

УДК [378.016:621.38]:378.147.88

**Моисейкин Е. В., Устьянцев Ю. Г., Красноборова Е. А., Тимошенко И. В.,  
Хохлов К. О., Баранова А. А.**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫХ  
СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА  
УРФУ. ЧАСТЬ 4**

***Евгений Витальевич Моисейкин***

*к.ф.-м.н., доцент*

*e.v.moiseykin@urfu.ru*

***Юрий Геннадьевич Устьянцев***

*i.g.ustiantcev@urfu.ru*

***Екатерина Андреевна Красноборова***

*hellsing1155@gmail.com*

***Игорь Вячеславович Тимошенко***

*t34igor@gmail.com*

***Константин Олегович Хохлов***

*к.ф.-м.н.*

*k.o.khokhlov@urfu.ru*

***Анна Александровна Баранова***

*к.т.н.*

*a.a.baranova@urfu.ru*

*ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», Россия,  
г. Екатеринбург*

**LABORATORY WORKSHOP ON INSTRUMENTAL SPECIALTIES OF  
PHYSICOTECHNOLOGICAL INSTITUTE OF URFU. PART 4**

***Evgeny Vitalyevich Moiseykin***

***IUrii Gennadevich Ustiantcev***

***Ekaterina Andreevna Krasnoborova***

***Igor Viacheslavovich Timoshenko***

*Konstantin Olegovich Khokhlov*

*Anna Aleksandrovna Baranova*

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural*

*Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin»*

**Аннотация.** *В данной публикации рассматриваются новые лабораторные работы, включенные в лабораторный практикум по дисциплинам, которые связаны с контрольно-измерительными приборами на базе микропроцессорных устройств. Обсуждаемые лабораторные работы прошли апробацию при обучении на приборостроительных специальностях физико-технологического института УрФУ.*

**Abstract.** *The new laboratory works included in the laboratory practical work on disciplines associated with measurement and microprocessor systems are consider. The new laboratory works were tested during training on the instrumental specialties of physico-technological institute of UrFU.*

**Ключевые слова:** *цифровая измерительная система; микроконтроллер; система сбора и обработки информации; приборы экспериментальной физики; разработка приборов неразрушающего контроля.*

**Keywords:** *a measuring microprocessor system; a microcontroller; a system of collecting and processing information, devices of experimental physics; development of devices of nondestructive control.*

## **Введение**

Цифровые технологии в современном мире — это не только инструмент, но и среда существования, которая открывает новые возможности: обучение в любое удобное время, непрерывное образование, возможность проектировать индивидуальные образовательные маршруты, из потребителей электронных ресурсов стать создателями [1]. Таким образом, цифровые технологии можно рассматривать как со стороны использования, так и со стороны разработки. Проектирование, моделирование и изготовление цифровых устройств невозможно без

соответствующих знаний в таких технических областях как электроника, микропроцессорная техника, программирование. Преподаватели кафедр экспериментальной физики (ЭФ) и физических методов и приборов контроля качества (ФМПК) Физико-технологического института (ФТИ) Уральского Федерального Университета (УрФУ) осуществляют подготовку студентов различных технических направлений, в рамках которых преподают ряд дисциплин, связанных с цифровыми измерительными системами, в частности: «Микропроцессорная техника», «Узлы и элементы биотехнических систем», «Микропроцессорные системы в науке и производстве» и др.

Современное программное обеспечение, моделирующее работу электронных элементов, схем, и даже микроконтроллеров широко используется в образовательном процессе [2]. Применение виртуальных лабораторных комплексов не позволяет в полной мере подготовить студента для работы с реальными устройствами. Кроме того, более глубокое изучение и понимание процессов, происходящих в электронных устройствах, невозможно без лабораторного практикума с использованием реальных стендов.

Лабораторный практикум, выполняемый в рамках указанных выше дисциплин, основывается на использовании микроконтроллерного учебного стенда SDK-1.1, выступающего в качестве контрольно-управляющего устройства автоматизированной системы управления. К стенду подключаются дополнительные специально разработанные модули, позволяющие реализовать макеты контрольно-измерительных систем и проводить лабораторные работы, описанные в [3].

В статье рассматриваются новые модули, позволяющие расширить задания лабораторного практикума двумя лабораторными работами:

1. Система управления скоростью вращения вала двигателя.
2. Система управления и контроля температуры нагревательного элемента.

**Лабораторная работа.** Система управления скоростью вращения вала двигателя.

Цель работы:

1. Ознакомиться с основными физическими методами измерения угловой скорости вращения вала двигателя.
2. Рассмотреть способы измерения угловой скорости с помощью датчика Холла и оптического датчика.
3. Разработать программу для микроконтроллерного учебного стенда SDK 1.1, позволяющую измерять угловую скорость двумя методами: с помощью датчика Холла и оптического датчика.

В методических рекомендациях к работе представлен обзор некоторых физических методов измерения угловой скорости вращения вала двигателя, более подробно рассмотрены способы измерения с помощью датчика Холла и оптодатчика. В качестве задания требуется разработать программу, которая позволяет управлять скоростью вращения вала двигателя с использованием разработанного модуля (рисунок 1). Программа должна производить измерение показаний датчиков (рисунок 2) и в случае необходимости корректировать скорость вращения вала двигателя изменяя управляющее напряжение. Кроме того, необходимо предусмотреть возможность ввода значения скорости вращения со встроенной клавиатуры, а также индикацию измеряемой величины на ЖКИ стенда SDK 1.1.

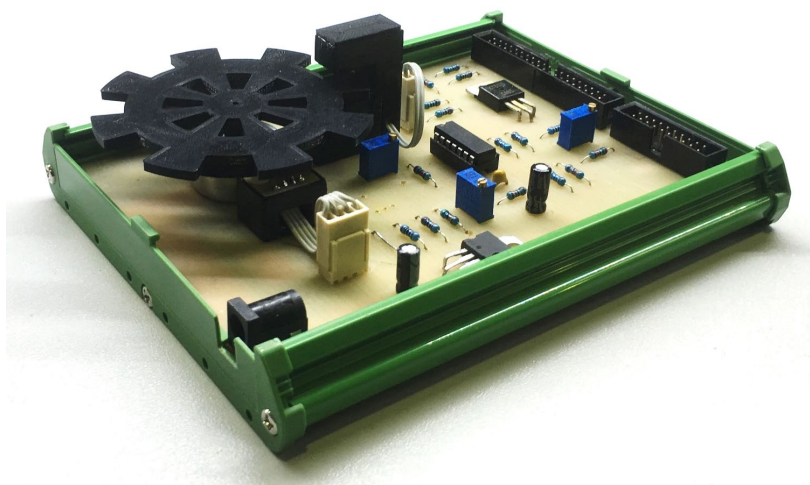


Рисунок 1 — Модуль управления скоростью вращения вала двигателя

На рисунке 2 приведена структурная схема модуля управления скоростью вращения вала двигателя. Модуль содержит электронные блоки, двигатель

с прикрепленным диском, датчик Холла и оптодатчик. Измерение скорости вращения обеспечивается специально разработанным и изготовленным диском с установленным постоянным магнитом для функционирования датчика Холла, а также отверстиями — для оптодатчика. Усилитель датчика Холла формирует сигналы синусоидальной и прямоугольной формы (со стандартными уровнями логических 0 и 1), передаваемые на аналоговый и цифровой входы МК учебного стенда SDK 1.1. Усилитель оптодатчика преобразует поступающий сигнал в прямоугольную форму, который подается на порт ввода ПЛИС стенда и соответствует стандартным уровням напряжений 0 и 1. Усилитель мощности, в соответствии с поступающим напряжением с выхода ЦАП МК, формирует необходимый по амплитуде и мощности сигнал, достаточный для вращения вала двигателя. Таким образом, изменяя выходное напряжение ЦАП можно управлять угловой скоростью вращения.

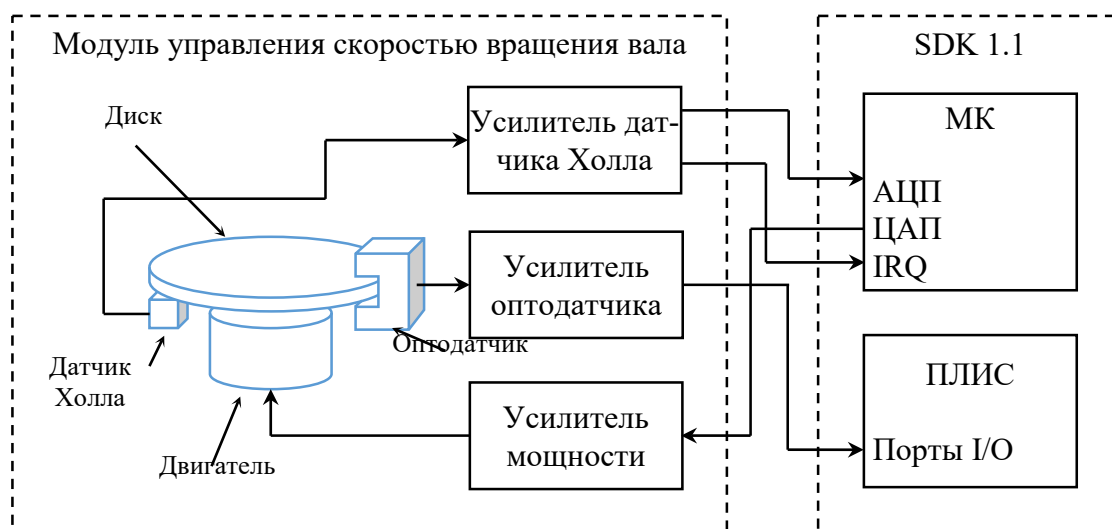


Рисунок 2 — Структурная схема модуля управления скоростью вращения вала двигателя

Предлагаемая лабораторная работа знакомит студентов с основами автоматизации измерений, со способами преобразования измеряемой физической величины в напряжение и последующим ее расчетом из полученного цифрового кода, с методами измерения скорости вращения вала двигателя, с функционированием системы прерываний, ЦАП и АЦП.

Рекомендуемый порядок работы:

1. Изучить электрическую схему.

2. Разработать алгоритм программы.
3. Написать программу на языке ассемблера или Си.
4. Провести демонстрацию функционирования программы управления скоростью вращения вала двигателя в соответствии с заданием.

**Лабораторная работа.** Система управления и контроля температуры нагревательного элемента.

Методические рекомендации к работе содержат теоретические сведения о термопарах, возможных вариантах усиления ЭДС термопар, способах программного изменения коэффициента усиления, а также цифровых потенциометрах. В качестве задания необходимо разработать программу, реализующую два режима работы нагревательного элемента: изотермическая выдержка и линейный нагрев с заданной скоростью с использованием модуля (рисунок 3).

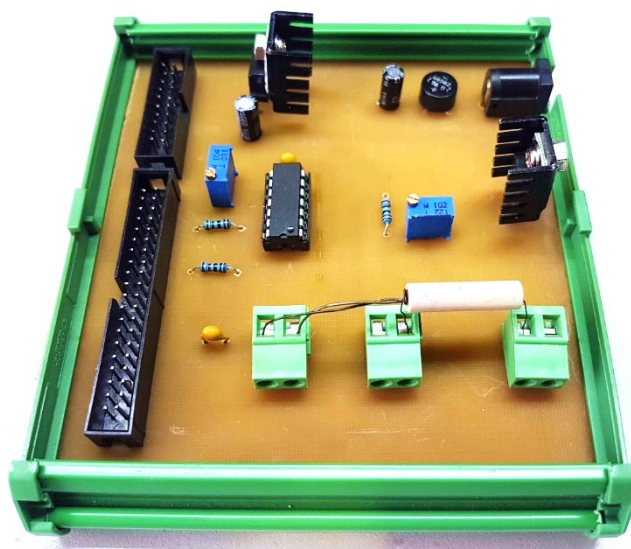


Рисунок 3 — Модуль управления и контроля температуры нагревательного элемента

Программа должна предоставить оператору возможность выбора режима работы и его параметров. Во время работы устройства необходимо отображать на ЖКИ стенда SDK 1.1 режим работы и указанные параметры, а также текущую температуру нагревательного элемента, полученную с использованием термопары.

На рисунке 4 показана структурная схема модуля управления и контроля температуры нагревательного элемента. В состав модуля входят электронные

блоки, хромель-алюмелевая термопара, нагревательный элемент, выполненный из нихромовой спирали, помещенной в керамическую трубку. Программируемый усилитель предназначен для усиления ЭДС термопары. С целью увеличения точности измерения в низкотемпературном интервале и расширения динамического диапазона возможно программное изменение коэффициента усиления в диапазоне 25...1250 с помощью цифрового потенциометра, имеющего интерфейс SPI, подключенного к МК. Выходное напряжение усилителя мощности, управляемое цифровым кодом, подаваемым на вход ЦАП, обеспечивает максимальную температуру нагревательного элемента равную 200°C.

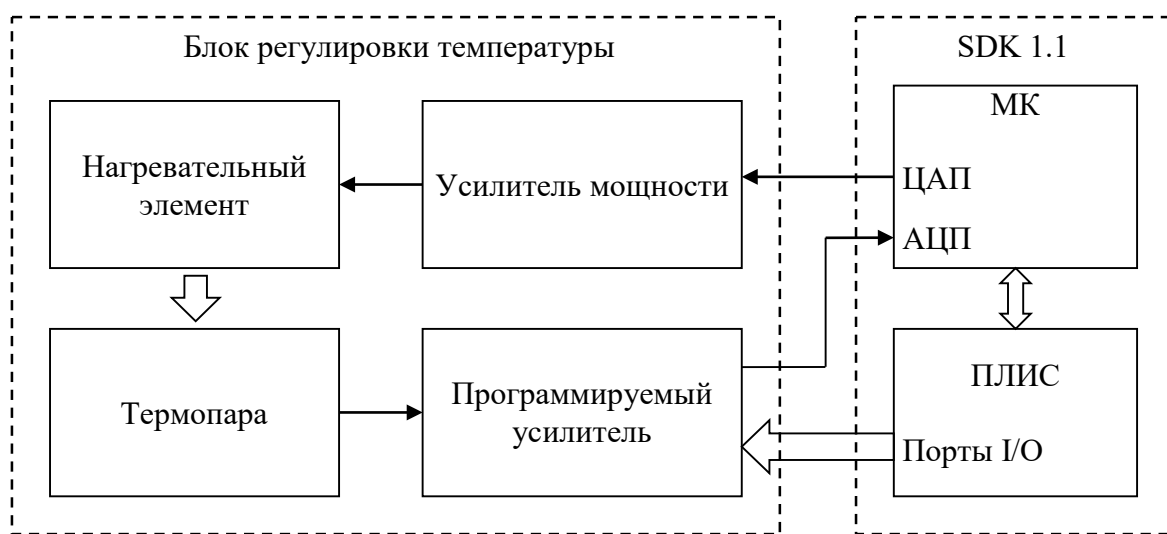


Рисунок 4 — Структурная схема блока регулировки температуры и устройства управления

Данная лабораторная работа знакомит студентов с основами автоматизации систем, имеющих в составе датчики и программируемые усилители, способами измерения температуры, с функционированием ЦАП и АЦП. Рекомендуемый порядок работы подобен описанному в предыдущей работе, за исключением пункта 4, где требуется продемонстрировать возможности системы управления и контроля температуры нагревательного элемента в соответствии с заданием.

### Заключение

Представлены новые лабораторные работы, позволяющие обучающимся осваивать цифровые методы контроля и управления систем, имеющих различные датчики и исполнительные устройства. Приведенные работы были успешно

апробированы в текущем учебном году при проведении занятий с бакалаврами, специалистами и магистрами приборостроительных специальностях кафедр ФМПК и ЭФ ФТИ УрФУ.

### *Список литературы*

1. Никулина, Т. В. Информатизация и цифровизация образования: понятия, технологии, управление / Т. В. Никулина, Е. Б. Стариченко. – Текст: непосредственный // Педагогическое образование в России. – 2018 – № 8. – С. 107–113.

2. Слесарев, А. И. Аспекты проектирования электронных схем на основе микроконтроллеров: учебное пособие / А. И. Слесарев, Е. В. Моисейкин, Ю. Г. Устьянцев. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 136 с. – Текст: непосредственный.

3. Моисейкин, Е. В. Лабораторный практикум приборостроительных специальностей физико-технологического института УрФУ. Часть 3 / Е. В. Моисейкин, К. О. Хохлов, М. С. Толкачева, С. М. Сеченов, А. А. Баранова. – Текст: непосредственный / Наука. Информатизация. Технологии. Образование : материалы XI международной научно-практической конференции. – Екатеринбург, 2018. – С. 549–556.