Министерство науки и высшего образования

Российской федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина»

Кафедра ИИБМТ

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К**

**КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ**

**(бакалавриат)**

на тему

«Подсистема определения температуры для робота ассистента»

Направление подготовки: *15.03.06, Мехатроника и робототехника*

Руководитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ ( Захарова Е.А. )

Обучающийся \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ ( Филин В.Г. )

Рязань 2024

Содержание

[Используемые сокращения 4](#_Toc186155337)

[Введение 5](#_Toc186155338)

[Теоретические сведения 6](#_Toc186155339)

[Датчик температуры LM35 6](#_Toc186155340)

[Жидкокристаллический дисплей 7](#_Toc186155341)

[Последовательный периферийный интерфейс 8](#_Toc186155342)

[USB тип B 9](#_Toc186155343)

[Технологический раздел 10](#_Toc186155344)

[Техническое задание 10](#_Toc186155345)

[Проектирование печатной платы в Altium Designer 10](#_Toc186155346)

[Понижающие преобразователи 11](#_Toc186155347)

[Датчик температуры 13](#_Toc186155348)

[Разъем под USB 14](#_Toc186155349)

[Разъем под SWD программатор 14](#_Toc186155350)

[Разъем под SPI 15](#_Toc186155351)

[Разъем под ЖКИ 16](#_Toc186155352)

[Трассировки печатной платы и 3D модель 17](#_Toc186155353)

[Практическая часть 21](#_Toc186155354)

[Сборка и программирование макета проекта 21](#_Toc186155355)

[Заключение 25](#_Toc186155356)

[Библиографический список 26](#_Toc186155357)

[Приложение А 27](#_Toc186155358)

[Приложение Б 29](#_Toc186155359)

[Приложение В 30](#_Toc186155360)

[Приложение Г 32](#_Toc186155361)

# Используемые сокращения

|  |
| --- |
| АЦП – аналогово-цифровой преобразователь |
| В – вольты  мВ – мили вольты |
| МК – микроконтроллер |
| ПК – персональный компьютер |
| ТЗ – техническое задание |
| УГО – условно графическое обозначение |
| ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь |
| оС – градусы Цельсия |
| мкА – микро амперы |
| ЖКИ – жидкокристаллический дисплей |
| ПП – печатная плата |

# Введение

Задачей проекта является разработка устройства, которое будет снимать значение с датчика температуры и выводить полученные данные на жидкокристаллический дисплей или на другое устройство.

Для этого проекта нужно было сделать:

1. Информацию по теме проекта;
2. Техническое задание по темпе проекта заданное преподавателем;
3. Разработана принципиальная схема и плата в системе проектирования Altium Designer;
4. Собран макет аналогичный по функционалу разработанной плате.

# Теоретические сведения

## Датчик температуры LM35

Датчик температуры LM35 (рисунок 1.2) представляет собой прецизионные температурные устройства с интегральными схемами и выходным напряжением, линейно пропорциональным температуре по Цельсию.  Он имеет линейный масштабный коэффициент + 10 мВ/°C. Это означает, что придется измерить его выходное напряжение и разделить его на 10, чтобы получить показания температуры в °C. LM35 имеет три вывода (три ноги), датчик аналоговый значит на выходе он выдает напряжение от 0 до 5 вольт.

Принцип работы: при нагревании датчика, он выдает значение температуры в мВ. АЦП МК это значение считывает.

Для того что бы температура была не в мВ, а в оС, необходимо программно разделить выходное напряжение датчика (Vout) на 10.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 1.2 - LM35 |

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 1.3 – Схема подключения датчика температуры LM35 |

где

Vout – выходное напряжение, при температуре 25 оС выходное напряжение 250 мВ

+Vs – питание от 4 до 20 В

R1 – делитель напряжения, R1 = - Vs/50 мкА

## Жидкокристаллический дисплей

Жидкокристаллический дисплей WH2004A-YYH-CT (рисунок 1.3), служит устройством вывода информации.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 1.4 – WH2004A-YYH-CT |

## Последовательный периферийный интерфейс

SPI (Serial Peripheral Interface или в последовательный периферийный интерфейс) – высокоскоростной последовательный интерфейс, используемый для обмена данными между микроконтроллерами и периферийными устройствами. Данный интерфейс используется для работы с различными периферийными устройствами. Например, это могут быть различные ЦАП/АЦП (для данного проекта АЦП), потенциометры, датчики, расширители портов ввода/вывода (GPIO), различная память и даже более сложная периферия, такая как звуковые кодеки и контроллеры Ethernet. С технической точки зрения SPI — это синхронная четырёхпроводная шина. Она представляет собой соединение двух синхронных сдвиговых регистров, которые является центральным элементом любого SPI устройства. Для соединения используется конфигурацию, ведущий/ведомый. Только ведущий может генерировать импульсы синхронизации. В схеме всегда только один ведущий, количество ведомых может быть различно. Выход ведущего соединяется со входом ведомого, и наоборот, выход ведомого соединяется со входом ведущего. При подаче импульсов синхронизации на выход SCK, данные выталкиваются ведущим с выхода MOSI, и захватываются ведомым по входу MISO. Таким образом если подать количество импульсов синхронизации, соответствующее разрядности сдвигового регистра, то данные в регистрах обменяются местами. Отсюда следует что SPI всегда работает в полнодуплексном режиме.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 1.4 - схема подключения двух устройств через интерфейс SPI |

## USB тип B

USB тип B – это один из стандартов разъемов USB, который используется в основном для подключения периферийных устройств к компьютерам и другим устройствам.

Разъем USB тип B имеет четыре контакта:

* VBUS - питание (обычно 5 В)
* D- - передача данных
* D+ - передача данных
* GND - земля

Форма разъема USB тип B квадратная, что позволяет избежать неправильного подключения.

Преимущества:

* - Простота подключения
* - Стандартные размеры
* - Широкая совместимость

Недостатки:

Ограниченная скорость передачи данных по сравнению с новыми стандартами (например, USB 3.0 и выше)

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 1. - USB тип B |

# Технологический раздел

## Техническое задание

Таблица 1 – Технические требования

|  |  |
| --- | --- |
| Напряжение питания системы | 12 В |
| Частота внешнего тактирования МК | 16 МГц |
| Программатор МК | SWD |
| Датчик | LM35 |
| Интерфейс связи с ПК | USB |
| Интерфейс связи с другими модулями робота | SPI |
| Индикация | Световая индикация ЖКИ символьный дисплей  WH2004A-YYH-CT |

По заданию курсового проекта нужно разработать проект в Altium Designer, а также должен быть собран и запрограммирован макет проекта.

В Altium Designer должно быть сделано:

1. Принципиальная схема, выполненная по ГОСТу – ГОСТ-2.702-2011 ([Приложение А](#_Приложение_А));
2. Трассировка печатной платы (Приложение Б);
3. 3D модель печатной платы в корпусе.

## Проектирование печатной платы в Altium Designer

Принципиальная схема — графическое изображение, служащее для передачи с помощью условных графических и буквенно-цифровых обозначений (пиктограмм) связей между элементами электрического устройства. Она определяет полный состав элементов и взаимосвязи между ними и, как правило, даёт детальное представление о принципах работы изделия.

На принципиальной схеме ([Приложение А](#_Приложение_А)) изображено:

1. Понижающие преобразователи (рисунок 2.1);
2. Датчик температуры;
3. Разъем под USB
4. МК
5. Разъем под SWD программатор
6. Разъем под SPI
7. Разъем под ЖКИ

### Понижающие преобразователи

Понижающий DC-DC преобразователь — это электронный модуль в виде микросхемы, помещённой в жёсткий корпус и оснащенной выводами для монтажа на печатную плату. Он преобразует постоянное напряжение более высокого номинала в постоянное напряжение меньшего номинала.

Понижающий линейный преобразователь — это электрическое устройство, которое принимает входящее бытовое напряжение в виде переменного тока и выдаёт гораздо более низкое напряжение в виде постоянного тока. Линейный вид преобразования осуществляется с помощью активного элемента — транзистора с аналоговым или цифровым управлением. Линейные преобразователи могут только понижать, ограничивать или стабилизировать напряжение с условием, что выходной его номинал всегда ниже входного. Такие преобразователи актуальны для питания узлов малой мощности, которым необходимо стабильное выходное напряжение без пульсаций и электромагнитных помех.

Понижающий DC-DC преобразователь используется для понижения входного напряжения с 12В до 5В. А линейный преобразователь используется для понижения с 5В до 3.3В. Это необходимо для того что бы подавать питание не только на МК, но и на датчик температуры, так как датчику нужно минимальное напряжение 4В.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 2.1 – Понижающие преобразователи на схеме |

Где

1. DA1 - Понижающий DC-DC преобразователь
2. DA2 - Понижающий линейный преобразователь
3. Сi – конденсаторы
4. Ri – резисторы
5. Li – катушка индуктивности
6. i – номер элементов по порядку

### Датчик температуры

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 2.2 – Датчик температуры на схеме |

Где

1. DA3 – Датчик температуры
2. DA5 – Операционный усилитель
3. Сi – конденсаторы
4. Ri – резисторы
5. i – номер элементов по порядку

### Разъем под USB

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 2.3 – Разъем под USB на схеме |

Где

1. DA4 – USB фильтр
2. Х4 – Разъем USB
3. Ri – резисторы
4. i – номер элементов по порядку

### Разъем под SWD программатор

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 2.4 – Разъем под SWD на схеме |

Где

1. Х5 – Разъем SWD
2. Ri – резисторы
3. i – номер элементов по порядку

### Разъем под SPI

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 2.5 – Разъем под SPI на схеме |

Где

1. Х2 – Разъем SPI

### Разъем под ЖКИ

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 2.6 – Разъем под ЖКИ на схеме |

Где

1. Х3 – Разъем ЖКИ
2. Ri – резисторы
3. i – номер элементов по порядку

## Трассировки печатной платы и 3D модель

Трассировка печатных плат — это один из этапов проектирования радиоэлектронной аппаратуры, заключающийся в определении мест расположения проводников на печатной плате.

Для ПП был выбран материал FR4. FR-4 — это наиболее распространённый материал для электронных плат. Он состоит из тканого стекловолокна, связанного с эпоксидной смолой.

Некоторые свойства FR-4:

* Огнестойкость. Добавление в эпоксидную смолу огнезащитных добавок помогает предотвратить или замедлить распространение огня.
* Электрическая изоляция. Матрица из эпоксидной смолы гарантирует, что электрические сигналы, проходящие через медные дорожки, изолированы друг от друга.
* Механическая прочность. Армирование тканым стекловолокном обеспечивает высокую механическую прочность и долговечность.
* Термостойкость. FR-4 может выдерживать умеренные температуры, не теряя своей целостности и не подвергаясь значительной деформации.

Трассировка печатной платы представлена в приложении Б.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 2.7 – 3D модель в корпусе без крышки |
|  |
| Рисунок 2.8 – 3D модель в корпусе |

|  |
| --- |
| D:\Изображения\63COjA7i5q4.jpg |
| Рисунок 2.9 – 3D модель |

# Практическая часть

## Сборка и программирование макета проекта

Для отладки программного обеспечения и проверки работоспособности был собран макет. Макет состоит из:

1. Макетная плата STM32 Discovery;
2. Модуль датчика температуры LM35;
3. Проводов для подключения модуля к плате и с другим микроконтроллером;
4. Провод для подключения макетной платы к ПК;
5. Analog Discovery для отображения данных на осциллографе.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 3.1 – Блок-схема работы системы передачи телеметрического сигнала. |
| D:\Курсач\1735250377109.jpg |
| Рисунок 3.2 – Макет проекта. Справа датчик температуры, по центру STM32F (1), с лева STM32F (2). |

Печатная плата с микроконтроллером STM32F3DISCOVERY discovery (рисунок 3.3) позволяет пользователям легко разрабатывать приложения. Она включает в себя все необходимое как новичкам, так и опытным пользователям. Она используется для приема и обработки информации с датчика LM35, и вывода уже обработанной информации на жидко кристаллический дисплей или передавать информацию другим устройствам по SPI интерфейсу.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 3.3 - STM32F4DISCOVERY discovery |

В данном проекте к микроконтроллеру STM32F303VCT6 (1) через интерфейс SPI1 подключается и передаёт данные с датчика температуры на другой микроконтроллер STM32F303VCT6 (2). Микроконтроллеры подключаются друг к другу, используя пины: PA5 (SCK), PA6 (MISO), PA7(MOSI) и общую землю.

Для реализации алгоритма считывания данных с датчика температуры и отправке через интерфейс SPI1 была написана программа в среде разработки VS Codium (Приложение Г).

Для проверки правильности реализации интерфейсов Analog Discovery –-осциллограф, логический анализатор и многофункциональный прибор, который позволяет измерять, визуализировать, генерировать, записывать и управлять схемами со смешанным сигналом всех видов.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 3.4 – Осциллограмма сигнала передачи данных.  Верхний график (желтый) сигнал MOSI, нижний график (синий) сигнал SCK |

Эта осциллограмма показывает, что передача данными другому МК происходит.

# Заключение

В результате курсового проекта было успешно разработано устройство считывающее данные с аналогового датчика, обрабатывающего эти данные, а затем передающего эти данные.

В ходе выполнения курсового проекта проведена работа по:

* Поиску, изучению и систематизации информации для реализации современных технологий передачи телеметрических сигналов, и их применение в робототехнике;
* Анализ требований к проектному устройству и разбор его функционала для успешной работы устройства;
* Разработка принципиальной схемы и печатной платы в системе проектирования Altium Designer и позволила визуализировать проект.
* Сборка и программирование реального макета подтвердила работоспособность и соответствие разработанной платы заявленным характеристикам, что является важным этапом в подтверждении правильности всех предыдущих шагов.

# Библиографический список

1. Лопаткин А.В. Проектирование печатных плат в Altium Designer – М.: Издательство "ДМК Пресс", 2016. — 554 с., ил.
2. Сабунин А. Е. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. — 432 с., ил. — (Серия «Системы проектирования»).
3. Девятков Г.Н., Вольхин Д.И. Проектирование печатных узлов в Altium Designer: учебно-методическое пособие — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018 — 104 с.: ил.

# Приложение А

# Приложение Б

|  |
| --- |
| D:\Изображения\NvSuTAK_n42fk17sQwK1gw4h0N0DVdSBBJM2rGNHkCXF_uKDoYEadFqi92MqAU4A0cTmrd0YlP88gV6sNmjWEWXc.jpg |
| D:\Изображения\CVpgva4SBU8.jpg |

# Приложение В

# Приложение Г

#include <libopencm3/stm32/rcc.h>

#include <libopencm3/stm32/adc.h>

#include <libopencm3/stm32/gpio.h>

#include <libopencm3/stm32/spi.h>

#define LBLUE GPIOE, GPIO8

#define LRED GPIOE, GPIO9

#define LORANGE GPIOE, GPIO10

#define LGREEN GPIOE, GPIO11

#define LBLUE2 GPIOE, GPIO12

#define LRED2 GPIOE, GPIO13

#define LORANGE2 GPIOE, GPIO14

#define LGREEN2 GPIOE, GPIO15

#define LD4 GPIOE, GPIO8

#define LD3 GPIOE, GPIO9

#define LD5 GPIOE, GPIO10

#define LD7 GPIOE, GPIO11

#define LD9 GPIOE, GPIO12

#define LD10 GPIOE, GPIO13

#define LD8 GPIOE, GPIO14

#define LD6 GPIOE, GPIO15

static void spi\_setup(void)

{

rcc\_periph\_clock\_enable(RCC\_GPIOA);

rcc\_periph\_clock\_enable(RCC\_SPI1);

gpio\_mode\_setup(GPIOA, GPIO\_MODE\_AF, GPIO\_PUPD\_NONE, GPIO5 | GPIO6 | GPIO7);

gpio\_set\_af(GPIOA, GPIO\_AF5, GPIO5 | GPIO6 | GPIO7);

gpio\_set\_output\_options(GPIOA, GPIO\_OTYPE\_PP, GPIO\_OSPEED\_2MHZ, GPIO5 | GPIO6 | GPIO7);

spi\_disable(SPI1);

spi\_set\_master\_mode(SPI1);

spi\_set\_baudrate\_prescaler(SPI1, SPI\_CR1\_BR\_FPCLK\_DIV\_64);

spi\_set\_clock\_polarity\_0(SPI1);

spi\_set\_clock\_phase\_0(SPI1);

spi\_set\_data\_size(SPI1, SPI\_CR2\_DS\_8BIT);

spi\_send\_msb\_first(SPI1);

spi\_enable\_software\_slave\_management(SPI1);

spi\_set\_nss\_high(SPI1);

spi\_fifo\_reception\_threshold\_8bit(SPI1);

spi\_enable(SPI1);

/\*

PA5 --- SCK

PA7 --- MOSI

lm35

VCC --- +5V/+3V

DAT --- PA0

\*/

static void adc\_setup(void)

{

//ADC

rcc\_periph\_clock\_enable(RCC\_ADC12);

rcc\_periph\_clock\_enable(RCC\_GPIOA);

//ADC

gpio\_mode\_setup(GPIOA, GPIO\_MODE\_ANALOG, GPIO\_PUPD\_NONE, GPIO0);

gpio\_mode\_setup(GPIOA, GPIO\_MODE\_ANALOG, GPIO\_PUPD\_NONE, GPIO1);

adc\_power\_off(ADC1);

adc\_set\_clk\_prescale(ADC1, ADC\_CCR\_CKMODE\_DIV2);

adc\_set\_single\_conversion\_mode(ADC1);

adc\_disable\_external\_trigger\_regular(ADC1);

adc\_set\_right\_aligned(ADC1);

/\* We want to read the temperature sensor, so we have to enable it. \*/

adc\_enable\_temperature\_sensor();

adc\_set\_sample\_time\_on\_all\_channels(ADC1, ADC\_SMPR\_SMP\_61DOT5CYC);

uint8\_t channel\_array[] = { 1 }; /\* ADC1\_IN1 (PA0) \*/

adc\_set\_regular\_sequence(ADC1, 1, channel\_array);

adc\_set\_resolution(ADC1, ADC\_CFGR1\_RES\_12\_BIT);

adc\_power\_on(ADC1);

int i;

for (i = 0; i < 800; i++)

\_\_asm\_\_("nop");

}

static void gpio\_setup(void)

{

rcc\_periph\_clock\_enable(RCC\_GPIOE);

gpio\_mode\_setup(GPIOE, GPIO\_MODE\_OUTPUT, GPIO\_PUPD\_NONE,

GPIO8 | GPIO9 | GPIO10 | GPIO11 | GPIO12 | GPIO13 |

GPIO14 | GPIO15);

}

static void clock\_setup(void)

{

rcc\_clock\_setup\_hsi(&rcc\_hsi\_configs[RCC\_CLOCK\_HSI\_64MHZ]);

}

int main(void)

{

uint16\_t temp;

clock\_setup();

gpio\_setup();

adc\_setup();

spi\_setup();

while (1) {

adc\_start\_conversion\_regular(ADC1);

while (!(adc\_eoc(ADC1)));

temp=adc\_read\_regular(ADC1);

gpio\_port\_write(GPIOE, temp << 4);

temp = temp\*0.01;

temp=(temp% 10);

// Чтение температуры

//gpio\_clear(GPIOE, GPIO3);

spi\_send8(SPI1, static\_cast<uint8\_t>(temp));

// spi\_send8(SPI1, 85);

spi\_read8(SPI1);

//gpio\_set(GPIOE, GPIO3);

int i;

for (i = 0; i < 2000000; i++) /\* Wait a bit. \*/

\_\_asm\_\_("nop");

}

return 0;

}