МИНИСТЕРСВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования «БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет ХТиТ

Кафедра АТПиЭ

Специальность 4-21 05

Специализация Автоматизация химико-технологических процессов

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

**КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

по дисциплине: Метрология, методы и приборы технических измерений

Тема: Разработка микропроцессорного многоканального измерителя температуры и оценка его погрешности

Исполнитель

студент 3 курса группы 5 Артюшко А.В.

Руководитель Бакаленко В.И.

Курсовой проект защищен с оценкой

Минск 2020

# Введение

Цель работы – разработка термометра с выводом данных на монитор мобильного устройства.

Техническая схема термометра реализована при помощи платы Arduino и цифровых измерителей температуры ds18b20.

Arduino - это удобная платформа быстрой разработки электронных устройств и электронный конструктор для новичков и профессионалов. Платформа пользуется огромной популярностью во всем мире благодаря удобству и простоте языка программирования, а также открытой архитектуре и программному коду. Плата Arduino состоит из микроконтроллера Atmel AVR и элементов обвязки для программирования и интеграции с другими схемами. Схема термометра приведена в Приложении Д.

Диапазон измерения температуры датчиков составляет от -55 до +125 °C. Для диапазона от -10 до +85 °C погрешность не превышает 0,5 °C. В микросхеме ds18b20 для обмена данными использует специализированный протокол 1-Wire корпорации Dallas. Для линии связи требуется слабый подтягивающий резистор т.к. все устройства физически подключены к одной общей шине и используют выход с тремя состояниями.  В этой системе с одной шиной, микроконтроллер (мастер) определяет наличие устройств на шине и обменивается с ними, используя уникальный адрес для каждого устройства - 64-разрядный код, подключенных к шине, практически ни чем не ограничено.

Другая особенность ds18b20 – работать без внешнего источника питания. Питание происходит через подтягивающий резистор шины и вывод DQ, во время высокого уровня шины. Сигнал высокого уровня заряжает через вывод DQ  внутренний конденсатор (Cpp), энергией которого и питается микросхема при низком уровне линии связи. Этот метод в спецификации протокола 1-Wire называется ”паразитное питание”. Ничего не мешает использовать и внешнее питание для ds18b20. Подается оно на вывод Vdd.

Методика проведения метрологической аттестации заключается в проведении испытаний, определении метрологический характеристик на основе данных этих испытаний и сравнение полученных метрологических характеристик с эталонными.

1.Элементы микропроцессорных СИ (АЦП,МК) и их технические метрологические

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

3

*БГТУ 1 53 01 01 ПЗ*

Разраб.

Артюшко А.В.

Провер.

Бакаленко В.И.

Реценз.

Н. Контр.

Утверд.

Бакаленко В.И

Лит.

Листов

20

характеристики

Микропроцессорная система может выполнять сервисные и вычислительные функции, а также самодиагностику прибора в целом. К сервисным функциям относятся операции по коррекции погрешностей: калибровку прибора. Автоматическое выполнение сервисных функций делает прибор более удобным и избавляет оператора от некоторых рутинных операций по настройке прибора.

Arduino Uno контроллер построен на микроконтроллере ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи. Принципиальная схема (Приложение А). Микроконтроллеры для Arduino отличаются наличием предварительно прошитого в них. С помощью этого загрузчика пользователь загружает свою программу в микроконтроллер без использования традиционных отдельных аппаратных [программаторов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80).

Технические характеристики:

|  |  |
| --- | --- |
| Микроконтроллер | ATmega328 |
| Рабочее напряжение | 5 В |
| Входное напряжение (рекомендуемое) | 7-12 В |
| Входное напряжение (предельное) | 6-20 В |
| Цифровые Входы/Выходы | 14 (6 из которых могут использоваться как выходы [ШИМ](http://arduino.ru/Tutorial/PWM)) |
| Аналоговые входы | 6 |
| Постоянный ток через вход/выход | 40 мА |
| Постоянный ток для вывода 3.3 В | 50 мА |

АЦП используется для преобразования аналогового сигнала в цифровой. Функция считывает значение с указанного[аналогового входа](http://arduino.ru/Tutorial/AnalogInputPins). Большинство плат Arduino имеют 6 каналов c 10-битным аналого-цифровым преобразователем (АЦП). Напряжение  поданное на аналоговый вход, обычно от 0 до 5 вольт будет преобразовано в значение от 0 до 1023, это 1024 шага с разрешением 0.0049 Вольт. Разброс напряжение и шаг может быть изменен функцией [analogReference()](http://arduino.ru/Reference/AnalogReference). Считывание значение с аналогового входа занимает примерно 100 микросекунд (0.0001 сек), т.е. максимальная частота считывания приблизительно 10,000 раз в секунду.

Разрешающая способность АЦП. В Ардуино используется 10 разрядный АЦП, что соответствует 1024 градациям выходного кода. Разрешающая способность или точность АЦП с идеальной передаточной характеристикой равна 100% / 1024 = 0,098 %. Полная ошибка не превышает 2 единиц младшего разряда, что соответствует погрешности 100% / 1024 \* 2 = 0,2 %.

Погрешности преобразования АЦП. Производители микроконтроллеров ATmega нормируют полную ошибку преобразования АЦП, в которую включены:

- интегральная нелинейность;  
 - дифференциальная нелинейность;  
 - ошибка квантования;  
 - ошибка коэффициента преобразования;  
 - ошибка смещения нуля.

В документации на микроконтроллеры приводятся значения отдельных точностных параметров:  
 - Интегральная нелинейность – не более 0,5 единицы младшего разряда, т.е 0,05 %.  
 - Интегральная нелинейность характеризует отклонение реальной характеристики АЦП от идеальной в середине шага квантования.  
  
Дифференциальная нелинейность - не более 0,25 единицы младшего разряда, т.е 0,025 %.  
Этот параметр характеризует отклонение между серединами соседних шагов квантования на реальной и идеальной характеристиках. Т.е. показывает насколько одинаковые ступеньки характеристики.  
  
Ошибка коэффициента преобразования – не более 2 единиц младшего разряда, т.е 0,2 %.  
Показывает насколько наклон прямой между первой и последней точкой реальной характеристики преобразования соответствует идеальному значению. Ошибка может быть скорректирована умножением на поправочный коэффициент.  
  
Ошибка смещения нуля – не более 2 единиц младшего разряда, т.е 0,2 %.  
Показывает значение сигнала на входе АЦП при выходном коде равном 0. Может быть скорректирована прибавлением к выходному коду поправочного коэффициента.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

4

*БГТУ 1 53 01 01 ПЗ*

Разраб.

Артюшко А.В.

Провер.

Бакаленко В.И

Реценз.

Н. Контр.

Утверд.

Бакаленко В.И

Лит.

Листов

20

Из динамических характеристик достаточно знать, что время преобразования АЦП в системе Ардуино примерно 110 мкс.  
Из вышесказанного можно сделать вывод, что погрешность измерения АЦП Arduino не превышает 0,2 %.

2.Разработка схемы СИ. Выбор элементов

Для разработки термометра были выбраны датчики температуры ds18b20. Одним из самых больших преимуществ этих датчиков является то, что на одной 1-Wire шине могут находиться несколько таких датчиков. Поскольку каждый ds18b20 имеет уникальный 64-битный последовательный код, зашитый на заводе, их легко отличать друг от друга.

Сбор схемы:

# Схема будет работать посредством программного кода, который загружается в микроконтроллер через официальное бесплатное программное обеспечение Arduino IDE. Arduino IDE - Среда предназначена для написания, компиляции и загрузки собственных программ в память микроконтроллера, установленного на плате Arduino-совместимого устройства. Основой среды разработки является язык Processing/Wiring - это фактически обычный C++.

Подключение всех датчиков ds18b20 происходит параллельно, то есть объединения всех выводов VDD, выводов GND и сигнальных выводов. Затем подключена шина VDD к выходу 5V на Arduino, GND к выводу земли Arduino, и подключены сигнальные выводы к цифровому выводу 4 на Arduino.

Затем, чтобы обеспечить стабильную передачу данных, нужно добавить один подтягивающий резистор 4,7 кОм для всей шины между сигнальными выводами и выводами питания (внутренние подтягивающие резисторы на ардуино не работают). Cхема подключения (Приложение Д).

Установка библиотеки для ds18b20

Протокол Dallas 1-Wire несколько сложен и требует много кода для реализации. Чтобы скрыть эту ненужную сложность, установим библиотеку [DallasTemperature.h](https://github.com/milesburton/Arduino-Temperature-Control-Library), чтобы выполнять простые команды для получения показаний температуры от датчика.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

5

*БГТУ 1 53 01 01 ПЗ*

Разраб.

Артюшко А.В.. *Н.А.*

Провер.

Бакаленко В.И

Реценз.

Н. Контр.

Утверд.

Бакаленко В.И

Лит.

Листов

20

Основная функция DS18B20 – преобразование температуры датчика в цифровой код. Разрешение преобразования задается 9, 10, 11 или 12 бит. Это соответствует разрешающей способность - 0,5 (1/2) °C, 0,25 (1/4) °C, 0,125 (1/8) °C и 0,0625 (1/16) °C. При включении питания, состояние регистра конфигурации устанавливается на разрешение 12 бит.

После включения питания DS18B20 находится в низко-потребляющем состоянии покоя.  Чтобы инициировать измерение температуры мастер (микроконтроллер) должен выполнить команду ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ [44h]. После завершения преобразования, результат измерения температуры будет находиться в 2 байтах регистра температуры, и датчик опять перейдет в состояние покоя.

3.Разработка программы термометра

Первым делом нужно определить адресы датчиков ds18b20:

#include <OneWire.h>

#include <DallasTemperature.h>

OneWire oneWire(15); // *вход датчиков ds18b20*

DallasTemperature ds(&oneWire);

DeviceAddress sensor0;

void setup() {

 Serial.begin(9600);

 ds.begin();

     // *показываем сколько датчиков нашли на шине*

 Serial.print("Found ");

 Serial.print(ds.getDeviceCount(), DEC);

 Serial.println(" devices.");

   // *достаем адрес датчика с индесом 0*

 if (!ds.getAddress(sensor0, 0)){

   Serial.println("Unable to find address for Device 0");

 }

   // *отпаравляем адрес из массива в монитор порта*

 Serial.print("address sensor 0: ");

 for (uint8\_t i = 0; i < 8; i++)  {

   Serial.print("0x");

   Serial.print(sensor0[i], HEX);

   Serial.print(", ");

 }

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

6

*БГТУ 1 53 01 01 ПЗ*

Разраб.

Артюшко А.В. *Н.А.*

Провер.

Бакаленко В.И

Реценз.

Н. Контр.

Утверд.

Бакаленко В.И

Лит.

Листов

20

Программный код установки:

#include <OneWire.h>// *библиотека для работы с протоколом 1-Wire*

#include <DallasTemperature.h>// *библиотека для работы с датчиком ds18b20*

DeviceAddress Term01 = {0x28, 0x48, 0x14, 0xC0, 0x0B, 0x00, 0x00, 0x51};//*присваиваем переменной адрес датчика*

DeviceAddress Term02 = {0x28, 0xE5, 0x95, 0xBF, 0x0B, 0x00, 0x00, 0x73};

DeviceAddress Term03 = {0x28, 0x4E, 0xC5, 0xC2, 0x0B, 0x00, 0x00, 0x77};

DeviceAddress Term04 = {0x28, 0x58, 0xC5, 0xBF, 0x0B, 0x00, 0x00, 0xAB};

OneWire oneWire(4);// *создаём объект для работы с библиотекой OneWire*

DallasTemperature sensors(&oneWire);// *создадим объект для работы с библиотекой* *DallasTemperature*

## void setup(){

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

7

*БГТУ 1 53 01 01 ПЗ*

Разраб.

Артюшко А.В. *Н.А.*

Провер.

Бакаленко В.И.

Реценз.

Н. Контр.

Утверд.

Бакаленко В.И

Лит.

Листов

20

Serial.begin(9600);// *инициализируем работу Serial-порта*

sensors.begin(); // *начинаем работу с датчиком*

for (int index=1; index<=10; index++)// *цикл для вывода 10 запросов*

{

Serial.println("New loop");//*вывод надписи о новом ряду температур*

sensors.requestTemperatures();// *отправляем запрос на измерение температуры*

Serial.print("Term01: ");// *выводим температуру в Serial-порт*

Serial.println(sensors.getTempC(Term01));

Serial.print("Term02: ");

Serial.println(sensors.getTempC(Term02));

Serial.print("Term03: ");

Serial.println(sensors.getTempC(Term03));

Serial.print("Term04: ");

Serial.println(sensors.getTempC(Term04));

delay(5000);// *5-и секундный интервал*

}

}

void loop(){

}

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Программа метрологической аттестации

2. РАССМОТРЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

2.1. При рассмотрении документации, представленной на метрологическую аттестацию, проводят ее экспертизу, включая:

− проверку наличия в эксплуатационной документации разделов, регламентирующих назначение, технические данные, состав комплекта средств измерений, устройство, подготовку и порядок работы, методику поверки;

− оценку полноты и правильности формулировок и назначения средства измерений, включая четкость определения измеряемой величины, полноту указаний функций, выполняемых средством измерений, диапазон измерений, назначение устройств, используемых совместно с данным средством измерений;

− оценку полноты и правильности выражения метрологических характеристик средства измерений, включая однозначность выражения характеристик, исключающую возможность различного их толкования, наличие предельных значений, полноту комплекса регламентированных характеристик, целесообразность выбранной формы регламентации и т.п.;

− проверку правильности выражения нормальных условий применения средств измерений.

2.2. Экспертиза технической документации проводится в последовательности согласно таблице 1.

Таблица 1

|  |  |
| --- | --- |
| **Требования к рассмотрению технической документации** | **Указания по методике выполнения** |
| 1. Проверка соответствия указанных в технической документации метрологических характеристик аттестуемого средства измерений требованиям ТЗ и распространяющихся на него ТНПА | Проводят сличением требований, указанных в документах |
| 2. Проверка правильности назначения и способа выражения метрологических характеристик, нормированных в технической документации | Проводят на соответствие требованиям ГОСТ 8.009-84 и ГОСТ 8.207-76 |
| 3. Проверка правильности методов и выбора средств поверки, изложенных в документации | Определяют по действующим поверочным схемам и методам, используемым для аналогов |
| 4. Соответствие требованиям стандартов ЕСКД и системы обеспечения единства измерений РБ | Проверяется комплектность, построение и содержание эксплуатационной документации |

3. Экспериментальные исследования

3.1. При проведении экспериментальных исследований выполняют операции согласно таблице 2.

Таблица 2

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование операции | Номер пункта ПМА |
| 1.Установление метрологических характеристик, определяемых в процессе аттестации | 5.1 |
| 2.Установление точек, в которых определяют значения метрологических характеристик | 5.2 |
| 3.Установление количества наблюдений (n) в исследуемых точках диапазона измерений | 5.3 |
| 4.Установление исходных данных и условий определения погрешности Установки | 5.4 |
| 5.Представление погрешности Установки | 5.5 |
| 6.Подготовка к исследованиям | 5.6 |
| 7.Определение погрешности Установки | 5.7 |
| 8. Обработка результатов измерений | 6 |
| 9.Установление межповерочного интервала | 7 |
| 10.Оформление результатов измерений | 8 |

3.2. При проведении аттестации должны применяться эталоны и вспомогательные СИ, указанные в таблице 3.

Таблица 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование средств измерений | Тип | Основные технические и метрологические характеристики |
| Термометр | ТЛ-4 | (0-50)℃, цена деления 0,10℃ |
| Примечания:  1. Все средства измерений должны иметь действующие клейма и (или) свидетельства о прохождении поверки.  2. Нормальные условия эксплуатации образцовых средств измерений должны соответствовать условиям экспериментальных исследований.  3. Допускается применение других средств измерений, имеющих метрологические характеристики не хуже указанных в настоящей таблице. | | |

4. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1. Экспериментальные исследования должны проводиться при указанных условиях:

Температура окружающего воздуха, °С 10-30

Относительная влажность воздуха, % 30 – 93

Атмосферное давление, кПа 84 – 106,7

Напряжение питания, В 5±0,5

5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

5.1. Установление метрологических характеристик, определяемых в процессе аттестации Перечень метрологических характеристик, подлежащих определению в процессе аттестации, приведен в таблице 4.

Таблица 4

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование метрологических характеристик | Пункт ПМА |
| 1.Определение погрешности Установки | 5.7 |
| 2.Определение относительной погрешности измерения температуры в данном диапазоне | 5.7.1 |
| 3.Определение погрешности измерения температуры | 5.7.2 |

5.2. В каждой исследуемой точке, в зависимости от заданной доверительной вероятности (PД), определяется количество наблюдений (n) в соответствии с [1] по формуле:

, (1)

при PД = 0,95 n = 40. Если при аттестации определяются систематическая и случайная составляющие погрешности измерения, а вариации нет, то количество наблюдений (n) допускается уменьшить до 20. Учитывая ожидаемые метрологические характеристики, и при положительных результатах предварительных исследований, количество наблюдений при оценке погрешностей термометра принимаем равным 10.

5.4. Установление исходных данных и условий определения погрешности Установки

5.4.1. При оценке границ интервала, в котором находится погрешность термометра, принимаются следующие условия:

− закон распределения случайной составляющей погрешности средства измерения – нормальный;

− закон распределения функции влияния на случайную составляющую погрешности является равномерным;

− функции влияния и вызываемые ими дополнительные погрешности взаимонезависимые;

− заданная доверительная вероятность PД = 0,95.

5.4.2. Исходными данными для определения метрологических характеристик являются результаты наблюдений в каждой исследуемой точке диапазона измерений и относительные погрешности средств измерений.

5.5. Представление погрешности Установки

5.5.1. Погрешность Установки представляется суммой не исключённых систематических и случайных погрешностей применяемых методов и средств измерений. Границы не исключённой систематической погрешности определяются по формуле:

, (5)

где Δсk – граница k – той не исключенной систематической погрешности.

СКО случайной погрешности результата измерений определяется по формуле:

(6)

где – погрешность i-го измерения  
 - среднее значение погрешности

Если , то неисключенными систематическими погрешностями пренебрегают, и граница погрешности результата измерений принимается равной:

(7)

где t =2,26 – коэффициент Стьюдента для n = 10 и доверительной вероятности РД=0,95.

Если , то случайной погрешностью пренебрегают, и граница погрешности результата измерений принимается равной:

(8)

5.6. Подготовка к исследованиям

5.6.1. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра устанавливается:

− соответствие комплектности СИ, входящих в состав установки;

− отсутствие следов коррозии и механических повреждений, влияющих на работоспособность приборов и точность показаний;

5.6.3. Опробование

При опробовании проверяется работоспособность всех средств измерений и вспомогательного оборудования

Результаты опробования считаются удовлетворительными, если все СИ работоспособны, а температура изменяется в пределах эксплуатационного диапазона.

5.7. Определение погрешности Установки

5.7.1. Определение относительной погрешности измерения температуры.

Относительная погрешность измерения температуры

, (9)

где - абсолютная погрешность измерения,

– действительное (эталонное) значение измеряемой величины.

5.7.2. Определение погрешности измерения температуры

Температура рабочей среды измеряется термометром, метрологические характеристики которого должны соответствовать требованиям таблицы 3.

Погрешность измерения температуры определяется погрешностью термометра.

5.7.3. Критерий Аббе - Применяется для обнаружения изменяющейся во времени систематической погрешности и состоит в следующем. Дисперсию результатов наблюдений можно оценить двумя способами: обычным

(10)

и вычислением суммы квадратов последовательных (в порядке проведения измерений) разностей

(11)

Если отношение меньше табличного при заданных (n и Рд), то имеет место переменная систематическая погрешность.

(12)

**6 Обработка результатов наблюдений**

Обработку данных наблюдений проводят в соответствии с Приложением А.

Результаты МА считаются положительными, если погрешность измерения температуры не более ±0,2℃ от эталонного.

**7 Установление межкалибровочного интервала**

Исходя из опыта работы в области данных измерений и учитывая:

-принцип действия средства измерения;

-предполагаемую интенсивность эксплуатации;

Межкалибровочный интервал назначается 1 год

**8 Оформление результатов измерений**

Результаты аттестации средство измерений и ее составных частей заносят в протоколы, форма которых приведена в приложении Б.

При положительных результатах аттестации средство измерений допускают к эксплуатации с установленным пределом ОП. На нее выдается свидетельство об аттестации.

При отрицательных результатах аттестации средство измерений к применению не допускается, на нее выдается извещение о непригодности с указанием всех причин несоответствия.

Приложение Б

**Протокол №\_\_\_\_**

аттестации средства измерений температуры

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 г.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. Номер средства измерений: | | | | | | |  | | |
| 1. Диапазон измерений: | | | | | | |  | | |
| 1. Пределы относительной погрешности %: | | | | | | | ±2 | | |
| 1. Принадлежит | | | | | | | БГТУ, АТПиЭ | | |
| 1. Организация, проводившая аттестацию: | | | | | | | БГТУ | | |
| 1. Наименование основных и вспомогательных СИ, МХ, номера свидетельств об аттестации:   \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | | | | | |
| 1. Условия проведения аттестации: | | | | | | | | | |
| Температура воздуха \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | Относительная влажность\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | |
|  | |  | | | | | |
| № | | ТЛ-4 (температура) | | δ1,% | δ2,% | | δ3,% |
| 1 | | 26,5℃ | | -1.43396 | 0,0 | | 0,0 |
| 2 | | -1.43396 | 0,0 | | -0,9434 |
| 3 | | -1.43396 | 0,0 | | 0,71698 |
| 4 | | -1.43396 | 0,0 | | 0,71698 |
| 5 | | -1.43396 | 0,0 | | -0,9434 |
| 6 | | -1.43396 | -0,22642 | | -0,71698 |
| 7 | | -1.43396 | 0,0 | | -0,9434 |
| 8 | | -1,16981 | -0,22642 | | -0,9434 |
| 9 | | -1,16981 | -0,22642 | | -0,9434 |
| 10 | | -1,16981 | 0,0 | | -0,71698 |
| Среднеквадратическое отклонение | | | | 0,016748 | | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | ТЛ-4 (температура) | Δ1,℃ | Δ2,℃ | Δ3,℃ |
| 1 | 26,5℃ | -0,38 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | -0,38 | 0,0 | -0,25 |
| 3 | -0,38 | 0,0 | -0,19 |
| 4 | -0,38 | 0,0 | -0,19 |
| 5 | -0,38 | 0,0 | -0,25 |
| 6 | -0,38 | -0,6 | -0,19 |
| 7 | -0,38 | 0,0 | -0,25 |
| 8 | -0,31 | -0,6 | -0,25 |
| 9 | -0,31 | -0,6 | -0,25 |
| 10 | -0,31 | 0,0 | -0,19 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Средние значения | -0,359 | -0,18 | -0,201 |

Приложение В

**Протокол №\_\_\_\_**

аттестации средства измерений температуры

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 г.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. Номер средства измерений: | | | | | | |  | | |
| 1. Диапазон измерений: | | | | | | |  | | |
| 1. Пределы относительной погрешности %: | | | | | | | ±2 | | |
| 1. Принадлежит | | | | | | | БГТУ, АТПиЭ | | |
| 1. Организация, проводившая аттестацию: | | | | | | | БГТУ | | |
| 1. Наименование основных и вспомогательных СИ, МХ, номера свидетельств об аттестации:   \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | | | | | |
| 1. Условия проведения аттестации: | | | | | | | | | |
| Температура воздуха \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | Относительная влажность\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | |
|  | |  | | | | | |
| № | | ТЛ-4 (температура) | | δ1,% | δ2,% | | δ3,% |
| 1 | | 12,57℃ | | -4,54545 | 0,83333 | | 0,22727 |
| 2 | | -4,84848 | 0,75758 | | 0,22727 |
| 3 | | -4,69697 | 0,75758 | | 0,30303 |
| 4 | | -4,61771 | 0,4542 | | 0,3028 |
| 5 | | -4,92424 | 0,5303 | | 0,37879 |
| 6 | | -5,15152 | 0,60606 | | 0,22727 |
| 7 | | -5,15152 | 0,68234 | | 0,07582 |
| 8 | | -5,07576 | 0,75758 | | 0,0 |
| 9 | | -4,77997 | 0,91047 | | 0,07587 |
| 10 | | -4,47309 | 0,83397 | | -0,07582 |
| Среднеквадратическое отклонение | | | | 0,016748 | | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | ТЛ-4 (температура) | Δ1,℃ | Δ2,℃ | Δ3,℃ |
| 1 | 12,57℃ | -0,6 | 0,11 | 0,03 |
| 2 | -0,64 | 0,1 | 0,03 |
| 3 | -0,62 | 0,1 | 0,04 |
| 4 | -0,61 | 0,06 | 0,04 |
| 5 | -0,65 | 0,07 | 0,05 |
| 6 | -0,68 | -0,92 | 1,03 |
| 7 | -0,68 | 0,09 | 0,01 |
| 8 | -0,67 | 0,1 | 0,0 |
| 9 | -0,63 | 0,12 | 0,01 |
| 10 | -0,59 | 0,11 | -0,01 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Средние значения | -0,637 | -0,006 | 0,123 |

Приложение Г

**Протокол №\_\_\_\_**

аттестации средства измерений температуры

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 г.

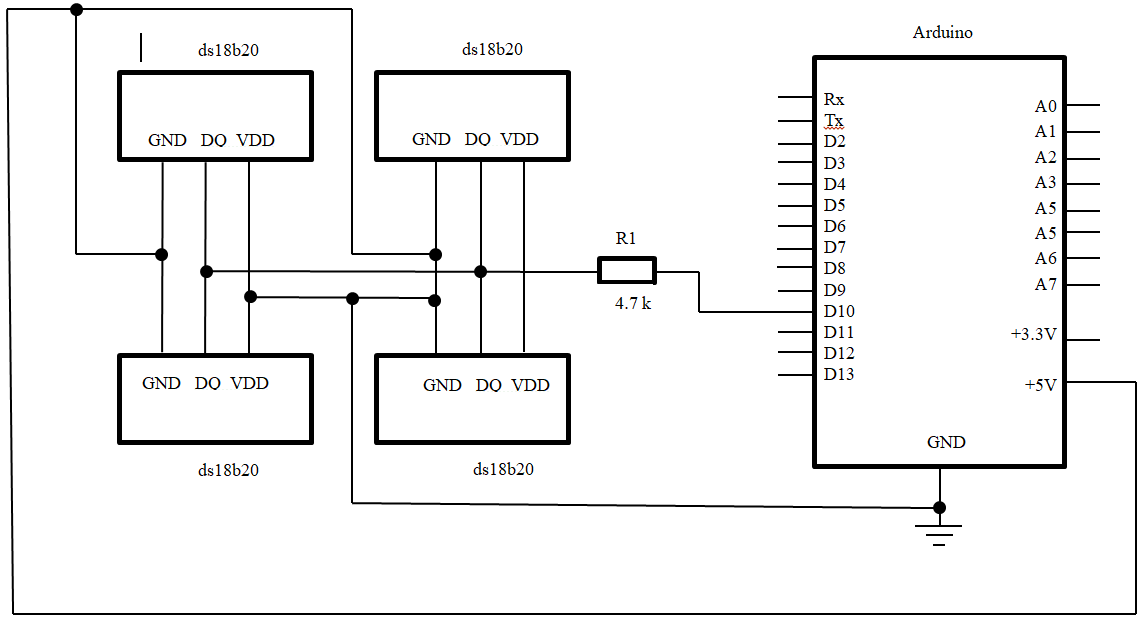
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. Номер средства измерений: | | | | | | |  | | |
| 1. Диапазон измерений: | | | | | | |  | | |
| 1. Пределы относительной погрешности %: | | | | | | | ±2 | | |
| 1. Принадлежит | | | | | | | БГТУ, АТПиЭ | | |
| 1. Организация, проводившая аттестацию: | | | | | | | БГТУ | | |
| 1. Наименование основных и вспомогательных СИ, МХ, номера свидетельств об аттестации:   \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | | | | | |
| 1. Условия проведения аттестации: | | | | | | | | | |
| Температура воздуха \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | Относительная влажность\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | |
|  | |  | | | | | |
| № | | ТЛ-4 (температура) | | δ1,% | δ2,% | | δ3,% |
| 1 | | 44,2℃ | | 0,02262 | 0,22264 | | 0,06787 |
| 2 | | 0,02262 | 0,24887 | | 0,06787 |
| 3 | | 0,0 | 0,22619 | | 0,02262 |
| 4 | | 0,04523 | 0,18091 | | 0,04523 |
| 5 | | 0,11312 | 0,22624 | | 0,0905 |
| 6 | | 0,06787 | 0,27149 | | 0,02262 |
| 7 | | 0,0 | 0,24881 | | -0,02262 |
| 8 | | 0,0 | 0,20357 | | -0,02262 |
| 9 | | -0,02261 | 0,15826 | | -0,06783 |
| 10 | | -0,04522 | 0,18087 | | -0,04522 |
| Среднеквадратическое отклонение | | | | 0,016748 | | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | ТЛ-4 (температура) | Δ1,℃ | Δ2,℃ | Δ3,℃ |
| 1 | 44,2℃ | 0,01 | 0,10 | 0,03 |
| 2 | 0,01 | 0,11 | 0,03 |
| 3 | 0,0 | 0,10 | 0,01 |
| 4 | 0,02 | 0,08 | 0,02 |
| 5 | 0,05 | 0,10 | 0,04 |
| 6 | 0,03 | 0,12 | 0,01 |
| 7 | 0,00 | 0,11 | -0,01 |
| 8 | 0,00 | 0,09 | -0,01 |
| 9 | -0,01 | 0,07 | -0,03 |
| 10 | -0,02 | 0,08 | -0,02 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Средние значения | 0,009 | 0,096 | 0,007 |

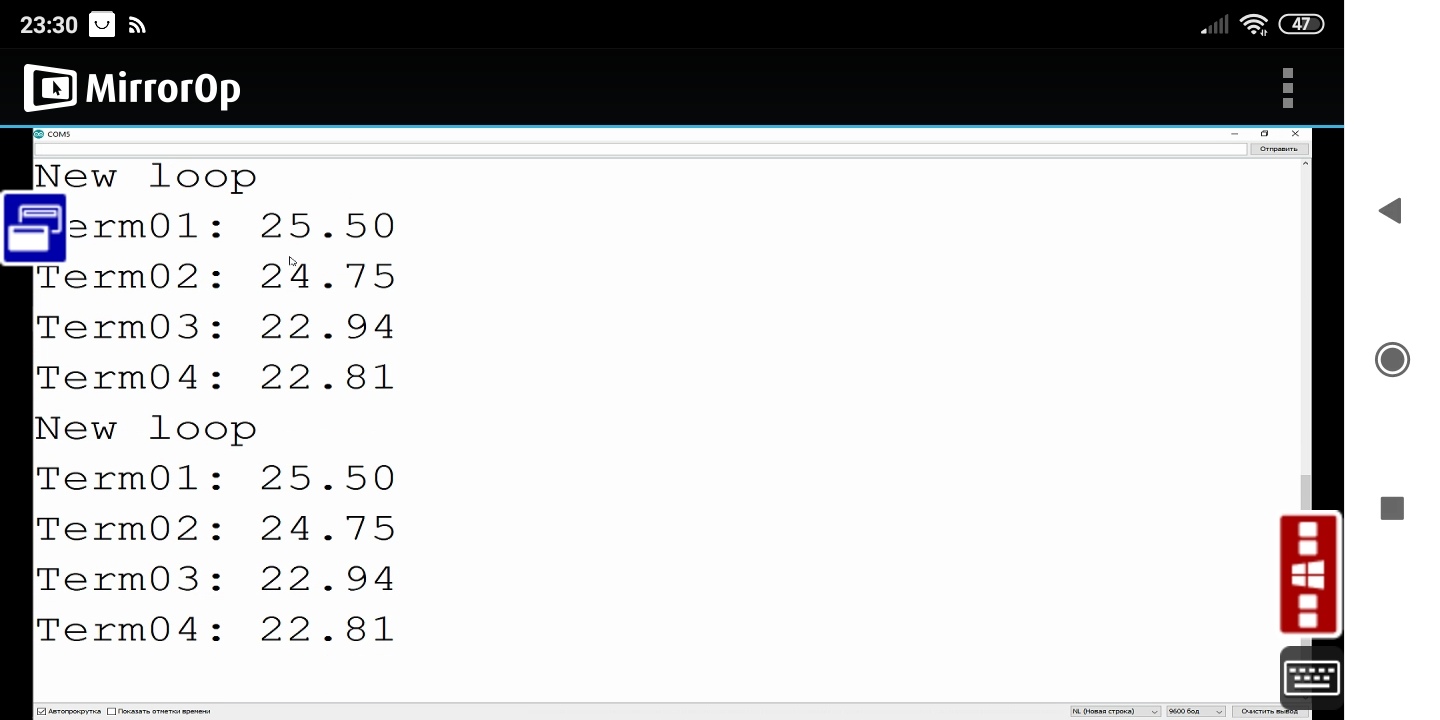
Приложение Д

Схема измерителя температуры



Приложение Е

Вид окна вывода информации на монитор мобильного порта



Приложение Ж

Нормативные документы, на основе которых разработана ПМА

1. СТБ 8004-93 Метрологическая аттестация средств измерений.

2. МИ 2146 – 98 Порядок разработки и требования к содержанию программы испытаний средств измерений для целей утверждения их типа.

3. ГОСТ 8.009-84 Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.

4. ГОСТ 28498-90 Термометры стеклянные ртутные для точных измерений. Технические условия”.

5. ГОСТ 8.207-76 ГСИ Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений.

6. ГОСТ 8.508 – 84 Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации ГСП.

7. МИ 2187-92 Методы определения меж поверочных и меж калибровочных интервалов средств измерений.

Приложение З

Реферат

Пояснительная записка курсового проекта 20 с., 2 рис.,5 табл., 7 ист.,8 прил.

Платформа Arduino UNO, Датчик температуры ds18b20, Мобильное устройство, Резистор на 4.7 кОм, Соединительные провода

Целью выполнения курсового проекта является разработка термометра.

Произведены расчёты абсолютных и относительных погрешностей термометра, а так же найден критерий Аббе, который не превышает 0,5 так как при принятых условиях значимости фактическое значение критерия Аббе меньше критических, следовательно делаем вывод о наличии систематической составляющей в погрешностях измерений. Найдены среднеквадратические отклонения, полученные данные показывают, что не при всех температурах датчики могут удовлетворять требованиям курсового проекта, так как погрешность превышает ±0,2℃.

В результате разработки термометра и выбора элементов долговечность устройства составляет не менее года.

Графическая часть включает:

- Схема измерителя температуры – 1 лист А4;

- Вид окна вывода информации на монитор мобильного порта – 1 лист А4.

Заключение

# В данном курсовом проекте была разработана и собрана схема термометра с выводом информации на монитор мобильного порта с использованием датчиков температуры ds18b20 на платформе Arduino, дальность работы передачи данных на мобильное устройство определяется возможностью общей точки доступа. Приобретен навык работы в программной среде Arduino IDE. Были подобранны и перечислены элементы устройства, описан его принцип работы. В результате проделанной работы на практике была продемонстрирована работоспособность разработанного технического решения.