|  |
| --- |
|  |
| МИНОБРНАУКИ РОССИИ |
| Федеральное государственное бюджетное образовательное  учреждение высшего образования  **«МИРЭА - Российский технологический университет»**  **РТУ МИРЭА** |
| Институт кибербезопасности и цифровых технологий  Кафедра КБ-6 «Приборы и информационно-измерительные системы» |

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

по дисциплине Методы и средства автоматизации проектирования

интеллектуальных измерительных устройств

Тема курсовой работы Разработка и отладка встраиваемого программного

обеспечения интеллектуального измерительного устройства

Студента Д.А. Косяков

дата, подпись инициалы и фамилия

Группа БПБО-01-22 шифр 22Б0945

Обозначение работы КР–02068717–12.03.01–КБ-6–19–23

Работа защищена на оценку

Руководитель курсовой работы С.А. Канаев

дата, подпись инициалы и фамилия

Члены комиссии О.В. Москаленко

подпись инициалы и фамилия

подпись инициалы и фамилия

Работа представлена к защите «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ г.

Допущен к защите «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ г.

Москва 2023



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "МИРЭА - Российский технологический университет"

Институт КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра КБ-6 «Приборы и информационно-измерительные системы»

Утверждаю

Заведующий кафедрой \_\_КБ-6\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /А.Б. Снедков/

подпись ФИО

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение курсовой работы** по дисциплине

“Методы и средства автоматизации проектирования интеллектуальных измерительных устройств”

Косяков Денис Александрович

Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Ф.И.О.

БПБО-01-22

22Б0945

шифр студенческого билета \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Тема: Разработка и отладка встраиваемого программного   
обеспечения интеллектуального измерительного устройства

2. Срок сдачи студентом законченной работы **01 июня 2023г**.

3. Исходные данные для проектирования Разработать управляющую программу на языке Си для устройства на базе микроконтроллера с ядром AVR. Тип микроконтроллера ATmega32. Базовая платформа – EasyAVR v7 Development System фирмы microElectronika. Наименование: термометр на базе платинового термопреобразователя сопротивления. Диапазон измерений от минус 200 до 600 °C. Отображаемые параметры: температура (с разрешающей способностью 0.1 °С). Обеспечить возможность отображения температуры в различных единицах измерений (не менее 3-х). Тип индикатор – графический ЖКИ (ME-GLCD 128x64). Тип сенсорной панели управления – ME-TOUCH SCREEN. Обеспечить возможность считывания показаний прибора по интерфейсу USB (технология “виртуальный COM - порт”). Протокол обмена Modbus-RTU. Размещение параметров в адресном пространстве Modbus выполнить самостоятельно

Руководитель работы \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ / Канаев С.А. /

подпись Ф.И.О.

Задание принял к исполнению **30 марта 2023г**.

Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ / /

подпись Ф.И.О.

п

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Датчики температуры широко используются во многих областях науки и техники, начиная от простых бытовых приборов и заканчивая сложными устройствами в промышленности и научных исследованиях. Назначение датчиков температуры - определение температуры объектов и окружающей среды с высокой точностью и скоростью.

Актуальность работы обусловлена тем, что в промышленности все чаще применяются датчики температуры, которые являются частью автоматизированной системы управления технологическим процессом [1-2].

Цель работы – разработать программное обеспечение для интеллектуального датчика температуры на базе платинового термопреобразователя сопротивления.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

4

КР-02068717-12.03.01-КБ-6-19-23

Студент

Косяков Д.А.

Руковод.

Канаев С.А.

Н. Контр.

Утверд.

Разработка и отладка встраиваемого программного обеспечения интеллектуального измерительного устройства

Лит.

Листов

15

ИКБ

БПБО-01-22

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

* Разработать структурную схему и обобщенный алгоритм работы программы.
* Разработать алгоритм вычисления измеряемого параметра.
* Написать программное обеспечение на языке C.
* Произвести отладку программного обеспечения с помощью лабораторного стенда [3].

1 Структурная схема и обобщенный алгоритм работы

## 1.1 Структурная схема

На рисунке 1 [3] представлена схема лабораторного стенда.

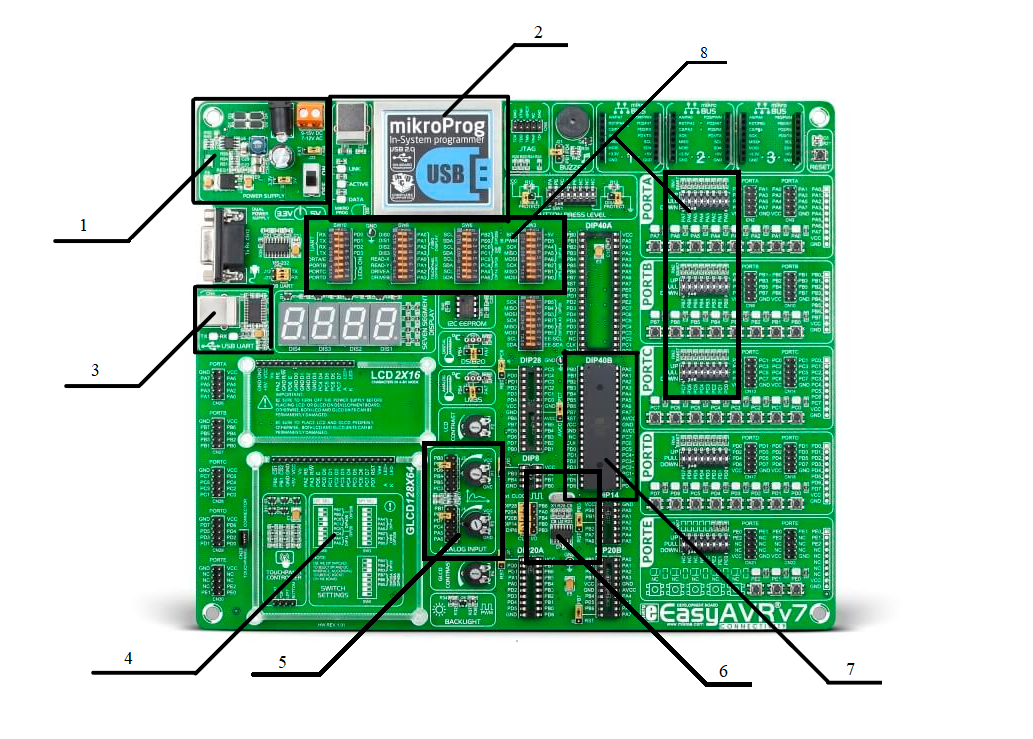


Рисунок 1 - Схема лабораторного стенда

На рисунке 1 обозначены следующие электронные блоки:

– блок питания (1);

– внутрисхемный программатор (2);

– блок связи по интерфейсу USB (3);

– посадочное место для графического индикатора с сенсорной панелью (4);

– блок формирования тестового аналогового сигнала (5);

– генератор тактового сигнала (6);

– микроконтроллер ATmega 32[4] (7);

– группа переключателей конфигурации платы (8).

## 1.1.1 Микроконтроллер

В данной курсовой работы используется микроконтроллер ATMega32 с ядром AVR в корпусе PDIP40 [4, с.304]. На рисунке 2 приведена схема выводов микроконтроллера.



Рисунок 2 – Схема выводов микроконтроллера ATMega32 в корпусе PDIP40

Технические характеристики аппаратных блоков микроконтроллера представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Некоторые технические характеристики микроконтроллера

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение |
| Тип памяти для программ | Flash |
| Размер памяти для программ | 32 Кб |
| Размер ОЗУ | 2 Кб |
| Максимальная тактовая частота | 16 МГц |
| Размер EEPROM | 1 Кб |
| Таймеры общего назначения | 2, 8 бит; 1, 16 бит |
| АЦП | 8 каналов, 10 бит |
| Блоки интерфейсов | SPI, USART, I2C |
| Напряжение питания | от 1.8 до 5.5 В |
| Диапазон рабочих температур | от минус 40 до 85 °С |

Микроконтроллер выполняет следующие функции:

* обработка измерительного сигнала, полученного с помощью внутреннего АЦП;
* вывод показаний прибора на индикатор;
* формирование пакетов Modbus RTU, необходимые для связи прибора с АСУ ТП.

## 1.1.2 Блок питания

На рисунке 3 представлена схема блока питания лабораторного стенда [5, с. 6].

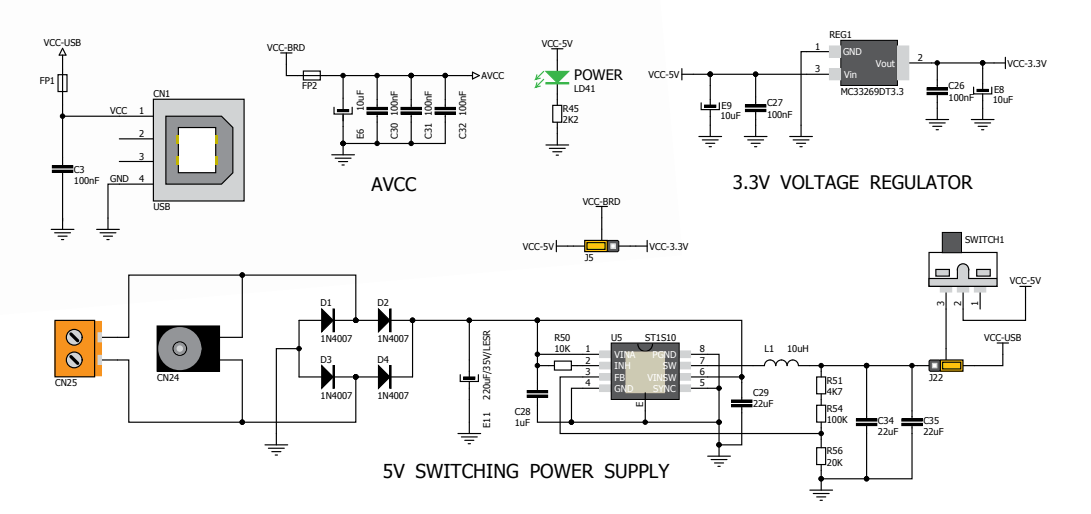


Рисунок 3 – Схема блока питания лабораторного стенда

Блок питания формирует напряжение питания для всех электронных блоков лабораторного стенда.

Выбор внешнего источника напряжения настраивается с помощью перемычки J22. Переключатель SWITCH1 включает питание лабораторного стенда

Внешними источниками напряжения могут быть:

* Шина USB (разъем CN1);
* Источник постоянного напряжения с номинальным напряжением от 9 до 15 В;
* Источник переменного напряжения с номинальным напряжением от 7 до 12 В.

Стоит отметить, что любые манипуляции, связанные с изменением положения переключателей и подключением внешних аппаратных блоков, следует производить при выключенном блоке питания.

## 1.1.3 Блок формирования тестового аналогового сигнала

На рисунке 4 представлен блок формирования тестового аналогового сигнала [5, с. 26].

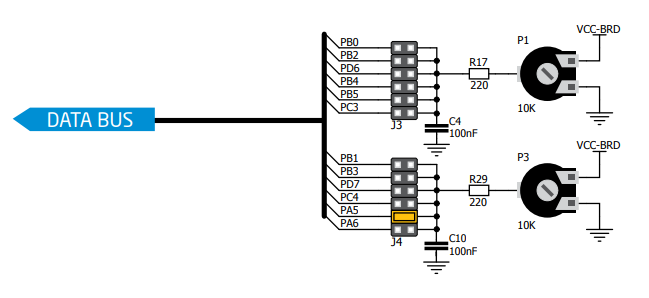


Рисунок 4 – Блок формирования тестового аналогового сигнала

Поскольку произвести тестирование прибора на всем диапазоне температур не представляется возможным, в качестве измерительного преобразователя температуры используется переменное сопротивление. При таком подходе величина температуры, отображаемая на индикаторе, зависит только от угла поворота ручки переменного сопротивления.

Выход тестового аналогового сигнала подключен к выводу PA5 микроконтроллера, который в свою очередь соединен с пятым каналом АЦП.

## 1.1.4 Генератор тактовых импульсов

Для работы микроконтроллера требуется источник тактовых сигналов. В данной курсовой работе микроконтроллер тактируется генератором тактовых импульсов с частотой 8 МГц.

На рисунке 5 представлена схема генератора тактовых импульсов [5, c.8].

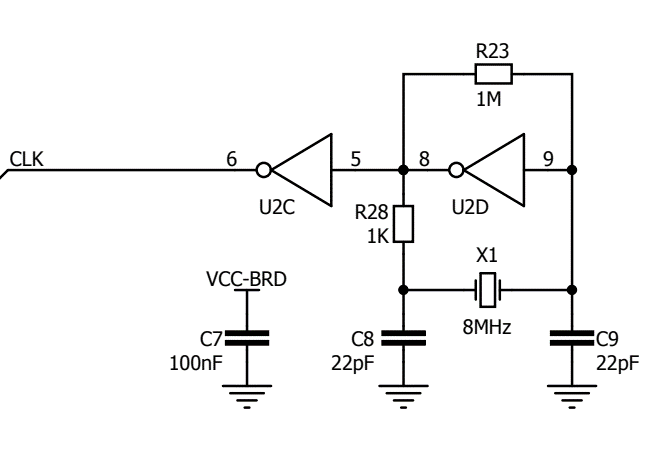


Рисунок 5 – Генератор тактовых прямоугольных импульсов

Выход генератора тактовых импульсов должен быть подключен к выводу XTAL1 микроконтроллера. Подключение генератора тактовых импульсов зависит от положения соответствующей группы тактовых импульсов. На рисунке 6 представлена конфигурация перемычек тактового генератора.

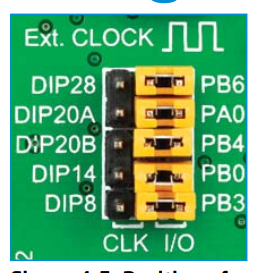


Рисунок 6 – Конфигурация перемычек генератора тактовых импульсов

## 1.1.5 Блок связи по интерфейсу USB

На рисунке 7 представлена схема блока связи по интерфейсу USB [5, с.15].

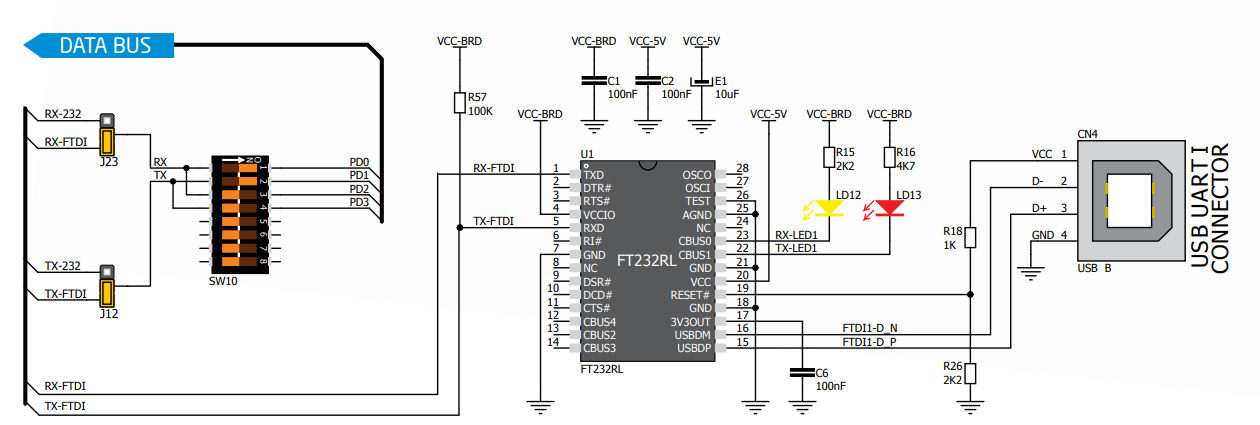


Рисунок 7 – Блок связи по интерфейсу USB

Микросхема U1 обеспечивает преобразование пакетов интерфейса USART, которые формируются соответствующим блоком микроконтроллера, в пакеты интерфейса USB.

Стоит отметить, что для работы микросхемы U1 с АСУ ТП необходим соответствующий драйвер.

Подключение микросхемы U1 к микроконтроллеру настраивается с помощью перемычек J12, J23 и группы переключателей SW10 в соответствии с рисунком 7.

## 1.1.6 Внутрисхемный программатор

Для загрузки программного обеспечения в микроконтроллер используется внутрисхемный программатор mikroProg.

Загрузка программного обеспечения в микроконтроллер производится с помощью программы AVR Flash [6].

На рисунке 8 представлен блок внутрисхемного программатора [5, с. 11].

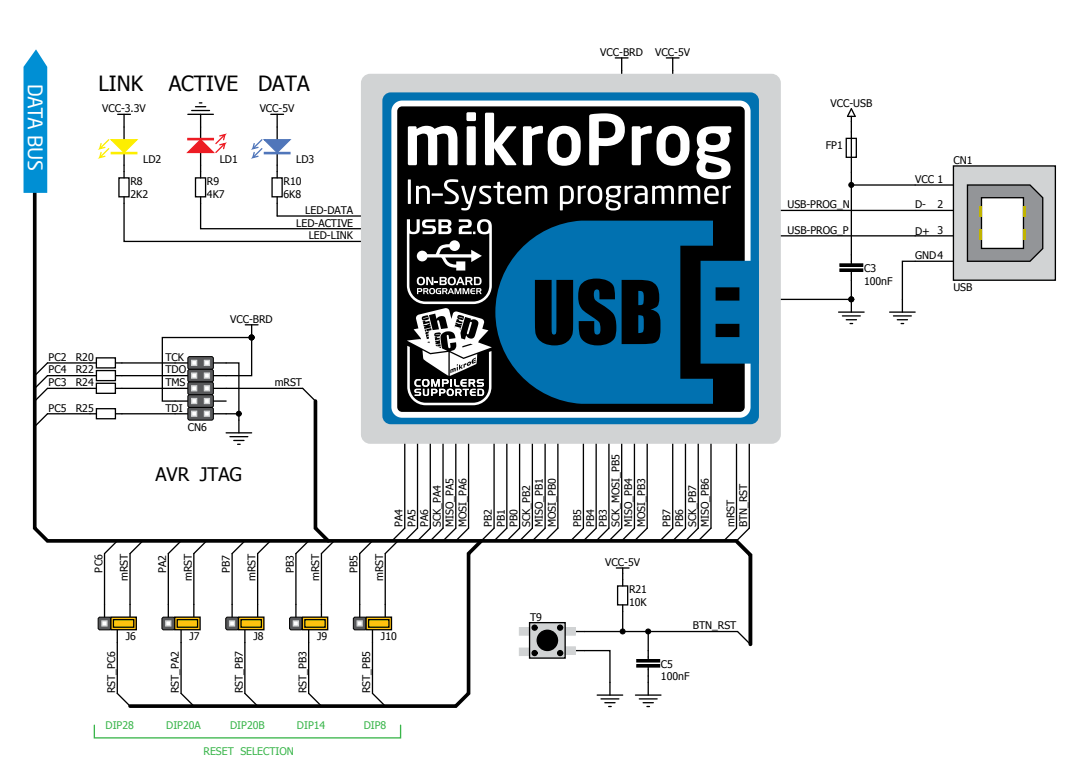


Рисунок 8 – Блок внутрисхемного программатора

## 1.1.7 Графический индикатор

Для отображения показаний прибора используется графический индикатор с разрешением 128х64, управляемый контроллером NT7108 [7].

На рисунке 9 представлен блок графического индикатора.

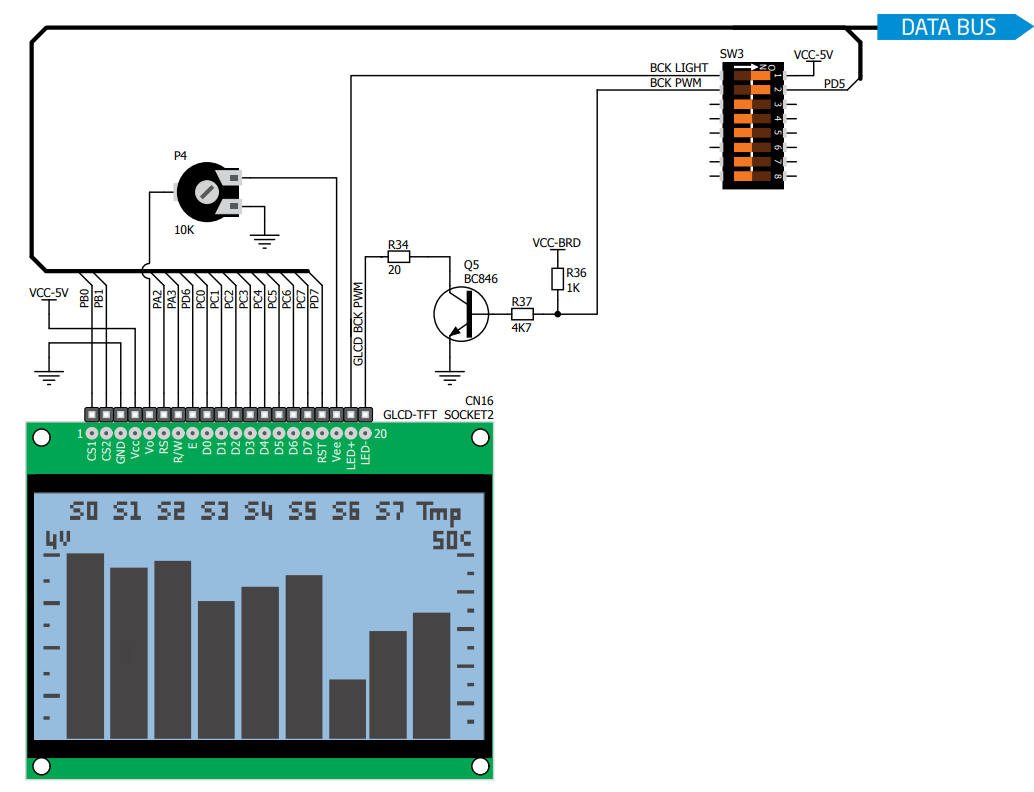


Рисунок 9 – Блок графического индикатора

В таблице 2 приведено описание управляющих выводов графического индикатора.

Таблица 2 – Описание управляющих выводов индикатора

|  |  |
| --- | --- |
| Вывод | Описание |
| D0 – D7 | Данные |
| R/W | Выбор направления данных:   * Запись при R/W = 1; * Чтение при R/W = 0. |
| CS1, CS2 | Выбор контроллера |
| RS | Выбор типа передаваемых данных:   * Данные при RS = 1; * Инструкции при RS = 0. |
| E | Сигнал, стробирующий передачу данных |
| RST | Сброс |

Управление контрастностью подсветки производится с помощью переменного сопротивления P4. Управление яркостью производится с помощью ШИМ сигнала, поступающего с вывода PD5 микроконтроллера.

## 1.1.8 Сенсорная панель управления

Графический индикатор поставляется вместе с резистивной панелью управления. На рисунке 10 представлен блок сенсорной панели управления.

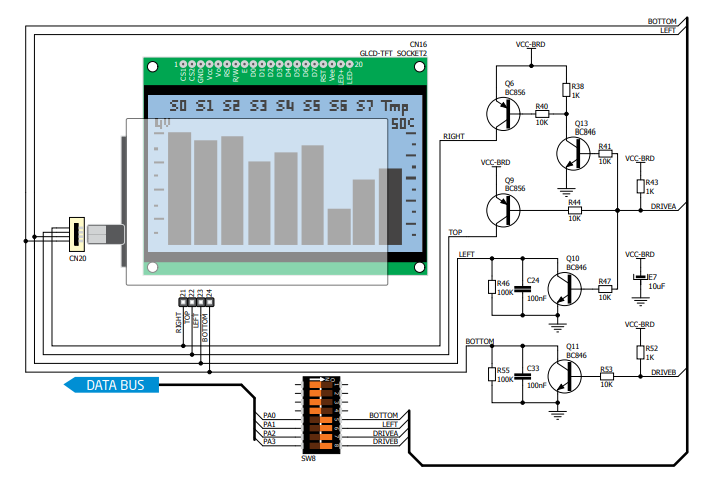


Рисунок 10 – Блок сенсорной панели управления

На рисунке 11 представлена структура резистивной сенсорной панели управления.

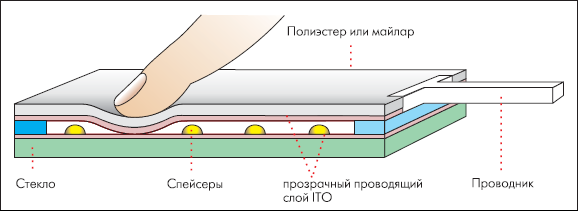


Рисунок 11 – структура сенсорной панели управления

У резистивной панели есть слоя, которые обладают нормированным сопротивлением электрическому току. В исходном состоянии эти слои не касаются друг друга. При физическом нажатии на панель происходит замыкание верхнего и нижнего слоев в точке нажатия. Таким образом образуется два делителя напряжения – один вдоль оси X, второй вдоль оси Y.

На рисунке 12 изображены делители напряжения, которые образуются при нажатии на сенсорную панель.

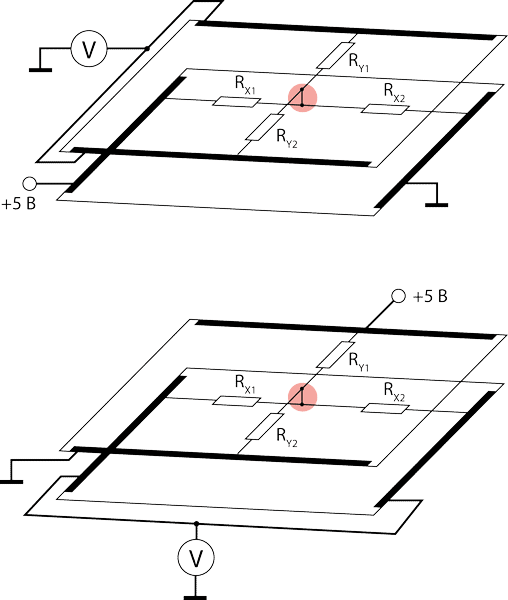


Рисунок 12. Делители напряжения, образующиеся при нажатии на сенсорную панель

Чтобы считать абсциссу точки касания нижнюю пластину подать напряжение питания. В таком случае потенциал верхней пластины станет равен потенциалу в точке соединения сопротивлений Rx1 и Rx2. Следовательно, при измерении напряжения на соответствующем выводе панели с помощью АЦП, получим абсциссу точки нажатия. Считывание ординаты точки касания происходит аналогично.

На рисунке 13 представлен алгоритм считывания точки касания.



Рисунок 13 – Алгоритм считывания точки касания

## 1.2 Обобщенный алгоритм работы

На рисунке 14 представлен обобщенный алгоритм работы.

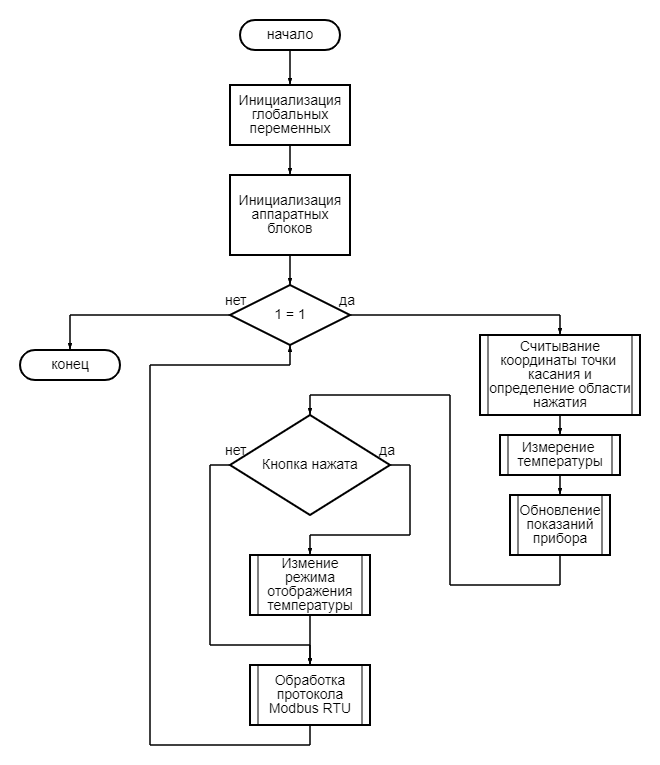


Рисунок 14 – Обобщенный алгоритм работы

2 Разработка алгоритма вычислений

Для разработки алгоритма вычислений измеряемой температуры, необходимо определить номинальную статическую характеристику (НСХ) терморезистора.

НСХ терморезистора – функция, которая определяет зависимость сопротивления терморезистора от температуры.

В ГОСТ 6651-2009 [5, с. 7] приведена НСХ для платиновых термосопротивлений. НСХ для диапазона измерений от минус 200 до 0 °С описывается формулой (1):

где Rt – сопротивления терморезистора при температуре t, Ом;

R0 – сопротивление терморезистора при температуре 0 °С, Ом;

t – температура, °С;

A – коэффициент, °С−1;

B – коэффициент, °С−2;

C – коэффициент, °C−3.

Значение коэффициентов A, B, C зависят от типа платины, который в свою очередь характеризуется температурным коэффициентом сопротивления (ТКС) α [5, c. 6]. Коэффициент α вычисляется по формуле (2):

где R100 – сопротивление при температуре 100 °С, Ом.

Для диапазона измерений от 0 до 850 °С НСХ определяется по формуле (3):

На рисунке 2 представлен график НСХ для платины с ТКС 3,85·10-3 °C−1и R0 величиной 100 Ом.

Рисунок 15 - Номинальная статическая характеристика платинового термосопротивления

Из графика видно, что характеристика не является абсолютно линейной. Тем не менее существуют аппаратные методы, позволяющие преобразовать подобную характеристику в линейную [6]. При этом сигнал измерительного преобразователя нормируется так, чтобы минимальному измеряемому значению температуры tмин. соответствовало выходное напряжение Uвых., равное нулю В, а максимальному значению температуры tмакс. соответствовало выходное напряжения Uвых., равное пяти В.

Таким образом преобразовать код АЦП в значение температуры можно по формуле (4):

где t – измеренное значение температуры, °C;

k, b – коэффициенты;

x – код, полученный с помощью АЦП.

Коэффициент k вычисляется по формуле (5):

где tмакс. – верхний предел измерения, °C;

tмин. – нижний предел измерения, °С;

n – разрядность АЦП, бит;

Коэффициент b вычисляется по формуле (6):

Поскольку используемый микроконтроллер не имеет блока для вычислений с плавающей точкой, целесообразно производить преобразование кода АЦП в значение температуры без использования чисел с плавающей точкой.

В таком случае формула (4) преобразуется в формулу (7):

где m – масштабирующий коэффициент;

r – требуемая разрешающая способность.

В формуле (6) заранее вычисляется числитель, затем все коэффициенты округляются до целого. Деление заменяется на арифметический сдвиг вправо на m бит. Погрешность такого метода вычисляется по формуле (8):

При подстановке числовых значений в формулу 7, получим следующие формулы преобразования кода АЦП в температуру:

где t°C – значение температуры в градусах Цельсия;

tK – значение температуры в Кельвинах;

t°F – значение температуры в градусах Фаренгейта.

Стоит заметить, что значения, полученные с помощью формул (9-11) увеличены в 10 раз из-за того, что хранение десятичного разделителя в памяти микроконтроллера не подразумевается.

Также из формулы (5) следует, что при проектировании реального устройства для обеспечения требуемой точности необходимо использовать внешнюю микросхему АЦП с разрядностью 14 бит или более.

3 Описание фрагментов программы для микроконтроллера

4 Отладка программного обеспечения

Заключение

Список использованных источников

1. ДТСхх5М.RS термосопротивления с цифровым интерфейсом RS-485 [интернет ресурс]. Сайт компании Овен. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/dtsxx5m_rs>, свободный. (дата обращения 19.05.2023)

2. Функции и предназначение АСУ ТП [интернет ресурс]. Сайт компании Альянс Автоматика. – Режим доступа: <https://a-automation.ru/asu-tp/>, свободный. (дата обращения 19.05.2023)

3. Описание платформы EasyAVR v7 Development System фирмы «MikroElektronika» [интернет ресурс]. Сайт фирмы MicroElektronika d.o.o. – Режим доступа: <https://www.mikroe.com/easyavr>, свободный. (дата обращения 19.05.2023)

4. Техническая документация на микроконтроллер ATmega 32 [интернет ресурс]. Сайт фирмы Microchip Tehnology Inc. – Режим доступа: <https://www.microchip.com/en-us/product/ATmega32>, свободный. (дата обращения 19.05.2023)

5. Руководство пользователя платформы EasyAVR v7 Development System фирмы «MikroElektronika» [интернет ресурс]. Сайт фирмы MicroElektronika d.o.o. – Режим доступа: <https://download.mikroe.com/documents/full-featured-boards/easy/easyavr-v7/easyavr-v7-manual-v101.pdf>, свободный. (дата обращения 19.05.2023)

6. Руководство пользователя программы AVRFlash [электронный ресурс] – 361 c. Сайт фирмы MikroElektronika d.o.o. – Режим доступа: https://download.mikroe.com/documents/full-featured-boards/easy/easyavr-v6/avrflash-manual-v101.pdf, свободный. (дата обращения 19.05.2023)

7. Техническая документация на контроллер графического индикатора NT7108 [интернет ресурс]. Сайт фирмы MikroElektronika d.o.o. – Режим доступа: http://download.mikroe.com/documents/datasheets/lcd-driver-nt7108c-datasheet.pdf, свободный. (дата обращения 19.05.2023)

Приложение А

## **текст программы**