

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет

Кафедра

«Вычислительная техника»

(наименование)

«Системы автоматизированного проектирования»

(наименование)

Направление подготовки

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

(код и наименование)

Профиль

«Системы автоматизированного проектирования»

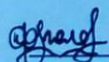
(наименование)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему

**«Система мониторинга инженерных
конструкций»**

Студент

 26.05.17г.
(подпись, дата)

Рябов И. Ю.
(фамилия, инициалы)

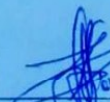
Руководитель

 26.05.17г.
(подпись, дата)

Брякин Л. А.
(фамилия, инициалы)

Нормоконтролёр

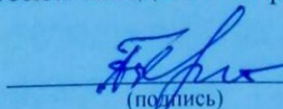
проф. канд. САРИБ ПГУ
(должность, место работы)

 30.05.17
(подпись, дата)

Тондаш А. С.
(фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от _____ № _____)

Заведующий кафедрой


(подпись)

Бершадский В. В.
(фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой _____ (протокол заседания ГЭК от _____ № _____)

Секретарь ГЭК

(подпись)

(фамилия, инициалы)

Пенза, 2017

Реферат

Пояснительная записка содержит листов, рисунков, источников, приложений.

МОНИТОРИНГ ИНЖЕНЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПЕЧАТНАЯ ПЛАТА, САПР, СИСТЕМА МОНИТОРИНГА, МИКРОКОНТРОЛЛЕР, DIPTRACE, АЛГОРИТМ, PROTEUS DESIGN SUITE, ATMEGA16.

Объектом разработки является система мониторинга инженерных конструкций.

Цель работы - разработать систему обнаружения возможных признаков разрушения несущих конструкций.

В процессе разработки проводилось изучение принципов моделирования работы электрической схемы, создания печатных плат, программирования микроконтроллера.

Полученные результаты: создана система мониторинга инженерных конструкций.

Разработанную систему следует применять для автоматизации контроля состояния помещений.

					<i>ВКР 090301.15 17 81 01</i>		
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
Разраб.		Фролов И. Ю.			Система мониторинга инженерных конструкций.	Лит.	Лист
Провер.		Брякин Л. А.					3
					Пояснительная записка	<i>ФВТ, каф. САПР, группа 13ВВ2</i>	
Н. Контр.		Бождай А. С.					
Утверд.		Бершадский А. М.					

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
1. АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	8
1.1. Описание предметной области	8
1.2. Трудности сравнения существующих СММК.....	9
1.3. МА «СИСТЕМСЕРВИС».....	10
1.4. ООО «ЭЛГАД ТОП»	10
1.5. ООО ОПТИЗ-Мониторинг	11
1.6. Сравнение аналогов.....	11
1.7. Устранение недостатков существующих систем.....	12
2. ОПИСАНИЕ МЕТОДА РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ.....	13
2.1. Порядок разработки	13
2.2. Обоснование выбранных технологий	14
2.2.1. Выбор графического редактора	14
2.2.2. Выбор САПР для разработки печатной платы	14
2.2.3. Выбор САПР для электронного моделирования	14
2.3. Технические характеристики выбранных электрических компонентов	15
2.3.1. Датчик температуры DS18B20	15
2.3.2. Датчик Холла SS49.....	17
2.3.3. Акселерометр ADXL345	18
2.3.4. Дисплей LM016L	19
2.3.5. Шина питания	20
2.3.6. Интерфейс RS-485	22

2.3.7. Используемые микроконтроллеры	22
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ.....	26
3.1. Проектирование структурной схемы	26
3.2. Проектирование принципиальных схем	26
3.2.1. Схема управляющего модуля принципиальная электрическая	27
3.2.2. Схема измерительного модуля принципиальная электрическая	29
3.3. Схема программы устройства.....	30
3.3.1. Схема программы измерительного модуля.....	31
3.3.2. Схема программы управляющего модуля.....	32
3.4. Проектирование печатной платы	37
3.5. Электронное моделирование	44
3.6. Моделирование на макетной плате	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	48
ПРИЛОЖЕНИЕ А. СХЕМЫ.....	51
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ЛИСТИНГ	57

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

СМИК — система мониторинга инженерных конструкций;

САПР — система автоматизированного проектирования;

EDA (англ. Electronic Design Automation) — автоматизация проектирования электронных устройств;

УГО — условное графическое обозначение;

ОЗУ — оперативное запоминающее устройство;

ПЗУ — постоянное запоминающее устройство;

ЖК-дисплей (англ. Liquid crystal display, LCD) — жидкокристаллический дисплей;

RISC — (англ. Reduced instruction set computer) — «компьютер с сокращённым набором команд»;

MIPS (англ. Million instructions per second) — число миллионов инструкций, выполняемых процессором за одну секунду);

SRAM (англ. Static Random Access Memory) — статическая память с произвольным доступом;

USART (англ. Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter) — универсальный синхронный/асинхронный приемник/передатчик;

SPI (англ. Serial Peripheral Interface) — последовательный периферийный интерфейс;

PDIP (англ. Plastic Dual In-Line Package) — пластиковый двухрядный корпус.

ВВЕДЕНИЕ

Информационные технологии и электроника в наши дни широко применяются во всех сферах жизни. Однако их наиболее важное предназначение – точная оценка процессов и контроль превышения допустимых значений параметров, которые человек не в состоянии осуществлять непрерывно с заданной точностью. Примером является предупреждение опасных для жизни и здоровья человека ситуаций. Это мониторинг природных явлений и погоды, контроль работы различных механизмов (от двигателей автомобилей до реакторов АЭС), и т.д.

Одним из примеров предупреждения опасных ситуаций является контроль несущих конструкций зданий и сооружений. Это актуально не только для сейсмоактивных районов, но и для строений в любой другой части мира: от ошибок проектирования, нарушений при строительстве и эксплуатации, использования некачественных материалов и т.п. не застраховано ни одно здание. Последствия перечисленного опасны для здоровья и жизни человека. Чтобы избежать этого, используют системы мониторинга инженерных (несущих) конструкций, опасных природных процессов и явлений.

В данной выпускной квалификационной работе будет представлен процесс разработки системы контроля несущих конструкций здания. При ее создании необходимо решить ряд задач: разработать общую структуру устройства (структурная схема), электрические схемы используемых модулей (принципиальные схемы), описать алгоритм работы, создать печатные платы для используемых модулей, смоделировать на компьютере работу части системы (для этого потребуется запрограммировать микроконтроллер).

1. АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

1.1. Описание предметной области

Мониторинг инженерных конструкций представляет собой комплексную систему, предназначенную для обеспечения надежности зданий и сооружений, находящихся в зоне влияния условий техногенного и природного характера. Цель его в своевременном выявлении дефектов, предупреждении и устранении негативных процессов, уточнении результатов прогноза, корректировке проектных решений.

Задача мониторинга состоит в разработке методов обеспечения сохранности и надежности эксплуатации инженерных конструкций, предупреждению и устранению дефектов конструкций, недопущению негативных изменений окружающей среды, осуществление контроля за выполнением принятых решений

Разрушение железобетонного элемента – это предельное состояние в сечении изгибаемых и сжатых железобетонных элементов; наступает тогда, когда деформации в наиболее сжатых волокнах достигают предельных значений. В растянутой арматуре достижение предельных значений сопротивлений при напряжении неминуемо приведет к разрушению сечения элемента при увеличении нагрузки.

Таким образом, появление текучести в растянутой арматуре железобетонных элементов является аварийным состоянием [13].

Проектируемая СМИК представляет собой систему с функциями контроля несущих конструкций сооружения и оповещения оператора о признаках разрушения. Оператор имеет связь с компьютером для возможности ведения журнала.

Система состоит из модуля управления и одного или нескольких модулей сбора информации (до 8 штук). Модуль управления включает в себя микроконтроллер для обработки поступающей информации, устройства ввода и вывода. Располагается управляющий модуль на рабочем месте оператора. Модуль сбора информации также содержит микроконтроллер, а так же несколько датчиков: акселерометр, датчик Холла, датчик температуры. Расположен измерительный модуль непосредственно вблизи контролируемого объекта. Датчики могут располагаться за пределами печатной платы. На Рисунке 1 представлен вариант возможного их расположения. Акселерометр (2) контролирует наклон наблюдаемого объекта по трем осям пространства. Датчик Холла располагается вблизи источника магнитного поля; однако, чтобы зафиксировать изменение магнитного поля при деформации конструкции, он не должен крепиться на одной опоре с магнитом (3). Рядом с датчиками здесь расположена печатная плата измерительного модуля (1).

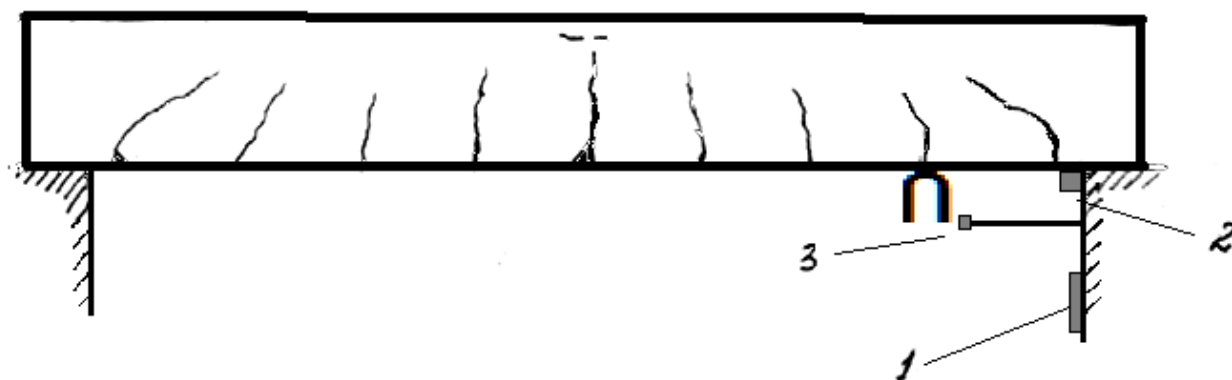


Рисунок 1 – Вариант расположения элементов измерительного модуля

1.2. Трудности сравнения существующих СМИК

Современные СМИК создаются под заказ и часто не имеют конкретных названий или марок. На веб-сайтах производителей часто нет конкретной информации о цене, используемых комплектующих, особенностях системы.

Все системы регулируются ГОСТ (в т.ч. ГОСТ Р 22.1.12-2005, ГОСТ Р 54257-2010, ГОСТ 31937-2011).

Далее будет описано несколько примеров современных СМИК, представленных на рынке.

1.3. МА «СИСТЕМСЕРВИС»

Данная фирма производит СМИК, направленную на осуществление противопожарной безопасности. Система выявляет деформацию конструкций на ранней стадии. Контроль несущих конструкций осуществляется на наклон и ускорение (используется акселерометр), так же производится мониторинг температуры помещения. В качестве датчика температуры в этой СМИК используется модель DS18B20 – от 1 до 250 штук. Обеспечивается своевременное информирование дежурного персонала об изменениях состояния объекта. Данные о состоянии здания заносятся в базу данных. Стоимость разработки системы – от 100000 рублей [1].

1.4. ООО «ЭЛГАД ТОП»

Система данной фирмы предназначена для осуществления наблюдений на протяжении строительства и эксплуатации здания и способна выявлять оползни и полости грунтов, наклон конструкции, относительные деформации (сжатие, кручение), избыточное давление грунтов на элементы конструкции.

СМИК содержит тензометры (датчики деформации) SM-5, пьезометры (датчики контроля грунтовых вод) PW, инклинометры (датчики угловых перемещений) PIZA-M, инклинометрическую систему, датчики силы, датчики деформации арматурные и некоторые другие. Обработку данных с сотен каналов ведет система DataLogger [2].

1.5. ООО ОПТИЗ-Мониторинг

Система называется СМНК-СТРАЖ и представляет собой комплекс оборудования, состоящий из инклинометров, акселерометров, тензодатчиков, датчиков давления на грунт, температуры и т.д. Схема работы: к устройствам сбора данных USD-A8 подключаются датчики (или это устройство не используется, если датчик цифровой); затем по интерфейсу RS-485 информация поступает на адаптер ОИС-024, где сигнал преобразуется в интерфейс USB; и от него уже направляется на обрабатывающий компьютер [3].

1.6. Сравнение аналогов

Приведенная ниже Таблица 1 составлена в результате анализа информации, представленной на официальных веб-сайтах компаний-разработчиков рассматриваемых систем.

Таблица 1 – Результаты сравнения СМНК

Параметр	МА «СИСТЕМСЕРВИС»	ООО ОПТИЗ- Мониторинг	ООО «ЭЛГАД ТОП»
Информативность сайта системы ¹	5	4	3
Масштабируемость ¹	4	4	4
Соответствие требованиям ГОСТ ¹	4	5	5
Интегрируемость ¹	5	5	5
Сервисная поддержка	Есть	Есть	Есть
Стоимость	от 100 000 рублей	н/д ²	н/д ²

¹ По 5-бальной шкале

² Нет данных

1.7. Устранение недостатков существующих систем

1. Возможно улучшить масштабируемость, поставив дополнительные модули мониторинга. На системах промышленного уровня сделать это будет труднее.
2. Удобство обращения с системой и возможность ее быстрого ремонта. Простота устройства и небольшой масштаб СМИК позволят быстрее выполнять ее настройку и починку.
3. Уменьшение стоимости системы. Промышленные аналоги имеют цену, при которой устанавливать их имеет смысл лишь на крупные инженерные сооружения (терминалы аэропортов, стадионы и т.п.). Стоимость предлагаемой СМИК и ее комплектующих будет значительно ниже аналогов, что позволит устанавливать ее на меньшие по размерам объекты.

2. ОПИСАНИЕ МЕТОДА РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ

2.1. Порядок разработки

Устройство всей системы показывает структурная схема, а устройство модулей описывается принципиальными схемами. Данные схемы разрабатываются в первую очередь, без них невозможно провести электронное моделирование или разработку печатной платы. Схемы можно выполнить в графическом редакторе MS Visio.

Чтобы разработать печатную плату, также понадобится принципиальная схема. В САПР DipTrace из доступных в библиотеке электронных компонентов собирается схема. Созданная принципиальная схема открывается в подпрограмме для создания печатных плат и уже имеет связи между элементами – остается только расположить компоненты в нужном порядке и сделать трассировку.

DipTrace не поддерживает процедуру электронного моделирования предметной области, поэтому оно будет проходить с использованием САПР Proteus Design Suite. Электронное моделирование дает большое преимущество при отладке. Для работы модели в Proteus необходимо запрограммировать микроконтроллер.

Наконец, часть схемного решения будет реализована на макетной плате, исходя из числа доступных элементов.

2.2. Обоснование выбранных технологий

2.2.1. Выбор графического редактора

MS Visio – векторный графический редактор, позволяющий быстро и эффективно создавать блок-схемы, диаграммы, графики. Выбор его обусловлен, в первую очередь, тем, что этот редактор изучался на предыдущих курсах обучения. Кроме того, Visio обладает широким набором шаблонов для создания схем по ГОСТ. Среди возможных аналогов Visio рассматривался онлайн-сервис draw.io, обладающий подобным функционалом.

2.2.2. Выбор САПР для разработки печатной платы

Для создания печатной платы была выбрана EDA-система DipTrace. Ранее она, как и P-CAD, использовалась на лабораторных занятиях и в курсовой работе. Обе системы позволяют создавать компоненты электрических схем (УГО и посадочные места для ПП), принципиальные схемы, печатные платы. Имеется возможность автоматической трассировки печатных плат. DipTrace был выбран из-за более удобного интерфейса: в приложении меньше всплывающих окон, проще связывать УГО элемента и его посадочное место, пользоваться автотрассировкой.

2.2.3. Выбор САПР для электронного моделирования

DipTrace и P-CAD не обладают возможностью моделирования работы программируемых устройств, поэтому понадобится EDA-система, позволяющая проводить электронное моделирование работы микропроцессоров, микроконтроллеров и других программируемых устройств. Выбор пал на Proteus Design Suite, который является системой схемотехнического моделирования. Данный пакет содержит две части:

подпрограмму конструирования печатных плат и подпрограмму создания и моделирования электрических схем. Начиная с восьмой версии, Proteus позволяет создать программу для используемого микроконтроллера и скомпилировать ее.

Данный пакет не использовался в программе обучения. Выбран он был из-за удобного интерфейса и возможности быстрого изучения принципов электронного моделирования.

2.3. Технические характеристики выбранных электрических компонентов

2.3.1. Датчик температуры DS18B20

Этот герметичный датчик температуры позволяет определить температуру окружающей среды в диапазоне от -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$ и получать данные в виде цифрового сигнала. Для подключения используется 1 цифровой порт контроллера, и 2 провода для всех датчиков: общий провод и сигнал. Широко распространен и легкодоступен для приобретения. Разработан Dallas Semiconductor.

Два способа подключения:

- По трём проводам: питание (красный), общий провод (чёрный) и сигнал (белый). Данный способ используется в разрабатываемом устройстве.
- По двум проводам: общий провод и сигнал. В этом случае датчик изредка может давать неверные показания, которые исключаются из результата фильтрацией.

Для подключения DS18B20 используется протокол 1-Wire, который позволяет подключать большое число устройств. Разработан протокол фирмой Dallas Semiconductor в 1990-х годах. Плюсами протокола является легкость монтажа, возможность распознавать подключенные устройства (число которых может быть велико). В данном случае применяется

«паразитное питание», при котором сенсор питается энергией с линии передачи сигнала. Каждый датчик имеет уникальный серийный 64-разрядный код, который позволяет подключить в одну линию связи несколько устройств и различать их. Код отдельного датчика может передаваться определенной командой.

Сенсор позволяет хранить в ПЗУ значения порогов температуры, при превышении которых будет подаваться сигнал тревоги. Микроконтроллер через общую шину за один такт способен определить, какие из многих датчиков перешли в тревожный режим. Благодаря этому можно быстро найти проблемный участок.

Формат передачи данных варьируется от 9-битного до 12-битного. Меньшее разрешение показаний обрабатывается быстрее [14].

В разрабатываемой СММК датчик температуры устанавливается на печатную плату измерительного модуля или крепится на несущую стену отдельно около модуля.

Характеристики:

- Тип выходного сигнала – цифровой, 12-битный.
- Используется протокол передачи данных 1-Wire.
- Диапазон измеряемых температур: $-55...+125\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Точность: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (в пределах $-10...+85\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Нет необходимости во внешних компонентах.
- Возможность подключения нескольких датчиков через одну линию связи.
- Время получения данных: 750 мс при 12-битном разрешении; 94 мс при 9-битном разрешении.
- Напряжение питания: 3–5,5 В.
- Потребляемый ток при бездействии: 750 нА.
- Потребляемый ток при опросе: 1 мА.

- При проектировании печатной платы используется датчик в корпусе ТО-92 [4].

2.3.2. Датчик Холла SS49

Датчик Холла – устройство, фиксирующее изменение магнитного поля. Принцип работы основан на эффекте Холла, открытом в 1879 году. Если в постоянное магнитное поле поместить проводник, по которому течет электрический ток, то под его действием электроны отклонятся к одной из граней пластины, накапливая отрицательный заряд. На противоположной грани собирается положительный заряд. Образовавшееся электрическое поле вскоре компенсирует магнитную составляющую силы Лоренца, и процесс заканчивается. Датчик Холла фиксирует образованную разность потенциалов на гранях пластины.

Другими словами, датчик Холла – это датчик магнитного поля, и реагирует он при движении относительно магнита.

В измерительном модуле используется датчик Холла SS49 производства фирмы Honeywell – распространенная и недорогая модель.

Подключается датчик по трём контактам: питание, общий провод и сигнал – аналогично датчику температуры.

В СММК SS49 находится за пределами печатной платы, рядом с источником магнитного поля. Крепятся датчик и магнит на разных опорах (например, магнит на стене, датчик на потолке), чтобы при изменении угла наклона несущей конструкции изменение магнитного поля зафиксировалось.

Характеристики:

- Тип выходного сигнала – аналоговый.
- Максимальная рабочая температура: +100 °С.
- Напряжение питания: 4–10 В.
- Рабочий ток питания: 5 мА.
- Максимальный выходной ток: 4 мА.

- Не влияет на работу других микросхем.
- Не выходит из строя при любых величинах индукции магнитного поля.
- При создании печатной платы используется датчик в корпусе ТО-92, аналогично датчику температуры [5].

2.3.3. Акселерометр ADXL345

Акселерометр – это датчик для определения величины ускорения. Модель ADXL345, разработанная фирмой Analog Devices, представляет собой электромеханическую схему, где механическая часть обеспечивает движение инерционной массы, а электрическая часть преобразовывает движение в электрические сигналы.

Данный акселерометр измеряет проекции ускорения. Чтобы найти ориентацию сенсора в пространстве, необходимо знать величину ускорения свободного падения (g) и значения проекций трех осей. Акселерометры используются, например, в смартфонах для поворота изображения на экране.

ADXL345 поддерживает два типа интерфейса: SPI и I2C. В разрабатываемой СММК используется интерфейс I2C. Данный интерфейс представляет собой шину данных, в составе которой две линии. На шину возможно подключать одновременно несколько разных устройств – до 127 теоретически, но на практике несколько меньше (некоторые адреса зарезервированы). Каждое устройство имеет свой номер, присваиваемый разработчиком. По этому номеру и идет обращение через шину.

Для датчика ADXL345 используется следующий вариант подключения: выходы SCL и SDA служат для передачи сигнала к микроконтроллеру, и на них необходимо поставить резисторы 10 кОм для подтягивания плюса питания к линиям передачи данных [15].

ADXL345 может крепиться на печатной плате измерительного модуля или выноситься за нее.

Характеристики:

- Напряжение питания: 2–3,6 В.
- Ток, потребляемый в рабочем режиме: 40–150 мкА, в зависимости от частоты опроса.
- Тип выходного сигнала – цифровой, 13-битный.
- 3 оси акселерометра.
- Рабочий диапазон температур: от -40 до +85 °С
- Детектирование событий: толчок, двойной толчок, свободное падение, наличие активности по осям, отсутствие активности
- Корпус LGA размером 3×5×1 мм.
- Устойчив к ударам с ускорениями до 10000 g [6].

2.3.4. Дисплей LM016L

Используемый в разрабатываемой системе ЖК-дисплей LM016L основан на микроконтроллере HD44780, который используется при производстве жидкокристаллических монокромных дисплеев с различными характеристиками – разрешением от 8x1 (1 строка, содержащая 8 символов) и до 40x4. HD44780 разработан фирмой Hitachi, в 1990-х годах контроллеры данной марки были широко распространены на рынке. В настоящее время популярность приобретают контроллеры с SPI или I2C интерфейсами, а также контроллеры цветных дисплеев.

LM016L состоит из микроконтроллера HD44780 и самого ЖК-дисплея. имеет разрешение 16x2 (2 строки по 16 символов в каждой)..

Дисплей может работать в двух режимах. В 8-разрядном режиме данные передаются за один такт, используются контакты дисплея D0-D7 (разряды располагаются от младшего к старшему). В 4-разрядном передача осуществляется за два такта – сначала старшая тетрада, затем младшая. В этом случае используются лишь контакты D4-D7.

В работе будет использоваться 4-разрядный режим. Для работы понадобятся 6 выходов микроконтроллера. Для передачи данных

используется управляющий вход RS, линии данных D4-D7, выход стробирующих импульсов E. Если вход RS равен единице, дисплей принимает данные, если ноль – принимает команды (очистить экран, перенести курсор и т.д.). При передаче данных на выходы D4-D7 передается старшая тетрада информации. Затем на входе E формируется стробирующий импульс, по нисходящему фронту которого считываются данные. После этого на выходы D4-D7 передается младшая тетрада, и на контакте E снова формируется импульс, фиксирующий полученный полубайт [10]. Процесс передачи данных в 4-разрядном режиме за два такта показан на Рисунке 2.

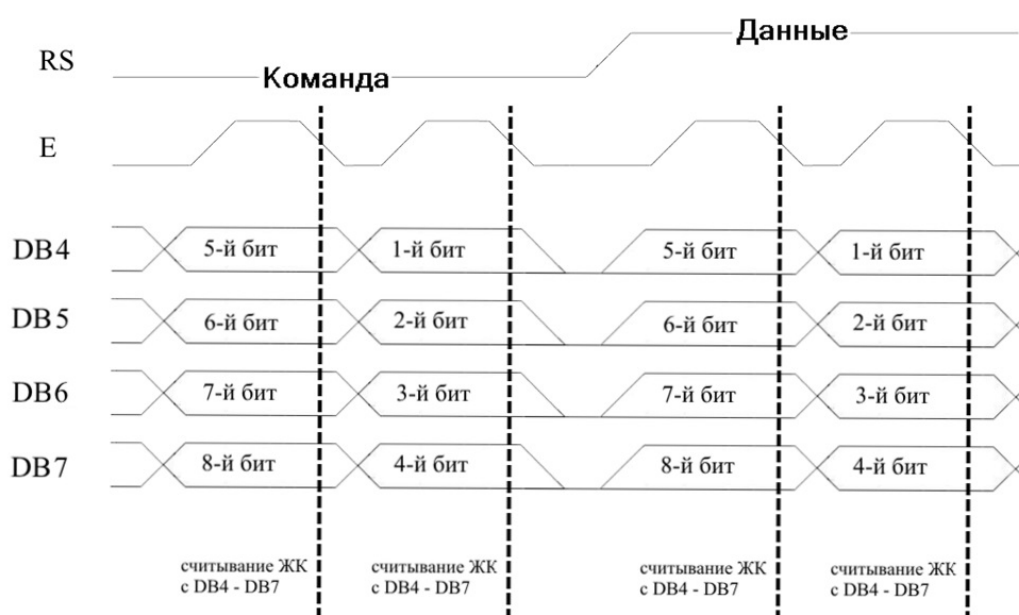


Рисунок 2 – Обмен данных с дисплеем

2.3.5. Шина питания

Питание системы можно обеспечить от разных источников. Будет рассмотрено питание от сети и от аккумулятора. Если понадобится использовать сетевое напряжение 220 В, то используется следующий вариант: трансформатор TV понижает напряжение (например, до 20 В); диодный мост VD1-VD4 является двухполупериодным выпрямителем, служащим для преобразования переменного тока (см. Рис. 3, а) в пульсирующий (Рис. 3, б).

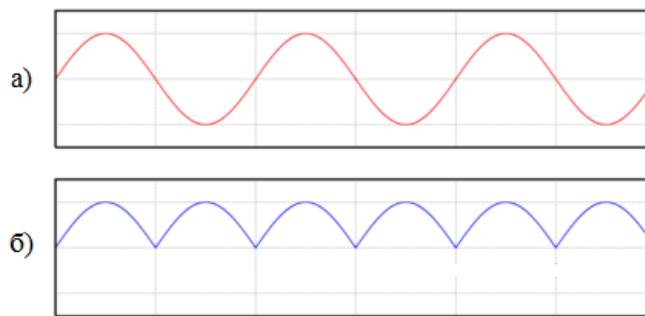


Рисунок 3 – Двухполупериодное выпрямление

Полярный конденсатор С1 на несколько тысяч мкФ снижает амплитуду пульсаций, пульсирующее напряжение становится постоянным. Стабилизатор DD1 позволяет получить необходимое напряжение на выходе – 5 В (для измерительного модуля также используется стабилизатор и на 3,3 В). Полярные конденсаторы С2 и С3 емкостью 47 мкФ также, как и С1, используются для дополнительного сглаживания напряжения. Конденсаторы С4-С7 применяются для устранения помех и имеют номинал 0,1 мкФ; их число обычно равно числу используемых микросхем.

Схема подключения аккумулятора 12 В в качестве источника питания не предполагает использования дополнительных компонентов [16]. Предполагается, что аккумулятор используется в принципиальных схемах в качестве приоритетного варианта.

На Рисунке 4 изображены описанные выше схемы подключения питания – от сети или от аккумулятора.

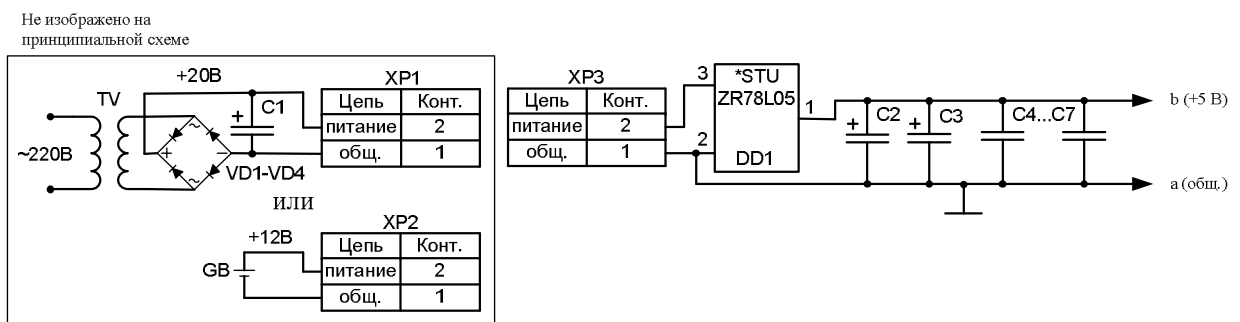


Рисунок 4 – Варианты подключения шины питания

2.3.6. Интерфейс RS-485

RS-485 является популярным стандартом для создания промышленных сетей (связывающих различные механизмы, измерительные датчики и т.п.). Стандарт физического уровня, используется для передачи данных между цифровыми устройствами по одной физической шине (асинхронный интерфейс). Для обмена данными применяется витая пара проводов (иногда с общим проводом или экраном). Информация пересылается с помощью дифференциальных сигналов – между проводниками напряжение разной полярности означает логический ноль или единицу [7].

Характеристики:

- Максимальная длина сети: 1200 метров.
- В одном сегменте сети может находиться до 32 приёмопередатчиков.
- Максимальное количество узлов в сети — 256 с учётом усилителей.
- Единоновременно передавать может всего лишь одно устройство.

В разрабатываемой СМИК представлена микросхема MAX485 аппаратного интерфейса RS-485. Она присутствует и в управляющем модуле, и в измерительном. Внутреннее устройство, а так же канал связи между приёмопередатчиками показаны на Рисунке 5.

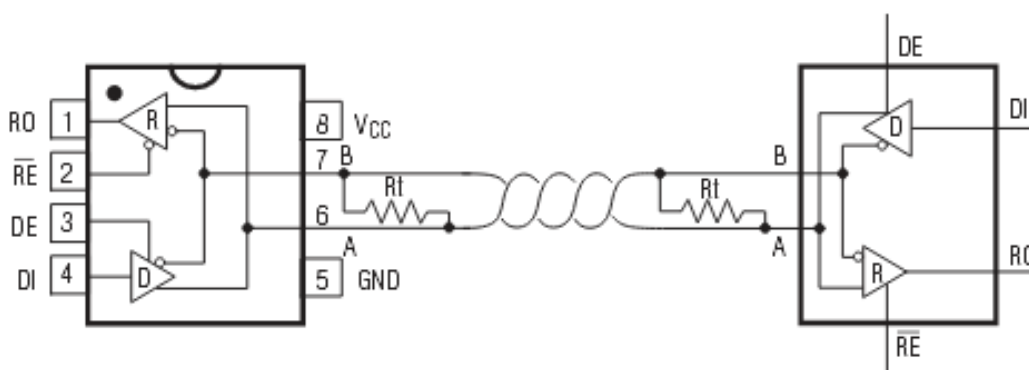


Рисунок 5 – Устройство интерфейса RS-485

2.3.7. Используемые микроконтроллеры

Микроконтроллер представляет собой микросхему, предназначенную для управления электронными устройствами. Является небольшим

однокристальным компьютером, способен выполнять относительно простые задачи. Микроконтроллер содержит в себе ОЗУ и (или) ПЗУ, сочетает функции процессора и периферийных устройств. От микропроцессора отличается тем, что имеет интегрированные таймеры, устройства ввода-вывода и другие периферийные устройства.

В качестве микроконтроллера для управляющего модуля используется ATmega16 фирмы Atmel. Распространенный, в сети Интернет имеется много информации по его подключению и настройке.

Характеристики ATmega16:

- 8-разрядный AVR микроконтроллер с малым потреблением.
- RISC-архитектура.
- 130 высокопроизводительных команд, большинство команд выполняется за один тактовый цикл.
- 32 8-разрядных рабочих регистра общего назначения.
- Производительность приближается к 16 MIPS (при тактовой частоте 16 МГц).
- Энергонезависимая память программ и данных.
- 16 Кбайт внутрисистемно программируемой Flash памяти.
- Обеспечивает 100000 циклов стирания/записи.
- 1 Кбайт встроенной SRAM.
- Рабочее напряжение: 4,5 - 5,5 В.
- Рабочая частота: 0 - 16 МГц.

Данный микроконтроллер в числе прочих элементов встроенной периферии имеет:

- Два 8-разрядных таймера/счетчика с отдельным предварительным делителем, один с режимом сравнения.
- Счетчик реального времени с отдельным генератором.
- 8-канальный 10-разрядный аналого-цифровой преобразователь.
- Байт-ориентированный 2-проводный последовательный интерфейс.

- Программируемый последовательный USART.
- Последовательный интерфейс SPI (ведущий/ведомый) [11].

Для измерительного модуля также возможно использовать ATmega16, однако там обрабатывается меньше задач, и предпочтительнее использовать микроконтроллер с меньшей производительностью. Например, AT90S2313.

AT90S2313 – экономичный микроконтроллер производства фирмы Atmel, построенный с использованием ядра AVR, в основе которого лежит расширенная RISC-архитектура. Имеет производительность примерно в 1 MIPS на МГц, что позволяет разрабатывать системы, имеющие оптимальную потребляемую мощность и скорость работы.

Характеристики AT90S2313:

- Количество линий ввода/вывода общего назначения: 15.
- Число рабочих регистров: 32.
- Объем загружаемой флэш-памяти: 2 Кбайт.
- Объем электрически стираемого перепрограммируемого ПЗУ: 128 байт.
- Порт последовательного интерфейса SPI для загрузки программ.

Внешний вид применяемых в разрабатываемой СММК устройств представлен на Рисунке 6.

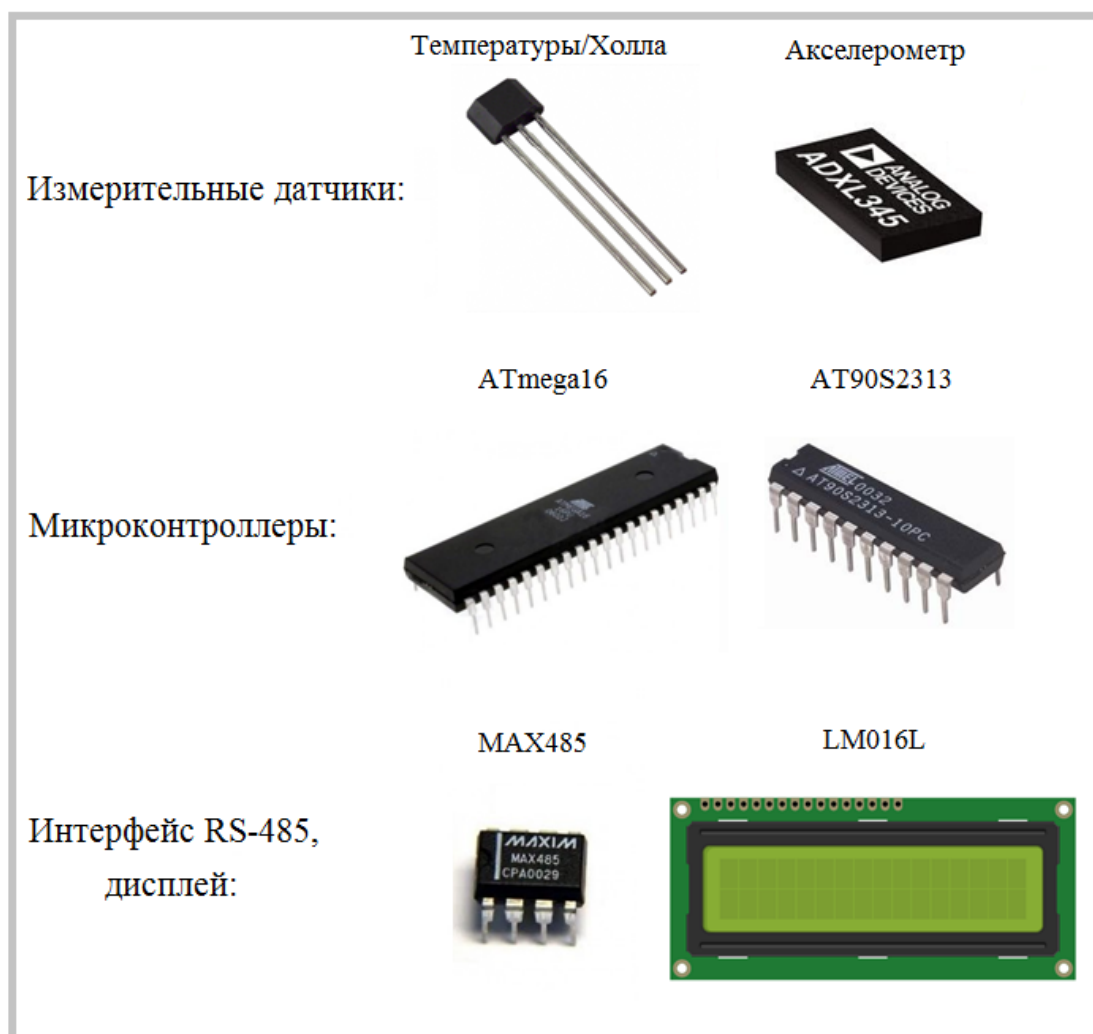


Рисунок 6 – Внешний вид используемых электронных схем

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ

3.1. Проектирование структурной схемы

Структурная схема представляет собой набор элементарных объектов, каждый из которых реализует свою функцию. Разрабатывается на начальной стадии проектирования, определяет основные части системы, их взаимосвязи и назначение. Структурная схема имеет наглядное представление и не учитывает действительное расположение объектов. Направление процессов в устройстве показано стрелками [12].

Приложение А содержит структурную схему разрабатываемой СММК. Ниже приведены пояснения к созданной схеме.

Система имеет 8 измерительных модулей (техническое ограничение – 256 модулей), которые располагаются в разных частях контролируемого объекта (несущей стены). Каждый модуль имеет микроконтроллер, собирающий измерения с трех датчиков: акселерометра, датчиков Холла и температуры.

Полученная информация передается на микроконтроллер управляющего модуля, который обеспечивает обработку полученных сигналов: выводит на дисплей значения измерений датчиков, определяет превышение установленных порогов измерения, формирует сигнал тревоги с помощью светодиода и динамика, отправляет данные на ПК.

3.2. Проектирование принципиальных схем

Принципиальная схема служит для отображения связей элементов электрического устройства. Физическое расположение компонентов устройства не учитывается. Компоненты изображаются в виде буквенно-цифровых и условно-графических обозначений. Направленные связи не

используются. Разработка является важным промежуточным этапом между созданием структурной схемы и проектированием печатной платы [8].

Принципиальные схемы будут спроектированы для управляющего и измерительного модулей и представлены в Приложении А. Схемам соответствуют перечни элементов, так же представленные в Приложении А.

3.2.1. Схема управляющего модуля принципиальная электрическая

Принципиальная схема для управляющего модуля содержит приемопередатчик интерфейса RS-485 DD1, микроконтроллер DD3, дисплей DD4, стабилизатор напряжения DD2, кнопки K1...K5, светодиод VD1, динамик BA1, разъемы XP1 и XP2, кварц ZQ1, резисторы R1...R9, конденсаторы C1...C8.

Основным узлом схемы является микроконтроллер DD3, управляющий остальными элементами. К его выходам 14, 15 (выходы USART) и 16 подключен приемопередатчик RS-485 DD1, обеспечивающий работу интерфейса RS-485 для связи управляющего и измерительного модулей. Линия микроконтроллера 14 (RXD), служит для приема данных извне и соединяется с выходом приемника 1 (RO) микросхемы DD1. Линия 15 (TXD) отправляет данные внешним устройствам и связана со входом передатчика 4 (DI). Вывод микроконтроллера 16 (PD2) соединен с выходами схемы интерфейса, разрешающими прием (2, RE) или передачу (3, DE).

Выходы 6 (A) и 7 (B) микросхемы DD1 соединяются, соответственно, с выходами 6 и 7 приемопередатчика RS-485 на другом конце линии связи. Резисторы R4, R5 и R6 служат для устранения помех при передаче сигнала на большие расстояния. Резисторы R4 и R6 имеют номинал 560 Ом, R5 – 120 Ом [9].

Дисплей DD4 соединяется с выходами 24...29 микроконтроллера. Вывод 5 дисплея (RW) отвечает за направление передачи данных (чтение или запись) и подключается к общему проводу для работы в режиме записи. На

вывод 6 (E) подается сигнал для разрешения чтения/записи. Контакт 4 (RS) отвечает за выбор регистра. Выходы дисплея 11..14 (D4..D7) используются для передачи данных полубайтами [10].

В схеме присутствует 5 кнопок: K1...K5. Кнопки K1, K2, K4, K5 используются для реализации работы алгоритма программы (на схеме программы указаны как "кнопка 1...4"). Одним выводом они подключены к выходу микроконтроллера, другим к общему проводу. Для корректной работы также необходимо подвести питание, однако, во избежание короткого замыкания, ставится резистор любого номинала (например, 10 кОм). На принципиальной схеме управляющего модуля это резисторы R1, R2, R8, R9. Кнопка K3 подключена к выходу RESET и служит для сброса микроконтроллера. Аналогично другим кнопкам подключается резистор сопротивлением 10 кОм (R3). Однако здесь он, в первую очередь, служит для защиты от неконтролируемого сброса микроконтроллера из-за случайных помех.

Светодиод VD1 используется для световой индикации. Последовательно ему ставится ограничивающий резистор R7 номиналом не менее 220-250 Ом (иначе светодиод может сгореть). На данной схеме будет использоваться резистор номиналом 330 Ом. Чем меньше значение сопротивления, тем ярче будет гореть диод.

При подключении динамика BA1 возможно обойтись без использования дополнительных резисторов и транзистора, если использовать пьезодинамик (англ. buzzer), так как он потребляет всего несколько мА. Пьезодинамик представляет собой конденсатор, издающий звук при зарядке и разрядке.

Частота работы микроконтроллера задается кварцем ZQ1, который подключается к выходам XTAL1 и XTAL2 (контакты 13 и 12). Частота определяется выбором кварца. Учитывая, что рабочая частота микроконтроллера ATmega16 составляет 0 - 16 МГц, можно выбрать кварц

на 16 МГц. С кварцем необходимо подключить два конденсатора (C1 и C2), выбрав значения их емкости в 16 пФ.

Шина питания обеспечивает необходимое напряжение питания управляющего модуля в 5 В. На вход поступает напряжение 12 В, которое снижается стабилизатором DD2 до 5 В и выравнивается набором конденсаторов. Полярные конденсаторы C3 и C4 номиналом 47 мкФ служат для сглаживания больших скачков напряжения, небольшие конденсаторы C5-C8 по 0,1 мкФ используются для сглаживания высокочастотных скачков напряжения.

3.2.2. Схема измерительного модуля принципиальная электрическая

Принципиальная схема для измерительного модуля содержит приемопередатчик интерфейса RS-485 DD1, микроконтроллер DD4, датчик температуры DD5, датчик Холла DD6, акселерометр DD7, стабилизаторы напряжения DD2 и DD3, светодиод VD1, разъемы XP1 и XP2, кварц ZQ1, резисторы R1...R7, конденсаторы C1...C12.

Основным узлом схемы является микроконтроллер DD4, управляющий остальными компонентами. К его выходам 11, 12, 13 и 14 подключены датчики DD5, DD6, DD7 обеспечивающие сбор информации о состоянии несущей стены. Датчики DD5 и DD6 подключаются к выходам микроконтроллера, общему проводу и проводу питания. Температурный сенсор DD5 посылает цифровой сигнал, а датчик Холла DD6 – аналоговый.

Выходы приемопередатчика DD1 соединяются аналогично управляющему модулю: выходы 6 и 7 приемопередатчика RS-485 соединяются с выходами 6 и 7 микросхемы интерфейса на другом конце линии связи. Резисторы R2, R3 и R4 служат для устранения помех при передаче сигнала на большие расстояния [9].

В схеме отсутствуют кнопки, на выход RESET микроконтроллера вместо кнопки ставится керамический конденсатор C1 емкостью 0,1 мкФ,

который при включении питания сбрасывает микроконтроллер. Для защиты от неконтролируемого сброса микроконтроллера из-за случайных помех ставится резистор R1 номиналом 10 кОм.

Светодиод VD1 используется для световой индикации. Последовательно ему ставится ограничивающий резистор R5 номиналом не менее 220-250 Ом (иначе светодиод может сгореть). На данной схеме будет использоваться резистор номиналом 330 Ом. Чем меньше значение сопротивления, тем ярче будет гореть диод.

Частота работы микроконтроллера задается кварцем ZQ1, который подключается к выходам XTAL1 и XTAL2 (контакты 13 и 12). Частота определяется выбором кварца. Учитывая, что рабочая частота микроконтроллера AT90S2313 составляет 0 - 10 МГц, можно выбрать кварц на 8 МГц. С кварцем необходимо подключить два конденсатора (C1 и C2), выбрав значения их емкости в 16 пФ.

Шина питания обеспечивает необходимое напряжение питания управляющего модуля в 5 В и 3,3 В (для акселерометра DD7). На вход поступает напряжение 12 В, снижаемое стабилизатором DD2 до 5 В, которое затем поступает для питания схемы, а также на стабилизатор DD3 для снижения до 3,3 В. Обе цепи напряжения выпрямляются набором полярных конденсаторов C4, C5 и керамических конденсаторов C6-C12, которые распределяются поровну на цепи 5 В и 3,3 В.

3.3. Схема программы устройства

Алгоритм работы устройства представлен в виде схемы программы. Его можно разделить на две группы: алгоритмы, относящиеся к работе управляющего модуля; и измерительного. В процедурах управление осуществляется с помощью четырех кнопок, которые произвольно пронумерованы от 1 до 4.

3.3.1. Схема программы измерительного модуля

Алгоритм измерительного модуля будет рассмотрен сначала, из-за его меньшего объема. Задачей измерительного модуля является получение результатов с датчиков и их пересылка на управляющий модуль.

- Если микроконтроллеру поступает питание, он начинает опрос датчика Холла (элемент схемы 3). Далее микроконтроллер определяет, превышено ли значение порога (элемент 4). Если превышено, то подается сигнал тревоги на управляющий модуль (блок 9); если нет – следующим проверяется датчик температуры (элемент 5). Здесь также идет анализ значений порогов (блок 6), и если превышение не обнаружено, происходит переход к третьему датчику – акселерометру (элемент 7). Получение результатов и сравнение со значениями порогов происходит аналогично предыдущим датчикам (блок 8). Наконец, процедура опроса за циклируется на вершину 3, и опрос датчиков и сравнение полученных результатов с порогом повторяется снова. Схема программы, описывающая работу измерительного модуля, представлена на Рисунке 7.

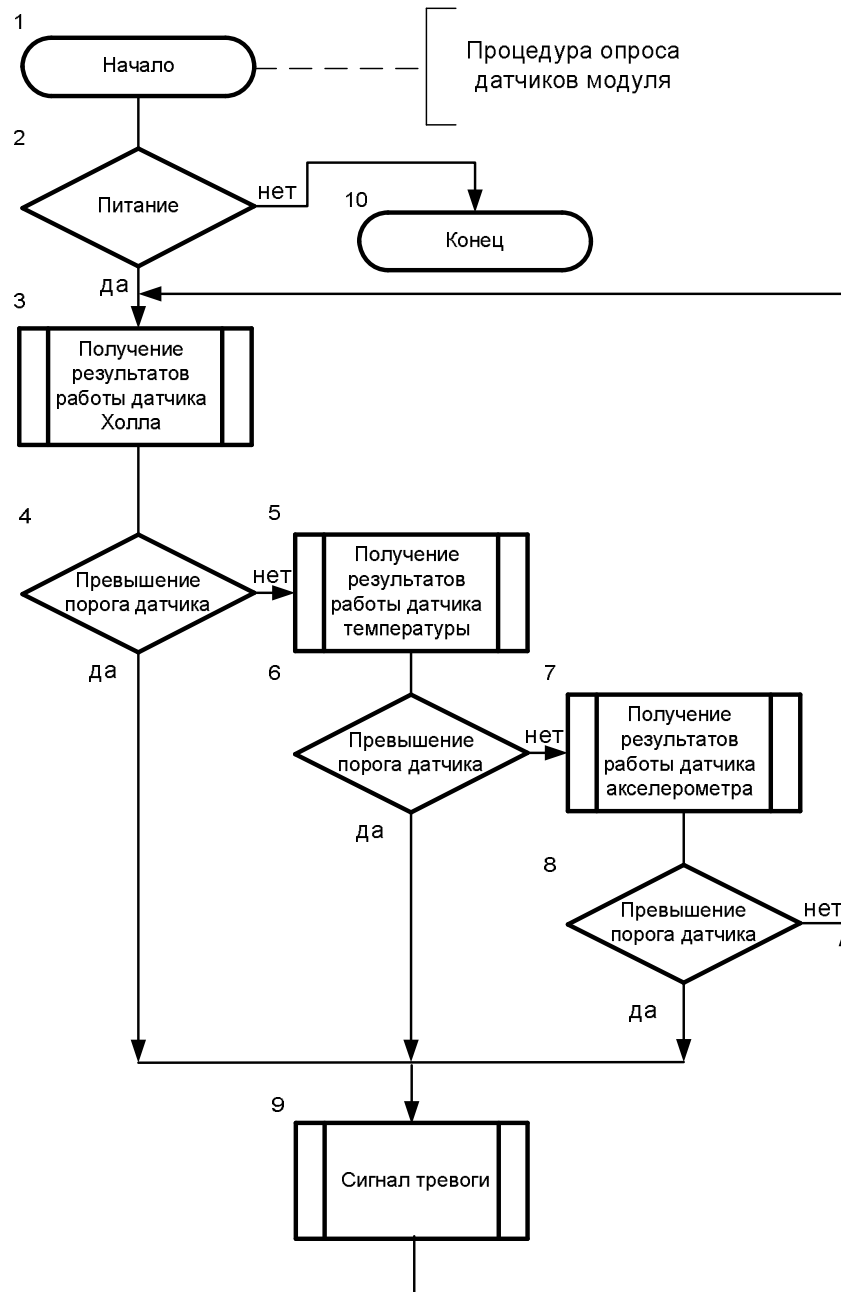


Рисунок 7 – Процедура опроса датчиков

3.3.2. Схема программы управляющего модуля

Большую часть задач выполняет управляющий модуль: он должен опрашивать измерительный модуль, выводить информацию и подавать сигнал тревоги, изменять значения порогов измерения. Функционирование управляющего модуля описано тремя схемами.

- Одной из задач управляющего модуля является получение результатов с измерительных модулей. Если питание подключено (блок 2), проверяется нажатие кнопки 4 (элемент 3). Если кнопка нажата, выполняется процедура вывода информации (блок 8), которая будет рассмотрена в следующем пункте. Вместе с этим выполняется опрос доступных измерительных модулей через определенные промежутки времени (блоки 4 и 5). Если обнаружено превышение порога датчика (блок 6), то формируется сигнал тревоги (блок 7). Все действия данной процедуры зациклены на вершину 3. Алгоритм процедуры получения результатов с датчиков измерительного модуля показана на Рисунке 8.

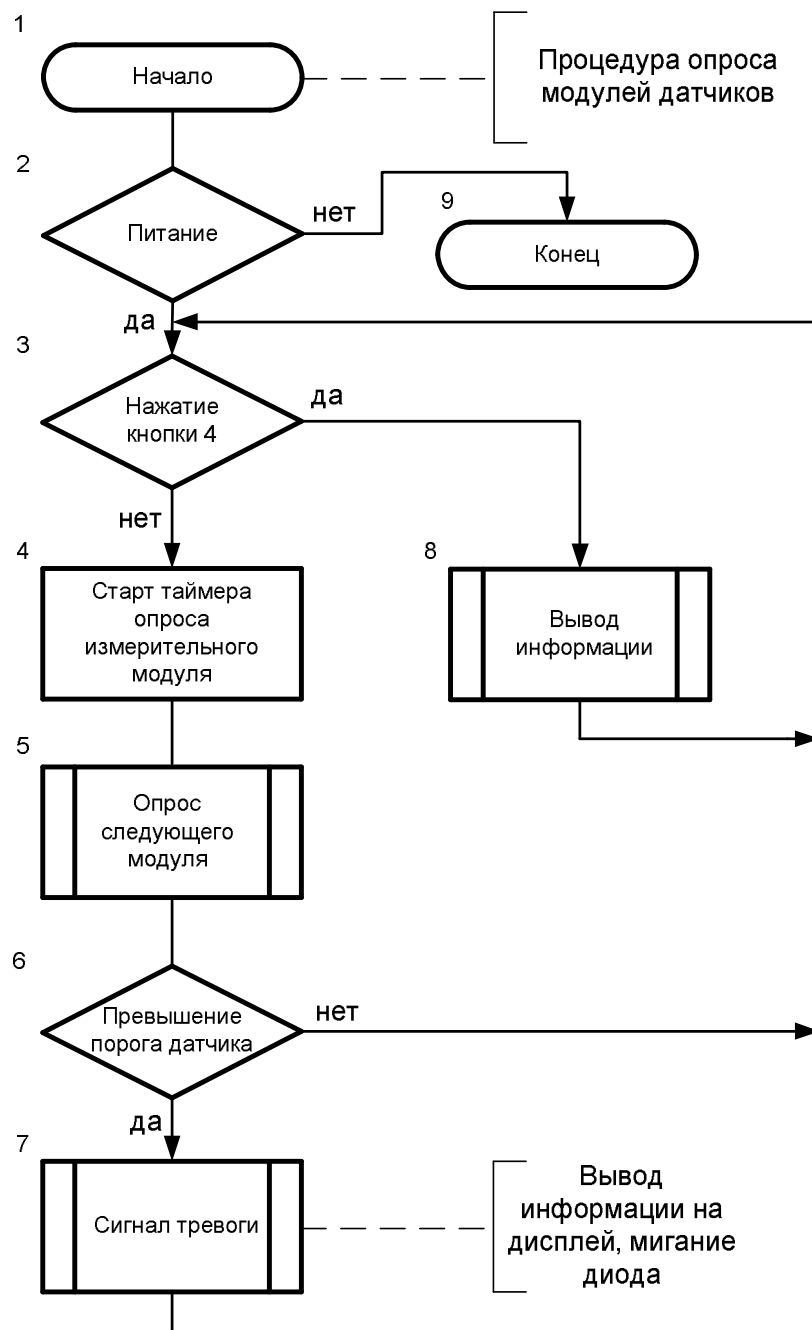


Рисунок 8 – Процедура опроса измерительных модулей

- На Рисунке 9 показана процедура вывода информации, которая осуществляет вывод результатов с выбранного измерительного модуля на дисплей. Изначально проверяется условие наличия питания (блок 2). Если оно присутствует, инициализируется нулем счетчик i , отвечающий за номер модуля (блок 3), выводятся показания с 1-го модуля. Нажатие на кнопку 2 (блок 4) увеличивает счетчик на единицу. На дисплей выводится информация о состоянии датчиков следующего измерительного модуля (блоки 6, 8, 11).

При нажатии на кнопку 3 (элемент схемы 5), наоборот, происходит вывод результатов предыдущего модуля (блоки 7, 10, 14). Счетчик имеет диапазон значений от 0 до 7. Кнопка 4 (блок 9) позволяет запустить процедуру изменения порогов датчиков (элемент схемы 12). Данная процедура будет рассмотрена в следующем пункте. Наконец, кнопка 1 (блок 13) отключает отображение информации на дисплее.

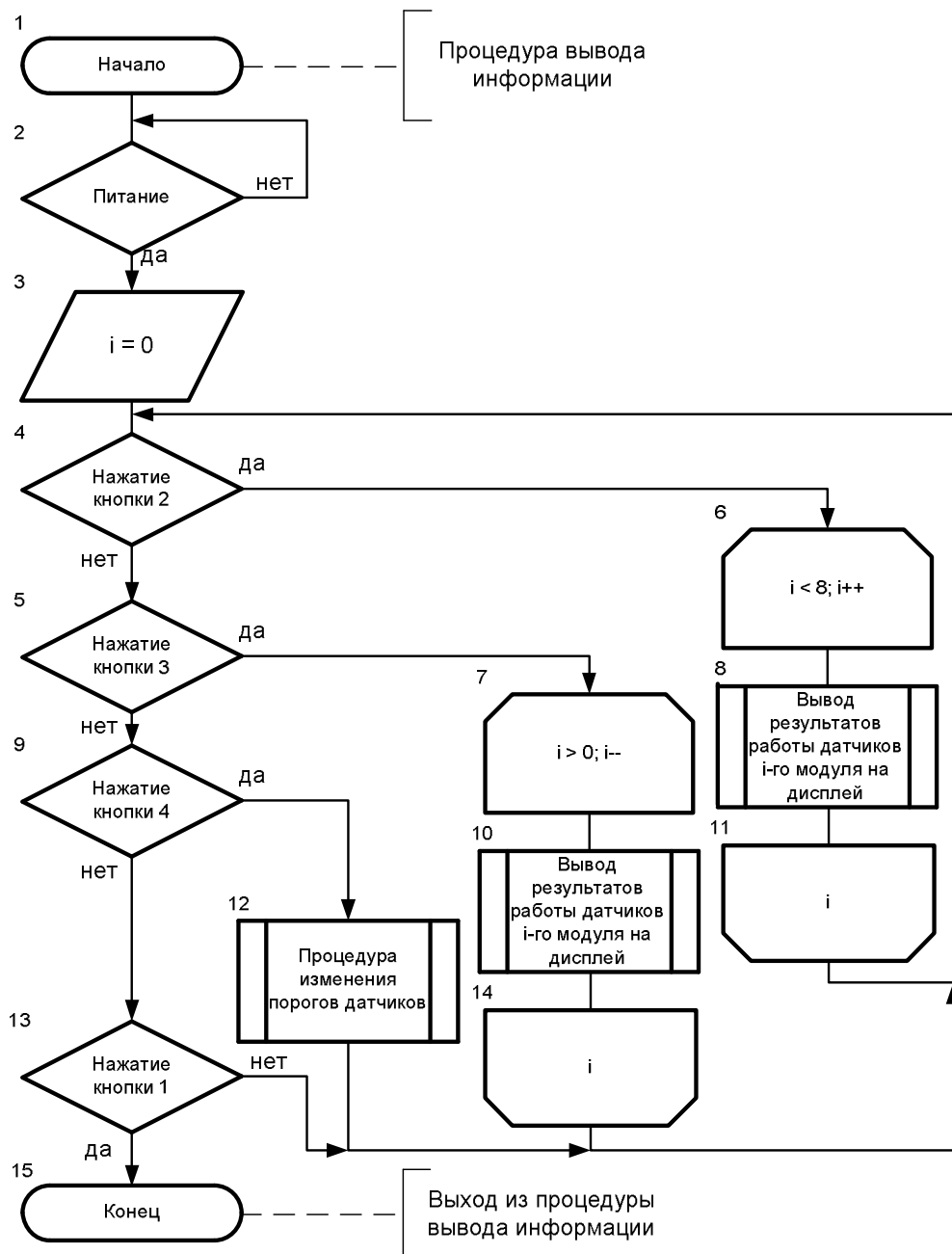


Рисунок 9 – Процедура вывода информации

- Процедура изменения порогов представлена на Рисунке 10. Каждый датчик обладает своими значениями порогов, которым может потребоваться

подстройка в ходе эксплуатации системы. Выбор датчика определяется значением счетчика k , изменяемым от 0 до 2. Изначально $k = 0$ (блок 3). Нажатие кнопок 1 (элемент 6) и 2 (элемент 9) позволяет выбирать, соответственно, следующие (блоки 5, 8, 11) и предыдущие (4, 7, 10) датчики для изменения порогов. Кнопки 3 и 4 (12 и 13) изменяют значения порога, в сторону увеличения или уменьшения (соответственно, блоки 14 и 16). Выход (вершина 17) из режима подстройки осуществляется нажатием и удержанием кнопки 1 в течение 1 секунды (блок 15).

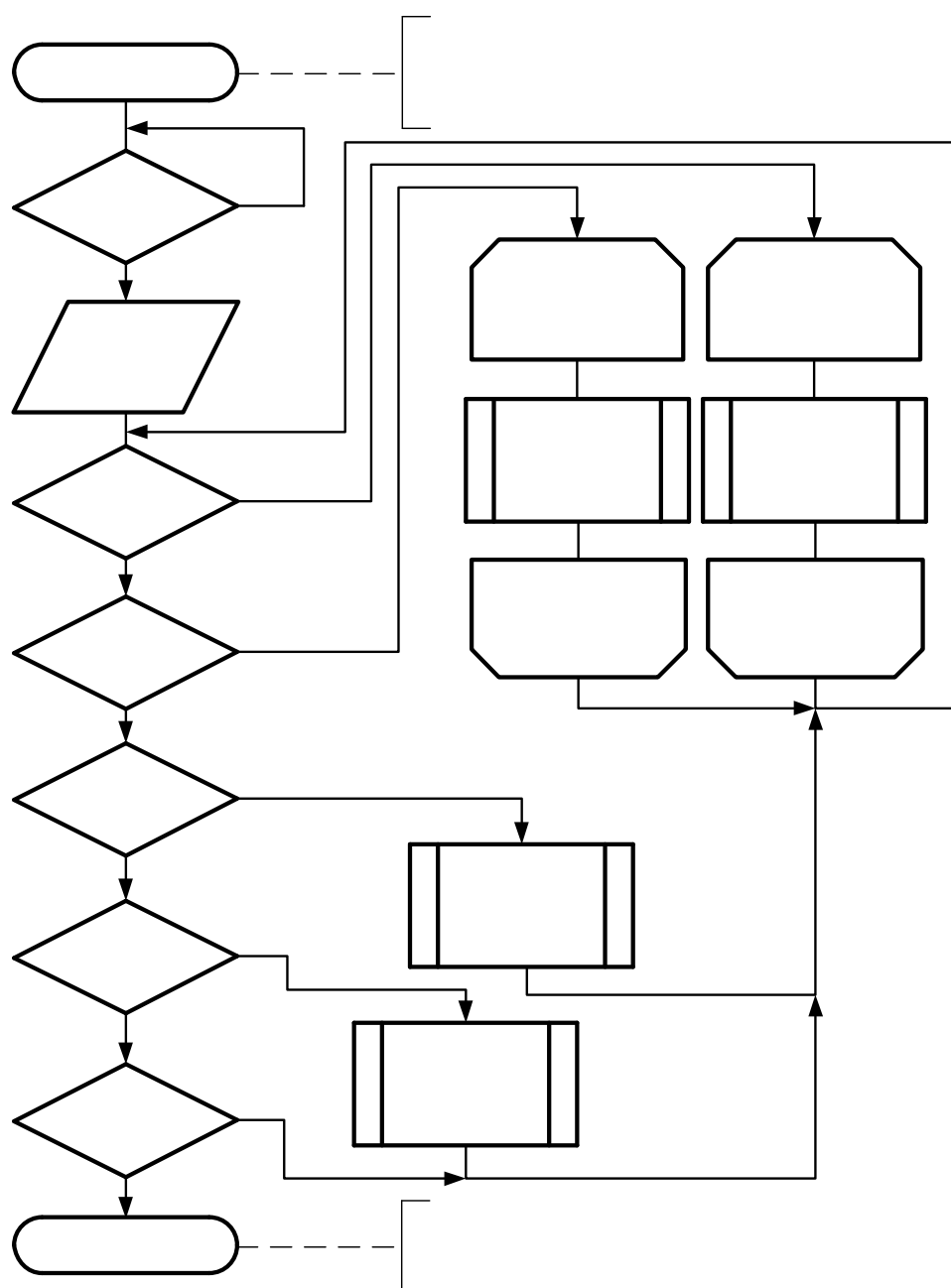


Рисунок 10 – Процедура изменения порогов

3.4. Проектирование печатной платы

Печатная плата представляет собой пластину для механического и электрического соединения разных электронных компонентов. Для создания электрических связей используются электропроводящие цепи (дорожки); сама же пластина сделана из диэлектрика. Обычно элементы соединяются своими выводами с цепями связи.

Проводящие цепи сформированы на поверхности печатной платы в виде рисунка. Проводящий слой состоит из фольги, диэлектрическая основа обычно выполнена из стеклотекстолита или гетинакса. Оптимальный вариант – плата из текстолита толщиной 1,5 мм со слоем фольги толщиной 18 или 35 мкм.

В зависимости от числа слоев фольги, различают одно- и двухсторонние печатные платы. Если проводящих слоев несколько, то они располагаются и внутри платы (многослойная).

Разработка печатных плат производится в специальных САПР для конструирования. Различают несколько этапов создания печатных плат.

Этап подготовки к конструированию включает изготовление электрической схемы принципиальной в специальной схемотехнической САПР и дальнейший ее импорт в САПР для создания печатных плат. В некоторых пакетах предусмотрены и функция создания принципиальной схемы, и функция конструирования. Также в этот этап входит ввод в САПР библиотек элементов (обычно они предоставляются разработчиками САПР).

Этап конструирования начинается с определения габаритов платы, числа и размера монтажных отверстий, высоты используемых компонентов и особенностей их размещения (например, разъемы не должны загромождаться для доступа; поэтому иногда имеет смысл размещать их у края печатной платы). Далее выполняется ручное или автоматическое размещение компонентов. Предпочтительнее размещать все компоненты на одной стороне печатной платы, так как монтаж с двух сторон платы заметно дороже

в производстве. После этого последовательно выполняется два шага: автоматическая трассировка (отрисовка дорожек) и повторное размещение компонентов, если автотрассировка не дала нужных результатов. Эти два шага могут повторяться сотни раз, до получения удовлетворительных результатов. Иногда трассировка проводится вручную. Наконец, созданную печатную плату проверяют на наличие ошибок.

В рамках проектирования СММК требуется сконструировать две печатные платы – одну для управляющего модуля и одну для измерительного. Сначала будет показан процесс конструирования измерительного модуля.

В первую очередь, необходимо создать принципиальную схему в EDA-системе DipTrace. Так как уже имеется принципиальная электрическая схема, построенная в графическом редакторе Visio, остается только воспроизвести ее средствами подпрограммы Schematic Editor. Однако в стандартной библиотеке элементов не оказалось некоторых моделей датчиков и других компонентов, поэтому придется создать в специальной подпрограмме их УГО, а в другой подпрограмме – посадочное место на плату. Затем нужно связать УГО элемента и его место на плате.

Создание условного графического обозначения проходит в подпрограмме Component Editor. Перейти в него можно из других частей пакета. Открыв модуль редактирования, можно приступить к разработке нового УГО или редактированию уже существующего. В верхней части экрана можно выбрать геометрические примитивы для создания элемента, форму для текста, установить нужный масштаб сетки, к вершинам которой будут крепиться все составные части разрабатываемого графического обозначения. Справа находится окно, позволяющее быстро редактировать некоторые параметры компонента: ширину, высоту, число контактов и другие. После создания или редактирования элемента, необходимо его сохранить. Для этого создается новая библиотека компонентов или

обновляется старая. В левой части экрана видны компоненты, содержащиеся в определенной библиотеке. На Рисунке 11 представлен процесс создания УГО микроконтроллера ATmega16 в подпрограмме Component Editor.

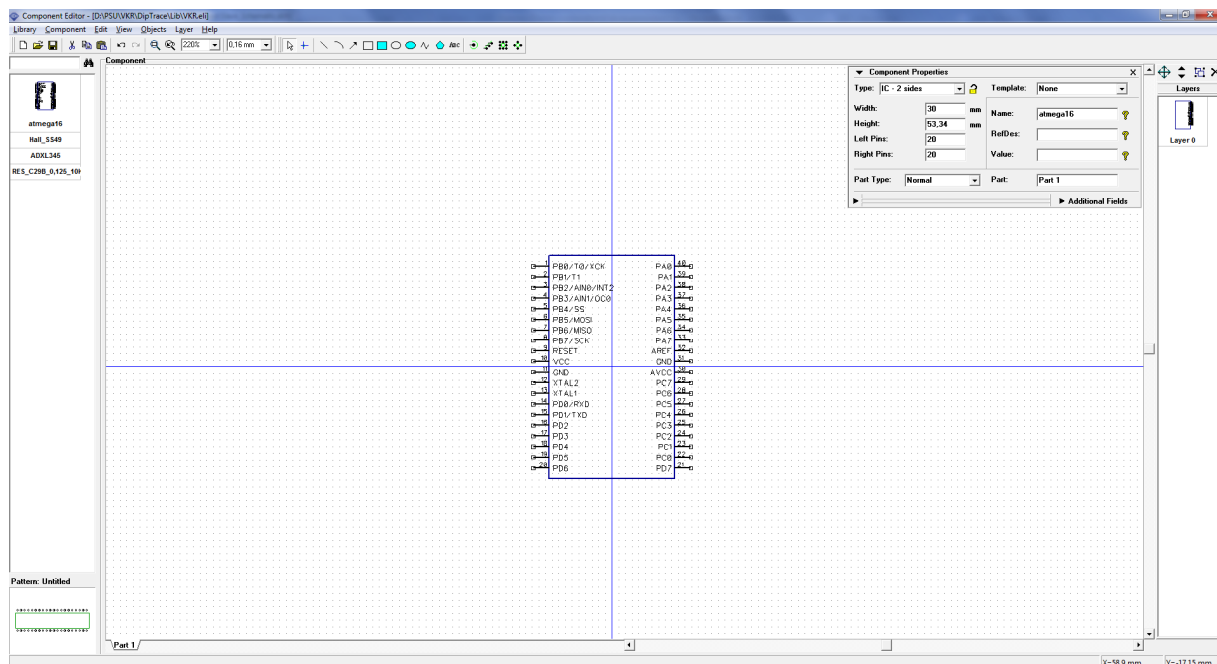


Рисунок 11 – Создание УГО элемента

Помимо создания условного графического обозначения для принципиальной схемы, понадобится посадочное место для отображения элемента на печатной плате. Для этого необходимо перейти в подпрограмму Pattern Editor, интерфейс которой во многом схож с Component Editor: изменение масштаба сетки, окно дополнительных параметров, окно отображения элементов выбранной библиотеки и некоторые другие функции расположены идентично редактору условных графических обозначений. Однако, помимо геометрических примитивов в данной подпрограмме доступно добавление сквозных отверстий контактов. Можно изменить размер отверстий, а так же поменять их на площадки для поверхностного монтажа. На Рисунке 12 представлен процесс создания посадочного места для микроконтроллера ATmega16.

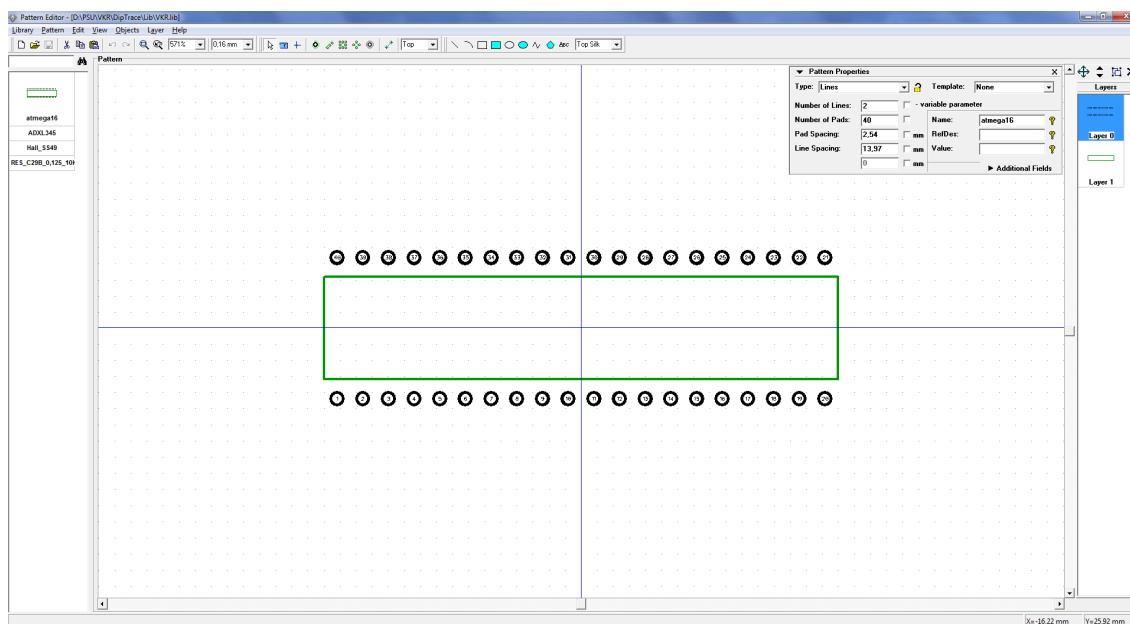


Рисунок 12 – Создание посадочного места элемента

Наконец, остается корректно соединить созданные части нового компонента (см. Рис. 13). Если на предыдущих этапах контакты были пронумерованы правильно, остается завершить создание элемента. В противном случае возможно вручную соотнести контакты.

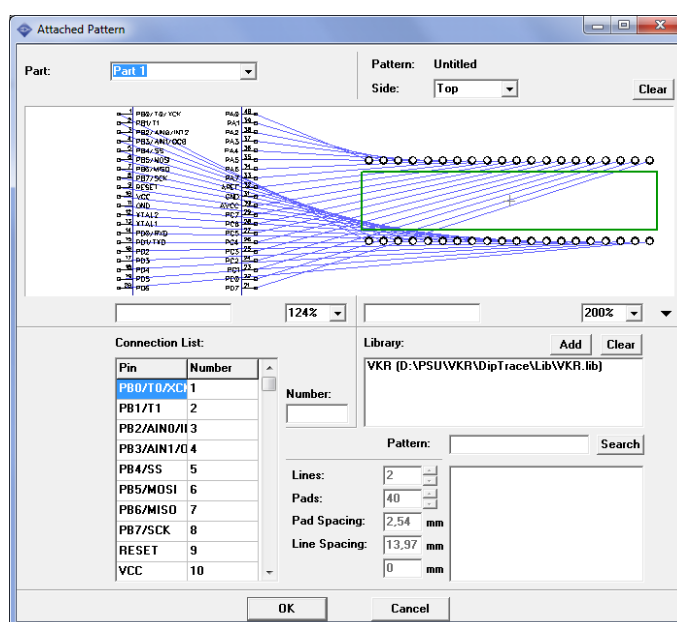


Рисунок 13 – Завершение разработки элемента

После того, как все недостающие элементы схемы будут созданы, разрабатывается принципиальная схема (см. Рис. 14), которая затем переносится в подпрограмму PCB Layout.

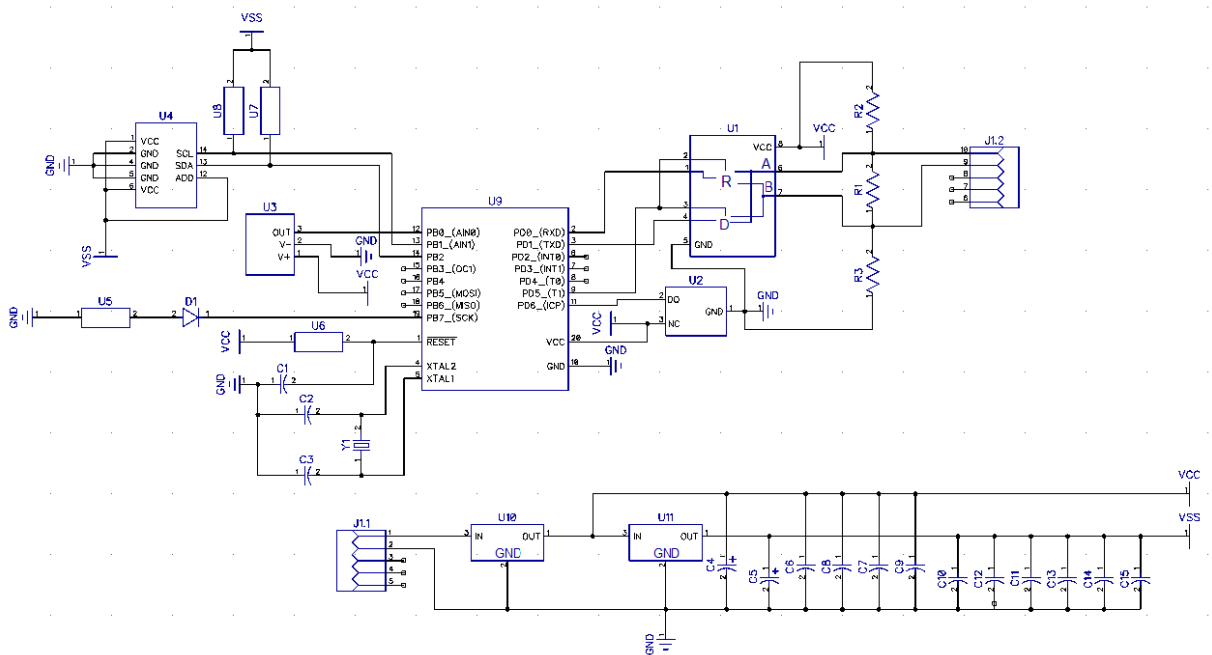


Рисунок 14 – Принципиальная схема измерительного модуля

PCB Layout предназначена для проектирования печатной платы. Все элементы уже будут связаны, и останется только разместить их соответствующим образом и провести трассы. Задаются границы платы и монтажные отверстия необходимого диаметра. Трассировка будет проводиться вручную; это позволит сократить площадь платы, общую длину трасс (преимущества ручной трассировки относительно автоматической были определены в ходе выполнения курсовой работы по созданию печатных плат в DipTrace). Сначала трассируются цепи питания и общий провод, затем остальные элементы. Датчик Холла выносится за пределы платы, поэтому для его соединения подведены и подписаны необходимые переходы. На Рисунке 15 представлена двухсторонняя печатная плата измерительного модуля показана (Рис. 15,а – верхняя сторона; 15,б – нижняя сторона).

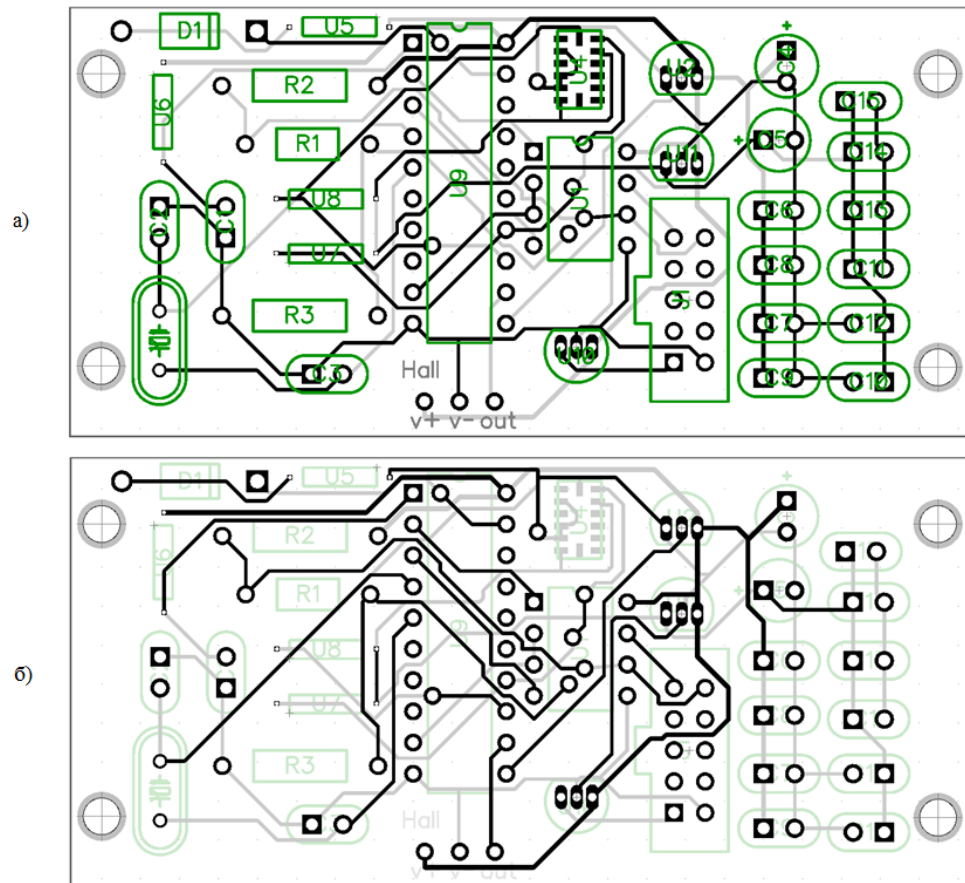


Рисунок 15 – Двухсторонняя печатная плата измерительного модуля

Размеры печатной платы – 73x35 мм, общая длина трасс – 877 мм, ширина трасс – 0,3 мм (ширина трасс цепи питания – 0,4 мм).

Процесс разработки принципиальной схемы управляющего модуля аналогичен созданию измерительного (см. Рис. 16).

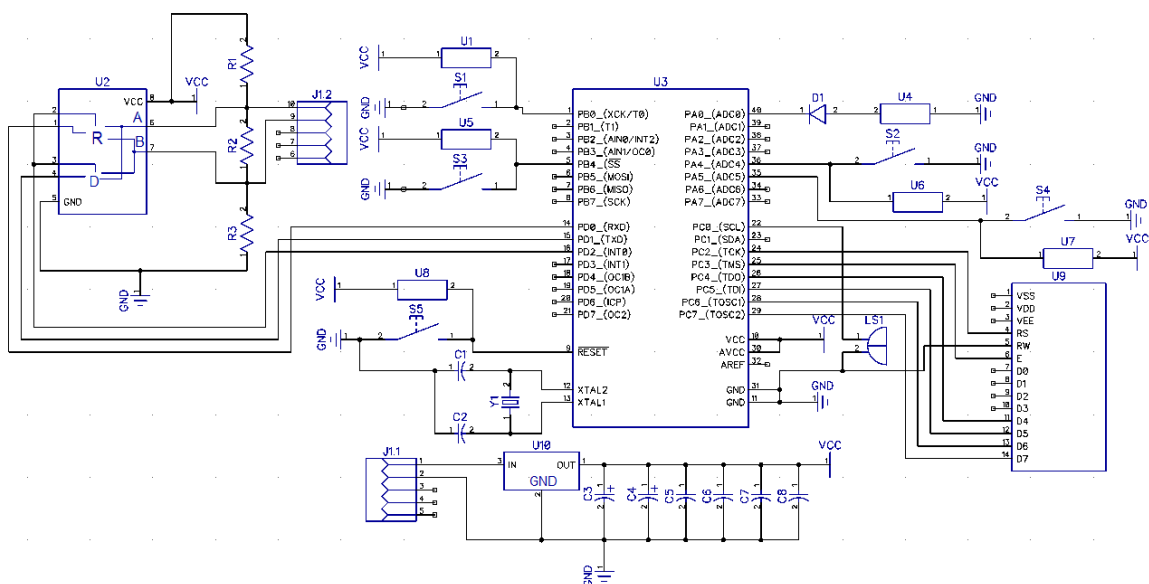


Рисунок 16 – Принципиальная схема управляющего модуля

Двухсторонняя печатная плата управляющего модуля представлена на Рисунке 17 и имеет следующие параметры: размер 93х93 мм, общая длина трасс – 1206 мм, ширина трасс – 0,3 мм (ширина трасс цепи питания – 0,4 мм). Верхняя сторона изображена на Рисунке 17, а; нижняя – на Рисунке 17,б.

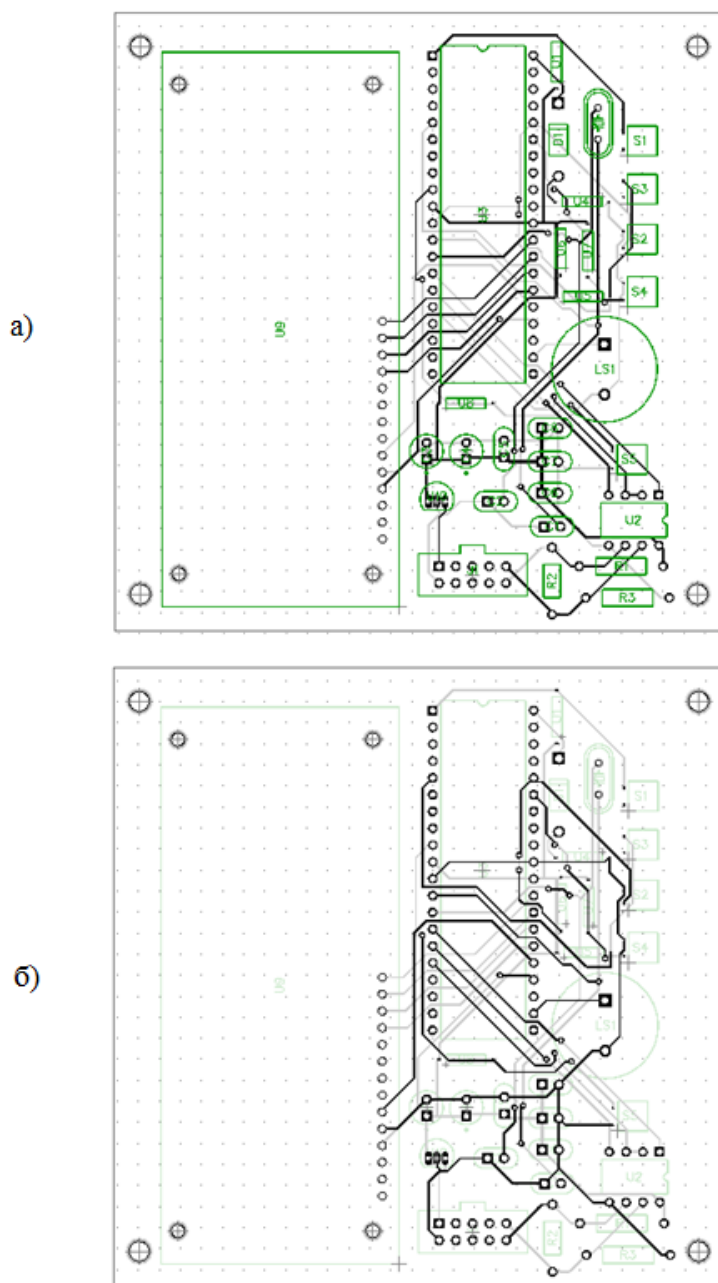


Рисунок 17 – Двухсторонняя печатная плата управляющего модуля

3.5. Электронное моделирование

Электронное моделирование будет проводиться в САПР Proteus Design Suite. Создается принципиальная схема части моделируемой системы с расчетом на дальнейшее ее воспроизведение на макетной плате. Модель представляет сочетание измерительного и управляющего модуля. Первым ограничением при выборе компонентов является отсутствие некоторых элементов для электронного моделированию в библиотеке САПР. В отличие от УГО или посадочного места, создать элемент, способный к электронному моделированию, несколько сложнее, и этот процесс не будет рассмотрен. Другим ограничением является набор реально доступных элементов для сборки на макетной плате. При создании принципиальной схемы для электронного моделирования были использованы следующие доступные компоненты: микроконтроллер ATmega8, датчик температуры DS18B20, дисплей LM016L, светодиод, динамик, кнопка.

После создания принципиальной схемы необходимо запрограммировать микроконтроллер, чтобы запустить работу модели. Код программы заносится в Proteus, создается файл формата .hex. Данный файл и будет использоваться микроконтроллером для работы. Листинг программы представлен в Приложении Б. Программа для микроконтроллера опрашивает два датчика температуры, выводит показания на дисплей, при превышении порога в 30 °С (десятые доли отбрасываются без округления) начинает гореть светодиод. Кроме того, в схеме присутствует две кнопки. При нажатии на любую из них происходит короткий гудок динамика, номер кнопки выводится на дисплей. Результаты моделирования представлены на Рисунке 18. Здесь показано превышение порога в 30 °С датчиком U2 – горит светодиод D6. Кроме того, нажата кнопка, условно обозначенная номером один. Номер первой кнопки отображен на дисплее как "Kn= 1". При нажатии кнопки звучал гудок динамика LS1.

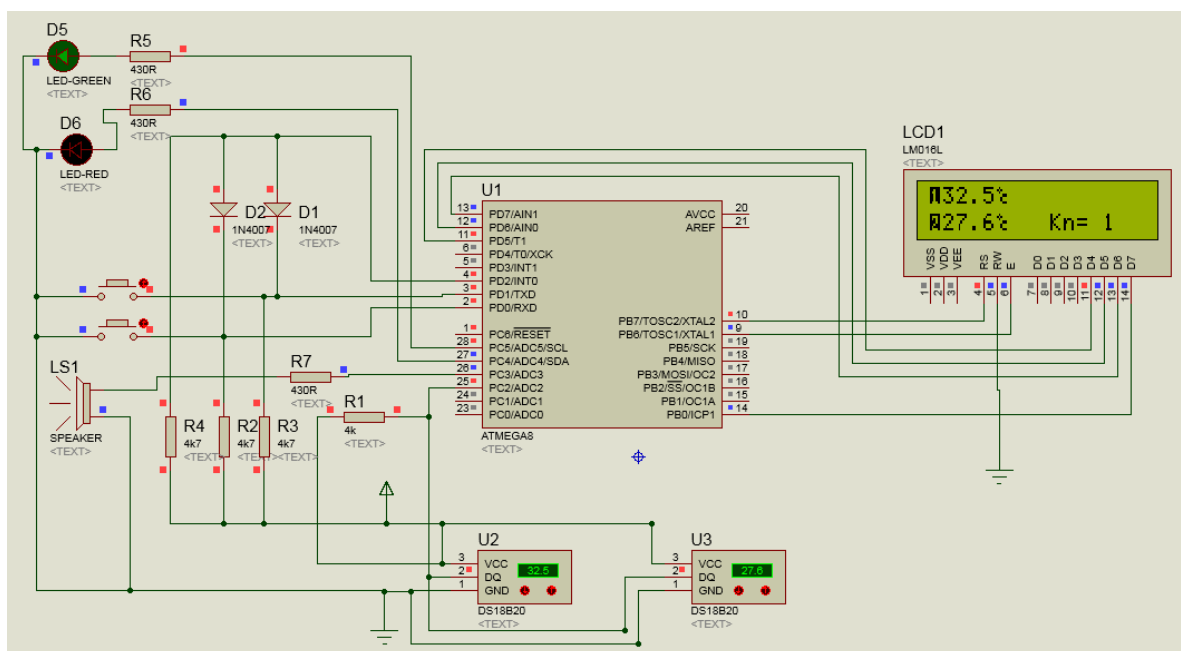


Рисунок 18 – Результаты электронного моделирования

3.6. Моделирование на макетной плате

Успешное электронное моделирование обеспечивает высокую вероятность работы реального устройства. После правильной сборки прототипа на макетной плате и прошивки микроконтроллера, схема заработала. Используемые компоненты показаны на Рисунке 19,а; демонстрация работы устройства представлена на Рисунке 19,б.

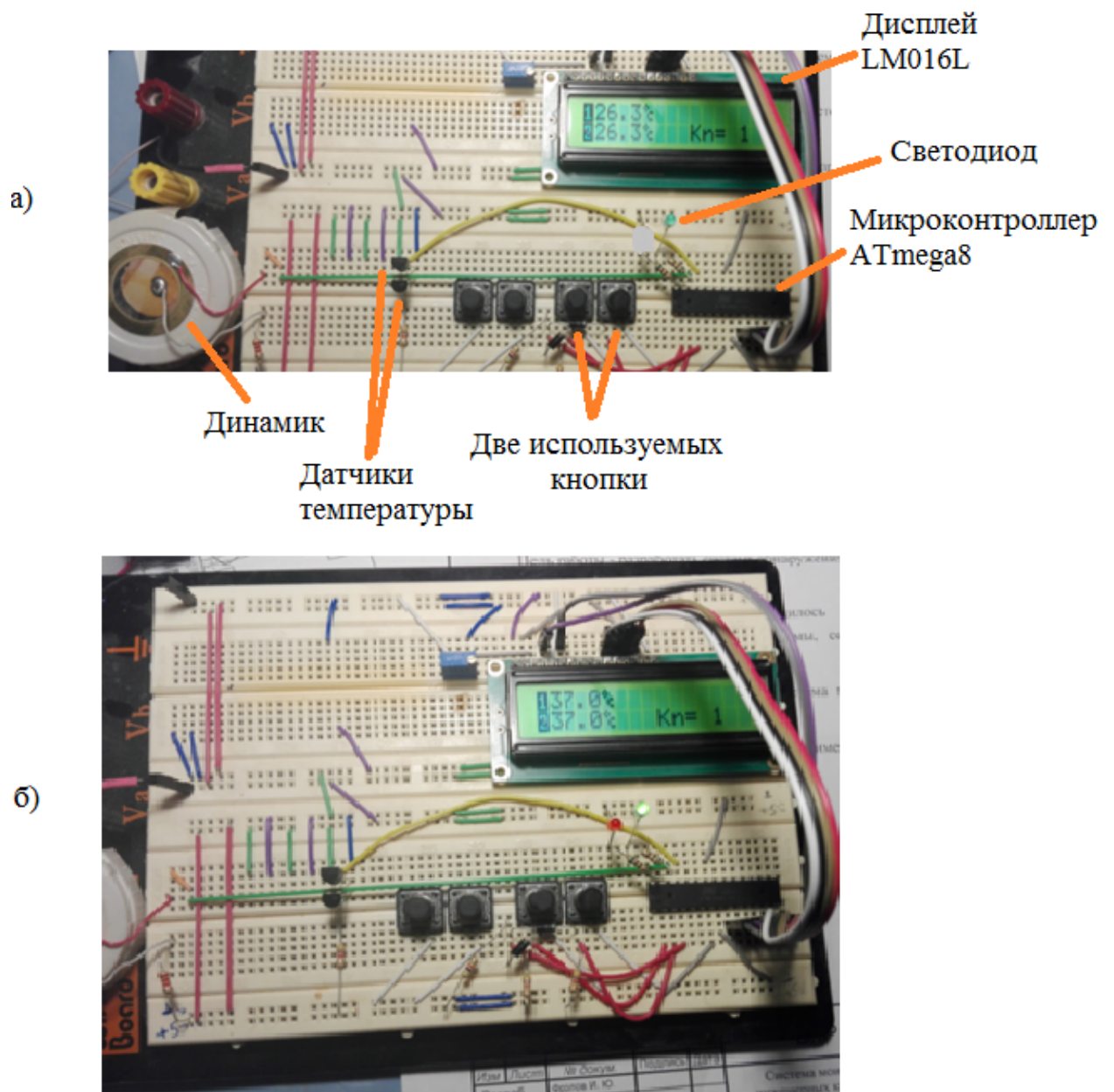


Рисунок 19 – Моделирование схемы на макетной плате

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задачей проектирования данной выпускной квалификационной работы являлась разработка СМИК. Проведен анализ предметной области: поставлены задачи по созданию СМИК с заданными параметрами; рассмотрены современные аналоги создаваемого устройства; выбраны и проанализированы элементы аппаратной части, а также специализированные программные продукты для решения схемотехнических задач. Была создана система взаимодействия между несколькими микроконтроллерами. Разработанная система позволяет следить за состоянием инженерных конструкций, вовремя выявлять деформации и подавать сигналы тревоги, редактировать пороги срабатывания измеряющих датчиков.

Пройдены все этапы разработки печатной платы: создание структурной схемы, схемы электрической принципиальной, схемы программы. Проведено электронное моделирование части системы, которая была затем собрана на макетной плате.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были продемонстрированы и закреплены навыки, полученные в ходе обучения: умение работать со специальной САПР для решения схемотехнических задач, умение проектировать печатные платы, умение создавать и оформлять документацию, получены знания об изучаемой предметной области.

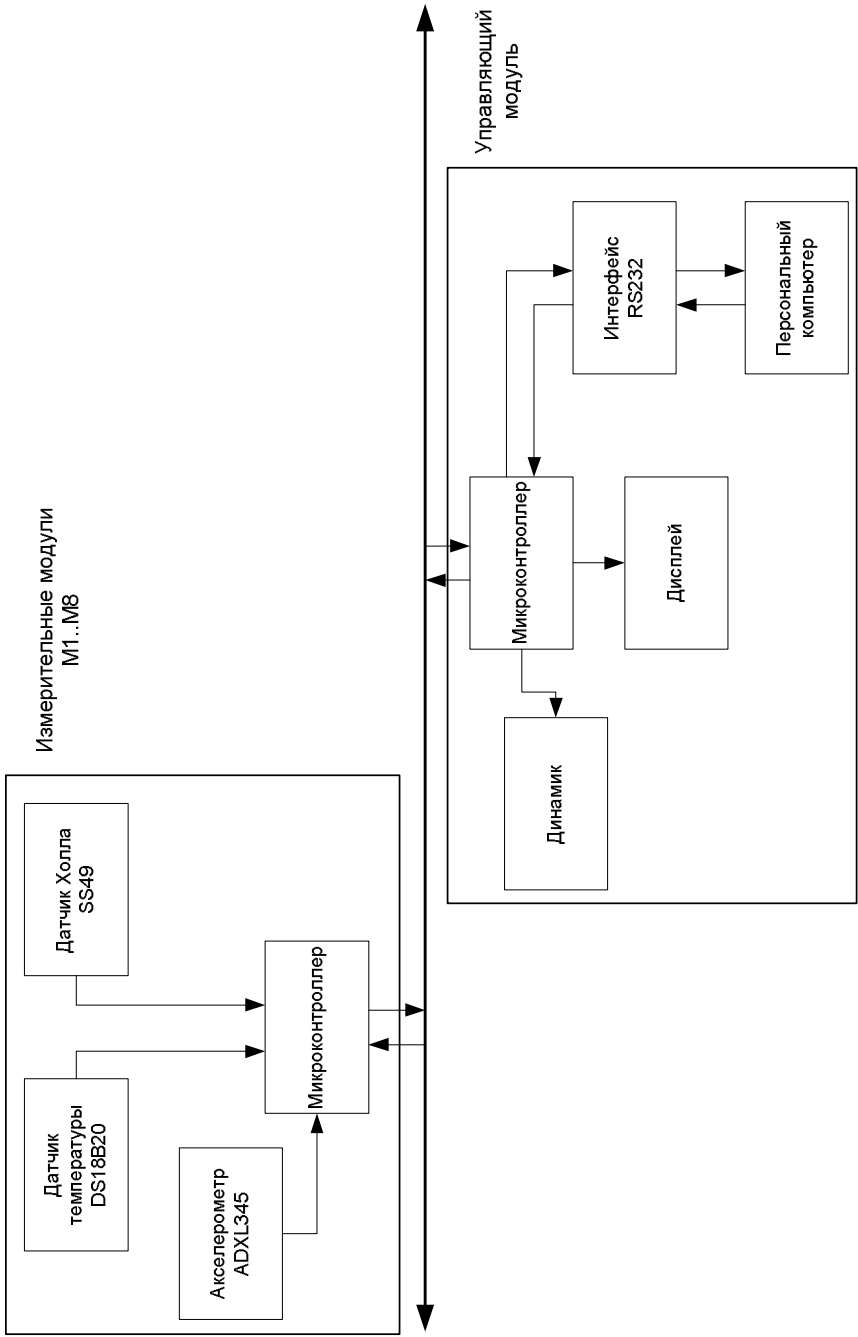
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

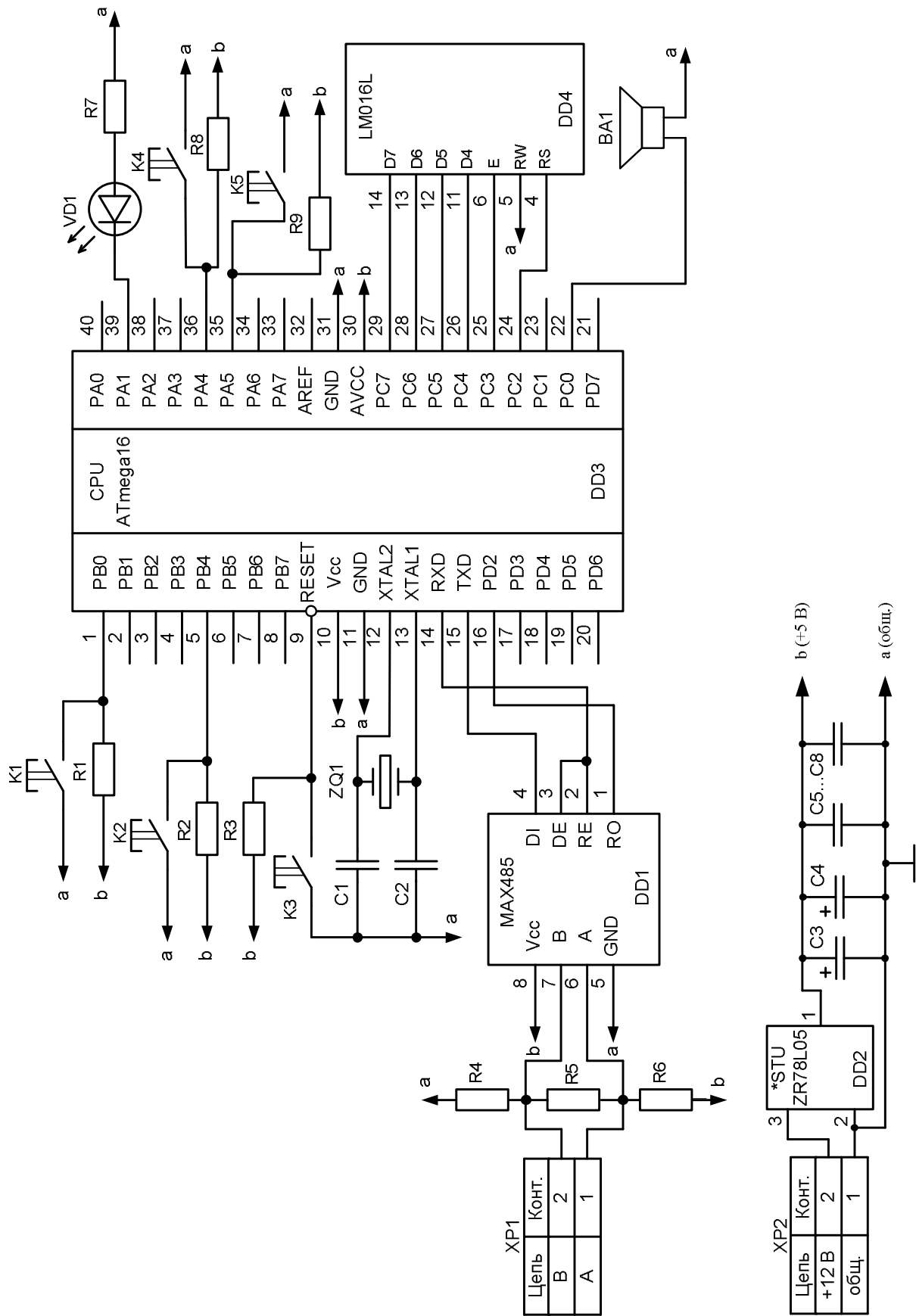
1. МА «СИСТЕМСЕРВИС» [Электронный ресурс] : информация о продукции фирмы. – Режим доступа: <http://www.help-01.ru/razarbotka-smik-sistem-monitoringa-inzhenernyih-konstruktsiy.html>, свободный, 12.02.17г – Загл. с экрана.
2. ООО «ЭЛГАД ТОП» [Электронный ресурс] : информация о продукции. – Режим доступа: <http://elgadtop.ru/toolobserve>, свободный, 27.02.17г – Загл. с экрана.
3. ООО ОПТИЗ-Мониторинг [Электронный ресурс] : информация о продукции фирмы. – Режим доступа: <http://www.optiz-m.ru/products/sm/smik>, свободный, 12.02.17г – Загл. с экрана.
4. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer [Электронный ресурс] : технические характеристики датчика температуры . – Режим доступа: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>, свободный, 23.05.17г – Загл. с экрана.
5. SS49/SS19 Series Analog Position Sensors [Электронный ресурс] : технические характеристики датчика Холла SS49. – Режим доступа: <http://www.mouser.com/catalog/specsheets/SS49.pdf>, свободный, 23.05.17г – Загл. с экрана.
6. 3-Axis, $\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g/\pm 16g$ Digital Accelerometer ADXL345 [Электронный ресурс] : технические характеристики акселерометра. – Режим доступа: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL345.pdf>, свободный, 23.05.17г – Загл. с экрана.
7. Грэхэм, М., Джонсон, Г. Конструирование высокоскоростных цифровых устройств. Начальный курс черной магии. [Текст] – М. : Вильямс, 2016. – 624 с.

8. Принципиальная схема [Электронный ресурс] : определение. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Принципиальная_схема, свободный, 23.05.17г – Загл. с экрана.
9. Подключение контроллеров к шине RS-485 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.avrki.ru/articles/content/rs485/>, свободный, 25.05.17г – Загл. с экрана.
10. Работа с жидкокристаллическим индикатором на базе контроллера HD44780 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://s-engineer.ru/rabotaem-s-lcd-displeem-na-osnove-mikrokontrollera-hd44780-ch-1/>, свободный, 25.05.17г – Загл. с экрана.
11. Ревич, Ю. В. Занимательная электроника [Текст] : основы схемотехники, описание компонентов электрических схем. – СПб. : БХВ-Петербург, 2014. – 571 с.
12. Структурная схема [Электронный ресурс] : определение. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/electroshemy/848-chto-takoe-strukturnaja-skHEMA.html>, свободный, 23.05.17г – Загл. с экрана.
13. Признаки аварийного состояния несущих конструкций зданий и сооружений [Текст] : подборка документов. – Оренбург. : Министерство образования Оренбургской области, 2012. – 95 с.
14. Интерфейс 1-Wire: устройство и применение [Электронный ресурс] : описание интерфейса. – Режим доступа: http://www.electronics.ru/files/article_pdf/0/article_657_119.pdf, свободный, 28.05.17г – Загл. с экрана.
15. I2C интерфейс [Электронный ресурс] : описание. – Режим доступа: <http://radiolaba.ru/microcotrollers/i2c-interfeys.html>, свободный, 28.05.17г – Загл. с экрана.
16. Хоровиц, П., Хилл, У. Искусство схемотехники. [Текст] / Пер. с англ. под ред. М. В. Гальперина. – М. : Мир, 2015. – 704 с.

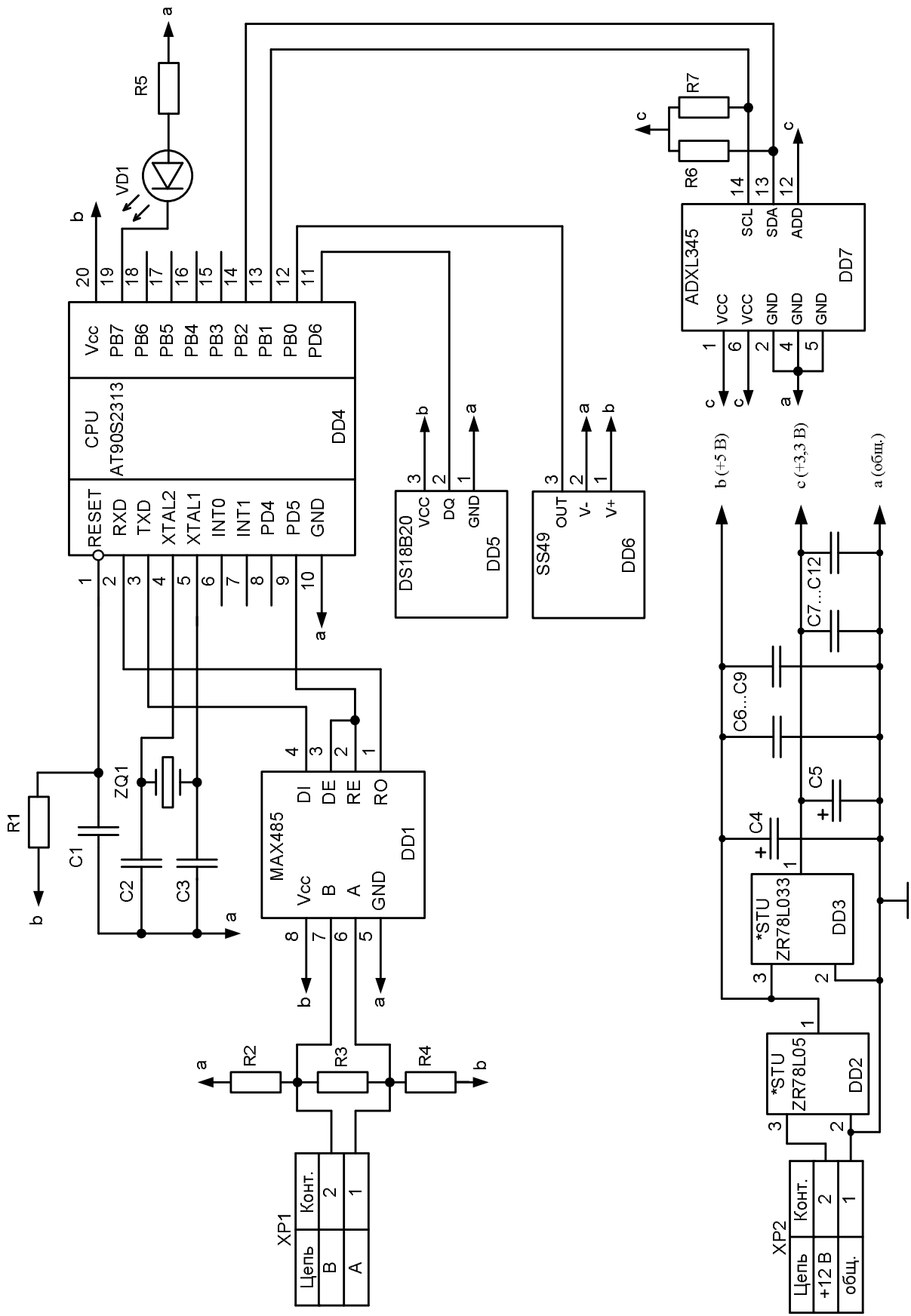
ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. СХЕМЫ





3. Схема измерительного модуля электрическая принципиальная



4. Перечень элементов схемы управляющего модуля электрической принципиальной

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
	<u>Конденсаторы</u>		
C1, C2	SR-16B-16пФ	2	импорт
C3, C4	47мкФ	2	
C5... C8	0.1мкФ	4	импорт
	<u>Микросхемы</u>		
DD1	MAX485	1	импорт
DD2	ZR78L05	1	импорт
DD3	ATmega16	1	импорт
DD4	LM016L	1	импорт
	<u>Резисторы</u>		
R1...R3, R8, R9	C2-33-0,125-10кОм $\pm 5\%$	6	
R4, R6	C2-29B-0,125-680Ом $\pm 1\%$	2	
R5, R7	C2-33-0,125-330Ом $\pm 5\%$	1	
	<u>Кнопки</u>		
K1...K5	TS-A2PS-130	5	импорт
	<u>Диоды</u>		
VD1	1N4007	1	импорт
	<u>Разъёмы</u>		
XP1, XP2	IDC2x5F	1	импорт
	<u>Динамики</u>		
BA1	AI-1622-TWT-5V-R	1	импорт
	<u>Резонаторы</u>		
ZQ1	HC49/US 16 МГц	1	

5. Перечень элементов схемы измерительного модуля электрической принципиальной

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
	<u>Конденсаторы</u>		
C1, C6... C12	0.1мкФ	8	импорт
C2, C3	SR-16B-16пФ	2	импорт
C4, C5	47мкФ	2	
	<u>Микросхемы</u>		
DD1	MAX485	1	импорт
DD2	ZR78L05	1	импорт
DD3	ZR78L033	1	импорт
DD4	AT90S2313	1	импорт
DD5	DS18B20	1	импорт
DD6	SS49	1	импорт
DD7	ADXL345	1	импорт
	<u>Резисторы</u>		
R1, R6, R7	C2-33-0,125-10 кОм $\pm 5\%$	3	
R5, R3	C2-33-0,125-330Ом $\pm 5\%$	2	
R2, R4	C2-29B-0,125-680Ом $\pm 1\%$	2	
	<u>Диоды</u>		
VD1	1N4007	1	импорт
	<u>Разъёмы</u>		
XP1, XP2	IDC2x5F	1	импорт
	<u>Динамики</u>		
BA1	AI-1622-TWT-5V-R	1	импорт
	<u>Резонаторы</u>		
ZQ1	HC49S 8 МГц	1	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ЛИСТИНГ

```

$regfile = "m8def.dat"
$crystal = 1000000

Config Lcdpin = Pin , Rs = Portb.7 , E = Portb.6 , Db4 = Portd.5
, Db5 = Portd.6 , Db6 = Portd.7 , Db7 = Portb.0
Config Lcd = 16 * 2
Cursor Off
Cls

Config Portd.0 = Input
Config Portd.1 = Input
Config Portc.5 = Output
Config Portc.4 = Output
Config Portc.3 = Output
Dim W As Byte
W = 0
Dim Q As Byte

Config lwire = Portc.2

Dim Ss As String * 6
Dim I1 As Integer
Dim I2 As Integer

Dim Dsid1(8) As Byte
Dim Dsid2(8) As Byte

'знак градуса

Deflcdchar 0 , 232 , 244 , 232 , 227 , 228 , 228 , 227 , 224
Deflcdchar 1 , 31 , 27 , 19 , 27 , 27 , 27 , 17 , 31
Deflcdchar 2 , 31 , 17 , 21 , 29 , 27 , 23 , 17 , 31
Deflcdchar 3 , 31 , 17 , 29 , 25 , 29 , 29 , 17 , 31
Deflcdchar 4 , 31 , 23 , 21 , 21 , 17 , 29 , 29 , 31

Dsid1(1) = lwsearchfirst()
Dsid2(1) = lwsearchnext()

'-----
Config Int0 = Falling      'прерывание по нисходящему фронту
On Int0 Button
Enable Interrupts          'разрешаем прерывания
Enable Int0
'-----

```

```

Do
'запускаем опрос всех датчиков
    lwreset
    lwwrite &HCC
    lwwrite &H44
Portc.5 = 1
Waitms 750
Portc.5 = 0

'после ожидания начинаем считывать датчики
'-----
    lwreset
    lwwrite &H55
    lwverify Dsid1(1)
    lwwrite &HBE
    I1 = lwread(2)
'-----
    lwreset
    lwwrite &H55
    lwverify Dsid2(1)
    lwwrite &HBE
    I2 = lwread(2)

    Gosub Conversion

    Cls
    Locate 1 , 1
    Lcd Chr(1) ; Ss ; Chr(0)

    I1 = I2

    Gosub Conversion

    Locate 2 , 1
    Lcd Chr(2) ; Ss ; Chr(0)
    Locate 2 , 10
    Lcd "Kn= "
    Lcd W
    Q = Val(ss)

If Q > 30 Then
Portc.4 = 1
Else
Portc.4 = 0
End If
Loop
End

Conversion:
    I1 = I1 * 10

```

```

I1 = I1 \ 16
Ss = Str(i1)
Ss = Format(ss , "0.0")
Return

'-----
'Обработка прерывания от 2 кнопок
'-----

Button:
'здесь мы в цикле сканируем все подключенные кнопки
Do
  If Pind.1 = 0 Then
    W = 1
  End If

  If Pind.0 = 0 Then
    W = 2
  End If

Loop Until W <> 0
Sound , Portc.3 , 100 , 500
Waitms 10
Gifr = 64
'сброс флага прерывания

Return

```