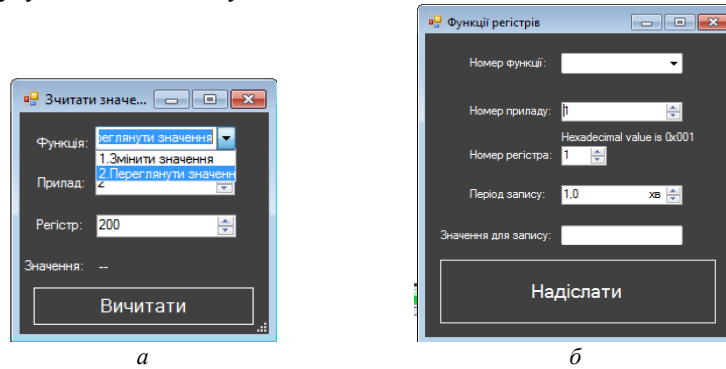


Рис. 7. Видяг вікон підменю:
а – “Зчитати значення”; б – “Налаштування функцій регістрів”
меню “Робота з регістрами” програми Interfac Control.

Web-інтерфейс реалізований з використанням мов програмування HTML, CSS і JavaScript. Він дає змогу віддалено керувати процесом вимірювань та переглядати отримані дані. Його інтерфейс зображений на рис. 8.



Рис. 8. Вікно інтерфейсу web-сайту для віддаленого керування вимірювальними пристроями.

Інтерфейс сайту складається з декількох панелей, які забезпечують керування сайтом, дають змогу змінювати набір доступного для користувача функціонала залежно від його прав доступу, відображати дані, отримані від вимірювальних пристроїв у мережі, створювати файл налаштувань, отримувати доступ до віртуального сховища даних.

Після відкриття в браузері web-сайту бачимо вікно авторизації користувача, у якому необхідно ввести логін і пароль для доступу до його розширених можливостей. Якщо

ж користувач не зареєстрований у системі, то він може перейти до гостьової панелі, яка надає йому можливість переглядати дані вимірювань. Дані для відображення на веб-сайті попередньо завантажуються зі сховища DropBox та зберігаються у форматі *.txt на комп'ютері.

Перегляд результатів вимірювань пристроями RE-205 та СТС-0189М, керування ними можна також виконувати за допомогою додатка Interface Control для ОС Android, який написаний мовою Java в середовищі Android Studio 2.2. Незареєстрованим користувачам для входу в систему потрібно зареєструватися. Зареєстровані користувачі зберігаються в базі SQLite. Інтерфейс додатка Interface Control для ОС Android зображений на рис. 9.

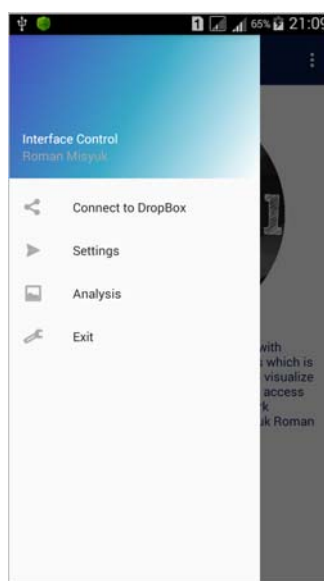


Рис. 9. Інтерфейс додатка Interface Control для смартфонів.

Реалізований додаток дає змогу налаштувати з'єднання зі сховищем даних DropBox, налаштувати функції зчитування даних з пристроїв, отримати дані вимірювань з пристроїв та візуалізувати їх, вийти з системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Modicon Modbus Protocol Reference Guide [Electronic resource]. – Mode of access: http://modbus.org/docs/PI_MBUS_300.pdf
2. Регулятори температури [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://tp.lviv.ua/86/>
3. Сигналізатори температури [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tp.lviv.ua/128/>
4. ADuM1200/1201. [Electronic resource]. – Mode of access : http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADuM1200_1201.pdf
5. MAX13487. [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.rs232-converters.com/ic_datasheets/MAX13487.pdf

6. RM-0505. [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.recom-power.com/pdf/Econoline/RM.pdf>
7. Raspberry Pi. Getting Started Guide. [Electronic resource]. – Mode of access: http://d4c027c89b30561298bd-484902fe60e1615dc83faa972a248000.r12.cf3.rackcdn.com/supporting_materials/Raspberry%20Pi%20Start%20Guide.Pdf
8. DropBox [Electronic resource]. – Mode of access : <https://www.dropbox.com/>

Стаття: надійшла до редакції 23.08.2017,

доопрацьована 01.09.2017,

прийнята до друку 27.09.2017

DATA ASQUISITION SYSTEM BASED ON RASPBERRY PI MICROCOMPUTER

V. Goshovsky¹, V. Dzikovskyi², R. Mysiuk², V. Rabyk², I. Sasovets²

¹DNVP “Termoprylad-3”, Naukova Str, 3, UA - 79060 Lviv, Ukraine

²Ivan Franko National University of Lviv,
Tarnavskogo Str. 107, UA - 79017 Lviv, Ukraine
RabykV@ukr.net

Hardware and software implementation of a system for data acquisition from measurement instruments based on the Raspberry Pi microcomputer is described. This system gathers the data and sends them to the remote server for further loading into the database. The functional diagram for connecting the RE-205 and PBI-8 devices to the RS-485 interface is given. The mentioned devices are the temperature controller and the 8 channel temperature display, respectively. Another schematic diagram shows the implementation of RS-232 to RS-485 converter used for connection of RS-485 interface to the Raspberry Pi microcomputer. The ModBus-485 application for the Raspberry Pi (Raspbian) is written in C language. This app allows one to form queries to the network - connected RE-205 and PBI-8 devices, get data from them and store the measurement results in the SD card of the microcomputer as well as to check the reliability of those data. The functional diagram for gathering and transfer of the data is also given.

The data transfer between the microcomputer and the server is possible via the Ethernet network, by a GSM module or via the Internet connection. The results of measurements can be stored at the computer as well as in the DropBox storage. The user can control the instruments using the Web interface, or an Android application, or by the Interface Control software for MS Windows. The dedicated web interface allows the user to remotely control the data acquisition process and view the data.

The Interface Control application (Android) for the smartphones makes it possible to set the connection with the DropBox, get and process the data from measurement devices. Also this application contains the interface to the My SQL database, allowing one to create the settings files for the devices, get the data files and visualize them.

Key words: data acquisition system, measuring instruments, microcomputer Raspberry Pi, protocol Modbus, RS-485 interface, file hosting service Dropbox, Database.