

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерных систем и сетей
Кафедра электронных вычислительных машин
Дисциплина: Схемотехника

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовому проекту
на тему

МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ
ТРАКТОРА “БЕЛАРУСЬ”

БГУИР КП 400 201 32 ПЗ

Студент: группы 050541,
Шалль И. Э.

Руководитель: доцент каф. ЭВМ
Селезнев И. Л.

Минск 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	7
1.1 Состав устройства.....	7
1.2 Микроконтроллеры	7
1.3 Датчики температуры.....	9
1.4 Датчик наклона	9
1.5 Модуль бортового напряжения	10
1.6 Модуль отображения информации	11
1.7 Модуль индикации	12
1.8 Модуль оповещения	13
2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА	15
2.1 Постановка задачи	15
2.2 Определение компонентов структуры устройства.....	15
2.3 Взаимодействие компонентов устройства	16
3 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА УЗЛОВ, ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА.....	17
3.1 Обоснование выбора микроконтроллеров	17
3.2 Обоснование выбора датчика температуры.....	17
3.3 Обоснование выбора датчика наклона	18
3.4 Обоснование выбора понижающего преобразователя из постоянного тока в постоянный.....	18
3.5 Обоснование выбора модуля отображения информации	18
3.6 Обоснование выбора модуля индикации	19
3.7 Обоснование выбора модуля оповещения	19
4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА	20
4.1 Микроконтроллер	20
4.2 Датчик температуры.....	20
4.3 Датчик наклона	20
4.4 Модуль отображения информации	20
4.5 Модуль бортового напряжения	21
4.6 Модуль оповещения	21
4.7 Расчет мощности элементов схемы	21
4.8 Расчет нагрузки светодиодов	22
4.9 Расчёт делителя напряжения	23
5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	24
5.1 Требования к разработке программного обеспечения.....	24
5.2 Блок-схема алгоритма	24
5.3 Исходный код программы для устройства контроля параметров трактора	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	26
ПРИЛОЖЕНИЕ А	28
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	29
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	30
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	31
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	32
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	35
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	36

ВВЕДЕНИЕ

Трактор – это самодвижущаяся машина, выполняющая сельскохозяйственные, дорожно-строительные, землеройные, транспортные и другие работы в агрегате с прицепными, навесными или стационарными машинами. Со временем трактора стали более модернизированными и появилась возможность с помощью специальных устройств считывать их параметры и следить за состоянием. Сутью данного курсового проекта является создание устройства для считывания параметров состояния трактора. Необходимыми условиями работы трактора являются нормальная температура подкапотного пространства, устойчивость трактора на поверхности, стабильное бортовое напряжение.

Трактор имеет три основных параметра, которые играют важную роль в его работе. Этими параметрами являются угол наклона трактора, температура подкапотного пространства и бортовое напряжение. Угол наклона трактора важен, так как при работе на месте трактор может начать отклоняться и с течением времени опрокинуться, чтобы избежать этого, требуется следить за углом наклона. Температура подкапотного пространства важна, так как перегрев двигателя может привести к отказу работы трактора. Бортное напряжение должно быть стабильным, так как при больших скачках могут случиться сбои во всех системах.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Состав устройства

Разрабатываемое микропроцессорное устройство выполняет функции считывания параметров трактора, а именно: бортовое напряжение, температура подкапотного пространства, угол наклона трактора, а также информирует пользователя о всех измеряемых параметрах. Для решения этих задач в состав устройства должны входить:

- микроконтроллер;
- датчик температуры;
- датчик наклона;
- модуль индикации;
- модуль управления;
- модуль оповещения;
- модуль отображения информации;

1.2 Микроконтроллеры

Микроконтроллер это микросхема, сочетающая в себе процессор, встроенную память и периферию. Следует различать микроконтроллер и микропроцессор. Последний не имеет встроенной памяти и требует для запуска дополнительных микросхем. Итак, микроконтроллер представляет собой законченный компьютер в миниатюре. Существует обширное разнообразие микроконтроллеров. Все они отличаются размерами, параметрами, предустановленными интерфейсами и выполняемыми задачами. Существуют 4 основных вида интерфейсов: I2C, UART, SPI, USB.

I2C интерфейс - это последовательная асимметричная шина для связи между интегральными схемами внутри электронных приборов. Использует две двунаправленные линии связи (SDA и SCL), применяется для соединения низкоскоростных периферийных компонентов с процессорами и микроконтроллерами (например: на материнских платах, во встраиваемых системах, в мобильных телефонах).

UART интерфейс - это узел вычислительных устройств, предназначенный для организации связи с другими цифровыми устройствами. Преобразует передаваемые данные в последовательный вид так, чтобы было возможно передать их по одной физической цифровой линии другому аналогичному устройству. Метод преобразования хорошо стандартизован и широко применяется в компьютерной технике (особенно во встраиваемых устройствах и системах на кристалле).

SPI интерфейс - это последовательный синхронный стандарт передачи данных в режиме полного дуплекса, предназначенный для обеспечения простого и недорогого высокоскоростного сопряжения микроконтроллеров и периферии. SPI также иногда называют четырёхпроводным интерфейсом. В отличие от стандартного последовательного порта, SPI является синхронным

интерфейсом, в котором любая передача синхронизирована с общим тактовым сигналом, генерируемым ведущим устройством (процессором). Принимающая (ведомая) периферия синхронизирует получение битовой последовательности с тактовым сигналом. К одному последовательному периферийному интерфейсу ведущего устройства-микросхемы может присоединяться несколько микросхем. Ведущее устройство выбирает ведомое для передачи, активируя сигнал «выбор кристалла» на ведомой микросхеме. Периферия, не выбранная процессором, не принимает участия в передаче по SPI.

USB интерфейс - это последовательный интерфейс для подключения периферийных устройств к вычислительной технике. Получил широчайшее распространение и стал основным интерфейсом подключения периферии к бытовой цифровой технике. Интерфейс позволяет не только обмениваться данными, но и обеспечивать электропитание периферийного устройства. Сетевая архитектура позволяет подключать большое количество периферии даже к устройству с одним разъёмом USB.

Для сравнения были выбраны микроконтроллеры ARM Cortex-A7 и stm32f103rht6. Результаты сравнения приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 — Сравнение микроконтроллеров

Параметры сравнения	ATmega328	ARM Cortex-A7	stm32f103rht6
Входное напряжение	6 – 20 В	6 – 28 В	9 – 30 В
Флэш-память	32 Кб	порт для microCD	128 Кб
ОЗУ	2 Кб	1024 Мб	20 Кб
Тактовая частота	16 МГц	900 МГц	72 МГц
Разрядность	8 бит	32 бит	12 бит
Цифровые входы/выходы	14 шт	26 шт	15 шт
Аналоговые входы/выходы	6 шт	0 шт	6 шт
Выходное напряжение	3.3В, 5 В	3.3В, 5 В	3.3В, 5 В
Рабочая температура	от -25 до +85 °С	от -40 до +85 °С	от -25 до +85 °С
Встроенный видеочип	нету	есть	нету
Размеры	69 мм × 53 мм	85.6 мм × 56.5 мм	101.6 мм × 86 мм
Интерфейс	SPI,I2C,UART	2UART,2SPI,2 I2C,USB	3UART,2 I2C,2SPI,USB

1.3 Датчики температуры

Датчик температуры – это устройство, которое позволяет измерить температуру объекта или вещества, используя при этом различные свойства и характеристики измеряемых тел или среды. При измерении температуры происходит перенос небольшого количества тепловой энергии от объекта измерения к датчику, который преобразует эту энергию в электрический сигнал. В данном случае для сравнения были выбраны датчики температуры LM35, DS18B20, BME280. Результаты детального сравнения представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 — Сравнение датчиков температуры

Параметры сравнения	LM35	DS18B20	BME280
Что измеряет	температура	температура	Температура, влажность, давление
Интерфейс	аналоговый	однопроводной	I2C, SPI
Напряжение питания	От 4 до 30 в постоянного тока	От 3 до 5,5 В постоянного тока	От 1,7 до 3,6 В (для микросхемы) от 3,3 до 5 В для платы
Температурный диапазон	от -55 до +150 °C	от -55 до +125 °C	от -40 до +85 °C
Погрешность	+/-0.5 °C (при 25 °C)	+/-0.5 °C (от -10 до 85 °C)	+/-0,5 °C (при 25 °C)
Потребляемый ток	60мкА	1мА	От 1,8 до 3,6 мкА

1.4 Датчик наклона

Датчики наклона предназначены для получения данных о угле наклона устройства. Датчик наклона - это капсула с двумя металлическими шариками внутри.

Цифровой датчик наклона может определять большие углы наклона. Шарики перекачиваются в капсуле и замыкают или размыкают цепь. Таким образом, датчик выдаёт простой цифровой сигнал: логический ноль или единицу в зависимости от того, в какую сторону наклонена капсула. Датчик наклона можно использовать в качестве простого переключателя при наклоне. Такие датчики не умеют определять малые углы наклона.

В данном случае для сравнения были выбраны датчики наклона KY-020, GY-521, KY-027. Результаты детального сравнения представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 — Сравнение датчиков наклона

Параметры сравнения	KY-020	GY-521	KY-027
Интерфейс	цифровой	цифровой	цифровой
Тип датчика	контактный	С гироскопом	контактный
Напряжение питания	3,3-5 В	3.5-6 В	4-5,5 В
Тип выходного сигнала	цифровой	цифровой	цифровой

1.5 Модуль бортового напряжения

Основой модуля бортового напряжения будет являться преобразователь постоянного тока. Понижающий преобразователь постоянного тока служит для преобразовывания напряжения, которое будет подаваться на входы преобразователя.

Преобразователь постоянного тока - это электронная схема или электромеханическое устройство, которое преобразует источник постоянного тока из одного уровня напряжения в другой. Это тип преобразователя электроэнергии. Уровни мощности варьируются от очень низкого (маленькие батареи) до очень высокого (передача энергии высокого напряжения). Преобразователи постоянного тока в постоянный используются в портативных электронных устройствах, таких как сотовые телефоны и портативные компьютеры, которые питаются от батареи в первую очередь. Такие электронные устройства часто содержат несколько под-цепей, каждая со своим собственным требованием к уровню напряжения, отличным от напряжения, подаваемого батареей или внешним источником (иногда выше или ниже напряжения питания). Кроме того, напряжение аккумулятора снижается по мере истощения накопленной энергии. Переключаемые преобразователи постоянного тока в постоянный предлагают способ увеличения напряжения при частично пониженном напряжении батареи, тем самым экономя место, вместо того, чтобы использовать несколько батарей для достижения того же самого.

Большинство схем преобразователя постоянного тока в постоянный также регулируют выходное напряжение. Некоторые исключения включают высокоэффективные источники питания светодиодов, которые представляют собой своего рода преобразователь постоянного тока в постоянный, который регулирует ток через светодиоды, и простые насосы заряда, которые удваивают или утроивают выходное напряжение. Преобразователи постоянного тока в постоянный ток, которые разработаны для максимизации сбора энергии для фотоэлектрических систем и ветряных турбин, называются оптимизаторами мощности.

В данном случае для сравнения были выбраны понижающие преобразователи из постоянного тока в постоянный DCBK2420R, XL4005, LM2596S. Результаты детального сравнения приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 — Сравнение преобразователей постоянного тока

Параметры сравнения	DCBK2420R	XL4005	LM2596S
Тип	понижающий	понижающий	понижающий
Напряжение выходное	0,93-20 В	0,8-24 В	1,25-35 В
Выходной ток макс.	2А	5А	3А
Мощность	20 Вт	75Вт	10Вт
Входное напряжение	4,5-24 В	5-32 В	3,2-46 В

1.6 Модуль отображения информации

Модуль отображения служит для отображения информации полученной с датчиков или непосредственно обработанные микропроцессорным устройством. В качестве данного модуля будет использоваться жидкокристаллический дисплей.

Модули отображения информации можно разделить на три вида: сегментный, алфавитно-цифровые и графические. Сегментные используются для индикации простых величин, например: температура, время, количество оборотов. Такие используются в калькуляторах и на бюджетной бытовой технике и по сей день. Информация выводится путем засвечивания определенных символов. Они могут быть как жидкокристаллическими, так и светодиодными. Алфавитно-цифровые модули отображения информации еще называют знакосинтезирующими, текстовыми, символьными. Состоят из набора крупных пикселей. Могут быть выполнены по LCD, TFT и OLED-технологии. К графическим дисплеям можно отнести даже монитор или экран смартфона. Для сравнения были выбраны модули отображения информации LCD1602, NOKIA 5110, I2C ПС OLED. Результаты детального сравнения приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 — Сравнение модулей отображения информации

Параметры сравнения	LCD1602	NOKIA 5110	I2C OLED
Напряжение питания	5 В	2,7-3,3 В	3,3-5 В
Потребляемый ток	1-100 мА	5-20мА	8мА
Тип	LCD	LCD	LCD
Интерфейс	I2C	I2C	I2C

Продолжение таблицы 1.5

Размер	64,5мм x 14мм	45мм x 45мм	27мм x 27мм
Разрешение	640 x 80 пикселей	84 x 48 пикселей	128 x 64 пикселей

1.7 Модуль индикации

Модуль индикации служит для оповещения о превышении допустимых значений параметров, получаемых с датчиков и обрабатываемых микропроцессорным устройством. Основой данного модуля является светодиод. Светоизлучающий диод - полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока в прямом направлении.

Излучаемый светодиодом свет лежит в узком диапазоне спектра, то есть светодиод изначально излучает практически монохроматический свет (если речь идёт о СД видимого диапазона) — в отличие от лампы, излучающей более широкий спектр, от которой определённый цвет свечения можно получить лишь применением светофильтра. Спектральный диапазон излучения светодиода в основном зависит от типа и химического состава использованных полупроводников и ширины запрещённой зоны.

Существует большое количество разновидностей светоизлучающих диодов, однако можно выделить две основные группы светодиодов: индикаторные и осветительные. Индикаторные используются для предупреждения, индикации, также могут использоваться для подсветки дисплеев, приборных панелей. Соответственно это светодиоды с умеренной яркостью и сравнительно небольшой мощностью – до 0.2 Вт. Осветительные диоды используются при освещении помещений в составе светодиодных ламп и лент, в автомобильных фарах и везде, где требуется получить высокую интенсивность свечения. Мощность таких светодиодов может достигать десятков ватт.

В данном устройстве, так как светодиод будет использоваться для индикации, будут применены индикаторные светодиоды. Для сравнения были выбраны светодиоды GNL-3012HD, GNL-3012GD и OPEN-SMART 10MM LED. Результаты детального сравнения приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 — Сравнение модулей индикации

Параметры сравнения	GNL-3012HD	GNL-3012GD	OPEN-SMART 10MM LED
Максимальное прямое напряжение	2.1 В	2.1 В	2 – 4.1 В
Размер линзы	3 мм	3 мм	10 мм
Потребляемый ток	до 20 мА	до 20 мА	до 30 мА

Продолжение таблицы 1.6

Длина волны	700 нм	565 нм	500 – 700 нм
Спектр цветов	красный	зеленый	красный, зеленый, синий
Светодиодный режим управления	общий катод	общий катод	общий анод

1.8 Модуль оповещения

Модуль оповещения служит для предупреждения пользователя устройства об изменении или превышении внешних или внутренних факторах. Данный модуль представляет собой динамик, который при превышении или изменении каких-либо параметров будет издавать характерный звук. В качестве динамика в данном модуле будет применен пьезоэлектрический излучатель.

Пьезоэлектрический излучатель — это электроакустическое устройство, способное воспроизводить звук, либо излучать ультразвук, благодаря обратному пьезоэлектрическому эффекту. Он состоит из металлической пластины, на которую нанесён слой пьезоэлектрика, имеющий на внешней стороне токопроводящее напыление. Пластина и напыление являются двумя контактами. Для увеличения громкости звука к металлической пластине может крепиться небольшой рупор в виде металлического или пластикового купола с отверстием. В качестве рупора также может использоваться углубление в корпусе устройства, в котором используется пьезоизлучатель.

Пьезоизлучатели широко используются в различных электронных устройствах — часах-будильниках, телефонных аппаратах, электронных игрушках, бытовой технике. Часто используются в качестве излучателей ультразвуковых колебаний в устройствах отпугивания грызунов и насекомых, увлажнителях воздуха, ультразвуковых «стиральных машинах» (см. ультразвуковая очистка). Пьезоизлучатель также может использоваться в качестве пьезоэлектрического микрофона или датчика.

Пьезоэлектрические излучающие элементы могут иметь сферическую или цилиндрическую форму поверхности. Результаты детального сравнения приведены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 — Сравнение модулей оповещения

Параметры сравнения	SFM-27/DC3-24V	HC0901F	VSR3585L150
Напряжение питания	3.0 – 24 В	1.5 В	3.0 В
Рабочая температура	от -20 до +70 °С	от -20 до +60 °С	от 0 до +85 °С

Продолжение таблицы 1.7

Потребляемый ток	до 20 мА	до 80 мА	до 60 мА
Частота	3200 Гц	3200 Гц	1000 Гц
Уровень звукового давления	до 110 дБ	до 100 дБ	до 85 дБ

2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА

2.1 Постановка задачи

Для того, чтобы составить структуру разрабатываемого устройства, необходимо выделить функции, которые будет выполнять устройство, затем определить компоненты и связь между ними исходя из данных функций.

В рамках данного курсового проекта необходимо разработать микропроцессорное устройство для контроля параметров трактора “Беларусь”. Для реализации было выбрано устройство, осуществляющее сбор информации о состоянии трактора:

- сбор информации о температуре подкапотного пространства
- сбор информации о угле наклона трактора
- сбор информации о бортовом напряжении сети
- вывод информации на дисплей
- оповещение пользователя
- индицирование пользователя
- управление режимами

2.2 Определение компонентов структуры устройства

Компоненты структуры устройства выбираются исходя из функций, определенных в постановке задачи. Проанализировав выделенные функции, были определены следующие компоненты, представленные ниже.

1) Микроконтроллер — ключевой компонент всей схемы. Выполняет функцию обработки поступающей информации и выдает управляющие сигналы.

2) Модуль питания — стабилизатор напряжения и источник питания схемы.

3) Модуль бортового напряжения — преобразователь с делителем.

4) Датчик наклона-датчик, считывающий информацию о угле наклона трактора.

5) Датчик температуры — датчик, считывающий информацию о температуре подкапотного пространства.

6) Модуль вывода информации — дисплей, на который будет поступать сообщения о состоянии трактора.

7) Модуль индикации — светодиоды, которые выполняют функцию индикации при превышении допустимых значений параметров трактора.

8) Модуль оповещения — динамик, который срабатывает, при превышении допустимых значений параметров трактора.

9) Модуль управления — кнопки, при нажатии которых будет меняться режим работы.

2.3 Взаимодействие компонентов устройства

Устройство имеет три режима работы: считывает информацию с датчика температуры, считывает информацию с датчика наклона, считывает информацию с модуля бортового напряжения затем эти данные передаются на контроллер, который их анализирует. Режимы работы можно будет выбрать с помощью трех кнопок, которые отвечают за соответствующие режимы. Текущий режим работы будет продемонстрирован на дисплее.

Контроллер сравнивает допустимые значения и полученные значения с датчика температуры и датчика наклона и выводит соответствующие показания на дисплей.

Затем контроллер анализирует данные о напряжении бортовой сети. Эти показания также будут выведены на дисплей.

При превышении допустимых значений, полученных с датчиков или с модуля бортового напряжения, сработают светодиоды и включится динамик.

Модуль питания взаимодействует со всеми элементами схемы напрямую или через контроллер, благодаря ему осуществляется питание всех необходимых элементов.

3 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА УЗЛОВ, ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

Чтобы выбрать элементы устройства, необходимо опираться на его индивидуальные параметры, функции, которые оно может выполнять, а также на его характеристики. Анализ таблиц в обзоре литературы позволяет объективно и наглядно оценить параметры и характеристики, что упрощает и оптимизирует процедуру выбора.

Функциональная схема разрабатываемого устройства представлена в приложении В.

3.1 Обоснование выбора микроконтроллеров

В данном курсовом проекте в качестве контроллера были детально рассмотрены микроконтроллеры представленные в таблице 1.1. При выборе следует учесть, что устройство не требует больших затрат в памяти и мощности для корректной работы. Контроллеры ARM Cortex-A7 и stm32f103rht6 превосходят ATmega328 по памяти и мощности, но требуют для работы больше входного напряжения и имеют большую стоимость. Так же у ARM Cortex-A7 нет аналоговых входов/выходов, которые могут пригодиться при сборке проекта. В данном курсовом проекте имеются модули и датчики с аналоговым типом сигнала, поэтому ARM Cortex-A7 не может быть использован. Для ATmega328 имеется сбалансированная и простая в использовании среда разработки. Большинство датчиков и модулей подходят данному микроконтроллеру, так как у него уже предустановлены драйвера для них и в близком доступе имеется большое количество библиотек, применимых под разные модули и датчики.

Исходя из вышеперечисленного в данном проекте используется контроллер ATmega328 так как он полностью подходит под поставленные задачи. Данный контроллер был выбран также по причине доступности, наличия у данного микроконтроллера достаточного количества аналоговых и цифровых входов и выходов, меньшего входного напряжения, удобства использования среды и программирования данного микроконтроллера.

3.2 Обоснование выбора датчика температуры

В таблице 1.2 обзора литературы были детально рассмотрены датчики температуры. При выборе главным параметром являлся диапазон температуры и точность, так как в подкапотном пространстве трактора значения температур могут достигать до 100°C. Рассмотрев сравнительные характеристики датчиков температуры, представленных в таблице 1.2 обзора литературы, видно, что датчики DS18B20 и BME280 требуют меньшее напряжение питания, однако по потреблению тока и типу интерфейса BME280 и LM35 превосходят DS18B20. А подходящий под данный курсовой проект температурный

диапазон имеется только у LM35. Было принято решение выбрать датчик LM35 так как он имеет подходящий диапазон измерения, аналоговый протокол связи, что упрощает и оптимизирует подключение и программирование данного датчика, а также данный датчик легко поддается калибровке.

3.3 Обоснование выбора датчика наклона

В таблице 1.3 обзора литературы приведены сравнения наиболее распространенных датчиков наклона. Детально сравнив данные датчики были сделаны соответствующие выводы: KY-020 -контактный датчик, работающий на основе ртутного шара, который в зависимости от угла наклона начинает движение и замыкает или размыкает электрическую цепь. KY-020 совместим с темой данного курсового проекта, так как не требуется сильная точность. По сравнению с остальными датчиками он доступнее, чем датчик GY-521 и у него меньшее напряжение питания чем у аналога KY-027, который работает по тому же принципу.

3.4 Обоснование выбора понижающего преобразователя из постоянного тока в постоянный

В таблице 1.4 обзора литературы были детально рассмотрены преобразователи напряжения. Так как преобразователь является составляющей модуле бортового напряжения, он должен принимать большое напряжение около 24В и при этом не сильно нагружать схему выходным током и мощностью. После сравнения понижающих преобразователей из постоянного тока в постоянный при выборе оптимальным решением оказался преобразователь DCBK2420R так как он имеет оптимальный диапазон входного и выходного напряжения по сравнению с остальными моделями, меньший выходной ток, оптимальную мощность и подстроечный резистор, который позволяет регулировать выходящее с него напряжение, тем самым имитируя скачки.

3.5 Обоснование выбора модуля отображения информации

В таблице 1.5 обзора литературы были детально рассмотрены жидкокристаллические дисплеи. Так как дисплей служит для отображения сообщений и параметров считываемых с датчиков и модулей, он должен отображать достаточно большое количество информации, поэтому диагональ и разрешение должно быть большим, чтобы данная информация хорошо читалась и была понятна пользователю. LCD1602 уступает NOKIA 5110 и I2C OLED в напряжении питания и потребляемому току, они все поддерживают интерфейс I2C, однако LCD1602 превосходит остальные дисплеи по своему

размеру и разрешению экрана. Поэтому LCD1602 был выбран для данного курсового проекта, так как он удовлетворяет главным требованиям, а именно имеет самое большое разрешение и размер.

3.6 Обоснование выбора модуля индикации

В качестве модуля индикации в разрабатываемом устройстве выбраны светодиоды GNL-3012RD и GNL-3012GD, низкое входное напряжение и потребляемый ток снизят потребление тока схемы. Малые габариты диодов упростят монтаж в устройстве и сэкономят пространство в нем. Также важным фактором при выборе данного модуля послужила низкая себестоимость и наличие на рынке радиоэлектроники.

3.7 Обоснование выбора модуля оповещения

В таблице 1.7 обзора литературы приведены сравнения пьезоэлектрических звуковых извещателей. Их параметры сравнения значительно отличаются друг от друга. Извещатель HC0901F имеет низкое входное напряжения в 1.5 В, но одновременно потребляемый ток датчика – 80 мА, что является самым высоким показателем в таблице. Самым низким потреблением по току отличается пьезоэлектрический звуковой извещатель SFM-27/DC3-24V со значением до 20 мА. Звуковой извещатель VSR3585L150 имеет самую низкую издаваемую частоту – 1000 Гц, по сравнению с 3200 Гц двух оставшихся извещателей. Рабочая температура у всех трех извещателей отличается на ± 15 °С, но более работоспособным является SFM-27/DC3-24V.

В разрабатываемом устройстве используется пьезоэлектрический звуковой извещатель SFM-27/DC3-24V. Он дает возможность изменять частоту издаваемого звукового сигнала до 3200 Гц, посредством изменения напряжения питания от 3 до 24 В, на что не способны другие извещатели. Также на выбор повлияло преимущество по низкому потреблению тока до 20 мА.

4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

Принципиальная схема разрабатываемого устройства представлена в приложении В.

Расчёт системы питания устройства сводится к определению минимального выходного тока и вырабатываемой мощности внешнего источника питания.

4.1 Микроконтроллер

Микроконтроллер ATmega328 соединен со всеми элементами схемы через аналоговые или цифровые входы и выходы платы Arduino Uno R3.

В схеме устройства модуль отображения информации подключен к входам интерфейса: SCL, SDA, 5V, GND, датчик температуры к аналоговому входу A1 и входам питания 5V и GND, датчик наклона подключен к цифровому входу D7 и входу питания GND, преобразователь с делителем напряжения подключены к аналоговому входу A2 и входу питания GND, светодиодный модуль к цифровому выходу D5 и D6. Данный микроконтроллер питается от напряжения 5 В.

4.2 Датчик температуры

Датчик LM35 подключен к аналоговому входу микроконтроллера A1 и входам питания 5V и GND. Через A1 поступает информация о значении температуры в зависимости от напряжения, поступающего на аналоговый вход. Питается датчик от напряжения 5 В.

4.3 Датчик наклона

Датчик KY-020 в схеме питается от напряжения 5 В. К цифровому входу D7 микроконтроллера подключен цифровой выход датчика, через который поступает информация о наличии наклона. Логический 0 - наклон отсутствует, логическая 1 - наклон присутствует.

4.4 Модуль отображения информации

Дисплей LCD 1602 поддерживает интерфейс I2C и поэтому подключен к входам интерфейса SCL, SDA микроконтроллера. Согласно спецификации, на вход VCC подаётся напряжение 5 В. Дисплей принимает данные через интерфейс I2C, поэтому выход SDA и SCL подключены к выходам SDA и SCL соответственно.

4.5 Модуль бортового напряжения

Модуль бортового напряжения состоящий из DC-DC преобразователя и делителя напряжения подключен к аналоговому входу А2 так как требуется считывать напряжение. С помощью подстроечного резистора можно будет регулировать напряжение, поступающее с данного модуля.

4.6 Модуль оповещения

Для получения звукового сигнала используется пьезодинамик SFM-27, который подключается к цифровому выходу D3, связано это с наличием поддержки выходом D3 механизма широтно-импульсной модуляции, что позволяет модулировать сложные аналоговые сигналы. Микроконтроллер включает и отключает питание на данном динамике из-за чего включается и отключается звук, а управляя заполнением сигнала широтно-импульсной модуляции можно изменять громкость и длительность звукового сигнала.

4.7 Расчет мощности элементов схемы

Потребляемая мощность разрабатываемого устройства равна сумме мощностей потребителей электрической энергии. Мощность каждого из потребителей рассчитывается исходя из максимального потребляемого тока компонентом и его напряжения питания.

В реализованной схеме используются микроконтроллер ATmega328, датчик температуры LM35, датчик наклона KY-020, преобразователь из постоянного тока в постоянный DCBK2420R, дисплей LCD 1602, делитель напряжения, 2 светодиода, кнопка.

Таким образом потребляемая мощность будет равна:

$$P = 5 \cdot 22 + 5 \cdot 0,006 + 5 \cdot 50 + 24 \cdot 833 + 5 \cdot 100 + 5 \cdot 20 \cdot 2 + 20 \cdot 25 + 5 \cdot 50 \cdot 3 + 5 \cdot 20 = 22\,402.03 \text{ мВт.}$$

Мощности каждого из потребителей схемы устройства представлены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Расчет мощности элементов схемы устройства

Потребитель	U, В	I, мА	Кол-во	P, мВт
Микроконтроллер ATmega328	5	22	1	110
Датчик температуры LM35	5	0,006	1	0.03
Датчик наклона KY-020	5	50	1	250
DC-DC преобразователь DCBK2420R	24	833	1	19992
Дисплей LCD 1602	5	100	1	500

Продолжение таблицы 4.1

Светодиод	5	20	2	200
Делитель напряжения	20	25	1	500
Кнопка	5	50	3	250
Пьезодинамик SFM-27	5	20	1	100
Суммарная мощность				22402.03

Для обеспечения надежности работы устройства закладывается запас по мощности в 30%:

$$P = P + P * 0.3 = 22.40203 + 22.40203 * 0.3 = 29.122639 \approx 30 \text{ Вт}$$

Выходное напряжение источника питания равняется 24 В, максимальная выходная мощность схемы равняется 30 Вт. Рассчитаем минимальный выходной ток источника питания:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{30}{24} = 1,5 \text{ А}$$

Расчёт системы питания имеет следующие результаты – выходное напряжение внешнего питания 24 В, мощность внешнего источника питания 30 Вт, минимальный выходной ток 1.5 А или 1500 мА.

4.8 Расчет нагрузки светодиодов

В данном курсовом проекте используется два светодиода, подключенные к входам D5, D6.

Для ограничения тока светодиода используется резистор номиналом, рассчитываемым по следующей формуле:

$$R = \frac{U_{\Pi} - U_{\text{Д}}}{I_{\text{ПР}}},$$

где U_{Π} – напряжения питания, $U_{\text{Д}}$ – напряжение, падающее на светодиоде, $I_{\text{ПР}}$ – прямой ток светодиода.

В проекте используются светодиоды красного цвета, со следующими параметрами: $I_{\text{ПР}} = 20 \text{ мА}$. $U_{\text{Д}} = 1 \text{ В}$.

Получаем:

$$R = \frac{5-1}{20 \cdot 10^{-3}} = 200 \text{ Ом.}$$

Следовательно, для того, чтобы светодиод не перегорел он должен быть подключён через резистор с сопротивлением не менее 200 Ом, однако если взять слишком большое сопротивление, то светодиод будет гореть очень слабо, поэтому в данном проекте светодиоды подключаются через резисторы сопротивлением 220 Ом.

4.9 Расчёт делителя напряжения

В данном курсовом проекте используется делитель напряжения, подключенный к входам A2 и GND.

Для делителя напряжения имеется данное соотношение:

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{пони}}},$$

где R_3 и R_4 – резисторы, $U_{\text{вх}}$ – напряжение, поступающее на делитель напряжения, $U_{\text{пони}}$ – напряжение на выходе делителя напряжения.

Входное напряжение $U_{\text{вх}} = 20 \text{ В}$, так как именно такое максимальное напряжение может выдать преобразователь. А напряжение на выходе делителя $U_{\text{пони}} = 5 \text{ В}$, так как на аналоговый вход ATmega328 может поступить максимум именно такое напряжение. Соответственно подбирая резисторы под данное соотношение получаем:

$$\frac{120}{27} = \frac{20}{5},$$

Следовательно, для того, чтобы делитель работал эффективно и правильно понижал напряжение, исходя из расчетов понадобятся резисторы R_3 номиналом 120 кОм и R_4 номиналом 27 кОм.

5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

5.1 Требования к разработке программного обеспечения

Разработанное устройство собирает информацию о следующих факторах: температура подкапотного пространства, наличие наклона трактора, бортовое напряжение трактора. Разрабатываемое программное обеспечение должно анализировать все эти параметры, обрабатывать их и оповещать пользователя при несоответствии параметров. Необходимо разработать алгоритм, способный обрабатывать исключительные ситуации, корректно обработать данные с датчиков и оповещать пользователя.

5.2 Блок-схема алгоритма

Блок-схема алгоритма программного обеспечения разрабатываемого устройства представлен в приложении Г.

Блоки 6 – 7 представляют собой подготовку программы для дальнейшей работы (инициализация переменных и определение модулей, подключенных к микроконтроллеру). Основная логика программы представлена в блоках 1 – 4 и блоках 8-25.

В 9 блоке проверяется, выбран ли 1 режим работы. Если да, то в блоке 10 начинается цикл, который будет повторяться до того момента, пока не будет нажата кнопка 1 режима.

В блоках 11–12 происходит сбор и анализ данных с датчика температуры. Если температура больше допустимого значения, то начинают работу блоки 1–4, где происходит оповещение пользователя звуковым и световым сигналом.

В 14 блоке проверяется, выбран ли 2 режим работы. Если да, то в блоке 15 начинается цикл, который будет повторяться до того момента, пока не будет нажата кнопка 2 режима.

В блоках 16–17 происходит сбор и анализ данных с датчика наклона. Если наклон был замечен, то начинают работу блоки 1–4, где происходит оповещение пользователя звуковым и световым сигналом.

В 19 блоке проверяется, выбран ли 3 режим работы. Если да, то в блоке 20 начинается цикл, который будет повторяться до того момента, пока не будет нажата кнопка 3 режима.

В блоках 20–21 происходит сбор и анализ данных с модуля бортового напряжения. Если бортовое напряжение отличается от нормального значения, то начинают работу блоки 1–4, где происходит оповещение пользователя звуковым и световым сигналом.

5.3 Исходный код программы для устройства контроля параметров трактора

Исходный код программного обеспечения разрабатываемого устройства представлен в приложении Д.

Функция `void setup()` (строки 40 – 48) выполняет задачу подготовки устройства к работе. В 43 строке определяется опорное напряжение относительно которого происходят аналоговые измерения, затем в строке 44 инициализируется дисплей, после чего в строке 45 включается подсветка дисплея. Данная функция выполняется один раз перед запуском основной функции программы.

Функция `void loop()` (строки 51 – 81) является главной функцией программы и выполняется на протяжении всей работы микроконтроллера. В строках 55, 88, 125 выбирается режим работы устройства. В строках 64–68, 97–99, 135–138 происходит сбор и анализ данных, полученных с датчиков температуры, наклона и с модуля напряжения. В строках 69–75, 104–110, 141–147 происходит оповещение пользователя звуковым и световым сигналом.

Функция `int getTempStatus()` (строки 24 – 29) получает информацию с датчиков температуры и преобразует ее в градусы Цельсия. В строке 26 происходит чтение информации с аналогового входа 1. В строке 27 полученная с датчика температуры информация преобразуется в градусы. В строке 28 функция возвращает преобразованную в градусы температуру.

Функция `bool getInclineStatus()` (строки 30 – 34) получает информацию с датчика наклона. В строке 32 происходит чтение информации с цифрового входа 7. В строке 33 функция возвращает полученную информацию – цифровой сигнал.

Функция `int getOnboardVoltageStatus` (строки 35 – 39) получает информацию с модуля бортового напряжения. В строке 37 происходит чтение информации с аналогового входа 2. В строке 38 функция возвращает, полученное с модуля, бортовое напряжение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения курсового проекта было разработано микропроцессорное устройство контроля параметров трактора “Беларусь”, способное измерять и анализировать температуру подкапотного пространства, угол наклона трактора, бортовое напряжение. При несоответствии информации с датчиков температуры, наклона и модуля бортового напряжения, пользователь данного устройства оповещается звуковым и световым сигналом. В соответствии с вышеперечисленными возможностями, данное устройство полностью готово к использованию.

Устройство обладает следующими достоинствами: низкая стоимость комплектующих, простота в использовании, малые габариты. К недостаткам можно отнести способ управления устройством с помощью трех кнопок. Данный способ управления хоть и выполняет свою задачу, но является устаревшим.

Устройство может быть усовершенствованно в дальнейшем. Одной из доработок может стать внедрение более качественной системы управления и замена датчика наклона на другую модель, которая будет более точно определять наклон. Добавить функцию уведомлять пользователя через сообщения или звонки на телефон. Усовершенствование алгоритма также необходимо для более надежной работы системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1]. Вычислительные машины, системы и сети: дипломное проектирование (методическое пособие) [Электронный ресурс] : Минск БГУИР 2019. – Электронные данные. – Режим доступа: https://www.bsuir.by/m/12_100229_1_136308.pdf
- [2]. Документация Arduino [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://docs.arduino.cc/>
- [3]. Геддес, М. 25 крутых проектов с Arduino / М. Геддес ; [пер. с англ. М. А. Райтмана]. – Москва : Эксмо, 2019. – 272 с.
- [4]. Arduino UNO [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>
- [5]. Статья – Датчики [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: http://www.electrolibrary.info/subscribe/sub_16_datchiki.htm –
- [6]. LM35 — аналоговый датчик температуры [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://amperka.ru/product/thermometer-lm35>
- [7]. KY-020 — цифровой датчик наклона [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://volti.ru/shop/tilt-switch-module-ky-020>
- [8]. Пищалка – пьезодинамик Arduino [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://arduino-master.ru/uroki-arduino/pishhalka-pezdodinamik-arduino>
- [9]. Microsoft Word – MP3 – TF – 16P V1.0 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://picaxe.com/docs/spe033.pdf>

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Схема структурная

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Схема функциональная

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

Схема принципиальная

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(обязательное)

Схема программы

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(обязательное)

Листинг кода

```
001. /*
002.   Студент группы 050541 Шалль И.Э.;
003.   Микропроцессорное устройство контроля параметров трактора "Беларусь";
004. */
005. #include <Wire.h>
006. #include <TimerOne.h>
007. #include <MultiFuncShield.h>
008. #include <LiquidCrystal_I2C.h>
009. LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // Установить дисплей
010. int val=0;
011. int grad=0;
012. int temp=0;
013. int voltage=0;
014. int volt=0;
015. bool nakl;
016. bool incl;
017. bool tick1;
018. bool tick2;
019. bool tick3;
020. pinMode(7, INPUT); // Установить режим работы цифр. вх.
021. pinMode(5, OUTPUT);
022. pinMode(6, OUTPUT);
023. pinMode(2, OUTPUT);
024. pinMode(4, INPUT);
025. pinMode(8, INPUT);
026. pinMode(9, INPUT);
027. analogReference(INTERNAL);
028. int getTempStatus() // Получить значения с датчика темп.
029. {
030.   val=analogRead(1);
031.   grad = val/9.31;
032.   return grad;
033. }
034. bool getInclineStatus() // Получить значения с датчика накл.
035. {
036.   nakl=digitalRead(7);
037.   return nakl;
038. }
039. int getOnboardVoltageStatus() // Получить значения с модуля б.н.
040. {
041.   voltage=analogRead(2);
042.   return voltage;
043. }
044. void setup()
045. {
046.   analogReference(INTERNAL); // Определить опорное напряжение
047.   lcd.init(); // Инициализировать дисплей
048.   lcd.backlight(); // Включить подсветку дисплея
049. }
050. void loop()
051. {
052.   lcd.setCursor(0,0);
053.   lcd.print("Choose mode:");
```

```

054. tick1=digitalRead(4);           // Получить значение 4 цифрового вх.
055. if (tick1==LOW)
056. {
057. lcd.setCursor(0,0);
058. lcd.print("Temperature mode");
059. lcd.setCursor(0,1);
060. lcd.print("temp, °C:");
061. while (tick1==HIGH)
062. {
063. tick1=digitalRead(4);
064. temp=getTempStatus();
065. lcd.setCursor(8,1);
066. lcd.print(temp);
067. if (temp>100)
068. {
069. digitalWrite(2,HIGH);           // Подать единицу на 2 цифровой вх.
070. digitalWrite(5,HIGH);
071. digitalWrite(6,HIGH);
072. delay(200);
073. digitalWrite(2,LOW);
074. digitalWrite(5,LOW);
075. digitalWrite(6,LOW);
076. }
077. if (tick1==LOW)
078. {
079. break;
080. }
081. }
082. }
083. tick2==digitalRead(8);
084. if (tick2==LOW)
085. {
086. lcd.setCursor(0,0);
087. lcd.print("Incline mode");
088. lcd.setCursor(0,1);
089. lcd.print("Incline:");
090. while (tick2==HIGH)
091. {
092. tick1=digitalRead(8);
093. incl=getInclineStatus();
094. lcd.setCursor(8,1);
095. if (incl==true)
096. {
097. lcd.print("detected");
098. digitalWrite(2,HIGH);
099. digitalWrite(5,HIGH);
100. digitalWrite(6,HIGH);
101. delay(200);
102. digitalWrite(2,LOW);
103. digitalWrite(5,LOW);
104. digitalWrite(6,LOW);
105. }
106. else
107. {
108. lcd.print("not detected");
109. }
110. if (tick2==LOW)
111. {
112. break;

```



```
113. }
114. }
115. }
116. tick3==digitalRead(9);
117. if(tick3==LOW)
118. {
119. lcd.setCursor(0,0);
120. lcd.print("Voltage mode");
121. lcd.setCursor(0,1);
122. lcd.print("Voltage,V:");
123. while(tick3==HIGH)
124. {
125. tick3=digitalRead(9);
126. volt=getOnboardVoltageStatus();
127. lcd.setCursor(8,1);
128. lcd.print(volt);
129. if(volt!=3)
130. {
131. digitalWrite(2,HIGH);
132. digitalWrite(5,HIGH);
133. digitalWrite(6,HIGH);
134. delay(200);
135. digitalWrite(2,LOW);
136. digitalWrite(5,LOW);
137. digitalWrite(6,LOW);
138. }
139. if(tick3==LOW)
140. {
141. break;
142. }
143. }
144. }
145. }
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(обязательное)

Перечень элементов

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(обязательное)

Ведомость документов