Кулиев Р. И.
Kuliev R.I.

младший научный
сотрудник Института
конструкторско-
технологической
информатики
Российской академии наук,
г. Москва,
Российская Федерация

Шептунов С. А.
Sheptunov S. A.

доктор технических
наук, профессор,
директор Института
конструкторско-
технологической
информатики
Российской академии наук,
г. Москва,
Российская Федерация

Шевхужев А. О.
Shevhuzhev A.O.

аспирант,
младший научный сотруд-
ник Института конструкторско-технологической
информатики Российской
академии наук,
г. Москва,
Российская Федерация

УДК 004.056

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ

Адгезиометр представляет собой устройство, состоящее из тяжелого основания, на котором крепится электродвигатель РД-09А, соединенный через муфту с редуктором, подвижная платформа и стойка с датчиком. Подвижная платформа через передачу типа «винт-гайка» соединена с электродвигателем. Диапазон передвижения платформы ограничен концевыми выключателями с двух сторон. На платформе закреплены нагреватели для возможности испытания образцов при повышенных температурах. На стойке закреплен тензометрический датчик, который регистрирует усилие на образцах при их растяжении подвижной платформой.

В данной статье рассматривается программное обеспечение для автоматизированного проведения серий измерений на примере лабораторного стенда измерения адгезии, описываются процессы проведения серии измерений без участия оператора. Разработано программное обеспечение для ПК, осуществляющее сбор данных и визуализирующее процесс.

Датчик представляет собой полный мост Уитстона, что, в свою очередь, является классическим решением в тензометрии. Его выходной сигнал представляет собой два уровня напряжения, отклоняющихся от уровня $U_{пит}/2$ в противофазе при подаче усилия на измерительный фланец датчика. Для усиления и регистрации таких сигналов используются инструментальные усилители, которые работают в дифференциальном режиме. Амплитуда отклонения напряжения составляет порядка нескольких милливольт.

Взаимодействие микроконтроллера и персонального компьютера осуществляется через последовательный порт. Был разработан протокол обмена данными. Для упрощения процесса приема данных был применен протокол с фиксированной длиной пакета. Первые два байта каждого пакета всегда одинаковые, используются в качестве признака начала. Третий и четвертый байт – знаковое 16-битное число, сигнал с аналого-цифрового преобразователя. Пятый байт – сигналы о состоянии системы. Шестой и седьмой – контрольная сумма. Использование контрольной суммы в протоколе позволяет повысить помехозащищенность линии связи, исключив прием поврежденных данных.

Разработанное программное обеспечение для персонального компьютера при запуске выполняет поиск лабораторной установки и подключение к ней.

Ключевые слова: Микроконтроллер, сигма-дельта АЦП, тензометрия, измерения, лабораторный стенд, программное обеспечение, микропрограмма.

SOFTWARE FOR AUTOMATION OF MEASUREMENTS ON A LABORATORY BENCH

The adhesion meter is a device consisting of a heavy base on which the RD-09A electric motor is attached, connected through a coupling with a gearbox, a movable platform and a stand with a sensor. The movable platform through the transmission of the type "screw-nut" is connected to the electric motor. The range of movement of the platform is limited by limit switches on both sides. Heaters are attached to the platform to allow samples to be tested at elevated temperatures. A strain gauge is mounted on the rack and registers the force on the specimens as they are stretched by a moving platform.

This article discusses software for automated measurement series on the example of a laboratory stand for measuring adhesion, describes the processes for conducting a series of measurements without the participation of the operator. A PC software has been developed that collects data and visualizes the process.

The sensor is a complete Wheatstone bridge, which, in turn, is the classic solution in strain gauging. Its output signal consists of two voltage levels deviating from the $U_{пит}/2$ level in antiphase when force is applied to the measuring flange of the sensor. To amplify and record such signals, instrumental amplifiers are used that operate in the differential mode. The amplitude of the voltage deviation is of the order of several millivolts.

The interaction of the microcontroller and the personal computer is carried out through the serial port. A communication protocol was developed. To simplify the process of receiving data, a protocol with a fixed packet length was applied. The first two bytes of each packet are always the same, used as a sign of the beginning. The third and fourth byte is a signed 16-bit number, a signal from an analog-to-digital converter. The fifth byte is a signal about the state of the system. The sixth and seventh are checksums. The use of checksum in the protocol allows to increase the noise immunity of the communication line, excluding the reception of damaged data.

Developed software for a personal computer at startup performs a search for a laboratory setup and a connection to it.

Key words: microcontroller, $\Sigma\Delta$ ADC, tensometric, measuring, laboratory equipment, firmware, software.

Обзор модернизируемого лабораторного стенда

Адгезиометр представляет собой устройство, состоящее из тяжелого основания, на котором крепится электродвигатель РД-09А, соединенный через муфту с редуктором, подвижная платформа и стойка с датчиком. Подвижная платформа через передачу типа «винт-гайка» соединена с электродвигателем. Диапазон передвижения платформы ограничен концевыми выключателями с двух сторон. На платформе закреплены нагреватели для возможности испытания образцов при повышенных температурах. На стойке закреплен тензометрический датчик, который регистрирует усилие на образцах при их растяжении подвижной платформой.

Датчик представляет собой полный мост Уитстона, что, в свою очередь, является классическим решением в тензометрии. Его выходной сигнал представляет собой два

уровня напряжения, отклоняющихся от уровня $U_{пит}/2$ в противофазе при подаче усилия на измерительный фланец датчика. Для усиления и регистрации таких сигналов используются инструментальные усилители, которые работают в дифференциальном режиме. Амплитуда отклонения напряжения составляет порядка нескольких милливольт. Взаимная связь между компонентами системы показана на схеме 1.

Программное обеспечение должно обеспечивать следующий функционал:

1. Отображение сигнала с тензодатчика в режиме реального времени.
2. Сохранение результатов измерений.
3. Проведение измерений в автоматическом режиме.
4. Проверка работоспособности оборудования.
5. Калибровка и настройка измерительной установки.

Рисунок 1. Схема установки

Структурная схема лабораторной установке представлена на рисунке 2.

Рисунок 2. Структурная схема установки

В связи с применением микроконтроллера в составе лабораторного стенда, функции программного обеспечения можно разделить на две группы по месту реализации.

К функциям, реализованным на персональном компьютере, относятся:

1. Выбор режима измерения: ручной, однократный автоматический, циклический автоматический.

2. Сигнал о преждевременном завершении автоматических измерений.
3. Выбор параметров автоматических режимов измерений.
4. Калибровка измерительного датчика.

Функции, реализованные на микроконтроллере:

1. Управление двигателем натяжения образца.
2. Считывание показаний концевых датчиков.
3. Считывание показаний аналого-цифрового преобразователя.

4. Передача данных об измерении и состоянии системы на персональный компьютер.
5. Считывание состояния кнопки аварийного завершения работы.

Протокол взаимодействия персонального компьютера и микроконтроллера

Взаимодействие микроконтроллера и персонального компьютера осуществляется через последовательный порт. Был разработан протокол обмена данными, структура пакетов представлена в таблице 1.

Таблица 1. Структура пакетов

Стартовая последовательность		Данные аналого-цифрового преобразования		Статус системы	Контрольная сумма	
0xAA	0xFA	0x12	0x34	0x00	0xEA	0xC4

Для упрощения процесса приема данных был применен протокол с фиксированной длиной пакета.

Недостатком такого решения является менее эффективное использование линии передачи данных.

Первые два байта каждого пакета всегда одинаковые, используются в качестве признака начала. Третий и четвертый байт – знаковое 16-битное число, сигнал с аналого-цифрового преобразователя. Пятый байт – сигналы о состоянии системы. Шестой и седьмой – контрольная сумма. Использование контрольной суммы в протоколе позволяет повысить помехозащищенность линии связи, исключив прием поврежденных данных.

Программное обеспечение для микроконтроллера

Программное обеспечение микроконтроллера должно обеспечивать работу стенда в режиме автоматических измерений. Блок-схема однократного автоматического измерения представлена на рисунке 3.

После того, как получены команды на проведение однократного автоматического измерения, происходит установка подвижной платформы в исходное положение при помощи двигателя. Сигналом о достижении

начального положения служит срабатывание концевого выключателя. Далее, после установки оператором образца на подвижную платформу, принимается команда начала измерений и запускается двигатель подвижной платформы. Показания АЦП непрерывно отправляются на персональный компьютер. При срабатывании концевого выключателя измерение считается законченным, двигатель останавливается, на компьютер отправляется команда окончания измерений.

Циклический автоматический режим – режим, при котором двигатель меняет направление вращения при достижении граничного показания тензодатчика. Сигналом о завершении измерений служит срабатывание концевого выключателя или достижение заданного количества циклов. Количество циклов и пороги срабатывания принимаются в качестве команды о начале циклического режима измерений с персонального компьютера.

В данной лабораторной установке установлен микроконтроллер фирмы STMicroelectronics STM32F373CC. Это 32-битный микроконтроллер на основе ядра ARM Cortex-M3.

Рисунок 3. Блок-схема

Программное обеспечение написано на языке программирования C, с применением библиотек от производителя микроконтроллера HAL (Hardware Abstraction Layer). Использование данных библиотек позволяет взаимодействовать с периферией микроконтроллера при помощи вызовов высокоуровневых функций, инкапсулирующих работу с низкоуровневыми регистрами, что ускоряет и упрощает процесс разработки программного обеспечения.

Программное обеспечение для персонального компьютера

Программное обеспечение для персонального компьютера при запуске выполняет поиск лабораторной установки и подключение к ней. Внешний вид главного окна представлен на рисунке 4.

На главном окне в любом режиме работы отображаются актуальные данные тензодатчика. Данные в фоновом режиме записываются на диск, с возможностью последующего анализа.

Рисунок 4. Окно программы просмотра графиков

На главном окне в любом режиме работы отображаются актуальные данные тензодатчика. Данные в фоновом режиме записываются на диск, с возможностью последующего анализа.

Поля и кнопки “Value” и “Frequency” позволяют изменить калибровочное значение датчика и частоту опроса.

Кнопки “Start”, “Stop” и поля “Cyclic”, “Single” в нижней части главного окна позволяют выбрать и запустить соответствующий режим измерения. Также там расположен селектор настройки цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) для установки нуля тензодатчика.

Программное обеспечение для персонального компьютера реализовано с помощью языка программирования высокого уровня Python и библиотеки Matplotlib.

Выводы

В рамках модернизации лабораторного стенда было разработано программное обеспечение для персонального компьютера и микроконтроллера, позволяющее производить измерения в нескольких режимах.

Использование персонального компьютера для управления лабораторной установкой позволяет упростить работу оператора, повысить количество измеряемых данных, а также снизить вероятность человеческой ошибки.

Список литературы

1. Соломенцев Ю.М., Шептунов С.А., Суханова Н.В., Кабак И.С. Автоматизация оценки надежности программного обеспечения для систем управления технологическими процессами // Вестник Брянского

государственного университета. – 2015. - № 3 (47).

2. Пилигрим М. – Dive into Python 3, Apress, 2009.

3. AN4550 Application note “Getting started with STM32F373/378CC/RC/VC SDADC” Rev, 1 July 2015.

4. RM0313 Reference manual STM32F37xxx Rev, 5 June 2016.

5. Глазунов В.А., Духов А.В., Шептунов С.А. и др. Манипуляционные механизмы параллельной структуры и некоторые их применения в медицине // Качество. Инновации. Образование. - № 2. – М., 2016. – С. 84-88.

References

1. Solomencev Yu.M., Sheptunov S.A., Suhanova N.V., Kabak I.S. Avtomatizaciya ocenki nadezhnosti programmogo obespecheniya dlya sistem upravleniya tekhnologicheskimi processami // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. - № 3 (47).

2. Piligrim M. – Dive into Python 3, Apress, 2009.

3. AN4550 Application note “Getting started with STM32F373/378CC/RC/VC SDADC” Rev, 1 July 2015.

4. RM0313 Reference manual STM32F37xxx Rev, 5 June 2016.

5. Glazunov V.A., Duhov A.V., Sheptunov S.A. i dr. Manipulyacionnye mekhanizmy parallel'noj struktury i nekotorye ih primeneniya v medicine – Kachestvo. Innovacii. Obrazovanie. - № 2. – М., 2016. – С. 84-88.