



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

---

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ (ИУ6)

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 09.03.03 Информатика и вычислительная техника

## РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

*к курсовой работе*  
*по дисциплине «Микропроцессорные системы»*  
*на тему:*

**Тема**

Студент

\_\_\_\_\_  
(Группа)

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата)

**И.И. Иванов**

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

Руководитель

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата)

**И.И. Иванов**

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

20**XX** г.

## РЕФЕРАТ

РПЗ стр., 21 рис., 6 табл., 11 источников, 2 прил.

Ключевые слова: DHT11, кулер, LCD1620, ШИМ.

Объектом разработки курсовой работы является микроконтроллер управления кулером.

Цель работы – создание полного комплекта конструкторской документации для микроконтроллера управления кулером, создание программного обеспечения для микроконтроллера семейства AVR.

При проектировании были решены следующие задачи: анализ объекта разработки на функциональном уровне, разработка функциональной схемы, выбор элементной базы для реализации объекта, разработка принципиальной схемы, расчет потребляемой мощности, разработка алгоритмов работы микроконтроллера и написание соответствующих программ.

Результатом проектирования является комплект конструкторской документации для изготовления устройства и исходные коды программ для программирования памяти микроконтроллера.

Устройство обладает следующим функционалом:

- управление кулером в ручном режиме;
- управление в автоматическом режиме путем считывания данных с датчика температуры и влажности DHT11;
- передача данных на ПЭВМ и ЖК-дисплей;
- прием информация с ПЭВМ.

## СОДЕРЖАНИЕ

## **ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

МК – Микроконтроллер;

ПЗУ – Постоянное запоминающее устройство;

ПЭВМ – Персональная электронно-вычислительная машина;

AVR – Семейство восьмибитных микроконтроллеров, ранее выпускавшихся фирмой Atmel;

USART – Универсальный синхронно/асинхронный приемопередатчик;

LCD или LCD1602 – символьный ЖК-дисплей

DHT11 – датчик температуры и влажности

## ВВЕДЕНИЕ

В данной работе представлена разработка эффективной и компактной системы, способной в реальном времени управлять кулером. Для достижения поставленной цели использован 8-разрядный микроконтроллер ATMega328P, принадлежащий семейству AVR.

Семейство микроконтроллеров AVR представляет собой линейку встраиваемых микроконтроллеров, разработанных фирмой Atmel (теперь часть компании Microchip Technology). AVR характеризуются низким энергопотреблением, высокой производительностью, простотой программирования и богатым набором периферийных устройств. Они широко применяются во встраиваемых системах, таких как умные устройства, бытовая электроника, промышленные контроллеры и даже в робототехнике. Архитектура AVR базируется на уменьшенном наборе команд RISC и включает в себя функции, обеспечивающие удобное программирование и отладку.

Микроконтроллер ATMega328P был выбран благодаря своей производительности, надежности и наличию большого числа необходимых для реализации данного устройства интерфейсов.

Устройство также включает в себя дисплей LCD1602A для визуализации данных, датчик DHT11 для определения температуры и влажности, кулер 12В, а также преобразователь UART–TTL CH340G для обеспечения интерфейса с ПК через последовательный порт. Этот комплекс компонентов обеспечивает не только эффективное считывание меток, но и удобное отображение результатов оператору устройства.

В ходе работы будут рассмотрены особенности каждого компонента, а также представлен алгоритм работы устройства.

# 1 Конструкторская часть

## 1.1 Описание структурно-функциональной схемы устройства

Согласно техническому заданию необходимо разработать устройство для управления кулером. МК-система должна работать в автоматическом режиме и ручном. Автоматический режим должен обеспечиваться путем считывания данных с датчика температуры и влажности, ручной – поступление команд с ПЭВМ. Данные о работе кулера должны выводиться на ПЭВМ и дисплей.

В связи с этим, разработанная система содержит следующие функциональные блоки:

- Микроконтроллер обеспечивающий выполнение основной логики работы устройства;
- Датчик температуры и влажности, передающий информацию на микроконтроллер;
- Дисплейный модуль, для вывода информации о работе системы.
- Кулер на 12В, обладающий 4 пинами для достижения цели разрабатываемой системы;
- ПЭВМ, используемая в качестве терминала, при помощи которого оператор может отправлять данные на МК и получать команды от него.

Структура разработанного устройства представлена на рисунке 1.

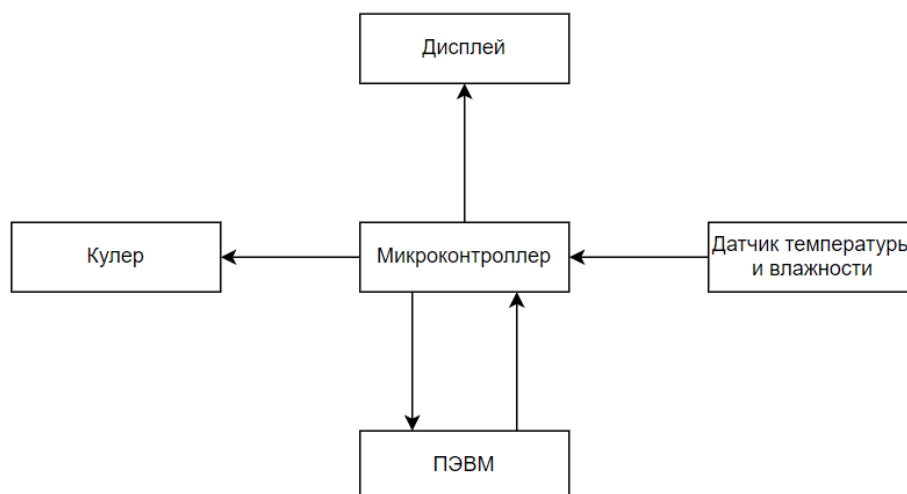


Рисунок 1 – Структурная схема разрабатываемой системы

## **1.2 Выбор микроконтроллера**

В процессе разработки устройства одним из ключевых решений был выбор подходящего микроконтроллера. Наиболее важным параметром при выборе МК было наличие у него всех необходимых интерфейсов взаимодействия с периферийными устройствами (интерфейс UART для взаимодействия с ПЭВМ).

При этом микроконтроллер должен отвечать требованиям производительности, объема ПЗУ и энергоэффективности.

Основываясь на вышеописанных требованиях, в качестве МК был выбран ATmega328P, так как он удовлетворяет их в полном объеме, будучи при этом достаточно доступным, обладая минимумом излишней функциональности.

## **1.3 Описание архитектуры и технические характеристики микроконтроллера**

В разрабатываемой системе в качестве управляющего микроконтроллера используется 8-битный МК семейства AVR ATmega328P. На рисунке 2 представлена функциональная схема данного МК. С функциональной схемой разрабатываемого устройства можно ознакомиться в приложении 1.

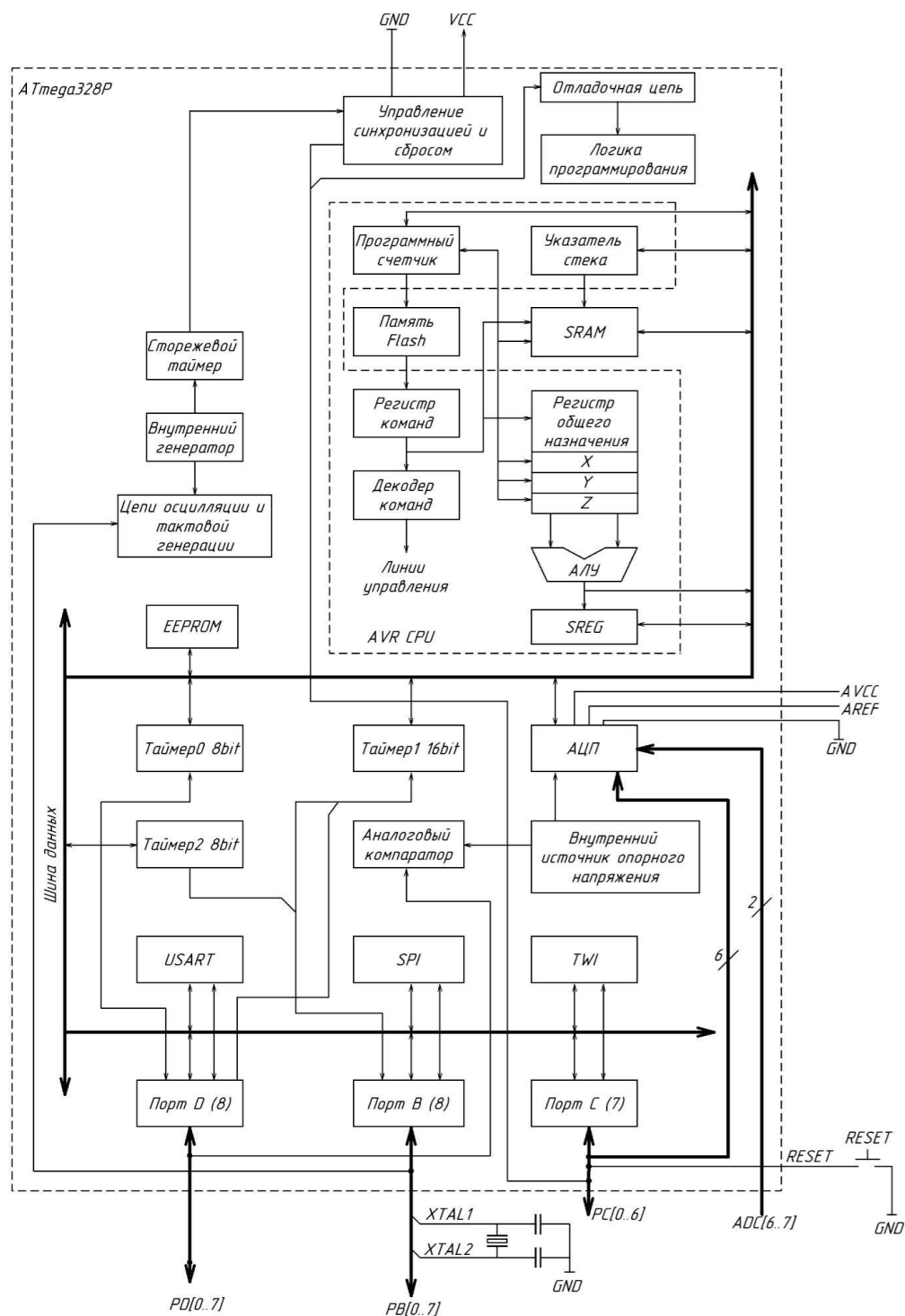


Рисунок 2 – Функциональная схема МК ATmega328P

Микроконтроллер состоит из 32-килобайтная флэш-памяти ISP с возможностями чтения во время записи, 1 КВ энергозависимой памяти (EEPROM), 2 КВ встроенной SRAM, 23 линии ввода/вывода общего назначения (8 битные порты PD, PB, 7 битный порт PC), 32 рабочих регистра общего назначения, три таймера/счетчика с режимами сравнения, внутренние



и внешние прерывания, последовательный программируемый USART, байтовый двухпроводной последовательный интерфейс (TWI), SPI последовательный порт, 6-канальный 10-разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), программируемый сторожевой таймер с внутренним генератором и пять программно выбираемых режимов энергосбережения. Характеристики микроконтроллера представлены в таблице 1, более подробно ознакомиться с характеристиками можно в документации[1].

*Таблица 1 – Характеристики микроконтроллера ATmega328P*

<b>Параметр</b>	<b>Занчение</b>
Рабочая частота	до 20МГц
Количество программируемых линий ввода/вывода	23
Объем Flash-памяти	32Кбайт
Объем встроенной SRAM	2Кбайт
Объем энергонезависимой EEPROM	1Кбайт
Количество счетчиков/таймеров	3 (два 8-разрядных с предделителем и режимом сравнения, один 16-разрядный с дополнительным режимом захвата)
Количество ШИМ каналов	6
SPI	2
I2C	1
UART	1
Внутренние и внешние источники прерываний	есть
Сторожевой таймер	есть с отдельным встроенным генератором

На рисунке 3 показана схема адресации памяти данных в ATmega328P.

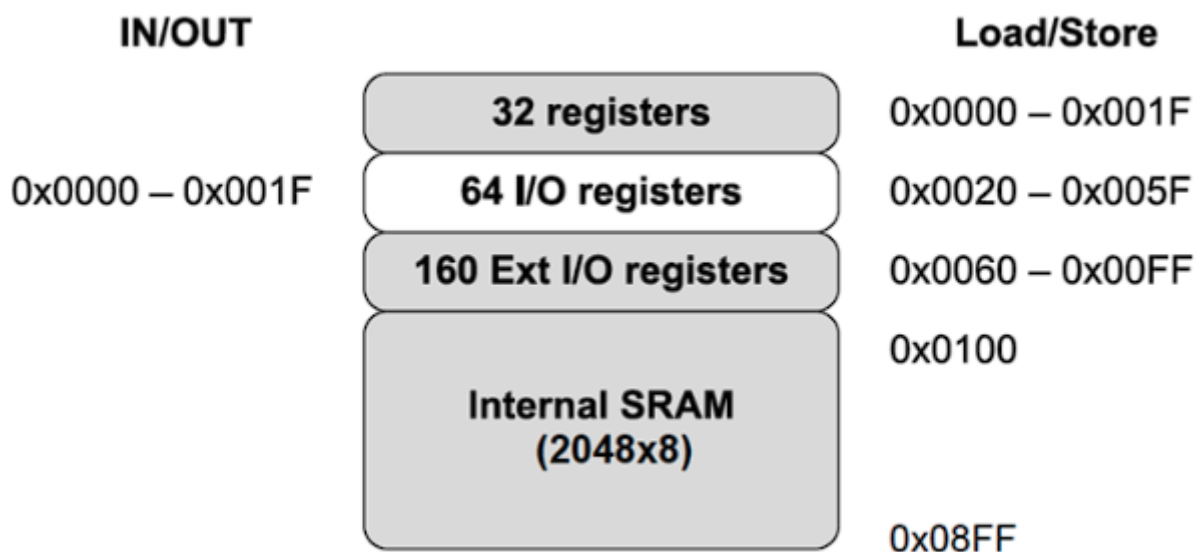


Рисунок 3 – Схема адресации памяти данных ATmega328P

На рисунке 4 представлена конфигурация входов/выходов микроконтроллера.

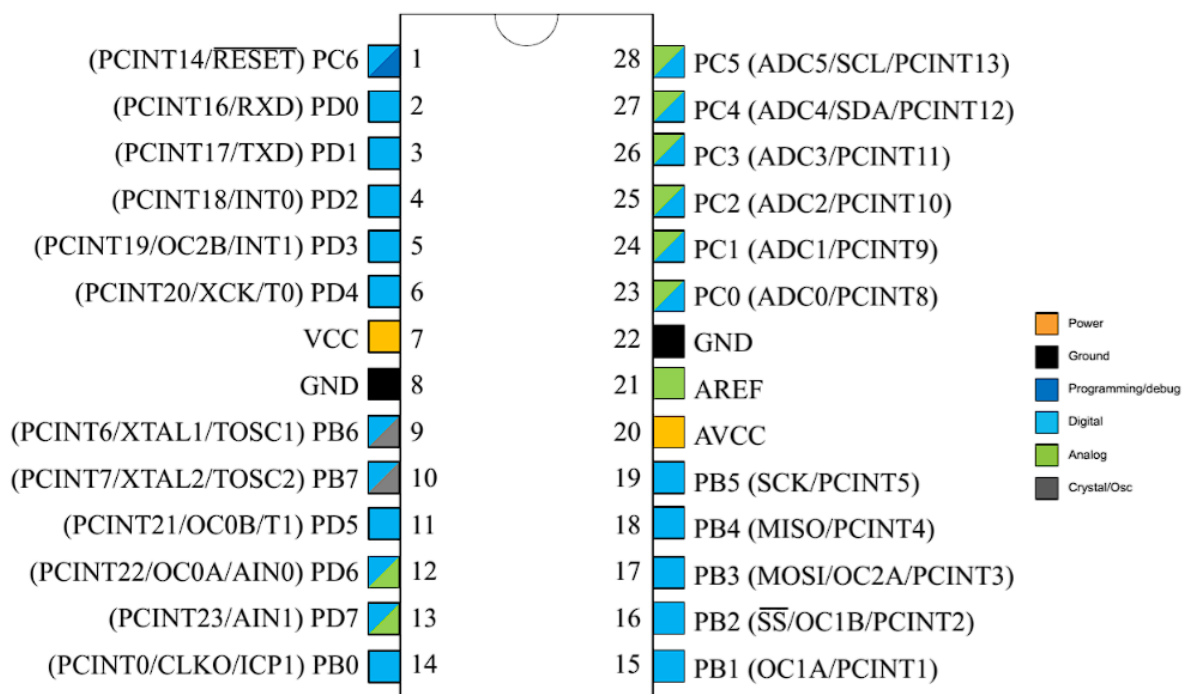


Рисунок 4 – Соответствие входов/выходов микроконтроллера

Из написанного выше видно, что данный МК удовлетворяет всем требованиям, обозначенным в техническом задании.

## 1.4 Описание принципиальной схемы

### 1.4.1 Датчик температуры и влажности DHT11

В качестве датчика для получения показаний температуры и влажности был выбран DHT11. DHT11 является широко распространенным датчиком температуры и влажности, поставляется с резистивным элементом для измерения влажности и с NTC термистором для измерения температура. Данные температуры и влажности выводятся в виде последовательных данных. Дополнительная информация в документации[2].

Технические характеристики датчика:

- рабочее напряжение: от 3,5 до 5,5 В;
- рабочий ток: 0,3 мА (измерение) 60 мкА (в режиме ожидания);
- выход: serial Data;
- диапазон температур: от 0 °С до 50 °С;
- диапазон влажности: от 20% до 90%;
- разрешение: температура и влажность –16 бит;
- точность:  $\pm 1$  °С и  $\pm 1\%$ .

На рисунке 4 обозначены выводы микросхемы.

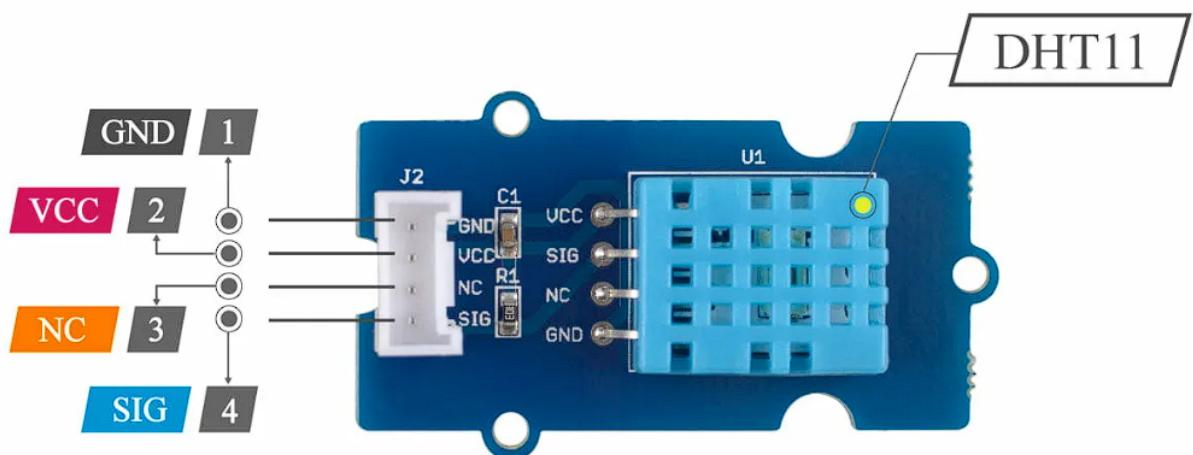


Рисунок 5 – Расположение выводов DHT11

*Таблица 2 – Назначение входов/выходов датчика*

<b>Название</b>	<b>Описание</b>
Vcc	Питание 3,3...5,5В
Data	Вывод температуры и влажности через serial Data
NC	Не используется
GND	Минус питания

Формат данных с одной шиной используется для обмена данными и синхронизации между MCU и датчиком DHT11. Один процесс обмена данными занимает около 4 мс, данные состоят из десятичной и целой частей. Полная передача данных составляет 5 байт или 40 бит. Формат данных: 8-битные данные целой части влажности + 8-битные данные десятичной части влажности + 8-битные данные целой части температуры + 8-битные десятичные данные температуры + 8-битная контрольная сумма. Правильность передачи данных определяется контрольной суммы, которая должна быть равна сумме первых четырех байт.

Для активации DHT11 необходимо каждый раз при чтении данных посылать стартовый сигнал, чтобы вывести датчик из режима низкого энергопотребления. Состояние шины данных находится на высоком уровне напряжения, для установки связи МК должен установить напряжение в низкое на 18мкс, затем поднять напряжение и подождать ответ (20-40мкс). Как только DHT обнаружит сигнал запуска, он отправит ответный сигнал низкого уровня напряжения, который длится 80 секунд. Затем датчик устанавливает уровень напряжения на шине данных с низкого на высокий и сохраняет его в течение 80 мкс для подготовки DHT к отправке данных. Когда DHT отправляет данные в МК, каждый бит данных начинается с уровня низкого напряжения 50 мкс, а длина следующего сигнала высокого напряжения определяет, является ли бит данных "0" или "1". Это хорошо видно на диаграмме представленной на рисунке 6.

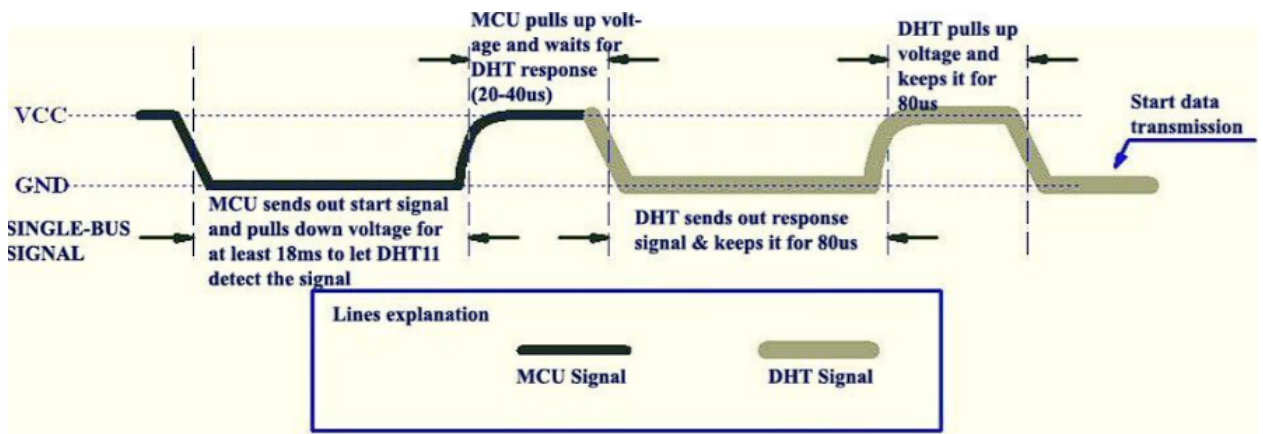


Рисунок 6 – Временная диаграмма обмена данными между датчиком и МК

#### 1.4.2 Дисплей LCD1602A

В качестве дисплея был выбран LCD дисплей 1602A. LCD 1602A представляет собой электронный модуль основанный на драйвере HD44780 от Hitachi. LCD1602 имеет 16 контактов и может работать в 4-битном режиме (с использованием только 4 линии данных) или 8-битном режиме (с использованием всех 8 строк данных). Более подробная информация в документации [3]. В данном случае дисплей работает в 4-битном режиме.

Технические характеристики дисплея:

- напряжение питания: 5 В
- размер дисплея: 2.6 дюйма
- конструкция: 16 символов на каждой из строк (2 строки);
- режим отображения: TN/STN;
- рабочий диапазон температур: -20 °C – +70 °C

На рисунке 8 изображен обозначение дисплея.

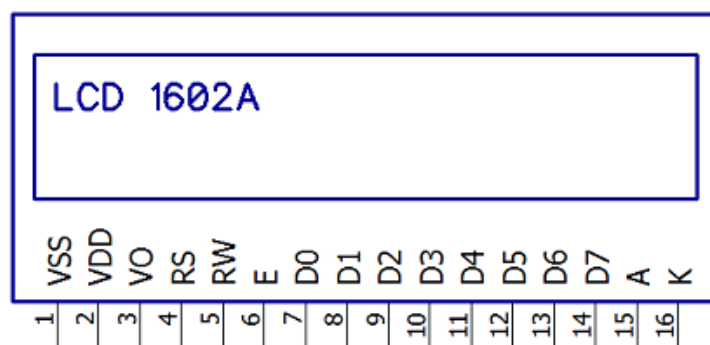


Рисунок 7 – Обозначение LCD1602A

*Таблица 3 – Назначение контактов дисплея LCD1602A*

<b>Название</b>	<b>Описание</b>
VSS	Минус питания
VDD	Питание +5В
VO	Управление контрастностью
RS	Минус питания
RW	Управление режимом на чтение/запись
E	Строп по спаду (разрешающий сигнал)
DB0-DB7	Биты интерфейса
A	Анод подсветки
K	Катод подсветки

Для инициализации дисплея необходимо выполнить алгоритм инициализации, описанный в документации к модулю и изображенный на рисунке 8. Управление дисплеем выполняется путем установки уровней напряжения на выводах, соответствующих командам, отображенным на рисунке 10.

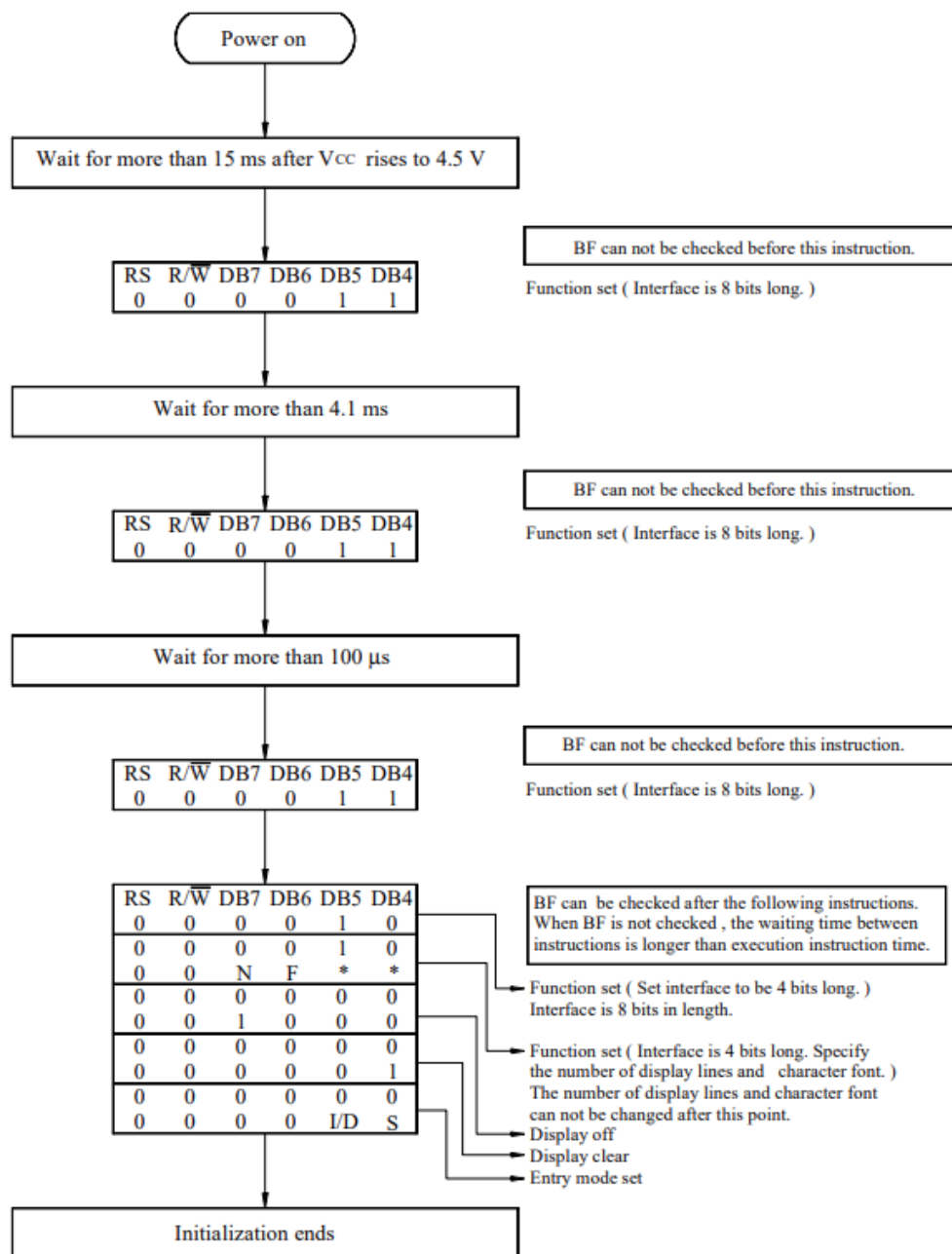


Рисунок 8 – Алгоритм инициализации дисплея в 4-битном режиме

Instruction	Instruction Code										Description	Execution time (fosc=270Khz)
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0		
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Write "00H" to DDRAM and set DDRAM address to "00H" from AC	1.53ms
Return Home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	—	Set DDRAM address to "00H" from AC and return cursor to its original position if shifted. The contents of DDRAM are not changed.	1.53ms
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	SH	Assign cursor moving direction and enable the shift of entire display.	39 $\mu$ s
Display ON/OFF Control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Set display (D), cursor (C), and blinking of cursor (B) on/off control bit.	39 $\mu$ s
Cursor or Display Shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	—	—	Set cursor moving and display shift control bit, and the direction, without changing of DDRAM data.	39 $\mu$ s
Function Set	0	0	0	0	1	DL	N	F	—	—	Set interface data length (DL:8-bit/4-bit), numbers of display line (N:2-line/1-line)and, display font type (F:5 $\times$ 11 dots/5 $\times$ 8 dots)	39 $\mu$ s
Set CGRAM Address	0	0	0	1	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	Set CGRAM address in address counter.	39 $\mu$ s
Set DDRAM Address	0	0	1	AC6	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	Set DDRAM address in address counter.	39 $\mu$ s
Read Busy Flag and Address	0	1	BF	AC6	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	Whether during internal operation or not can be known by reading BF. The contents of address counter can also be read.	0 $\mu$ s
Write Data to RAM	1	0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Write data into internal RAM (DDRAM/CGRAM).	43 $\mu$ s
Read Data from RAM	1	1	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Read data from internal RAM (DDRAM/CGRAM).	43 $\mu$ s

\* "—" : don't care

Рисунок 9 – Таблица команд дисплея



### 1.4.3 Микросхема преобразование USB-UART

Микросхема CH340G предназначена для преобразования интерфейса USB в UART. UART – универсальный синхронный асинхронный приемник-приемопередатчик.

Передача данных в UART осуществляется по одному биту в равные промежутки времени. Временной промежуток определяется заданной скоростью UART и для конкретного соединения указывается в бодах (количество бит в секунду), значение загружается в регистр UBRR. Рассчитать скорость можно по следующей формуле:

$$BAUD = \frac{f_{osc}}{16*(UBRRn+1)}$$

$f_{osc}$  – частота микроконтроллера, в данном случае 16МГц

Из этой формулы можно вывести значение для регистра  $UBRR$ . При выбранной скорости 9600 бод  $UBRR = 103$ . Также можно воспользоваться таблицей в документации к микроконтроллеру.

Формат данных представляет собой последовательность битов. 1 бит является стартовым (всегда низкий уровень), далее идут 5-9 битов данных, бит четности (не обязателен) и стоповый бит (всегда высокий уровень). Временная диаграмма передачи одного кадра данных представлен на рисунке 10.

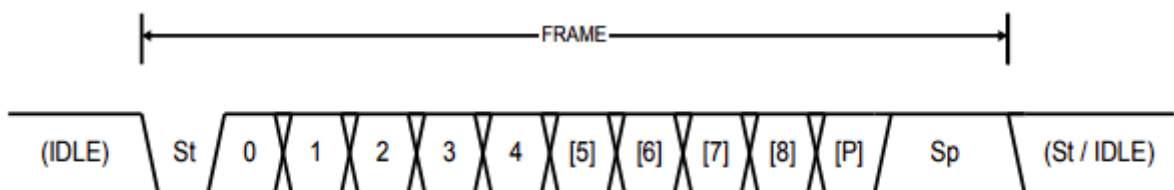


Рисунок 10 – Кадр данных

Рассмотрим регистры USART модуля:

- 1) В регистр UDR0 данные записываются и считываются при передаче данных из буферов. Данные, записанные в UDR0, когда флаг UDRE0 в

регистре UCSR0A не был установлен, будут проигнорированы передатчиком USART.

2) Биты регистра UCSR0A представлены на рисунке 11.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	RXC0	TXC0	UDRE0	FE0	DOR0	UPE0	U2X0	MPCM0
Access	R	R/W	R	R	R	R	R/W	R/W
Reset	0	0	1	0	0	0	0	0

Рисунок 11 – Биты регистра UCSR0A

Когда бит RXC0 установлен – это значит, что поступили данные, флаг снимается, когда буфер пуст. Бит флага TXC0 устанавливается, когда весь кадр в регистре сдвига передачи был сдвинут и в данный момент в буфере передачи нет новых данных (UDR0).

3) Биты регистра UCSR0B представлены на рисунке 12.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	RXCIE0	TXCIE0	UDRIE0	RXEN0	TXEN0	UCSZ02	RXB80	TXB80
Access	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R/W
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 12 – Биты регистра UCSR0B

Бит RXEN0 отвечает за включение приемника, установка флага активирует приемник USART; аналогично и бит TXEN0 активирует передатчик.

С описанием других битов можно ознакомиться в документации стр. 245.

Как уже утверждалось ранее для коммуникация МК с ПЭВМ будет использоваться микросхема CH340G. Основные характеристики модуля:

- поддерживает полную скорость спецификации USB 2.0;
- поддерживает последовательный дуплексный интерфейс с внутренним буфером FIFO. Скорость обмена от 50 бит в сек, до 2 Мбит в сек;
- поддерживает полный контроль сигналов управления передачей данных RTS, DTR, DCD, RI, DSR и CTS;
- при использовании внешних преобразователей уровней поддерживает интерфейсы RS23, RS422, RS485;

- напряжение питания 5 и 3,3 В;
- тактовая частота 11 - 12 МГц

Другие характеристики указаны в документации [4]

На рисунке 10 представлено обозначение микросхемы.

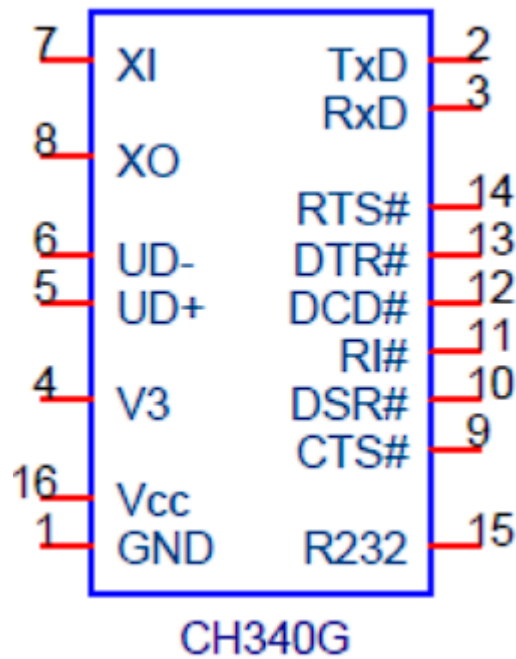


Рисунок 13 – Обозначение микросхемы CH340G

Таблица 4 – Таблица назначения выводов CH340G

Название	Описание
GND	Минус питания
TXD	TXD сигнал UART.
RXD	RXD сигнал UART.
V3	Внутреннее опорное напряжение для USB интерфейса
UD+	D+ сигнал USB.
UD-	D- сигнал USB.
XI	Вход кварцевого генератора
XO	Выход кварцевого генератора

CTS#	CTS сигнал UART.
DSR#	DSR сигнал UART.
RI#	RI сигнал UART.
DCD#	DCD сигнал UART.
DTR#	DTR сигнал UART.
RTS#	RTS сигнал UART.
R232	Включение инверсии входа RXD
VCC	Питание.

#### 1.4.4 Взаимодействие с кулером

Для управления скоростью вращения кулера удобно использовать ШИМ – широтно-импульсная модуляция. ШИМ – это метод управления питанием нагрузки, который осуществляется путем подачи импульсов разной ширины.

Для реализации ШИМ используют таймеры. МК ATmega328P имеет 3 таймера: два 8-разрядных (Таймер 0 и Таймер 2) и один 16-разрядный (Таймер 1). Был выбран 16-разрядный Таймер1, поскольку он имеет больше режимов работы и подойдет при расширении системы (добавление новых устройств, которым нужен ШИМ).

Таймер/счетчик 1 (TC1) обеспечивает точное определение времени выполнения программы (управление событиями), генерацию волн и измерение времени сигнала.

Данный таймер имеет следующие режимы работы:

- 1) Нормальный режим ( $TCCR1A.WGM1[3:0]=0x0$ ) предполагает обычное увеличение счетчика до его максимального значения и сброс при переполнении с установкой флага TOV1.
- 2) В режиме сравнения (режим 4 или 12,  $WGM1[3:0]=0x4$  или  $0xC$ ) OCR1A или ICR1 регистры используются для управления разрешением счетчика: счетчик сбрасывается до нуля, когда значение счетчика (TCNT1) соответствует либо OCR1A (если

WGM1[3:0]=0x4), либо ICR1 (WGM1[3:0]=0xC), т.е. OCR1A или ICR1 определяют верхнее значение счетчика. Частота сигнала в этом режиме определяется по формуле:

$$f_{\text{OCnA}} = \frac{f_{\text{clk\_I/O}}}{2 \cdot N \cdot (1 + \text{OCRnA})}$$

- 3) Режимы быстрой широтно-импульсной модуляции или быстрой ШИМ (режимы 5, 6, 7, 14 и 15, WGM1[3:0]= 0x5, 0x6, 0x7, 0xE, 0xF) обеспечивают возможность генерации высокочастотного ШИМ-сигнала. Быстрый ШИМ отличается от других вариантов ШИМ-управления работой с одним наклоном. Счетчик ведет отсчет снизу-вверх, затем перезапускается вниз. Благодаря работе с одним наклоном рабочая частота режима быстрой ШИМ может быть в два раза выше, чем в режимах с корректировкой фазы и ШИМ с корректировкой фазы и частоты, в которых используется работа с двумя наклонами. Эта высокая частота делает режим быстрой ШИМ хорошо подходящим для регулирования мощности, выпрямления и применения в ЦАП. Формула расчета частоты:

$$f_{\text{OCnxPWM}} = \frac{f_{\text{clk\_I/O}}}{N \cdot (1 + \text{TOP})}$$

- 4) Режимы ШИМ с корректировкой фазы или (WGM1[3:0]= 0x1, 0x2, 0x3, 0xA и 0xB) обеспечивают возможность генерации сигнала ШИМ с высоким разрешением и корректировкой фазы. Режим ШИМ с корректировкой фазы, как и режим ШИМ с корректировкой фазы и частоты, основан на работе с двойным наклоном. Счетчик ведет повторный отсчет снизу-вверх, а затем сверху-вниз. В неинвертирующем режиме вывода сравнения значение сравнения выходных данных (OC1x) сбрасывается при сравнении соответствия между TCNT1 и OCR1x при увеличении

счета, устанавливается при сравнении соответствия во время обратного отсчета. В режиме сравнения выходных данных с инвертированием операция инвертируется. Режим с двойным наклоном имеет более низкую максимальную рабочую частоту, чем режим с одним наклоном. Однако из-за симметричности режимов ШИМ с двойным наклоном эти режимы предпочтительны для приложений управления моторами. Формула расчета частоты:

$$f_{\text{OCnxPCPWM}} = \frac{f_{\text{clk\_I/O}}}{2 \cdot N \cdot \text{TOP}}$$

Исходя из описания режимов выше для разрабатываемой системы был выбран режим с корректировкой фазы, так как он обеспечивает

Таймер содержит в себе несколько регистров, определяющие его работу:

1) Биты регистра TCCR1A представлены на рисунке 14:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	COM1	COM1	COM1	COM1			WGM11	WGM10
Access	R/W	R/W	R/W	R/W			R/W	R/W
Reset	0	0	0	0			0	0

Рисунок 14 – Биты регистра TCCR1A

Биты COM1A[1:0] и COM1B[1:0] управляют поведением выходных данных (OC1A и OC1B соответственно). В таблице 5 представлено соответствие значения битов и режима для ШИМ с корректировкой фазы.

Таблица 5 – Значения битов COM1A1 и COM1A0 при ШИМ с фазовой коррекцией

COM1A1/ COM1B1	COM1A0/ COM1B0	Описание
0	0	Порт работает в обычном режиме
0	1	Только для WGM1[3:0] = 9 или 11. OC1A работает на сопоставление, OC1B отключен

COM1A1/ COM1B1	COM1A0/ COM1B0	Описание
1	0	Очистка OC1A/OC1B при счете снизу-вверх. Установка флагов OC1A/OC1B при обратном подсчете.
1	1	Установка флагов OC1A/OC1B при счете снизу-вверх. Очистка OC1A/OC1B при счете сверху-вниз.

Биты WGM10 и WGM11 управляют последовательностью подсчета счетчика, источником максимального (верхнего) значения счетчика и типом используемой генерации формы сигнала. Для выбранного режима получается следующая конфигурация:

Mode	WGM13	WGM1 2	WGM1 1	WGM10	TOP	Update OCR1x	TOV1 set on
PWM, Phase Correct	1	0	1	0	ICR1	TOP	BOTTOM

2) Регистр TCCR1B содержит в себе важные биты CS[10:12], определяющие предделитель частоты. Для разрабатываемого устройства выбран предделитель частоты 1, следовательно значения необходимо установить в единицу только бит CS10.

С дополнительную информацию о других регистрах и их битах можно получить из документации[1], стр. 170.

В качестве кулера был выбран вентилятор охлаждения Gembird D8025SM-4 имеет размеры 80x80x25 мм, оснащен с втулочным подшипником, 4-pin разъемом и удлиненным проводом в 30 см. Охлаждение обеспечивается за счет создаваемого воздушного потока в 30.5 CFM. Кулер при работе создает акустический шум составляющий не более 32.35 дБ.

PWM-контакт (ШИМ) является управляющим и отвечает за регулировку оборотов лопастей. Без применения ШИМ вентилятор будет вращаться постоянно на максимальной мощности – 12 Вольт. При изменении программой скорости вращения, применяется модуляция: на управляющий контакт подаются импульсы с большой частотой, которая при этом не меняется, но меняется время нахождения вентилятора в импульсной обмотке.

Основные характеристики:

- напряжение - 12 V;
- сила тока - 0.18 A;
- скорость вращения - 3000 об/мин;
- воздушный поток - 30.5 CFM;
- акустический шум - 32.35 дБ;
- разъём - четырёхпиновый;
- длина провода - 30 см;
- размер - 80x80x25 мм

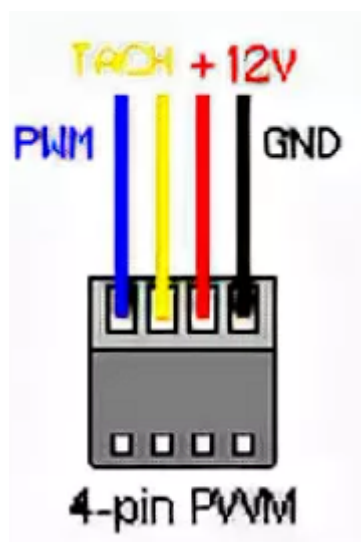


Рисунок 14 – Вид коннектора кулера

Таблица 5 – Таблица назначения выводов кулера

Название	Описание
VCC	Питание +12В



Название	Описание
GND	Минус питания
TACH	Тахометр, выдача частоты оборотов
PWM	ШИМ

### 1.5 Расчет потребляемой мощности

Для определения потребляемой мощности можно воспользоваться формулой:

$$P = U_{cc} \times I_{cc}$$

где  $U_{cc}$  – напряжение питания, равное 5В;

$I_{cc}$  – ток потребления микросхемы, указанный для каждой схемы в ее даташите.

Для устройства  $U_{cc} = 5В$ .

Для расчета мощности резисторов используется формула:

$$P = I^2 * R$$

где  $R$  – сопротивление резистора;  $I$  – ток, проходящий через резистор.

Результаты расчетов представлены в таблице 6.

*Таблица 6 – Расчет мощности, потребляемой устройством*

Тип	Количество элементов данного типа, шт	Максимальный ток потребления микросхемы, мА	Максимальная мощность, потребляемая элементом, мВт	Суммарная мощность, мВт
ATmega328P	1	11	55	55
DHT11	1	2.5	12.5	12.5
LCD1602A	1	260	1300	1300
CH340G	1	30	150	150
Gembird D8025SM-4	1	180	900	900
			<b>Итого:</b>	2417.5

Суммарная потребляемая мощность системы равна 2.42 Вт.

## **1.6 Описание алгоритмов функционирования программы**

### **1.6.1 Главная программа**

Главная программа состоит из двух частей: *main()* и *setup()*. Функция *main* является главной функцией, точкой входа в программу. В ней содержится бесконечный цикл *while* выполняющий основную логику: опрос датчика температуры и влажности, вывод информации о работе системы на дисплей и на ПЭВМ, обработка запросов с ПЭВМ, управление скоростью вращения кулера. *setup* отвечает за инициализацию основных компонентов системы, вызывается из *main*. Схема алгоритма представлена на рисунке 15

представлена схема алгоритма.

### **1.6.2 Модуль работы с дисплеем**

Модуль предназначен для работы с LCD дисплеем, предоставляется следующий функционал:

- void LCD\_ini(void) – инициализирует дисплей, активируя и переводя в нужное состояние пины дисплея;
- void setpos(unsigned char x, unsigned y) – устанавливает курсор на нужную ячейку;
- void str\_lcd (char str1[]) – печать строки.

Схема алгоритма представлена на рисунке 16.

### **1.6.3 Модуль работы с DHT11 датчиком**

Модуль предназначен для получения данных, поступающих с датчика. Обмен сигналами происходит в соответствии с п.1.4.1. Схема алгоритма изображена на рисунке 17.

### **1.6.4 Модуль работы обмена с ПЭВМ**

Модуль работает с USART модулем МК и ПЭВМ через адаптер CH340G. Предусмотрены функции чтения, записи. Схема алгоритма на рисунке 18.

### **1.6.5 Модуль работы с кулером**

Модуль управляет скоростью вращения кулера с помощью выбранного выше режима ШИМ. Модуль содержит функцию `analogWrite` и взаимодействует с таймерами. Схема алгоритма на рисунке 19.

## **2      Технологическая часть**

Для реализации работы системы была написана программа на языке C в программе AVR Studio 4. AVR Studio 4 - интегрированная среда разработки (IDE) для программирования микроконтроллеров AVR, разработанная компанией Atmel (теперь Microchip Technology), предоставляющая разработчикам удобный интерфейс для написания, отладки и загрузки программного обеспечения на микроконтроллеры AVR. AVR Studio 4 поддерживает язык программирования Assembler и C.

Симуляция проводилась в программе Proteus 8. Proteus 8 - это программное обеспечение для моделирования встраиваемых систем и электронных устройств. Оно предназначено для разработки, тестирования и отладки электронных схем и микроконтроллеров. Программа также предоставляет возможность моделировать и анализировать взаимодействие микроконтроллеров с другими компонентами схемы, такими как датчики, актуаторы и периферийные устройства.

### **2.1    Отладка и тестирование программ в среде Proteus 8**

Программа была отлажена с использованием программы Proteus 8.

Симуляция подробнее описана в разделе 2.1.1 и 2.1.2.

Для симуляции работы системы построена схема, показанная на рисунке 20. Для просмотра обмена данными между терминалом ПЭВМ и МК используется элемент Virtual Terminal (рисунках 21).

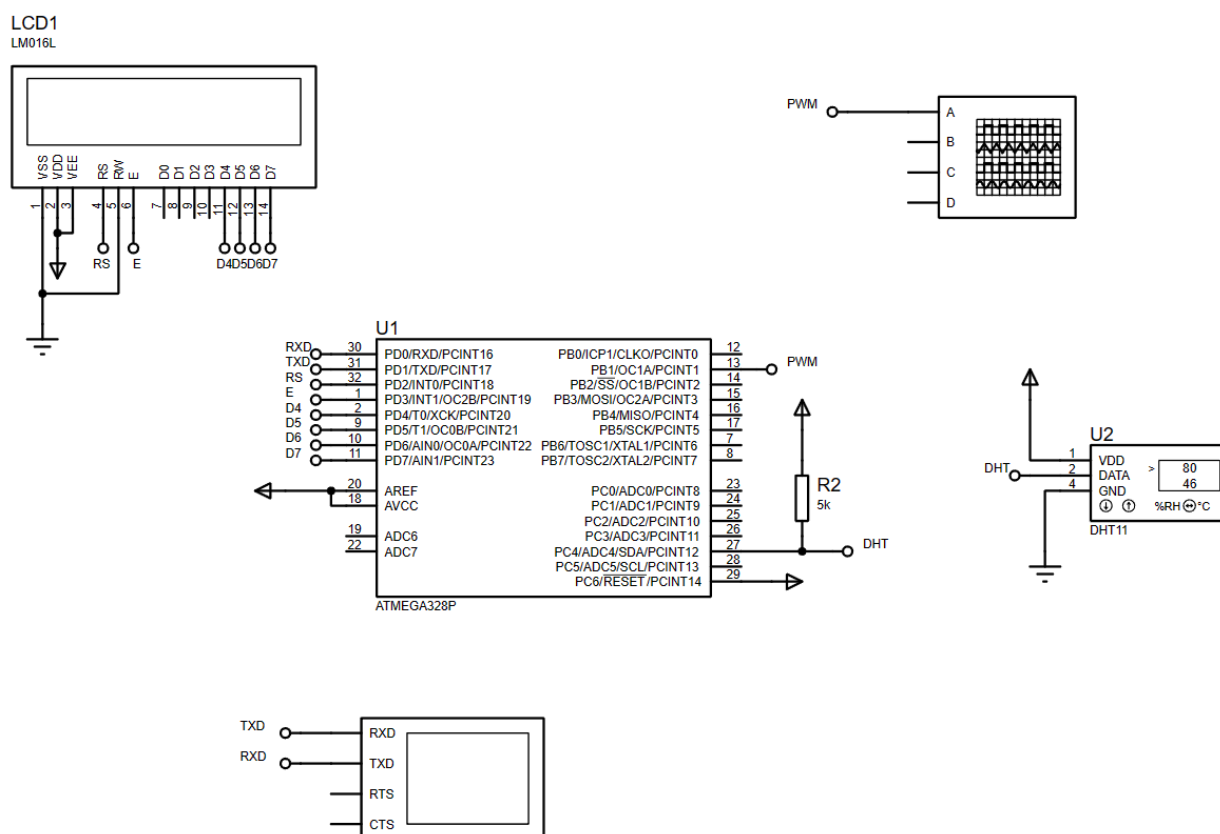


Рисунок 20 – Собранная схема в Proteus 8

## 2.2 Программирование памяти микроконтроллера

Прошить используемый микроконтроллер, то есть загрузить в него свою программу можно несколькими способами, например, через загрузчик bootloader, при помощи USB-TTL или внутрисистемного программатора ISP.

Обычно для программирования используют последний способ – внутрисистемное программирование ISP, который работает по принципу ведомый-ведущий. При программировании AVR программатор всегда функционирует как ведущее устройство, а микроконтроллер как ведомое

У МК AVR прошивка передается по интерфейсу SPI и для работы программатора нужно четыре линии и питание:

- MISO – данные, идущие от контроллера (Master-Input/Slave-Output)
- MOSI – данные, идущие в контроллер (Master-Output/Slave-Input)
- SCK – тактовые импульсы интерфейса SPI

– RESET – сигналом на RESET программатор вводит контроллер в режим программирования

– GND – земля

В качестве разъема для программирования микроконтроллера выбран IDC-06MS. При программировании памяти у МК семейства AVR разъемы программатора соединяются с соответствующими пинами программируемого микроконтроллера.

Все общение программатора с МК состоит из отправки 4-байтовых команд и приема ответов контроллера, набор команд представлен на рисунке .

Instruction/Operation	Instruction Format			
	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4
Programming Enable	0xAC	0x53	0x00	0x00
Chip Erase (Program Memory/EEPROM)	0xAC	0x80	0x00	0x00
Poll RDY/ $\overline{\text{BSY}}$	0xF0	0x00	0x00	data byte out
Load Instructions				
Load Extended Address byte <sup>(1)</sup>	0x4D	0x00	Extended adr	0x00
Load Program Memory Page, High byte	0x48	0x00	adr LSB	high data byte in
Load Program Memory Page, Low byte	0x40	0x00	adr LSB	low data byte in
Load EEPROM Memory Page (page access)	0xC1	0x00	0000 000aa	data byte in
Read Instructions				
Read Program Memory, High byte	0x28	adr MSB	adr LSB	high data byte out
Read Program Memory, Low byte	0x20	adr MSB	adr LSB	low data byte out
Read EEPROM Memory	0xA0	0000 00aa	aaaa aaaa	data byte out
Read Lock bits	0x58	0x00	0x00	data byte out
Read Signature Byte	0x30	0x00	0000 000aa	data byte out
Read Fuse bits	0x50	0x00	0x00	data byte out
Read Fuse High bits	0x58	0x08	0x00	data byte out
Read Extended Fuse Bits	0x50	0x08	0x00	data byte out
Read Calibration Byte	0x38	0x00	0x00	data byte out
Write Instructions <sup>(6)</sup>				
Write Program Memory Page	0x4C	adr MSB <sup>(8)</sup>	adr LSB <sup>(8)</sup>	0x00
Write EEPROM Memory	0xC0	0000 00aa	aaaa aaaa	data byte in
Write EEPROM Memory Page (page access)	0xC2	0000 00aa	aaaa aa00	0x00
Write Lock bits	0xAC	0xE0	0x00	data byte in
Write Fuse bits	0xAC	0xA0	0x00	data byte in
Write Fuse High bits	0xAC	0xA8	0x00	data byte in
Write Extended Fuse Bits	0xAC	0xA4	0x00	data byte in

Рисунок 21 – Набор команд

При записи последовательных данных в устройство данные синхронизируются по восходящему фронту SCK. При считывании данных с устройства данные синхронизируются по нисходящему фронту SCK. Для программирования и проверки устройства в режиме последовательного программирования рекомендуется следующая последовательность действий:



1) Последовательность включения питания:

Необходимо подать питание между VCC и GND, в то время как RESET и SCK установлены на логический 0.

2) Подождать не менее 20 мс и включить последовательное программирование, отправив команду Programming Enable serial на вывод MOSI.

3) Инструкции последовательного программирования не будут работать, если связь не синхронизирована. При синхронизации. второй байт (0x53) будет возвращен при выдаче третьего байта команды включения программирования. Независимо от того, корректно сообщение или нет, все четыре байта инструкции должны быть переданы. Если ответное сообщение 0x53 не последовало, нужно подать положительный импульс сброса и выполнить новую команду включения программирования.

4) Флэш-память программируется по одной странице за раз. Страница памяти загружается по одному байту за раз путем ввода адреса и данных размером 6 LSB вместе с инструкцией загрузки страницы памяти программы. Чтобы обеспечить правильную загрузку страницы, младший байт данных должен быть загружен до того, как для данного адреса будет применен старший байт данных. Страница памяти программы сохраняется путем загрузки инструкции записи страницы памяти программы с 7 мегабайтами адреса. Если опрос (RDY/BSY) не используется, нужно подождать по крайней мере 2.6 мс перед выдачей следующей страницы. Доступ к интерфейсу последовательного программирования до завершения операции записи во флэш-память может привести к неправильному программированию.

5) A: Массив EEPROM программируется по одному байту за раз путем предоставления адреса и данных вместе с соответствующей инструкцией записи. Ячейка памяти EEPROM сначала автоматически стирается перед записью новых данных. Если опрос (RDY/BSY) не

используется, пользователь должен подождать по крайней мере 3.6 мс перед выдачей следующего байта. В устройстве со стертым чипом нет необходимости программировать 0xFFs в файле(файлах) данных.

- 6) Любое место в памяти может быть проверено с помощью команды чтения, которая возвращает содержимое по выбранному адресу при последовательном выводе MISO.
- 7) В конце сеанса программирования можно установить значение RESET на высокое, чтобы микроконтроллер мог выполнить программу.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе выполнения курсовой работы был разработан контроллер кулера на основе микроконтроллера ATmega328P. Устройство предусматривает ручной и автоматический режимы работы. В результате проектирования были разработаны принципиальная и функциональная электрические схемы для аппаратной части устройства. Также были разработаны коды модулей для программы на языке Си. Разработанное устройство удовлетворяет требованиям, предъявленным в задании на курсовой проект.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ATmega328P datasheet [Электронный ресурс] – URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1425005/MICROCHIP/ATMEGA328P.html> (дата обращения: 20.12.2023)
2. LCD1602A datasheet [Электронный ресурс] – URL: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/519148/CA/LCD-1602A/1> (дата обращения: 20.12.2023)
3. DHT11 datasheet [Электронный ресурс] – URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1440068/ETC/DHT11.html> (дата обращения: 20.12.2023)
4. CH340G datasheet [Электронный ресурс] – URL: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/1132618/ETC2/CH340G/461/4/CH340G.html> (дата обращения: 20.12.2023)
5. Gembird D8025SM-4 datasheet [Электронный ресурс] – URL: <https://smd71.ru/Datasheet/FAN%20DC/JF.pdf> (дата обращения: 20.12.2023)
6. Хартов В.Я. Микроконтроллеры AVR. Практикум для начинающих. 2-е издание, Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2012 г. – 278 с.
7. Хартов В.Я. Микропроцессорные системы: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования, Академия, М., 2014 г. – 368с.
8. Шпак Ю.А. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров, МК-Пресс, 2011 г. – 546с.
9. ГОСТ 2.743-91 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники [Электронный ресурс]. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-2-743-91-eskd> (дата обращения: 20.12.2023)
10. ГОСТ 2.701-84 Правила выполнения схем.
11. ГОСТ 2.702-75 Правила выполнения электрических схем.





