

УДК 53.089.4:004.383.3

Н.А. Испулов¹, А.Ж. Жумабеков¹, А.Б. Абдрахманов², М. Нургожина¹

¹Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, Казахстан;
²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия
(E-mail: nurlybek_79@mail.ru)

Об измерении температуры термистором с помощью микроконтроллеров Arduino

Статья посвящена использованию микроконтроллеров Arduino в среде LabVIEW. Описаны: технология подготовки и отладки среды ArduinoIDE и метод подключения Arduino к LabVIEW; ошибки и их исправление при подключении. Показана программа работы с описанием лицевой панели и принципиальной схемы устройства. Написана программа нахождения коэффициентов для термисторов. Реализовать эту широтно-импульсную модуляцию можно как программным, так и аппаратным способом. Первый из них нам не подходит, так как он захватывает все ресурсы микроконтроллера, а нам еще нужно организовать опрос датчика. Поэтому мы выбрали аппаратный способ, использующий внутренние ресурсы компьютера. Для его реализации используется оператор WriteAnalog(), который может выполняться в фоновом режиме. В современном мире все более широкое применение приобретает внедрение новой техники, как в промышленном хозяйстве, так и в бытовых нуждах. Для улучшения какой-либо техники разрабатываются методы эффективного использования энергии.

Ключевые слова: микроконтроллеры, среда Arduino, термисторы, программа LabVIEW, Atmega 328, ШИМ, блок-схема Arduino и LabVIEW.

Введение

В связи с бурным развитием микроэлектроники вычислительная мощность современных микроконтроллеров значительно увеличивается, что приводит к удешевлению самих микроконтроллеров и, соответственно, позволяет использовать предоставляемые ими возможности в таких схемах, где ранее их использование было экономически нецелесообразным. На рынке имеется огромный выбор программируемых логических контроллеров (ПЛК), как от известных производителей (Siemens, Advantech и др.), так и от бурно развивающихся «новых» производителей, у которых, как правило, — «азиатские» корни. Последние, как правило, в своих самых доступных ПЛК используют чипы от фирм Atmel и Texas Instruments, с архитектурой AVR и PIC соответственно. Несмотря на известные достоинства (надежность, удобное программное обеспечение (ПО) для работы с ПЛК и обучения персонала, техническая поддержка пользователей в режиме онлайн и т.д.), ПЛК от производителей первого эшелона имеют один существенный недостаток — высокую цену, что особенно актуально для небольших предприятий и большинства вузов. Поэтому главной является задача выбора альтернативы дорогим ПЛК достаточно простых управляемых контроллеров. В качестве такой альтернативы предлагаются относительно недорогие микроконтроллеры Atmel/AVR, и в частности вычислительная платформа Arduino [1].

Микроконтроллер — это специальная микросхема, предназначенная для управления различными электронными устройствами, сочетающая в себе процессор, встроенную память и периферию. Следует различать микроконтроллер и микропроцессор. Последний не имеет встроенной памяти и требует для запуска дополнительные микросхемы. Микроконтроллер представляет собой закончен-

ный компьютер в миниатюре. Постоянная память (ROM) выполняет функцию винчестера, перезаписываемая память (Flash) представляет собой оперативную память компьютера, процессор уступает современным процессорам для компьютера в скорости и масштабности, но способен на выполнение любых вычислительных задач. Периферия позволяет микроконтроллеру взаимодействовать с пользователем: принимать от него команды, выводить результаты и взаимодействовать с любыми электронными устройствами, к которым он подключен [2].

Основная часть

Arduino UNO — контроллер, построенный на ATmega 328. Платформа содержит 14 цифровых входов/выходов, 6 из которых могут использоваться как выходы широтно-импульсной модуляции (ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Характеристика и блок-схема Arduino UNO представлены в таблице 1 и на рисунке 1. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB или подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи.

В отличие от всех предыдущих плат, использовавших FTDI USB микроконтроллер для связи по USB, новый Arduino UNO использует микроконтроллер ATmega8U2 [3].

Таблица 1

Характеристики Arduino UNO R3

Микроконтроллер	ATmega 328
Рабочее напряжение	5 В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7–12 В
Входное напряжение (предельное)	6–20 В
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Постоянный ток для вывода 3.3 В	50 мА
Флэш-память	32 Кб (ATmega 328), при этом 0.5 Кб используются для загрузчика
EEPROM	512 байт (ATmega 168) или 1 Кб (ATmega 328)
ОЗУ	2 Кб (ATmega 328)
Аналоговые входы	6
Цифровые Входы/Выходы	14 (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ)
Тактовая частота	16 МГц

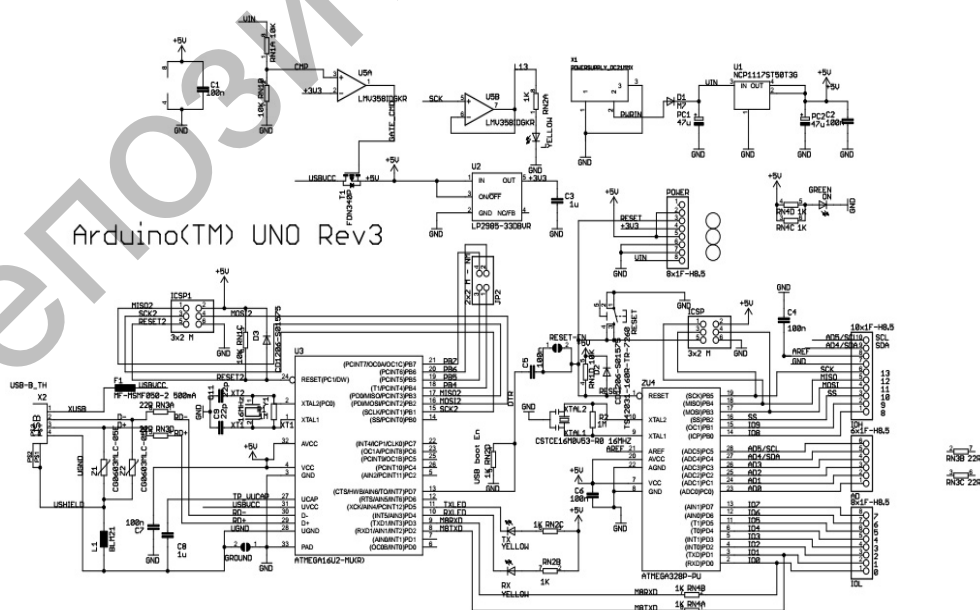


Рисунок 1. Принципиальная схема ArduinoUno

Arduino UNO может получать питание через подключение USB или от внешнего источника. Источник питания выбирается автоматически. Внешнее питание (не USB) может подаваться через преобразователь напряжения AC/DC (блок питания) или аккумуляторной батареей. Преобразователь напряжения подключается посредством разъема 2.1 мм с центральным положительным полюсом. Провода от батареи подключаются к выводам Gnd и Vin разъема питания.

Платформа может работать при внешнем питании от 6 В до 20 В. При напряжении питания ниже 7 В вывод 5V может выдавать менее 5 В, при этом платформа может работать нестабильно. При использовании напряжения выше 12 В регулятор напряжения может перегреться и повредить плату. Рекомендуемый диапазон — от 7 В до 12 В.

Среда разработки Arduino состоит из встроенного текстового редактора программного кода, области сообщений, окна вывода текста (консоли), панели инструментов с кнопками часто используемых команд и нескольких меню. Для загрузки программ и связи среда разработки подключается к аппаратной части Arduino. Программа, написанная в среде Arduino, называется скетч. Скетч пишется в текстовом редакторе, имеющем инструменты вырезки/вставки, поиска/замены текста. Во время сохранения и экспорта проекта в области сообщений появляются пояснения, также могут отображаться возникшие ошибки. Окно вывода текста (консоль) показывает сообщения Arduino, включающие полные отчеты об ошибках и другую информацию. Кнопки панели инструментов позволяют проверить и записать программу, создать, открыть и сохранить скетч, открыть мониторинг последовательной шины.

Меню содержит список последовательных устройств передачи данных (реальных и виртуальных) на компьютере. Список обновляется автоматически каждый раз при открытии меню Tools.

Загрузчик позволяет записать в микроконтроллер на платформе Arduino. Данное действие не требуется в текущей работе с Arduino, но пригодится, если имеется новый ATmega (без загрузчика). Перед записью рекомендуется проверить правильность выбора платформы из меню. При использовании AVRISP необходимо выбрать соответствующий программатору порт из меню SerialPort.

Средой Arduino используется принцип блокнота: стандартное место для хранения программ (скетчей). Скетчи из блокнота открываются через меню File>Sketchbook или кнопкой Open на панели инструментов. При первом запуске программы Arduino автоматически создается директория для блокнота. Расположение блокнота меняется через диалоговое окно Preferences.

Закладки, файлы и компиляция позволяют работать с несколькими файлами скетчей (каждый открывается в отдельной закладке). Файлы кода могут быть стандартными Arduino (без расширения), файлами C (расширение *.c), файлами C++ (*.cpp) или головными файлами (.h) [4].

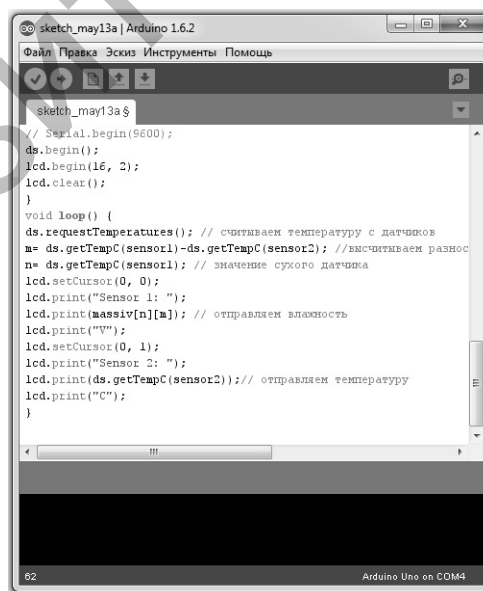
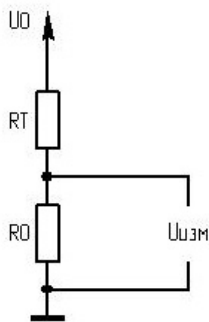


Рисунок 2. Среда разработки Arduino

На плате ArduinoUNO имеется шесть аналоговых входов, которые, по сути, являются каналами АЦП. В один из таких каналов подключается термистор. Используется схема простого делителя напряжения для нахождения сопротивления:



U_0 — известное напряжение, R_0 — известное сопротивление, R_T — сопротивление, зависящее от температуры, $U_{изм}$ — измеряемое напряжение

Рисунок 3. Схема измерения температуры термистором

Из рисунка 3, очевидно, что для измеряемого напряжения справедливо соотношение

$$U_{изм} = \frac{U_0 R_0}{R_0 + R_T},$$

откуда сопротивление термистора выражается так:

$$R_T = \frac{U_0 R_0}{U_{изм}} - R_0.$$

Уравнение Стейнхарта–Харта, связывающее сопротивление и температуру полупроводниковых термисторов, имеет вид [5]:

$$\frac{1}{T} = A + B \ln(R) + C (\ln(R))^3. \quad (1)$$

Здесь A , B и C — калибровочные константы, так называемые коэффициенты Стейнхарта-Харта, T — температура в кельвинах. Это уравнение аппроксимирует кривую с хорошей точностью при подобранных коэффициентах для конкретного термистора. Коэффициенты Стейнхарта-Харта могут указываться в документации производителем термистора, а могут вместо них указываться табличные значения температур и сопротивлений для конкретного устройства. Коэффициенты будут находиться опытным путем.

Необходимо провести три измерения и получить, таким образом, три уравнения, записать сопротивление термистора и измеренную температуру при которой производилось измерение.

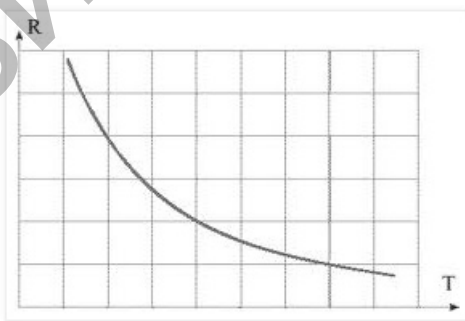


Рисунок 4. Типовая зависимость сопротивления термистора от температуры

На рисунке 4 представлена программа, с помощью которой можно посчитать коэффициенты и проверить их. Программа была написана по формуле Стейнхарта-Харта для нахождения калибровочных коэффициентов:

$$L_1 = \ln(R_1) \quad L_2 = \ln(R_2) \quad L_3 = \ln(R_3). \quad (2)$$

Вводятся величины, обратные температуре:

$$Y_1 = \frac{1}{T_1} \quad Y_2 = \frac{1}{T_2} \quad Y_3 = \frac{1}{T_3}. \quad (3)$$

Вводятся соотношения

$$\gamma_2 = \frac{Y_2 - Y_1}{L_2 - L_1} \quad \gamma_3 = \frac{Y_3 - Y_1}{L_3 - L_1}. \quad (4)$$

Далее мы находим искомые коэффициенты:

$$C = \left(\frac{\gamma_3 - \gamma_2}{L_3 - L_2} \right) \times (L_1 + L_2 + L_3)^{-1}, \quad B = \gamma_2 - C \times (L_1^2 + L_1 L_2 + L_2^2), \quad A = Y_1 - (B + L_1^2 C) L_1,$$

где R_1 — сопротивление термистора при температуре T_1 ; R_2 — сопротивление термистора при температуре T_2 ; R_3 — сопротивление термистора при температуре T_3 .

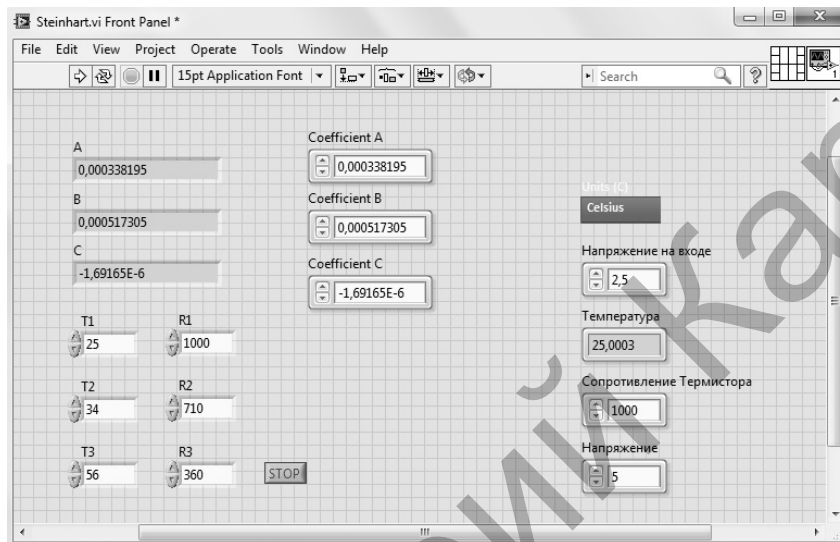


Рисунок 5. Лицевая панель программы нахождения коэффициентов

В ячейку T_1 вносятся значения низкой температуры и в R_1 — соответствующее этой температуре сопротивление термистора. В ячейку T_2 — значения средней температуры и, соответственно, в T_3 — высокой температуры. После чего нужно нажать на запуск программы. Слева на лицевой панели выйдут коэффициенты (рис. 5). Для проверки коэффициентов достаточно ввести значения, которые вводятся на рисунке 6.

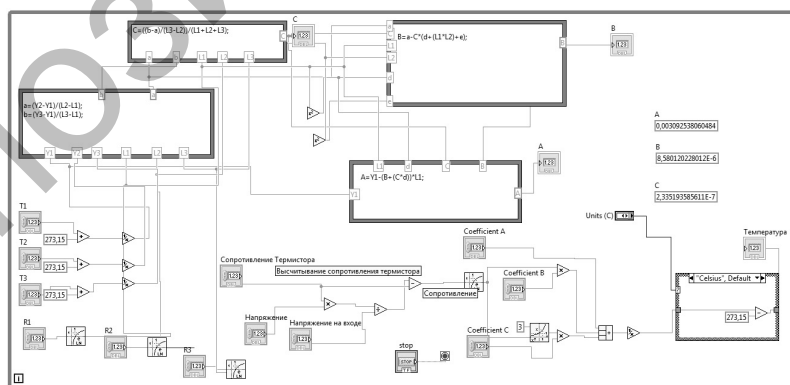


Рисунок 6. Блок-схема высчитывания и проверки коэффициентов Стейнхарта-Харта

Схема подключения для работы программы Arduino&LabVIEW в макетной плате представлена на рисунке 7.

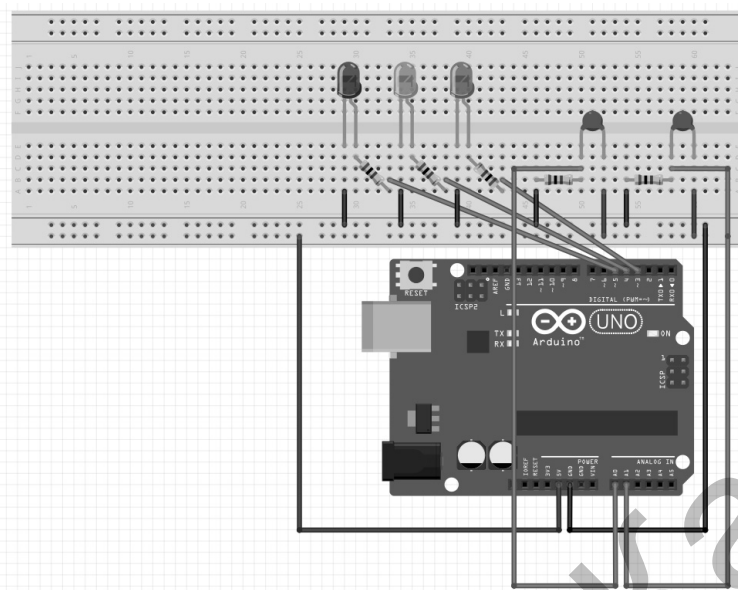


Рисунок 7. Схема подключения для работы программы Arduino&LabVIEW в макетной плате

Лицевая панель программы показана на рисунке 8. На этой панели размещен график температуры, на котором отображается температура с 2-х термисторов в реальном времени, на графике они выделены различными цветами. Справа и слева отображаются температуры конкретных пинов микроконтроллера, их можно выбирать в процессе работы самой программы. В шкале (C) и шкале (C)2 производится выбор единицы измерения температуры. В все мы указываем напряжение, которое подаем на датчики.

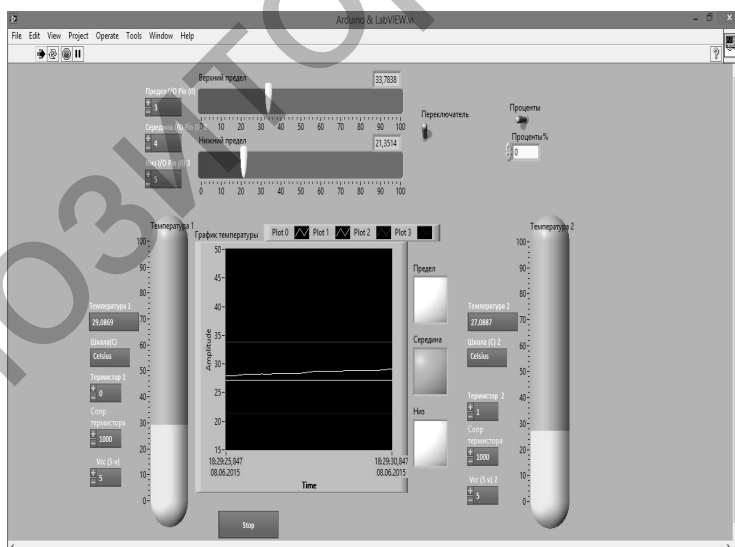


Рисунок 8. Лицевая панель программы термостата

Рядом с графиком температуры располагаются индикаторы, отображающие пределы температуры, которые задаются пределами, расположенными сверху от графика температуры. Для того чтобы индикаторы работали, требуется включить переключатель в режим работы. Перед его включением нужно задать пины микроконтроллера. Они будут включаться при превышении вводимых значений. При включении переключателя на графике температуры отобразятся значения пределов соответствующими цветами для пределов.

Для начала работы с данной программой в блок-схеме нужно выбрать COM-порт, который был создан во время первого подключения Arduino (здесь COM4). Необходимо выбрать скорость, которая должна соответствовать той скорости, что указана в прошивке (115200 по умолчанию), сделать выбор порта Arduino (по умолчанию USB). Последние два параметра — линия инициализации, которая будет использоваться всеми устройствами Arduino, и линия ошибки — следует оставить как есть [6]. При использовании цифрового I/O применяется SetModeDigitalPin. Затем необходимо указать соответствующий порт микроконтроллера. Блок-схема программы, принципиальная схема, рассчитывающая температуру по формуле Стейнхарта-Харта (1) с выбором единицы измерения, принципиальная схема работы термостата с изменяющимися пределами представлены на Рисунках 9,10,11 соответственно.

Бесконечный цикл представлен в виде петли. Для остановки цикла есть специальный индикатор.

DigitalPin используется для вывода светодиодов. Выбор выводов для светодиодов производится в панели программы.

Close используется в качестве закрытия соединения с платой Arduino.

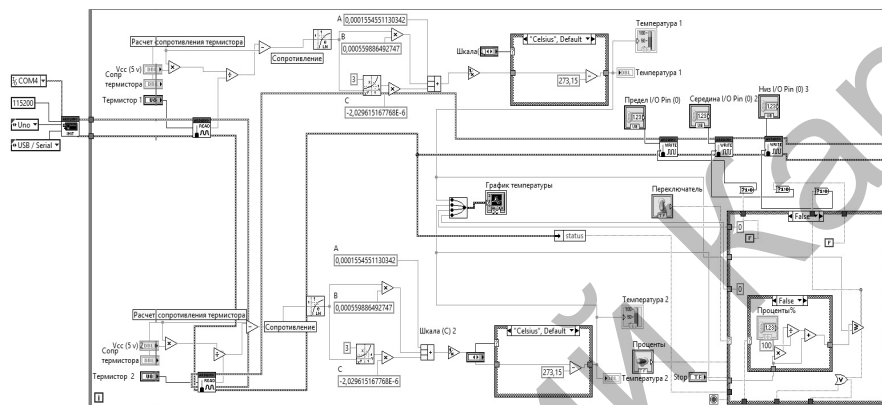


Рисунок 9. Блок-схема программы

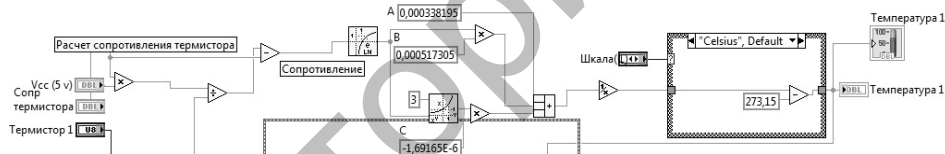


Рисунок 10. Принципиальная схема, рассчитывающая температуру по формуле Стейнхарта-Харта (1) с выбором единицы измерения

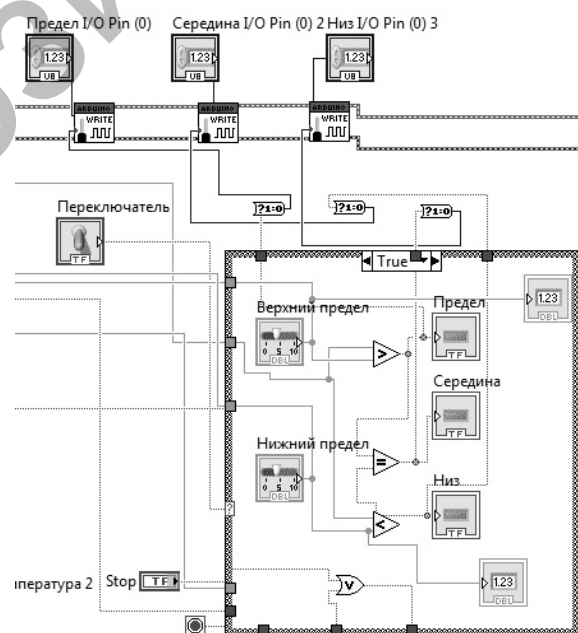


Рисунок 11. Принципиальная схема работы термостата с изменяющимися пределами

Заклучение

В данной работе описаны технология подготовки и отладки среды ArduinoIDE и метод подключения Arduino к LabVIEW. Показаны и исправлены ошибки, возникающие во время сохранения и экспорта проекта в области сообщений; программа работы с описанием лицевой панели и принципиальной схемы устройства. Написана программа нахождения коэффициентов для термисторов.

Список литературы

- 1 Абдрахманов А.Б. Моделирование работы микроконтроллера. — Павлодар: Кереку, 2014. — 40 с.
- 2 Алексенко А.Г., Шагурин И.И. Микросхемотехника. — М.: Радио и связь, 1990. — 496 с.
- 3 Белов А.Б. Конструирование устройств на микроконтроллерах. — СПб.: Наука и техника. — Вып. 9 — 2005. — 255 с.
- 4 Бродин Б.В., Шагурин И.И. Микроконтроллеры: справочник. — М.: ЭКОМ, 1999. — 395 с.
- 5 Вуд А. Микропроцессоры в вопросах и ответах: пер. с англ., под ред. Д.А. Поспелова. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 184 с.
- 6 Голубцов М.С. Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному. — М.: Солон-Пресс, 2003. — 459 с.
- 7 Гребнев В.В. Микроконтроллеры семейства AVR фирмы Atmel. — М.: ИП Радиософт, 2002. — 176 с.
- 8 Документация на датчик температуры ds18b20. — [ЭР]. Режим доступа: <http://masterkit.ru/zip/ds18b20-rus.pdf> (дата обращения 06.06.2015)
- 9 Документация на дисплей lm016l. — [ЭР]. Режим доступа: http://ru.datasheet4u.com/ru/share_search.php?sWord=LM016L (дата обращения 06.06.2015)
- 10 Документация на микроконтроллер Atmega 8. — [ЭР]. Режим доступа: http://www.atmel.com/Images/Atmel-2486-8-bit-AVR-microcontroller-ATmega8_L_datasheet.pdf (дата обращения 06.06.2015)

Н.А. Испулов, А.Ж. Жумабеков, А.Б. Абрахманов, М. Нұрғожина

Arduino микробақылауыштары көмегімен термистор арқылы температураны өлшеу туралы

Мақала Arduino микробақылауыштарын LabVIEW ортасында қолдануға арналған. ArduinoIDE ортасын бағдарламалауға дайындау және лайықтау технологиясы мен Arduinoны LabVIEW-ге қосу әдістері және қосылу кезінде туындайтын қателіктер мен оларды түзету әдістері қарастырылды. Құрылғының маңызды сұлбасы және беттік панель сипаттамасының жұмыс бағдарламасы көрсетілген. Термистор үшін коэффициенттерді іздеу бағдарламасы жазылған. Бұл кең импульсты модуляцияны бағдарламалық және аппараттық әдіс арқылы жүзеге асыруға болады. Біріншісі біздің жұмысқа қажет емес, себебі ол микробақылаушының барлық ресурстарын алады. Сонымен қатар біз датчиктен сұраныс алуымыз қажет. Авторлар аппараттық әдісті таңдап, яғни компьютердің ішкі ресурстарын, пайдаланды. Бұны жүзеге асыру үшін WriteAnalog() операторы қолданылды, ол фондық тәртіпте жұмыс істейді. Заманауи жаңа техника мен технологияларды қолдану үрдісі кеңінен таралып жатыр, тек өндірісте ғана емес, сонымен бірге тұрмыста да орын алуда. Қандайда бір техниканы жақсарту үшін энергияны тиімді жүзеге асыру әдістері ізделініп жатыр.

Кілт сөздер: микробақылауыштар, Arduino ортасы, термистор, LabVIEW бағдарламасы, Atmega 328, КИМ, Arduino және LabVIEW блок-сұлбасы.

N.A. Ispulov, A.Zh. Zhumabekov, A.B. Abdrakhmanov, M.M. Nurgozhina

About temperature measurement with a thermistor using Arduino microcontrollers

The article is devoted to use of Arduino microcontrollers in the environment of LabVIEW. Are described: technology of preparation and debugging of the environment ArduinoIDE and method of connection of Arduino to LabVIEW; errors and their correction in case of connection. The program of work with the description of a front panel and the schematic diagram of the device is shown. The program of finding of coefficients for thermistors is written. It is possible to realize it pulse width modulation both a program, and hardware method. The first of them to us doesn't resemble as it captures all resources of the microcontroller, and we still need to organize inquiry of the sensor. Therefore we selected the hardware method using internal resources of the computer. For its implementation the operator WriteAnalog() which can be executed in the background is used. In the modern world broad application more and more acquires implementation of new technique, both in industrial economy, and in domestic needs. Methods of effective use of energy are developed for improving of any technique.

Keywords: microcontroller, Arduino, thermistors, LabVIEW program, Atmega 328, pulse width modulation, Arduino and LabVIEW program's flowchart.

References

- 1 Abdrakhmanov A.B. *Modeling the operation of the microcontroller*, Pavlodar: Kereku, 2014, 40 p.
- 2 Aleksenko A.G., Shagurin I.I. *Microcircuitry*, Moscow: Radio i svyaz, 1990, 496 p.
- 3 Belov A.B. *Designing devices on microcontrollers*, Saint Petersburg: nauka I tehnika, 9, 2005, 255 p.
- 4 Brodin B.V., Shagurin I.I. *Microcontroller: directory*, Moscow: EKOM, 1999, 395 p.
- 5 Vud A. *Microprocessors in questions and answers / translation from English*, ed. D.A. Pospelov, Moscow: Energoatomizdat, 1985, 184 p.
- 6 Golubtsov M.S. *Microcontrollers AVR: from simple to complex*, Moscow: Solon-Press, 2003, 459 p.
- 7 Grebnev V.V. *Microcontrollers of AVR firms Atmel*, Moscow: IP Radiosoft, 2002, 176 p.
- 8 Documentation for the temperature sensor ds18b20, <http://masterkit.ru/zip/ds18b20-rus.pdf> (data obrasheniya 06.06.2015)
- 9 Documentation on display lm016l, http://ru.datasheet4u.com/ru/share_search.php?sWord=LM016L (data obrasheniya 06.06.2015)
- 10 Documentation on microcontroller Atmega 8, http://www.atmel.com/Images/Atmel-2486-8-bit-AVR-microcontroller-ATmega8_L_datasheet.pdf (data obrasheniya 06.06.2015)