ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

TECHNICAL SCIENCES

УДК 681.586
ББК 32.965-044.37
А 76

Теплоухов С.В.
Адыгейский государственный университет, Майкоп, Россия, mentory@mail.ru
Черненко А.А.
Адыгейский государственный университет, Майкоп, Россия, spiritfov@yandex.ru
Онищенко С.В.
Южный федеральный университет, Таганрог, Россия, onishchenko@sfedu.ru
Авджиян А.А.
Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, wfrsnkk@gmail.com

Аппаратная реализация интеллектуального многоточечного датчика температуры на платформе Arduino

(Рецензирована)

Аннотация. *Рассмотрена методика создания многоточечного интеллектуального датчика температуры на основе платформы Arduino. Для достижения наибольшей точности измерения температуры предполагается производить реализацию многоточечного измерителя, позволяющего производить замеры в нескольких точках окружающей среды, на основании которых производится расчет усредненного значения температуры в объекте. Основными требованиями, предъявляемыми к проектируемому интеллектуальному датчику, являются его невысокая стоимость и достаточная точность проводимых измерений. Приведен алгоритм функционирования проектируемого датчика и разработана принципиальная схема проектируемого устройства на базе платформы Arduino.*

Ключевые слова: *интеллектуальный датчик, датчик температуры, Arduino, многоточечный датчик*

Teploukhov S.V.
Adyghe State University, Maikop, mentory@mail.ru
Chernenko A.A.
Adyghe State University, Maikop, Russia, spiritfov@yandex.ru
Onishchenko S.V.
Southern Federal University, Taganrog, Russia, onishchenko@sfedu.ru
Avdzhiyan A.A.
National Research University ITMO, St. Petersburg, Russia, wfrsnkk@gmail.com

Hardware implementation of an intelligent multipoint temperature sensor on the Arduino platform

Abstract. *This paper discusses the possibility of creating a multipoint intelligent temperature sensor based on the Arduino platform. To achieve the highest temperature measurement accuracy, it is proposed to implement a multipoint meter that allows measurements at several points in the environment, basing on which the average temperature value in the object is calculated. The main requirements for the designed intelligent sensor are its low cost and sufficient accuracy of measurements. The paper presents an algorithm for functioning of the designed sensor and a schematic diagram of the designed device based on the Arduino platform is developed.*

Keywords: *intelligent sensor, temperature sensor, Arduino, multipoint sensor*

Введение

Незаменимым элементом современных систем управления являются измерительные приборы – датчики. Они выполняют важную роль, поскольку на основе их показаний формируются различные управляющие воздействия, позволяющие производить регулирование необходимых технологических параметров. В процессе длительного использования, а также при сбоях в системе управления датчики могут отражать показатели с некоторой погрешностью, в результате чего необходимо производить их калибровку или замену [1]. Чаще всего данная проблема решается установкой избыточного числа датчиков и вычисления средних температур, что приводит к увеличению расходов и усложнению схем передачи сигналов на обрабатывающие устройства [2].

Возможным решением является применение интеллектуальных датчиков, отличительной особенностью которых является возможность восстановления своего режима работы после единичного сбоя и возможность самодиагностики измерительных элементов [3]. Существуют некоторые готовые решения [4, 5], однако они, как правило, имеют высокую стоимость. Поэтому возникает задача разработки более доступного по цене варианта. В данной работе рассматриваются возможность создания аппаратной части интеллектуального датчика температуры для системы управления температурой жидкости в производственных емкостях и алгоритм его функционирования.

Материалы и методы

В связи с быстрым развитием микропроцессорных технологий, ростом их вычислительной мощности и их резким удешевлением стало возможным оснащение датчиков различных типов микропроцессорами. Это позволило превратить их из однофункциональных средств определения текущих значений измеряемых величин в многофункциональные средства автоматизации, позволяющие решать целый ряд задач как по диагностике, так и по преобразованию измеряемых величин, выполнению простых алгоритмов управления. Датчики, которые оснащены микропроцессорами, называют «интеллектуальными датчиками» [6].

Поскольку интеллектуальный датчик не просто производит сбор и передачу информации в цифровом (в виде двоичного кода) или аналоговом (в форме напряжения или тока) виде, а также предоставляет возможность частично выполнять функции управления и самодиагностики, то он должен включать в свой состав некоторые дополнительные элементы, такие как:

– микропроцессор – для обработки получаемых сигналов и реализации алгоритма восстановления и управления;

– аналого-цифровой преобразователь (АЦП) – для преобразования исходных аналоговых сигналов в цифровые;

– алгоритм, реализующий процесс адаптации к изменению входной информации и обеспечивающий восстановление после сбоев;

– некий цифровой интерфейс с поддержкой сетевых протоколов для коммуникации и т.д.

Проектируемый интеллектуальный датчик температуры должен обладать некоторыми отличительными особенностями, отличающими его от обычных датчиков, а именно:

– должен поддерживать протоколы связи для передачи обработанных значений в некоторую систему;

– иметь встроенную индикацию;

– проводить диагностику измерительных элементов и выводить сообщения в случае их неисправности;

– проводить диагностику состояния линии связи;

– иметь возможность считывания показаний с резервного датчика.

Исходя из этого, необходимо выбрать элементную базу, на основе которой можно произвести реализацию данного устройства. Для достижения наибольшей точности измерения температуры предполагается производить реализацию многоточечного измерителя, позволяющего производить замеры в нескольких точках окружающей среды, на основании которых производится расчет усредненного значения температуры объекта. Основными требованиями, предъявляемыми к проектируемому интеллектуальному датчику, являются его невысокая стоимость и достаточная точность проводимых измерений.

Отдельно следует отметить, что необходимо позаботиться о том, чтобы при получении среднего значения температуры жидкости не учитывались показания датчиков, не погруженных в нее. Существуют уже готовые многоточечные датчики с встроенными датчиками контроля уровня воды, однако их применение приведет к значительному удорожанию предлагаемого решения [7]. Для решения этой проблемы предлагается параллельно с датчиком температуры включать датчик уровня жидкости, позволяющий не учитывать показания датчика температуры в случае его нахождения вне жидкости, что показано на рисунке 1.

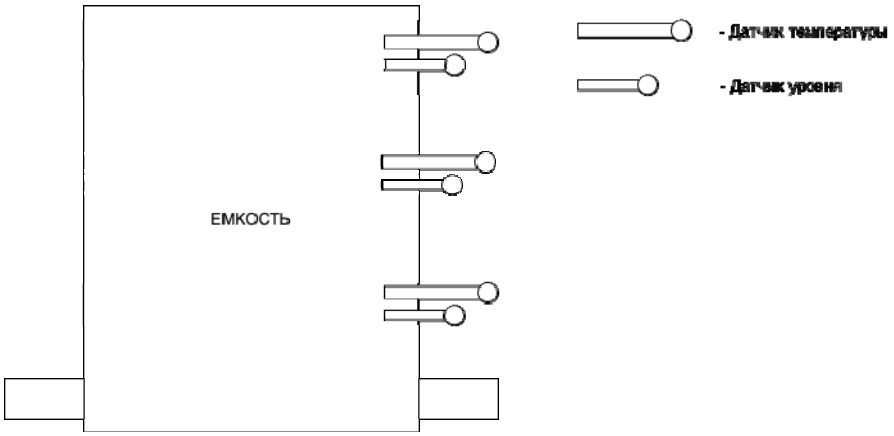

Рис. 1. Включение в систему датчиков уровня для отсечения информации с датчиков, не погруженных в жидкость

С датчиков уровня жидкости поступают цифровые сигналы, используемые для отсекания показаний датчиков температуры, которые оказались не погруженными в воду, тогда как с температурных датчиков поступают аналоговые значения, преобразуемые в алгоритме контроллера с использованием метода перевода шкал (функция *map* для платформы Arduino) для дальнейшей передачи значений показаний на другие устройства управления или системы диспетчеризации.

При этом, поскольку мы имеем несколько датчиков температуры, возникает необходимость определения среднего ее значения (за вычетом незадействованных датчиков):

$$t_{cp} = \sum_{i=1}^{n} \frac{t_i l_i}{n-m} = \left(\frac{t_1 l_1 + t_2 l_2 + t_3 l_3 + \ldots + t_n l_n}{n-m} \right), \quad (1)$$

где t_1–t_n – показания датчиков температуры; l_1–l_n – показания датчиков уровня; m – число датчиков уровня, не погруженных в воду; n – общее количество датчиков.

Поскольку датчики уровня являются булевыми и принимают лишь значения 1 при присутствии жидкости и 0 при ее отсутствии, то при помощи выражения (1) можно произвести отсеивание не участвующих в измерении датчиков температуры.

Основываясь на требованиях и функциях, которые должен обеспечивать интеллектуальный датчик, были определены следующие компоненты, необходимые для реа-

лизации интеллектуального датчика температуры:

- датчик температуры;
- датчик уровня жидкости;
- микроконтроллер;
- жидкокристаллический дисплей.

В качестве микроконтроллера можно использовать один из микроконтроллеров Arduino, позволяющий производить необходимые преобразования входных сигналов и реализовывать необходимые алгоритмы. Например, можно использовать микроконтроллер ArduinoUNO с микропроцессором AtmelATmega 328, который соответствует необходимым требованиям и имеет достаточное количество необходимых входов и выходов [8, 9].

На основе определенной элементной базы составим функциональную схему многоточечного интеллектуального датчика температуры жидкости (рис. 2).

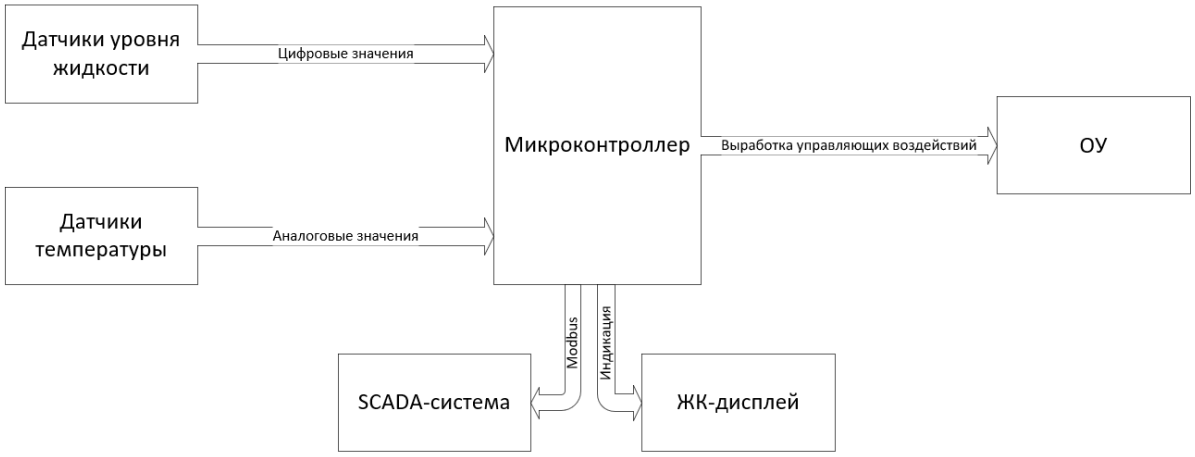

Рис. 2. Функциональная схема «интеллектуального датчика» температуры

Теперь рассмотрим предлагаемый алгоритм функционирования интеллектуального датчика температуры для производственных емкостей, приведенный на рисунке 3.

После успешной инициализации датчиков происходит проверка системой работоспособности линий связи и передачи информации. Если в результате проверки становится ясно, что в настоящий момент линии неработоспособны, то системой выводится соответствующее оповещение на панель индикации (жидкокристаллический дисплей). Пока эта проблема не устранена, интеллектуальный датчик не начнет полноценное функционирование и сбор информации.

После того как установлено, что линии передачи находятся в рабочем состоянии, проводится проверка основных датчиков на их работоспособность. В случае успеха происходит считывание показаний и их дальнейшая обработка. В случае, если какой-либо из датчиков является неработоспособным, включается процедура проверки резервного датчика, успешное выполнение которой позволит продолжить работу измеряющего устройства без дополнительных действий. В случае неисправности резервного датчика будет выводиться сообщение о необходимой замене соответствующих измерительных элементов.

После процедуры опроса датчиков происходит процесс обработки их значений, приведение к удобному для пользователя вида, а также вычисление средней температуры в резервуаре, после чего происходит передача информации в некоторую систему управления.

Следует отметить, что в данном алгоритме не описана процедура выбора датчиков, показания которых будут учитываться при определении температуры (то есть дат-

чиков, погруженных в жидкость), поскольку эта процедура была подробно описана выше. Также данный алгоритм не предусматривает самокалибровки датчиков, поскольку большинство температурных датчиков не подлежат повторной калибровке [10].

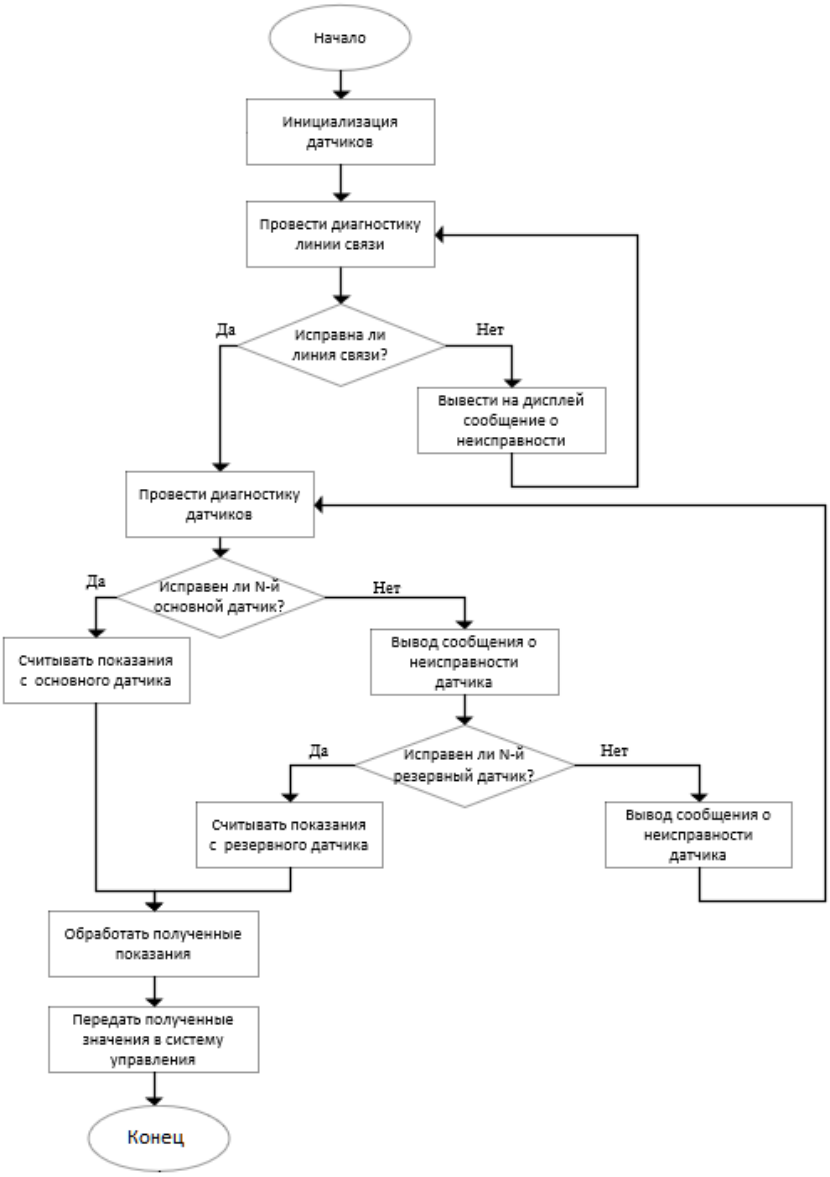

Рис. 3. Блок-схема алгоритма функционирования интеллектуального датчика

В результате, после разработки алгоритма функционирования многоточечного интеллектуального датчика и определения необходимых аппаратных элементов, была составлена схема подключения, представленная на рисунке 4.

Заключение

В данной работе рассмотрена возможность создания интеллектуального многоточечного датчика температуры. Основными функциями такого датчика являются: поддержка протоколов связи для передачи обработанных значений в SCADA систему; диагностика измерительных элементов и состояния линий связи; наличие резервного датчика. Для реализации этих функций разработан алгоритм функционирования данного устройства, описывающий этапы функционирования многоточечного интеллектуального датчика температуры жидкости. Предложена элементная база устройства и

разработана принципиальная схема соединения всех элементов. В дальнейшем возможно провести моделирование данного устройства в САПР, чтобы оценить точность и полноценность предлагаемого алгоритма функционирования. Далее необходимо реализовать данное устройство и провести непосредственные испытания на объекте управления.

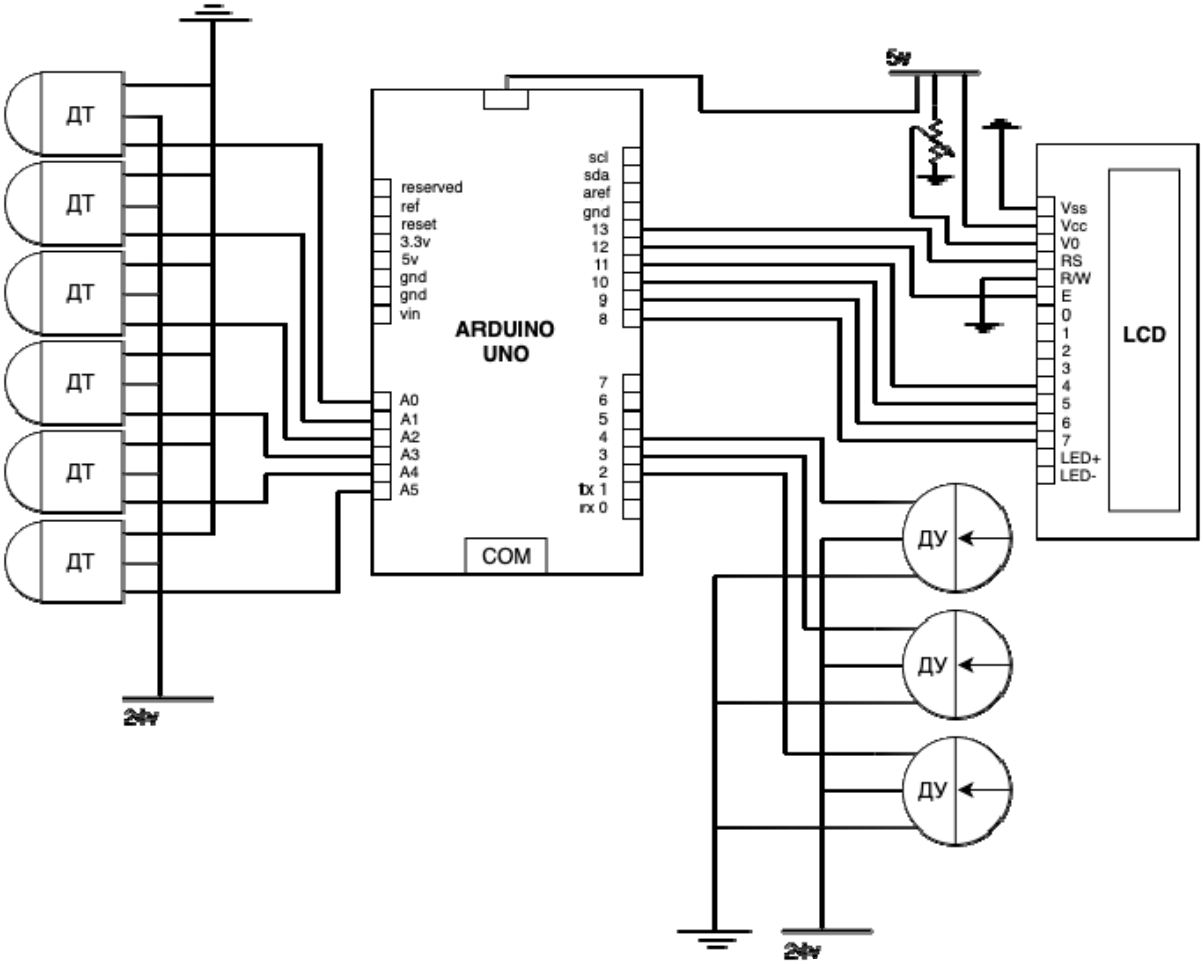

Рис. 4. Принципиальная схема интеллектуального многоточечного датчика температуры, где (на схеме): ДТ – аналоговый датчик температуры;
ДУ – цифровой датчик уровня жидкости;
LCD – жидкокристаллический дисплей

Список литературы:

1. Михеев В.П., Просандеев А.В. Датчики и детекторы: учебное пособие. Москва: МИФИ, 2007. 172 с
2. Поверка датчиков температуры на объекте (бездемонтажная поверка). URL: http://temperatures.ru/pages/poverka_datchikov_temperatury_na_obekte (дата обращения: 23.03.2021).
3. Интеллектуальные датчики и их использование. URL: http://electricalschool.info/automation/1829-intellektualnye-datchiki-i-ikh.html (дата обращения: 23.03.2021).
4. Makinwa K.A.A. Smart temperature sensors in standard CMOS / Proc. Eurosensors XXIV. 2010.

References:

1. Mikheev V.P., Prosandeev A.V. Sensors and detectors: a manual. Moscow: MIFI, 2007. 172 p.
2. Verification of temperature sensors on the object (non-demountable verification). URL: http://temperatures.ru/pages/poverka_datchikov_temperatury_na_obekte (access date: 23.03.2021).
3. Smart sensors and their use. URL: http://electricalschool.info/automation/1829-intellektualnye-datchiki-i-ikh.html (access date: 23.03.2021).
4. Makinwa K.A.A. Smart temperature sensors in standard CMOS / Proc. Eurosensors XXIV. 2010.

Vol. 5. P. 930–939.

5. Интеллектуальные датчики давления. URL: https://www.bdsensors.ru/ru/products/list-pressure-intelligent/ (дата обращения: 25.03.2021).
6. Ицкович Э.Л. Современные интеллектуальные датчики общепромышленного назначения на рынке СНГ. Москва, 2005.
7. Многоточечный датчик температуры Rosemount™ 765 со встроенным датчиком уровня воды. URL: https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/rosemount-765-multiple-spot-temperature-and-water-level-sensor-ru-ru (дата обращения: 25.03.2021).
8. Реализация программно-аппаратного комплекса для оценки энергетического потенциала возобновляемых источников энергии / П.Ю. Бучацкий, С.В. Теплоухов, С.В. Онищенко [и др.] // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер.: Естественно-математические и технические науки. 2019. Вып. 4 (251). С. 103–108. URL: http://vestnik.adygnet.ru
9. Buchatskiy P.Yu., Teploukhov S.V., Onishchenko S.V. Software and Hardware Complex for Evaluating the Potential of Wind and Solar Energy // International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). Sochi, Russia 2020. Sochi, 2020. P. 1–5.
10. Калибровка по температуре. URL: https://ru.flukecal.com/products/temperature-calibration (дата обращения: 30.03.2021).

Vol. 5. P. 930–939.

5. Intelligent pressure sensors. URL: https://www.bdsensors.ru/ru/products/list-pressure-intelligent/ (access date: 25.03.2021).
6. Itskovich E.L. Modern intelligent sensors of general industrial purpose on the CIS market. Moscow, 2005.
7. Rosemount™ 765 multi-point temperature sensor with integrated water level sensor. URL: https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/rosemount-765-multiple-spot-temperature-and-water-level-sensor-ru-ru (access date: 25.03.2021).
8. Implementation of the power assessment appliance for renewable energy sources / P.Yu. Buchatsky, S.V. Teploukhov, S.V. Onishchenko [at al.] // The Bulletin of the Adyghe State University. Ser. Natural-Mathematical and Technical Sciences. 2019. Iss. 4 (251). P. 103–108. URL: http://vestnik.adygnet.ru
9. Buchatskiy P.Yu., Teploukhov S.V., Onishchenko S.V. Software and Hardware Complex for Evaluating the Potential of Wind and Solar Energy // International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). Sochi, Russia 2020. Sochi, 2020. P. 1–5.
10. Temperature calibration. URL: https://ru.flukecal.com/products/temperature-calibration (access date: 30.03.2021).