

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

**ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

(наименование института полностью)

**Промышленная электроника**

(наименование кафедры)

**11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

(код и наименование направления подготовки, специальности)

**Промышленная электроника**

(направление (профиль)/специальность)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему «Модуль сбора энергетических параметров для облачного сервиса»

Студент(ка)

Д.Д. Чуканова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.А. Шевцов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ Г.

Тольятти 2019

## Аннотация

Выпускная квалификационная работа содержит разработку модуля сбора энергетических параметров для облачного сервиса.

В первом разделе выполнен обзор аналогов и сравнение их характеристик с техническим заданием.

Во втором разделе разрабатывается структурная схема модуля сбора данных, выделяются основные узлы и структурные единицы.

В третьем разделе описывается алгоритм функционирования устройства.

В четвертом разделе разрабатывается схема электрическая принципиальная, выбираются элементы модуля сбора энергетических параметров для облачного сервиса.

В пятом разделе осуществляется разработка печатной платы устройства, описывается общие моменты конструкции устройства.

Выпускная квалификационная работа содержит 6 чертежей на формате А1. Объем пояснительной записки 52 листа.

## Содержание

Введение.....	4
1. Обзор аналогов.....	5
1.1. Счетчики электроэнергии на розетку.....	5
1.2. Анализатор параметров электрической сети.....	8
1.3. Анализатор показателей качества электрической энергии.....	10
2. Разработка структурной схемы устройства.....	14
3. Разработка алгоритма работы модуля сбора энергетических параметров.....	17
4. Разработка принципиальной схемы модуля сбора энергетических параметров.....	23
4.1. Выбор и описание микроконтроллера.....	23
4.2. Выбор дисплея.....	27
4.3. Выбор WiFi модуля.....	27
4.4. Датчики тока и напряжения.....	30
4.5. Разработка блока питания.....	34
5. Разработка конструкции устройства.....	42
6. Экономическая часть.....	45
7. Безопасность и экологичность проекта.....	48
Заключение.....	50
Список используемой литературы.....	51

## Введение.

При планировании и учете потребляемой электроэнергии важно знать набор энергетических параметров: действующие величины сетевого напряжения, потребляемого тока, набор мгновенных значений сетевого напряжения и потребляемого тока, на основании которых вычисляются все необходимые параметры и показатели: полная мощность и ее составляющие, коэффициент мощности, коэффициент несинусоидальности и прочее.

При этом, в настоящее время важное значение приобретает возможность архивирования этих данных и передача их в различные облачные сервисы для хранения, обработки и последующего удаленного, дистанционного использования.

Измеряемые параметры и вычисляемые на их основе могут выбираться как произвольным образом, например, измерять значения напряжения и тока и вычислять потребляемую активную, а в некоторых случаях и полную мощность. Также необходимые вычисляемые параметры могут регламентироваться нормативными документами, в частности ГОСТ Р 54149-2010.

Современная элементная база позволяет строить на основе микроконтроллеров практически любые устройства для сбора и первичной обработки различных физических величин, при этом на основе специализированных систем на кристалле (SoC – system on chip) можно строить устройства, которые не только будут выполнять измерение и первичную обработку параметров, но также и накапливать их или передавать в рамках беспроводных сетей на внешние устройства накопления, хранения и обработки.

В выполненной ВКР разрабатывается модуль на микроконтроллере, с подключенными к нему датчиком тока, датчиком напряжения и модулем WiFi, организующим взаимодействие с сетевой инфраструктурой.

Управление модулем возможно и по сети и с клавиатуры. Данные отправляются на страницу устройства, формируются аппаратными средствами модуля WiFi, также эти данные могут отображаться на экране дисплея.

## **1. Обзор аналогов.**

В настоящее время на рынке представлены устройства для измерения параметров электрической энергии, которые можно разделить по ряду признаков:

- по количеству фаз электрической сети с которыми они работают: на однофазные и трехфазные;
- по назначению: на бытовые и на промышленные;
- по расположению: на стационарные и переносные/носимые;
- по наличию внутренней памяти результатов: на накапливающие (архивирующие) результаты измерений и нет;
- по наличию возможности связи с внешними устройствами и передачи на них результатов измерений.

### **1.1. Счетчики электроэнергии на розетку.**

Следует отметить, что измерение параметров электрической энергии активно продвигается в бытовую повседневную сферу и на рынке представлен ряд устройств, которые представляют собой своеобразные переходники, вставляемые в бытовую розетку и имеющие на своем корпусе розетку. Такие устройства являются «сквозными» для потребителей электрической энергии, подключаемым к ним и дают возможность измерить потребляемый электрический ток (как правило, максимальное и действующее значения), напряжение электрической сети (действующее значение), потребляемую мощность (как правило активную) и фиксировать потребленную энергию за интервалы включенного состояния.

Рассмотрим ряд предложений, присутствующих на рынке и реализующих принцип «накладной электросчетчик».

Первым примером подобных устройств является серия приборов МЕГЕОН [1]. Производитель выпускает целый набор измерителей, которые в его производственной линейке называются ваттметрами. Внешний вид прибора показан на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1. - Внешний вид ваттметра Мегеон 71017.

Этот прибор позволяет подключать к нему потребителей с электрическими питающими вилками различных стандартов и имеет следующие возможности:

Измерение: величины потребляемого тока, сетевого напряжения, частоты питающего напряжения.

Запись: запись значения потребленной энергии, запись времени работы.

Установка порога перегрузки, расчет коэффициента мощности.

Жидкокристаллический экран с подсветкой.

Технические характеристики прибора сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1.- Технические характеристики прибора Мегеон 71017

№ п/п	Наименование параметра	Величина
1	Напряжение питания, В	220
2	Частота питающего напряжения, Гц	50
3	Рабочее напряжение, В	180...260
4	Максимальный ток через прибор, А	16
5	Диапазон измерения тока, А	0...16
6	Максимальная мощность, потребляемая нагрузкой, Вт	3520
7	Диапазон измерения мощности, Вт	0,1...3520
8	Диапазон вычисления потребленной энергии, кВт*ч	0...9999
9	Коэффициент мощности	0.001...1.000
10	Возможность установки порога предупреждения	Есть
11	Собственное потребление электрической мощности прибором, Вт	<1

Производитель предлагает линейку подобных приборов с изменяющимся значением максимального тока потребителя и соответственно изменяющейся максимальной вычисляемой мощностью. Однако, кроме жидкокристаллического дисплея никаких интерфейсов для взаимодействия с другими приборами, а также для подключения его к информационным сетям в приборе нет.

Стоимость приборов из рассмотренной линейки, в зависимости от тока нагрузки и наличия/отсутствия таймера выключения колеблется от 2000 до 2600р.

## 1.2 Анализатор параметров электрической сети

Более широкий спектр функциональных возможностей у приборов, называемых анализаторами параметров электрической сети. Эти приборы позволяют измерять не только действующие значения напряжения питающей сети и потребляемого нагрузками тока, но также и производить расчет параметров электрической энергии, в том числе и определяемые ГОСТ Р 54149-2010.

Рассмотрим один из примеров подобных устройств, представленных на рынке DIRIS A10 [2].

Этот анализатор является многофункциональным устройством для работы в сетях низкого напряжения (до 1000В). Его внешний вид показан на рисунке 1.2.

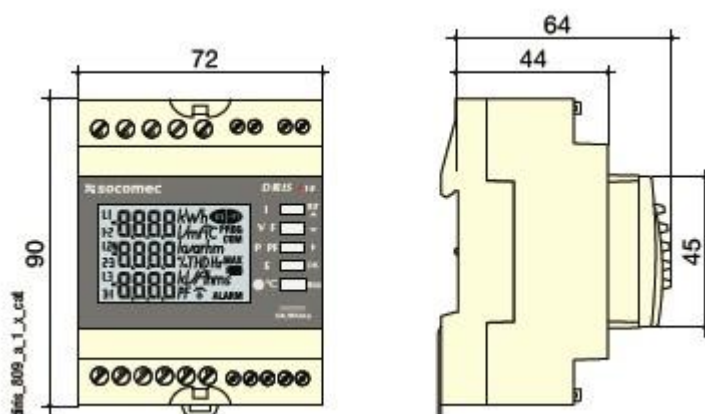


Рисунок 1.2. - Внешний вид и габаритные размеры анализатора параметров электрической энергии DIRIS A10.

Анализатор рассчитан на монтаж на дин рейке, что позволяет использовать его в электрических шкафах для промышленного, и в случае необходимости, для бытового применения.

Это устройство обеспечивает отображение измеренных и вычисленных величин на жидкокристаллическом экране, расположенном на лицевой стороне корпуса. Монтаж проводов от питающей сети и к подключаемым потребителям осуществляется с помощью винтовых клемм.



Модификация устройства DIRIS A10+COM позволяет подключать к анализатору внешние устройства по интерфейсу RS485 с использованием протокола MODBUS. В программное обеспечение анализатора встроена возможность коррекции ошибок измерения при подключении внешних трансформаторов тока. Кроме того, в схему анализатора встроены термодатчик, позволяющий измерять температуру и на уровне встроено программного обеспечения производить корректировку измерений с учетом колебаний температуры.

Производитель относит к особенностям устройства следующее:

- Возможность измерения напряжения, тока, мощности и коэффициента мощности для трехфазных сетей, как для отдельных фаз, так и для суммарно трех фаз.
- Фиксацию максимальных значений тока и мощности.
- Измерение значений и активной и реактивной мощностей.
- Вычисление коэффициента гармоник THD вплоть до 51 гармоники.
- Наличие импульсного выхода для подачи сигналов тревоги по всем параметрам, по которым производится измерение или управляющих импульсов для внешних устройств.

Структурно-функциональная схема подключения этого анализатора к питающей сети и компьютерному комплексу или промышленному программируемому контроллеру показана на рисунке 1.3.

Из рисунка видно, что рассматриваемый анализатор может быть подключен не только к персональному компьютеру, но с использованием интерфейса RS485 MODBUS и к различным ПЛК.

При этом средняя цена подобного устройства составляет около 5500 рублей.

При этом, следует учитывать, что в состав устройства входит только возможность подключения к внешним компьютерным комплексам только по интерфейсу RS485, а возможности подключаться по сетям Ethernet или Wi-Fi

нет, также, как и нет возможности подключаться к нему с мобильных устройств.

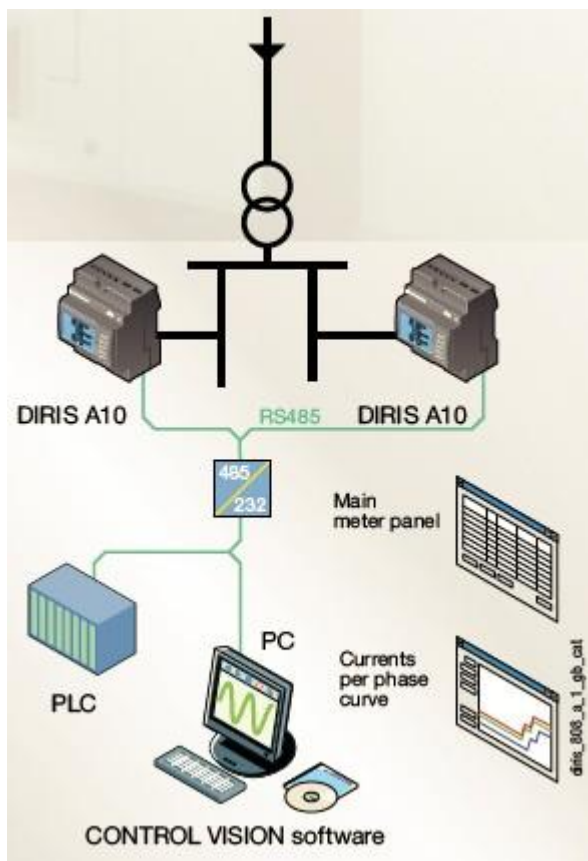


Рисунок 1.3. – Схема подключения анализатора параметров электрической энергии к программно-аппаратным комплексам.

### 1.3. Анализатор показателей качества электрической энергии

Следующим классом устройств, используемых для регистрации и анализа параметров электрической энергии, являются анализаторы качества электрической энергии. Эти приборы на основе измеренных в течение периода сетевого напряжения мгновенных значений потребляемого нагрузкой тока и сетевого напряжения производят вычисление различных параметров, регламентированных различной нормативной документацией уровня ГОСТов.

Использование в анализаторах параметров электрической энергии достаточно мощных микроконтроллеров позволяет не только вычислять полный спектр всех нормированных величин, но также осуществлять их хранение

ние, набирая значения, например, за рабочую смену или вообще за сутки, а также осуществлять связь и передачу этих данных в различные информационные системы, отслеживать моменты выхода нормируемых величин за допустимые пределы, фиксировать пиковые значения измеряемых и вычисляемых величин и в случае необходимости осуществлять подачу информационных сообщений о тех или иных событиях, а также выработку управляющих воздействий в импульсной форме, которые в дальнейшем можно использовать для управления теми или иными устройствами с цифровыми интерфейсами. Например, различными расцепителями, аварийными выключателями или другими исполнительными устройствами.

В качестве примера подобных анализаторов рассмотрим прибор РМАС780Н.

Анализатор качества электрической энергии РМАС780Н производится фирмой Pilot Technology Co. Он предназначен для контроля показателей качества электрической энергии, включая анализ параметров гармоник тока и напряжения, регистрации аварийных ситуаций, фиксацию проседания напряжения и переходных процессов в электрических сетях.

Внешний вид анализатора показан на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4. – Внешний вид лицевой поверхности и разъемов для подключения к измеряемым цепям анализатора показателей качества электрической энергии РМАС780Н.

Его основные параметры:

- количество измеряемых значений за период – 1024;
- количество анализируемых гармоник – 63;
- операции, выполняемые для гармонического анализа: вычисление угла сдвига фаз, коэффициента нелинейных искажений, анализ отдельно четных и нечетных гармоник, вычисление мощности потребленной по каждой гармонике от 1 до 31, а также потребленной энергии также от первой до 31 гармоники;
- определения небаланса тока и напряжения
- фиксация в памяти устройства провалов, пропадания и всплесков напряжения, запись момента времени, когда возникают эти события, запись их мгновенных (максимальных и минимальных) значений;
- определение отклонений по частоте и напряжению сети с возможностью выбора уставок срабатывания оповещений и их запись;
- фиксация переходных процессов длительностью от 20мкс;
- наличие триггерного порта для отслеживания заданных перепадов измеряемых величин;
- определение фактов флуктуации напряжения и вычисление величины фликера;
- нахождение источника искажений формы напряжения – со стороны сети или потребителя;
- количество каналов измерения тока – 4;
- количество каналов измерения напряжения – 4;
- операции с величинами напряжения: измерение фазных, линейных, средних значений, определение угла сдвига фаз;
- операции с величинами тока: измерение фазных значений, вычисление среднего тока, определение фазового сдвига;
- вычисление значений полной, активной и реактивной мощностей как пофазно, так и в сумме трех фаз;
- вычисление пофазного и суммарного коэффициента мощности;

- возможность выполнения архивации измеренных и вычисленных значений за 30 дней или 12 месяцев;
- возможность многотарифного учета энергии;
- вычисление значений потребленной энергии: полной и реактивной энергии, как потребленной, так и сгенерированной, энергию потребленную/сгенерированную по основной гармонике;
- объем встроенной памяти 8ГБ;
- возможность записи кривых, описывающих переходные процессы – до 256 штук;
- запись статистики по директиве EN50160;
- количество дискретных входов – 8шт.
- количество дискретных выходов – 4шт.
- наличие цветного жидкокристаллического экрана с разрешением 640x480 точек с выводом измеренных и вычисленных величин, результатов гармонического анализа, векторных диаграмм, состояния входов и выходов;
- внешние интерфейсы: Ethernet Modbus TCP/IEC61850, 2 штуки портов RS485 со скоростью передачи данных от 1200 до 38400 бод по протоколу MODBUS-RTU;
- возможность SNTP установки времени.

Стоимость приборов такого уровня начинается от 20000 рублей и доходит до нескольких сотен тысяч рублей.

Таким образом, мы рассмотрели представителей разных классов устройств, которые позволяют измерять те или иные параметры электрической энергии и на их основе вычислять определенный набор показателей. Эти приборы обладают разными возможностями по вычислению, архивированию и передачи во внешнюю среду параметров и показателей качества электрической энергии. Соответственно функционалу меняется и цена этих приборов.

## 2. Разработка структурной схемы устройства

В этом разделе разработаем состав блоков, входящих в наше устройство. В соответствии с заданием на выпускную квалификационную работу наше устройство должно измерять сетевое напряжение, потребляемый электрической нагрузкой ток, вычислять на основе измеренных значений ряд величин, иметь возможность подключиться к сети WiFi и сформировать набор значений, который будет пересылаться в информационную сеть через WiFi по запросам внешних устройств или некоторых облачных сервисов.

Это означает что в состав конечного устройства должны входить датчик тока и датчик напряжения, микроконтроллер, который содержит аналого-цифровой преобразователь для преобразования непрерывных величин после датчиков в цифровую форму, и их последующей обработки. Также в состав нашего устройства должен входить модуль, позволяющий подключиться по командам микроконтроллера в сеть WiFi и организовать передачу информации об измеренных и вычисленных значениях по запросам внешних устройств, подключающихся к нашему устройству.

Для хранения массива измеренных величин будем использовать дополнительно модуль записи на флэш память, причем для упрощения возможности переноса данных с нашего устройства на другие в качестве такого модуля используем кард-ридер для флэш-карточек формата SD.

Для организации упрощенного взаимодействия с пользователем нашего устройства, включим в его состав жидкокристаллический дисплей и клавиатуру для настройки и переключения параметров при просмотре их на жидкокристаллическом экране. Клавиатура будет содержать кнопки для перемещения вверх-вниз и выбора параметра. Т.е. в состав клавиатуры будут входить три кнопки.

Кроме перечисленных модулей, в состав разрабатываемого устройства должен входить источник питания, преобразующий сетевое напряжение, к которому подключается наше устройство в необходимый для питания

остальных модулей уровень напряжения. Причем, вполне вероятно, что таких уровней напряжения, предназначенных для питания разных устройств может быть несколько.

В результате проведенного анализа структуры нашего устройства получим структурную схему, показанную на рисунке 2.1.

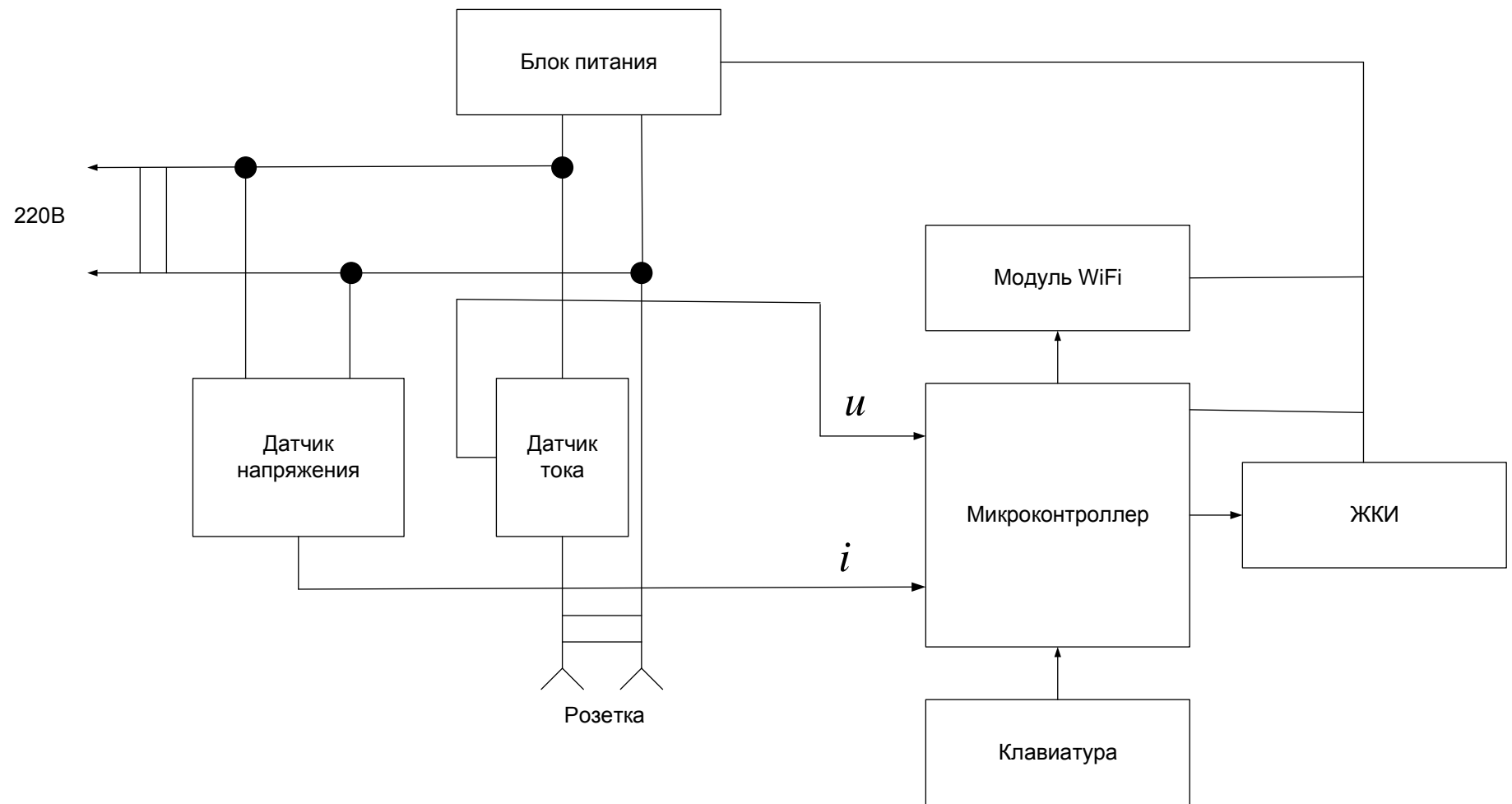


Рисунок 2.1. Структурная схема модуля сбора энергетических параметров.



### 3. Разработка алгоритма работы модуля сбора энергетических параметров.

Разрабатываемое устройство производит измерение мгновенных значений сетевого напряжения и потребляемого некоторой нагрузкой из сети тока.

Преобразование информации из аналогового в цифровое значение будет производить аналого-цифровой преобразователь, входящий в состав микроконтроллера. Аналоговые значения на АЦП будут поступать от датчика напряжения и датчика тока. В задании сказано, что наш модуль должен измерять за период 128 мгновенных значений тока и напряжения. Это означает, что мы должны сформировать два массива данных: для хранения мгновенных, преобразованных в цифровую форму и отнормированных значений сетевого напряжения и аналогично – второй массив для хранения мгновенных значений потребляемого тока в цифровой форме.

Эти мгновенные значения будут использоваться при вычислениях действующих значений сетевого напряжения и потребляемого тока. Зная мгновенные значения напряжения и тока, мы сможем вычислить полную мощность, активную мощность и коэффициент мощности.

Для вычисления перечисленных выше величин воспользуемся известными выражениями:

Для активной мощности

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t)i(t)dt, \quad (3.1)$$

, где  $u(t)$  – мгновенные значения сетевого напряжения, а  $i(t)$  – мгновенные значения потребляемого тока.

Для действующего значения потребляемого тока

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 t dt}$$

$$, \quad (3.2)$$

Для вычисления действующего значения сетевого напряжения

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 t dt}, \quad (3.3)$$

Вычисление полной мощности можно провести, зная значение действующих напряжения и тока:

$$S=UI \quad (3.4)$$

Коэффициент мощности вычисляется как отношение активной мощности к полной

$$k=P/S. \quad (3.5)$$

Перечисленные выражения используются в аналитических вычислениях, где рассматривают аналоговые величины. Поскольку мы будем использовать микроконтроллер, нам необходимо преобразовать эти формулы к виду, удобному для работы с дискретными значениями величин.

Для нахождения действующего значения потребляемого тока на основе дискретных значений, полученных на основе измеренных будем использовать выражение

$$I = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=0}^N i_j^2}, \quad (3.6)$$

где N – количество отсчетов значений тока за период сетевого напряжения.,  $i_j$  - мгновенное цифровое значение измеренного потребляемого тока.

Для нахождения действующего значения сетевого напряжения применим выражение

$$U = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=0}^N u_j^2}$$

, (3.7)

где  $u_j$  - измеренное цифровое значение мгновенного значения сетевого напряжения.

В соответствии с заданием на выпускную квалификационную работу, нам необходимо проводить 128 отсчетов значений напряжения и тока за период сетевого напряжения. Т.е. значение  $N$  в записанных выше формулах будет равняться 128.

Значение активной мощности мы найдем по следующему выражению:

$$P = \frac{1}{N} \sum_j^N u_j i_j \quad (3.8)$$

А величины полной мощности  $S$  и коэффициента мощности  $k$  определим уже по выражениям (3.4.) и (3.5).

Опишем алгоритм взаимодействия модуля сбора данных с пользователем.

Будем считать, что на экране нашего устройства в один момент времени может отображаться только ограниченный набор величин: либо действующие значения тока и напряжения, либо значения мощностей и коэффициента мощности.

Это позволит нам выбрать двухстрочный дисплей и добиться снижения стоимости материалов и комплектующих.

Определим, какие максимальные числа смогут отображаться на дисплее. Максимальное значение измеряемого тока по заданию – 10 А. Максимальное значение напряжение в бытовых сетях по стандарту – не более 240В. С учетом заданного нам максимального значения напряжения 250В, максимальное значение мощности будет

$$S=250*10=2500\text{ВА}$$

Это означает, что нам достаточно 4 знакоместа для отображения максимального числового значения, которое может возникнуть при работе нашего устройства.

Добавим еще 1 знакоместо на десятичную запятую и одно знакоместо – на десятичную дробную часть чисел. Итого получается 6 знакомест для отображения численного значения. Для отображения обозначения самого параметра достаточно одного знакоместа, и еще одно знакоместо можно отвести на знак равенства - «=».

Переключения на экране прибора будем осуществлять с помощью кнопок. Одна кнопка будет переключать показания «вверх», вторая – «вниз».

После выполнения всех вычислений и формирования набора вычисленных параметров, микроконтроллер должен передать по запросу эти значения в модуль WiFi, который будет заниматься формированием html страницы и передачей ее по запросам других устройств в соответствующие сервисы.

Опишем алгоритм, по которому будет осуществляться работа нашей схемы.

После подключения напряжения питания происходит инициализация микроконтроллера и модуля WiFi. Микроконтроллер начинает опрашивать датчик напряжения для определения начала периода сетевого напряжения.

После того, как будет обнаружено начало периода сетевого напряжения (переход напряжения через ноль из отрицательного в положительное значение) запускается опрос показаний датчика тока. Измеренные значения тока и напряжения начинают преобразовываться в цифровую форму и записываться в соответствующие массивы.

После того, как пройдет период сетевого напряжения (напряжение опять поменяет свой знак с «минуса» на «плюс»), микроконтроллер начинает вычислять значения  $S$ ,  $P$ ,  $U$ ,  $I$ ,  $k$ .

Как только эти значения будут вычислены, их можно выводить на экран дисплея и по интерфейсу UART отправлять в модуль WiFi.

Микроконтроллер выводит на экран действующие значения напряжения и тока и опрашивает клавиатуру. Если будет нажата клавиша, то он переключает изображение на отображение значений мощностей, а потом – коэффициента мощности.

Блок-схема алгоритма работы разрабатываемого устройства показана на рисунке 3.1.

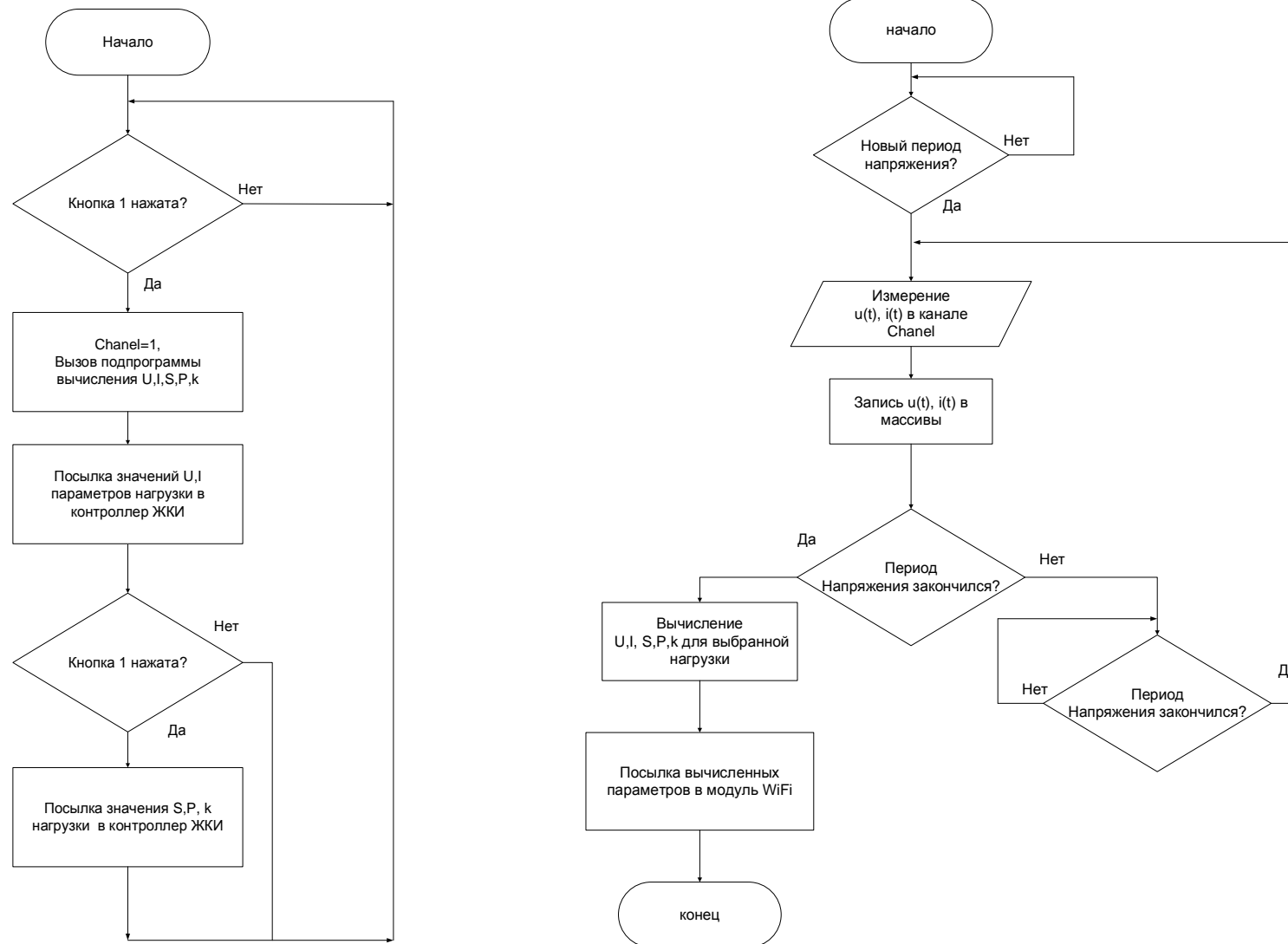


Рисунок 3.1. – Блок схема алгоритма работы модуля сбора энергетических параметров.

## 4. Разработка принципиальной схемы модуля сбора энергетических параметров.

### 4.1. Выбор и описание микроконтроллера.

Разработку принципиальной схемы устройства начнем с выбора основного элемента устройства – микроконтроллера

В соответствии с заданием, мы должны измерять значения сетевого напряжения и потребляемого тока. Причем за один период сетевого напряжения, по заданию, мы должны мерять по 128 значений той и другой величины. Поскольку, в состав микроконтроллера входит только один аналого-цифровой преобразователь, то преобразование нескольких входных аналоговых величин осуществляется по очереди, переключением входных измерительных каналов.

Найдем полное количество отсчетов, которое должен провести АЦП микроконтроллера для того, что измерить величины в соответствии с заданием.

$$N_{\text{полн}} = N * 2 = 128 * 2 = 256$$

Т.е. для проведения измерений по двум каналам за период сетевого напряжения микроконтроллер должен провести 256 отсчетов.

Найдем интервал времени, через которое будут выполняться эти отсчеты (время дискретизации).

$$t = \frac{T}{N} = \frac{1}{fN} = \frac{1}{50 * 256} = 78 \text{ мкс}$$

Определим необходимый объем оперативной памяти, для того, чтобы хранить два массива измеренных значений тока и напряжения.

Оценку будем производить из расчета, что программа будет использовать формат чисел с плавающей запятой, а значит, на запись в память на

каждое число потребуется по 4 байта. Для сохранения в памяти измеренных за один период значений тока и напряжения в количестве 128 отсчетов каждое необходимо два массива размерностью 128x1 или же по

$$128*4=512 \text{ байт}$$

На массив тока и напряжения, или всего 1024 байта на два массива.

Кроме этого, нам придется еще хранить в текущем режиме в оперативной памяти значения результатов вычисления  $S, P, U, I, k$ , а это еще

$$5*4=20 \text{ байт.}$$

Итого получается, что размер ОЗУ для хранения всех результирующих переменных должно быть не меньше 1044 байта.

Как уже было указано выше, мы должны проводить измерение двух физических величин – тока и напряжения, поэтому микроконтроллер должен обладать минимум двумя входами АЦП.

Для связи с модулем WiFi микроконтроллер должен содержать хотя бы один порт UART с аппаратной реализацией протокола обмена информацией.

В настоящий момент, для решения подобных задач в практике разработчиков электроники широко используются 8-ми разрядные микроконтроллеры архитектуры AVR фирмы Microchip, которые ранее были разработаны фирмой Atmel.

Эти микроконтроллеры имеют в своем семействе несколько моделей с различными объемом памяти и разным количеством выводов, которые позволяют подсоединять разное количество внешних устройств, являющихся как источниками входных сигналов, так и управляемых микроконтроллером.

Поскольку количество входных измеряемых сигналов у нас ограничено двумя – током и напряжением, а количество внешних устройств включает в себя модуль WiFi и жидкокристаллический дисплей, то мы можем выбрать микроконтроллер модели ATmega328P в корпусе TQFP32

Этот микроконтроллер имеет следующие характеристики:

- внутренняя архитектура – RISC;
- объем оперативной памяти – 2 кБ;



- объем памяти программ (флэш-память) – 32 кБ;
- объем EEPROM (энергонезависимой памяти) – 1 кБ;
- количество регистров общего назначения – 32 шт;
- количество выводов – 32 шт;
- количество восьмиразрядных счетчиков (таймер/счетчиков) – 2;
- количество шестнадцатиразрядных счетчиков (таймер/счетчиков с функцией компаратора);
- счетчик реального времени;
- количество аналого-цифровых преобразователей – 1;
- количество каналов АЦП – 8;
- разрядность АЦП – 10 разрядов;
- количество интерфейсов USART – 2.

Микроконтроллер имеет УГО, приведенное на рисунке 4.1.

1	PD3	MCU	PD2	32
2	PD4		PD1	31
3	GND		PD0	30
4	VCC		PC6	29
5	GND		PC5	28
6	VCC		PC4	27
7	PB6		PC3	26
8	PB7		PC2	25
9	PD5		PC1	24
10	PD6		PC0	23
11	PD7		ADC7	22
12	PB0		GND	21
13	PB1		AREF	20
14	PB2		ADC6	19
15	PB3		AVCC	18
16	PB4		PB5	17

Рисунок 4.1. Условное графическое обозначение МК ATmega328P

Для генерации тактовых импульсов, задающих работу микроконтроллера будем использовать встроенный тактовый генератор, а частоту тактовых импульсов примем равной 8 МГц.

Схема подключения узла тактирования микроконтроллера показана на рисунке 4.2.

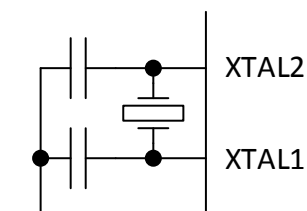


Рисунок 4.2. – Подключение тактирующего модуля.

Производитель микроконтроллера рекомендует для тактовой частоты 16МГц использовать кварцевый резонатор, настроенный на эту частоту и конденсаторы емкостью 22 пкФ.

Для связи с датчиками тока и напряжения будем использовать входы каналов АЦП РС0 и РС1. Вывод РС0 будем использовать для считывания данных напряжения, а вывод РС1 – для считывания данных о токе.

АЦП в выбранном микроконтроллере преобразует один отсчет из аналоговой в цифровую форму в течение интервала времени от 13 до 260 мкс, при этом частота преобразования АЦП находится в пределах от 50 до 1000 кГц. Входное напряжение АЦП должно изменяться в диапазоне от 0 В до величины  $U_{ref}$  (опорное напряжение), а в свою очередь, опорное напряжение можно задавать в диапазоне от 2В до величины напряжения питания АЦП.

Исходя из перечисленных параметров, зададимся величиной опорного напряжения в 2,56В.

Кнопки управления (переключение показаний жк-дисплея «вверх» и «вниз») подключим к выводам РВ1, РВ2 и резервную кнопку к выводу РВ3.

В качестве кнопок выбираем модель TS-A6PG, у которой рабочие параметры (напряжение и ток) 12В и 0,05 А соответственно. Поскольку этими кнопками мы будем коммутировать информационные сигналы, то такой величины максимально допустимого тока достаточно для наших задач.

## 4.2. Выбор дисплея

В настоящее время значительно снизилась цена на OLED дисплеи, которые обладают небольшими габаритами и при этом обеспечивают высокую читаемость текста.

При этом, для этих дисплеев существуют программные библиотеки, позволяющие использовать их как в текстовом, так и в графическом режимах, что значительно расширяет их применимость.

Как правило, имеются различные виды таких дисплеев с интерфейсом I2C, главным достоинством которого является малое количество проводов для связи между устройствами. Так, в его состав входит 4 провода: +5В, общий, и информационные: SCL и SDA. Внешний вид модуля дисплея, уже включающим в свой состав контроллер I2C показан на рисунке 4.3.

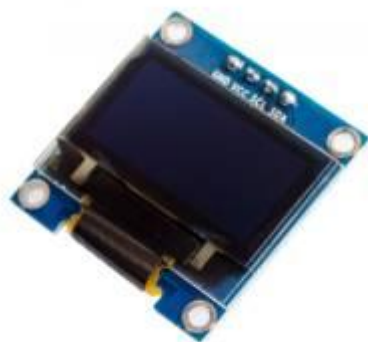


Рисунок 4.3. – Внешний вид дисплея.

## 4.3. Выбор WiFi модуля

Для организации доступа в компьютерные сети и использования возможности передачи информации об энергетических параметрах запрашивающим это внешним устройствам будем использовать модуль на основе микросхемы ESP8266.

Этот модуль представляет собой распаянные на одной плате микросхему ESP8266, разведенную на этой плате антенну, кварцевый резонатор, микросхему флэш-памяти и необходимые для функционирования резисторы и конденсаторы.

Микросхема ESP8266 представляет собой 32-х разрядный одноядерный микроконтроллер, работающий на частоте 80 МГц и встроенный набор узлов для обеспечения работы WiFi (стек протоколов TCP/IP), причем модуль WiFi поддерживает шифрование WPA/WPA2 и работает по протоколам 802.11 b/g/n. Микросхема поддерживает работу в следующих WiFi режимах:

- станция;
- точка доступа;
- одновременная работа в режиме станции и точки доступа.

Поддерживаются сетевые протоколы IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP.

Внутренняя структурная организация системы на чипе показана на рисунке 4.4.

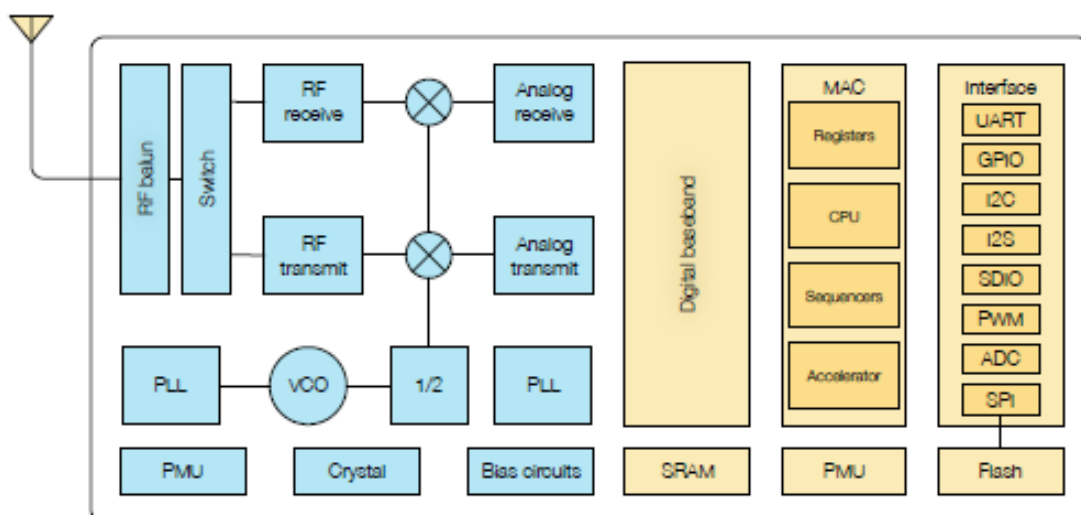


Рисунок 4.4. – Структурная схема микросхемы ESP8266

Синим цветом на этом рисунке показаны узлы, относящиеся к радиочастотной части, а желтым – узлы вычислительной части (арифметико-логическое устройство и память) и части отвечающей за организацию работы с внутренней периферией ESP8266.

В состав внутренней периферии ESP8266 входят аналого-цифровой преобразователь, широтно-импульсный модулятор, модули организации работы интерфейсов UART, I2C, SDIO, SPI, а также коммутатор, подключающий эти блоки к выводам микросхемы.

Для упрощения конструкторской работы при разработке электронных изделий, ряд производителей электроники выпускает модули, выполненные на печатных платах, содержащие ESP8266, антенну, выполненную в виде дорожки на печатной плате, или же устанавливают на этих платах разъемы для подключения к ним внешних антенн, что может увеличить расстояние радиосвязи.

На рисунке 4.4 показан модуль ESP12E - один из вариантов модулей, построенных на системе на кристалле ESP8266.

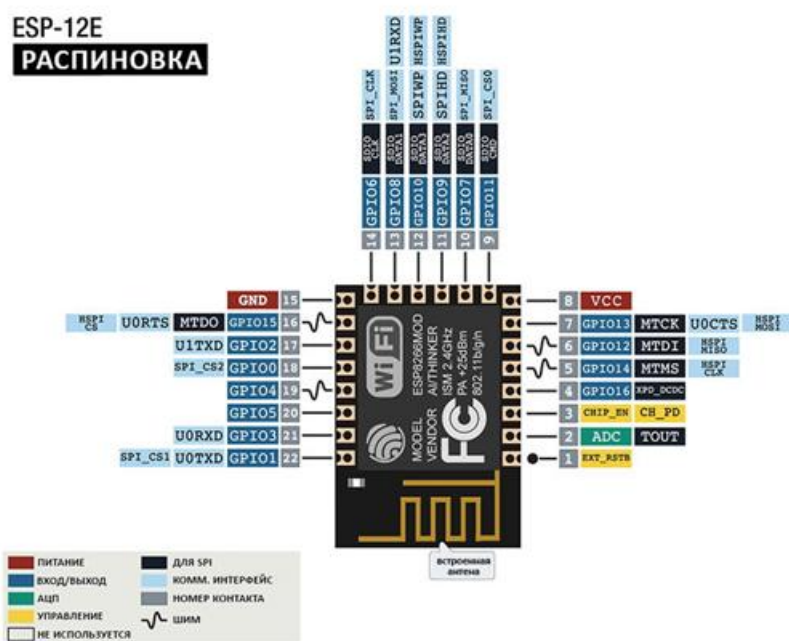


Рисунок 4.4. – Внешний вид и назначение выводов модуля ESP12E.

Этот модуль предназначен для использования во встраиваемых решениях и удешевлен по сравнению с другими вариантами за счет отсутствия на нем порта USB для программирования. Программирование модуля осуществляется через порт UART, подключенный к выводам 21 и 22. Программирование можно осуществлять предварительно, до установки модуля на предназначенное ему место, или же можно запрограммировать прямо в устройстве, если обеспечить необходимые условия для подключения программатора.

Условное графическое обозначение, которое будем использовать для обозначения модуля ESP12-E на принципиальных схемах показано на рисунке 4.5.

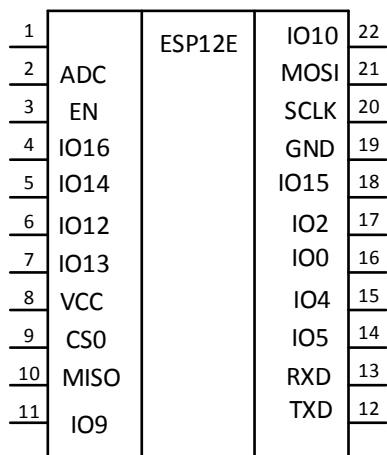


Рисунок 4.5. Условное графическое обозначение модуля ESP-12E.

Пользовательские программы и данные хранятся во внешней микросхеме памяти, установленной на печатную плату и подключенную к ESP8266 по шине SPI. Типовым объемом этой памяти является 4Мбайт

Модуль ESP12E питается от напряжения 3.3В, потребляя в рабочем режиме ток 80мА, однако существуют кратковременные всплески потребления тока до 150мА, что необходимо учитывать при разработке схемы питания устройств, использующих ESP8266.

Также следует учитывать, что питание от 3.3В обуславливает и напряжение логических уровней у ESP8266. Входное и выходное напряжение логической единицы также должно быть меньше 3.3 В. Поэтому при подключении ESP8266 к микроконтроллеру ATmega328P требуется учитывать необходимость согласования напряжений логических уровней.

#### 4.4. Датчики тока и напряжения.

Измерение значений сетевого напряжения и их преобразование для подачи на вход АЦП микроконтроллера будем производить с помощью преобразователя IR2171. Эта микросхема преобразует аналоговое непрерывное

входное напряжение в набор импульсов, ширина которых на прямую зависит от уровня измеряемого напряжения. Выходные импульсы с этой микросхемы будем подавать на счетный вход PBO микроконтроллера. К этому входу в микроконтроллере подключен внутренний 16-ти разрядный таймер-счетчик №1, который будет подсчитывать количество внутренних импульсов, пока на этот его вход поступает единичный импульс с IR2171. Тем самым мы получим цифровую величину, пропорциональную уровню входного напряжения, которое, в свою очередь, будет пропорционально сетевому. Это избавит нас от необходимости загружать встроенный в микроконтроллер аналого-цифровой преобразователь преобразование величины сетевого напряжения в цифровую форму, а все его ресурсы выделить только на преобразование величины потребляемого тока.

На рисунке 4.6. показано условное графическое обозначение IR2171.

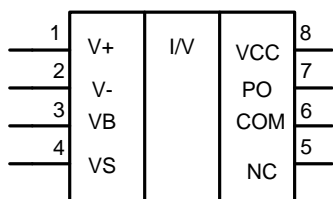


Рисунок 4.6. – Условное графическое обозначение преобразователя напряжение-код IR2171.

Назначение выводов преобразователя:

- 1 – входное напряжение, положительный полюс;
- 2 - входное напряжение, отрицательный полюс;
- 3 – вывод питания на первичной стороне («высокого» напряжения);
- 4 – общая точка на первичной стороне («высокого» напряжения);
- 5 – не используется;
- 6 – общая точка на вторичной стороне («низкое» напряжение);
- 7 – выходной вывод ШИМ;
- 8 – вывод питания на вторичной стороне («низкое» напряжение).

Типовая схема включения преобразователя с дополнительными элементами показана на рисунке 4.7.

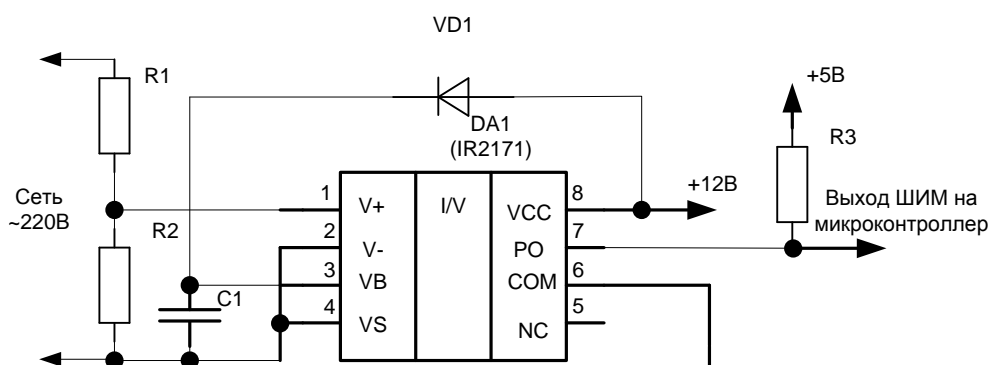


Рисунок 4.7. – Типовая схема включения преобразователя «напряжение – код» IR2171.

Этот преобразователь потребляет ток 2мА.

Элементы R1,R2 – делитель напряжения, которые подключается параллельно клеммам сетевого напряжения. По условиям производителя микросхемы, напряжение на входе микросхемы должно быть менее 260мВ. Т.е. напряжение на R1 при амплитуде сетевого напряжения не должно превышать 260мВ.

Максимальное действующее значение сетевого напряжения составляет 240В, что дает амплитудное значение  $240 \cdot \sqrt{2} = 339\text{В}$ .

Соотношение R1 и R2 должно быть следующим:

$$U_{\text{сети}}/U_{R2} = 339/0,26=1303$$

$$\text{Тогда } U_{\text{сети}}=1303U_{R2},$$

$$R1+R2=U_{\text{сети}}/I.$$

Для минимизации потерь мощности на активных сопротивлениях с одной стороны и для создания некоторого запаса помехоустойчивости к импульсным помехам с другой, примем, что через резисторы будет протекать ток 1 мА при сетевом напряжении 339В.

В этом случае

$$R1+R2=339/0,001=339\text{кОм}.$$

$$R1=1303 \cdot 339 \cdot 10^3 / 1303 \approx 339 \text{ (кОм)},$$



Принимаем сопротивление резистора R1 из ряда E24 равным 330кОм.

$$R2=R1/1303=330 \cdot 10^3/1303=253 \text{ Ом.}$$

Из ряда E24 принимаем величину сопротивления резистора R2 равной 240 Ом

На резисторах R1 и R2 при протекании тока  $1\text{mA}/\sqrt{2}$  выделится следующая мощность:

$$PR2= \frac{1 \times 10^{-3}}{\sqrt{2}}^2 \times 240 = 0,12 \text{ мВт}$$

$$PR1= \frac{1 \times 10^{-3}}{\sqrt{2}}^2 \times 330 \times 10^3 = 0,165 \text{ Вт}$$

Выбираем в целях единообразия комплектующих для обоих резисторов мощность рассеяния 0,25Вт.

Тогда можно выбрать конкретные модели резисторов:

R1 : МЛТ-0,25-330К±5%

R2 : МЛТ-0,25 -240±5%

В качестве диода VD1 производитель преобразователя IR2171 рекомендует использовать диод HER108, конденсатор C1 использовать емкостью 22 мкф. Поэтому модель конденсатора будет K50-35-22мкФ-50В.

Сопротивление резистора R3, подтягивающего ШИМ выход преобразователя к уровню +5В принимаем равным 10кОм и выбираем резистор R3 - МЛТ-0,25-10К±5%.

Для снятия информации о токе, потребляемом нагрузкой, будем использовать микросхему Allegro ACS712, которая является датчиком переменного тока. Эта микросхема, кроме масштабирования измеряемого тока, также осуществляет гальваническую развязку измерительных и обрабатывающих цепей.

Условное графическое обозначение датчика тока Allegro ACS712 показано на рисунке 4.8.

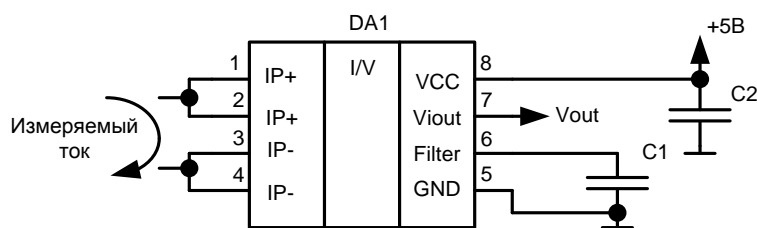


Рисунок 4.8. Датчик тока Allegro ACS712.

Из рисунка видно, что кроме самого датчика, для его работы необходимы еще два конденсатора. Производитель рекомендует использовать в качестве C1 керамический конденсатор емкостью 1нФ, а C2 – 0,1 мкФ.

Датчики тока ACS712 выпускаются на три максимальных входных тока: до 5А, до 20А, до 30А. В соответствии с техническим заданием, ток нагрузки, который нам надо измерять достигает 10А, что дает амплитудное значение 14,1 А. Поэтому, чтобы датчик работал с некоторым запасом выбираем датчик Allegro ACS712-20В на 20А.

Датчик потребляет ток до 13мА.

#### 4.5. Разработка блока питания

Для питания схемы необходим источник питания, который обеспечит преобразование переменного сетевого напряжения в набор постоянных напряжений, необходимых для питания различных модулей. Для питания микроконтроллера и жидкокристаллического экрана необходимо напряжение +5В с током потребления до 200мА, для питание модуля ESP8266 необходимо напряжение +3.3В с током потребления до 100мА, а для питания преобразователя сетевого напряжения нужно напряжение +12В с током до 10мА.

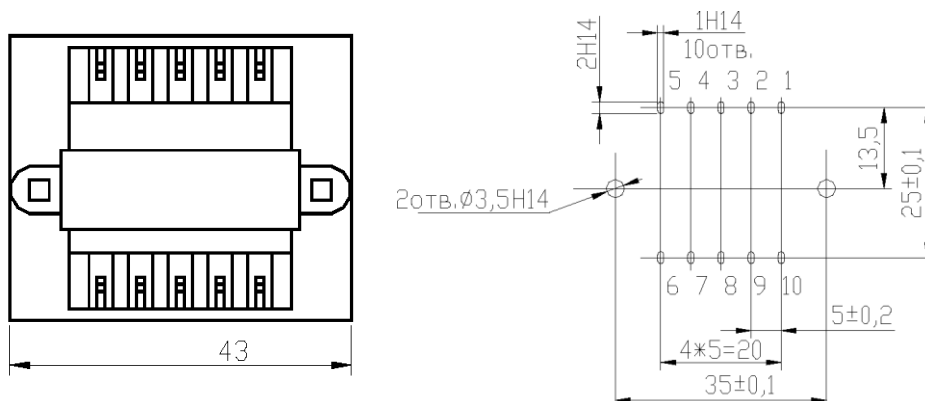
Поскольку преобразователь сетевого напряжения требует двух отдельных напряжений питания, гальванически развязанных друг от друга, в качестве понижающего напряжение устройства выберем трансформатор напряжения с двумя вторичными обмотками. С одной вторичной обмотки

будем снимать напряжение для уровня 12 В, а с другой – напряжение для дальнейшего преобразования в уровни +5 и +3.3В.

Выберем трансформатор с одной первичной обмоткой на 220В и двумя вторичными обмотками на 15 В. Этим условиям удовлетворяет трансформатор ТП12-11, у которого токоотдача по 0,24А. [[www.chipdip.ru](http://www.chipdip.ru) - Интернет-сервер электронных компонентов и приборов. Интернет-магазин, описание, техническая документация на электронные компоненты.]

Этот трансформатор имеет ток холостого хода 0,03А, массу 240г, размер 43х36х40 мм, магнитопровод Ш-образный, пластинчатый, тип ШП 14бх21/ЕІ 42х21, напряжение на вторичных обмотках на холостом ходу 19,1В, под нагрузкой 15В.

Трансформатор, с его габаритными и монтажными размерами показан на рисунке 4.9



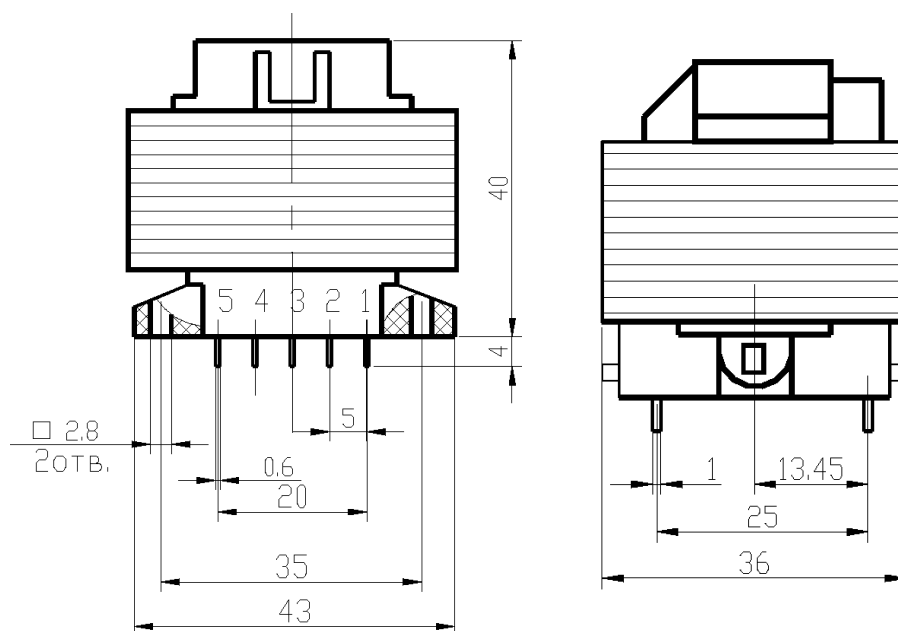


Рисунок 4.9. – Эскиз и присоединительные размеры трансформатора ТП112-11.

Ко вторичной обмотке трансформатора присоединяем диодный мост. Максимальное обратное напряжение, на которое должен быть рассчитан этот мост определим как  $U_{2xx} \sqrt{2} = 26,9\text{В}$ .

Под данное обратное напряжение подходит диодный мост DB107 со следующими параметрами:

Максимальный прямой ток 1 А, Максимальное обратное напряжение 1000В, максимальное прямое падение напряжения 1,1В.

На холостом ходу напряжение на выходе моста после двух диодов :

$$U_{\text{выпрхх}} = U_{2xx} - 2 \cdot U_{\text{прmax}} = 26,9 - 2 \cdot 1,1 = 24,7\text{В}$$

Напряжение под нагрузкой:

$$U_{\text{выпр}} = U_2 - 2 \cdot U_{\text{прmax}} = 21,2 - 2 \cdot 1,1 \approx 19\text{В}$$

Стабилизированное постоянное напряжение получим подключением интегральных стабилизаторов напряжения.

Напряжение +12 В будем получать с помощью линейного стабилизатора напряжения. На входе стабилизатора после диодного моста подключим конденсатор. Его емкость найдем как

$$C = \frac{3200 I}{U_n \cdot K_n},$$

$I$  – максимальное значение потребляемого от данного преобразователя тока,  $U_n$  – напряжение, подаваемое на стабилизатор,  $K_p$  – коэффициент пульсаций.

Значение  $K_p$  принимаем равным 0,02, поскольку после сглаживающего конденсатора поставим стабилизатор напряжения.

Считая, что  $U_n=15В$  и  $I=0,246А$ , получим:

$$C = \frac{3200 \cdot 0,246}{15 \cdot 0,02} = 2624 \text{ мкФ}$$

Принимаем емкость конденсатора равной 3300мкФ.

Выбираем конденсатор К50-35, с емкостью 3300мкФ, на напряжение 25В и ставим такие конденсаторы после выпрямительных мостов каждой обмотки трансформатора.

Для стабилизации напряжения 12В используем интегральный стабилизатор L7812ABV. Этот стабилизатор имеет выходное напряжение 12В, входное напряжение может меняться до 40В, и имеет точность стабилизации выходного напряжения – 2%

Стабилизатор между входным и выходным напряжением устанавливается так, как показано на рисунке 4.10.

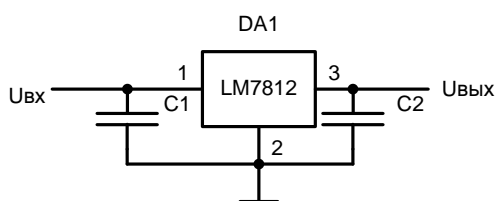


Рисунок 4.10. – Подключение стабилизатора на 12В.

Емкость конденсатора  $C1 = 0,33\text{мкФ}$ ,  $C2=0,1 \text{ мкФ}$ .

Для преобразования и стабилизации напряжения +5В будем использовать интегральный импульсный стабилизатор LM2596.

Этот стабилизатор позволяет преобразовывать входное напряжение в диапазоне от 2,4 до 40В., выходное напряжение 3.3, 5, 12 В. Существует модель с подстраиваемым выходным напряжением. Для наших целей выбираем

модель на выходное напряжение стабилизации +5В и ток нагрузки 3А  
LM2596-5.

Типовая схема включения:

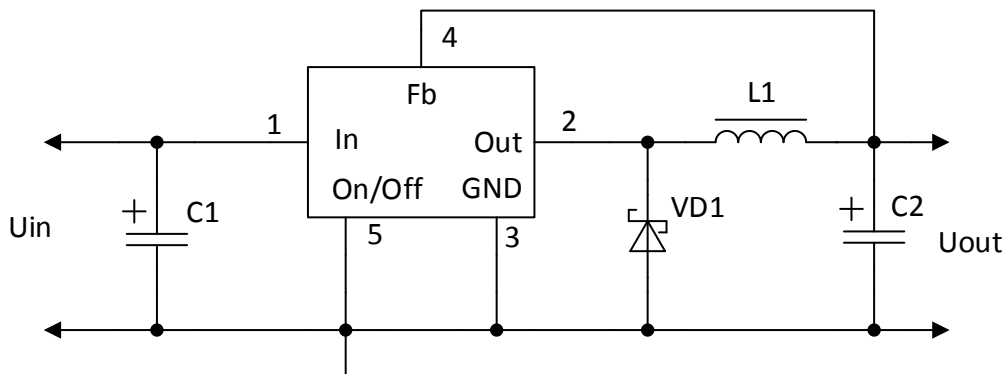


Рисунок 4.11. Схема включения импульсного стабилизатора LM2596-5.

В соответствии с рекомендациями производителя принимаем следующие номиналы элементов:

$C1=400\text{мкФ}$ ,  $C2=220\text{мкФ}$ ,  $L1=33\text{мкГн}$ , диод - 1N5824.

Напряжение 3.3 В будем получать установив после стабилизатора на 5 В линейный стабилизатор LM1117-3,3 с выходным напряжением на 3.3В , который будем включать по схеме на рисунке 4.12.

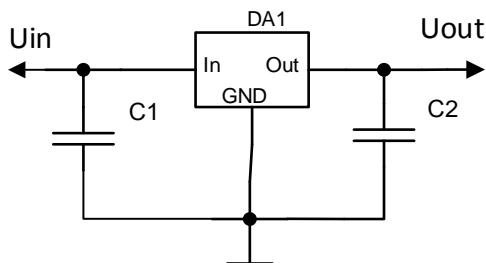


Рисунок 4.12.- Включение стабилизатора LM1117-3,3

Емкость конденсатора  $C1=10\text{мкФ}$ , а  $C2=100\text{мкФ}$  выбираем по рекомендации изготовителя.

Итоговая схема питания на напряжения +5В и +3.3В выглядит, как показано на рисунке 4.13.

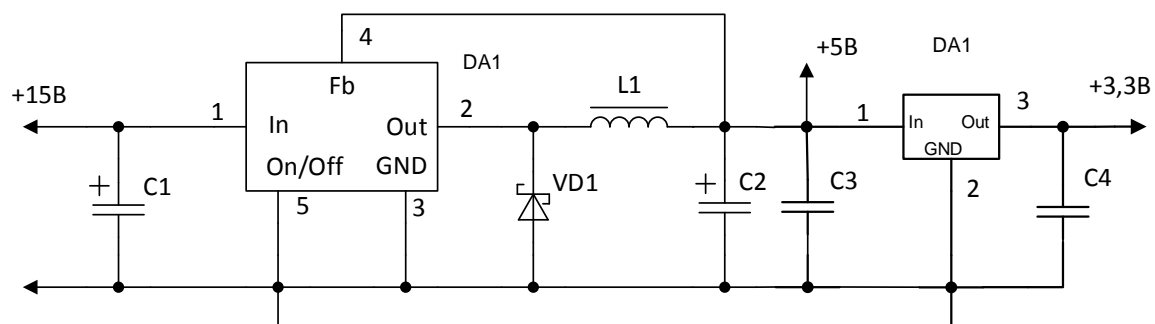


Рисунок 4.13. – Схема стабилизации напряжений +5В и на +3.3В.

Схема модуля питания, в итоге, объединяющая все стабилизаторы напряжения показана на рисунке 4.14.

Результирующая полная схема всего модуля сбора энергетических параметров показана на рисунке 4.15.

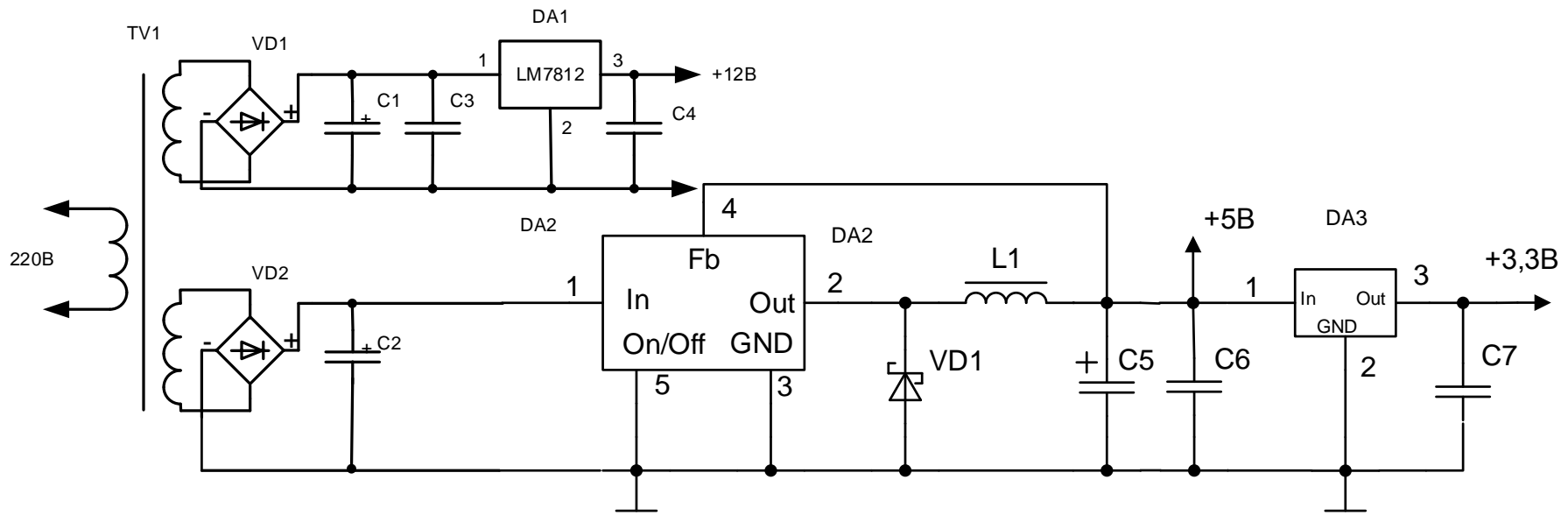


Рисунок 4.14 – Полная схема модуля питания.



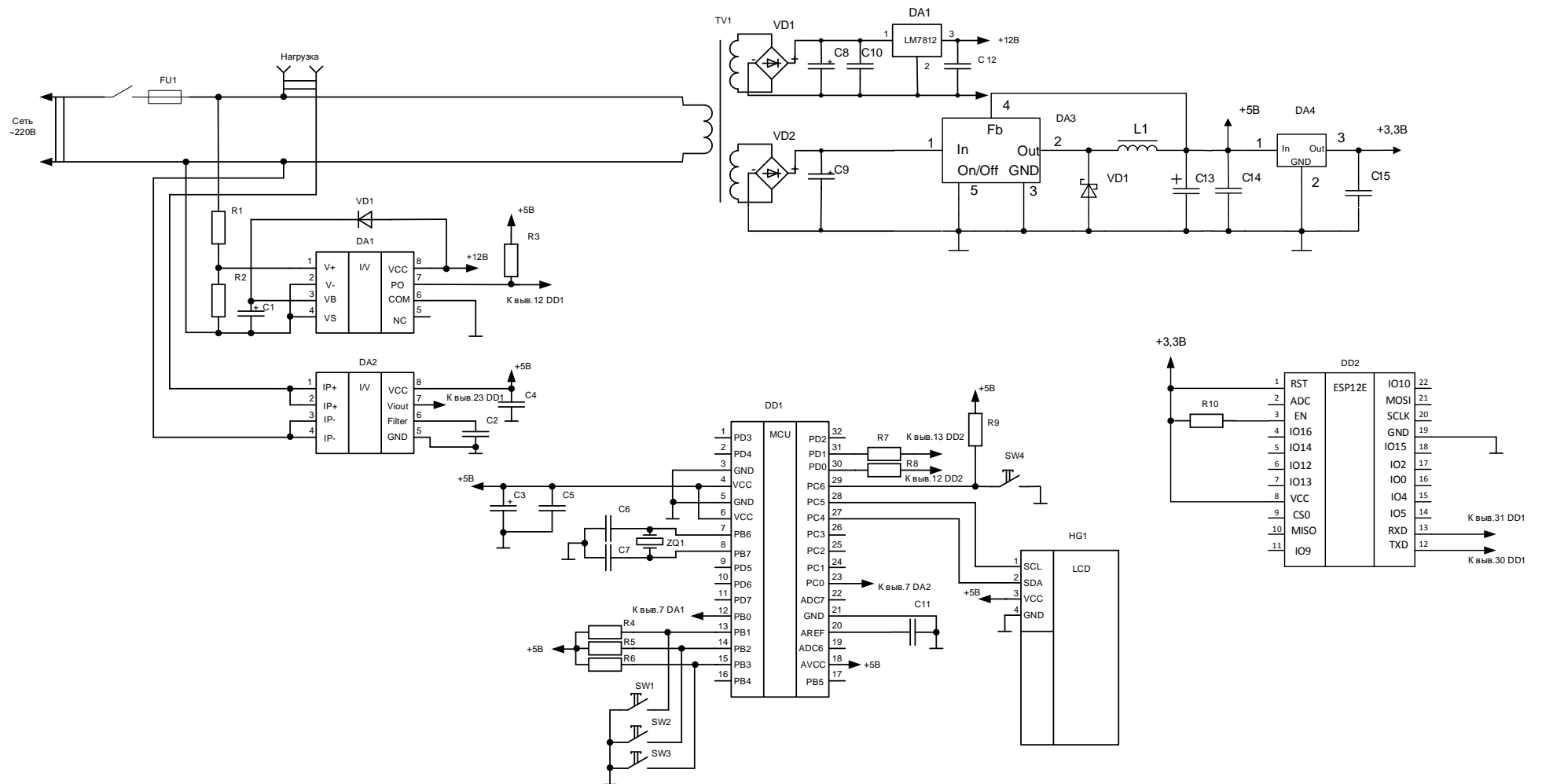


Рисунок 4.15. – Полная принципиальная схема модуля измерения энергетических параметров.

## 5. Разработка конструкции устройства.

Расположим все элементы и модули нашего устройства на одной печатной плате с одной стороны стеклотекстолита. Будем считать, что сетевая розетка для подключения нагрузки вынесена на корпус нашего устройства. Также на корпус вынесем жидкокристаллический индикатор. Силовые провода будем пускать от розетки до датчика тока, расположенного на плате и обратно. К розетке будут идти пара проводов от делителя напряжения для снятия мгновенных значений напряжения питания. Кроме этого, от печатной платы к экрану, расположенному на корпусе устройства также будут идти провода.

Для монтажа к корпусу на плате будут предусмотрены монтажные отверстия для крепежа винтами.

Для монтажа элементов и модуле возьмем стеклотекстолит фольгированный СФ-2-35-1,5. Это двухсторонний стеклотекстолит толщиной 1,5мм.

Для информационных дорожек примем ширину 0,5 мм, а для питающих – 1 мм. Расстояние между дорожками 0,25 мм.

Монтажные и переходные отверстия будем делать с металлизацией.

Вид сверху на рисунок печатной платы показан на рисунке 5.1.

Вид снизу на рисунок печатной платы приведен на рисунке 5.2.

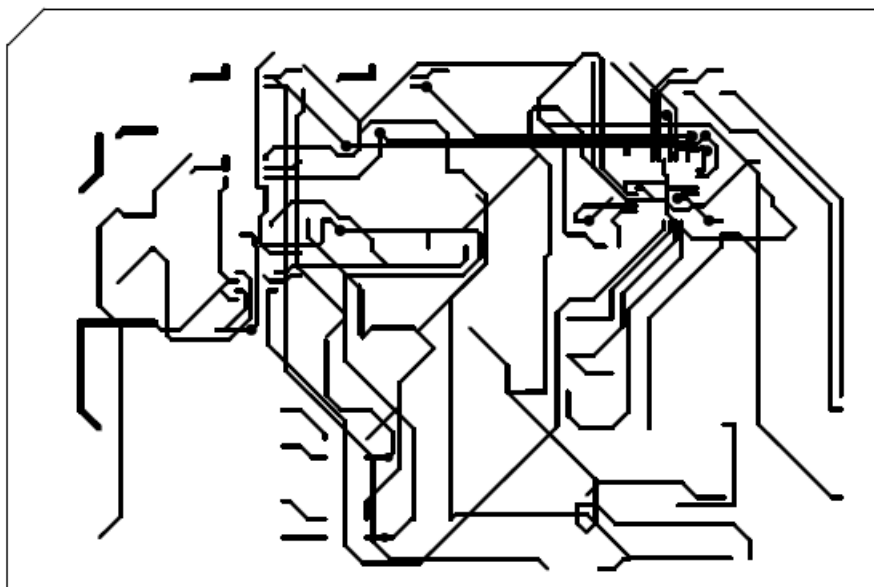


Рисунок 5.1. – Вид сверху на печатную плату

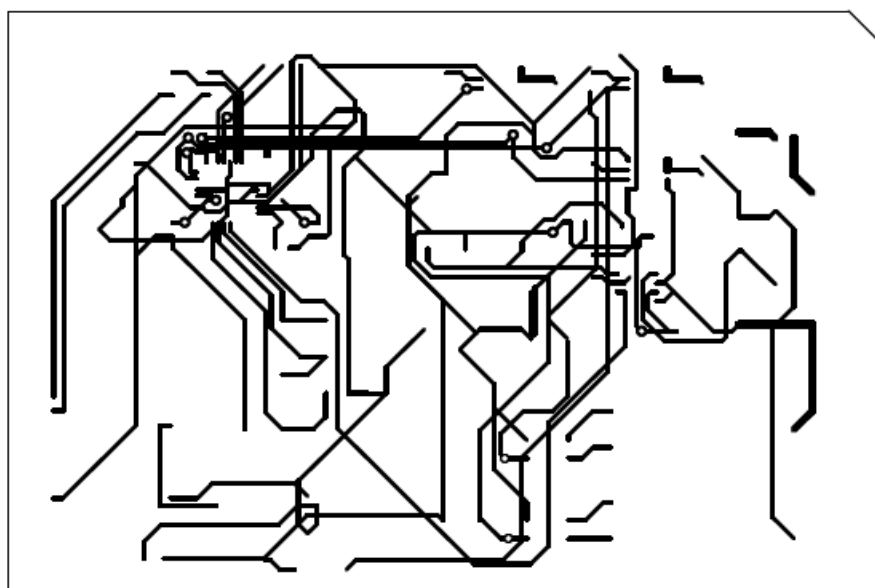


Рисунок 5.2. – Вид снизу на печатную плату

Расположение элементов на печатной плате показано на рисунке 5.3.

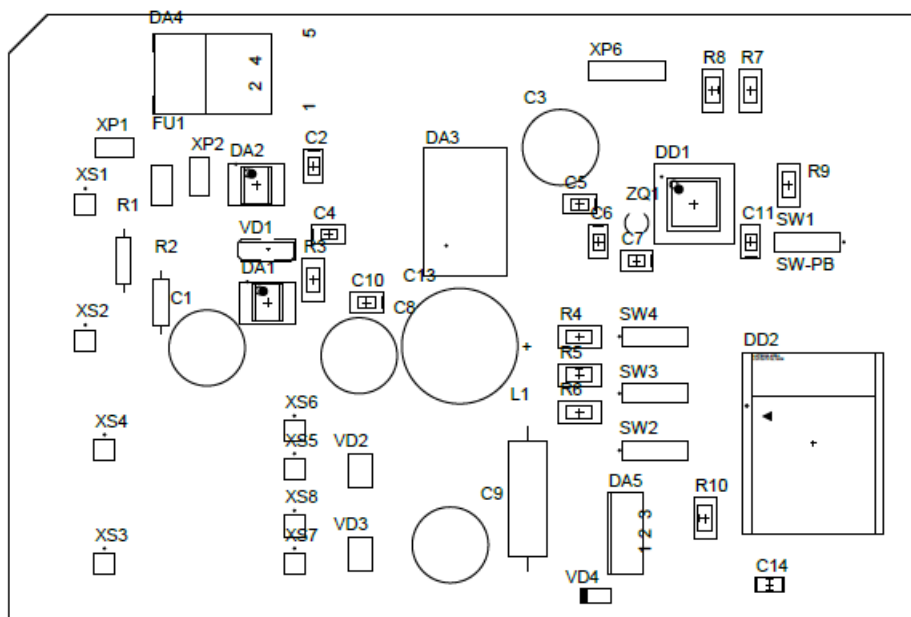


Рисунок 5.3. Расположение элементов на печатной плате

## 6. Экономическая часть.

Расчет финансовых затрат на приобретение материалов, узлов и комплектующих вычислим на основе перечня элементов из схемы электрической принципиальной.

Воспользуемся розничными ценами на материалы.

Рассчитаем затраты на материалы, цены которые и необходимое количество сведены в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 - Затраты на материалы для изготовления системы регистрации параметров окружающей среды.

Материал	Марка	ГОСТ, ТУ	Ед. изм.	Норма расхода шт.	Цена за единицу (руб.)	Затраты (руб.)
Флюс	Спиртовой раствор сосновой канифоли	19113-84	шт.	1	25	25
Припой	ПОС60	48-0220-57-93	шт.	1	80	80
Стеклотекстолит 2х-стороний	СФ-2-35-1,5	10316-78	шт.	1	32	32
Хлорное железо	FeCl <sub>3</sub>	6-00-05763458-129-91	шт.	1	68	68
Итого						205

Стоимость комплектующих узлов и отдельных деталей показана в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Стоимость покупных узлов и элементов.

Наименование изделия	Марка, размер	Количество, шт.	Цена за единицу (руб.)	Затраты (руб.)
Микросхемы	IR2171	1	86	86
	ATmega328P	1	162	162
	ACS712-20A	1	51	51
	LM7805	1	17	17
	LM7812	1	16	16
	BL8530	1	8	8
Диоды	STPS2L60	1	18	18
Модули	ESP12-E	1	270	270
Дроссель	6000-101K-RC, RF CHOKE, 100UH, 1.4A, 10%, 3.7MHZ	1	150	150
Резисторы	1206DRF 072R	10	0,5	5
Резисторы	МЛТ-0,25	2	2	4
Конденсаторы	K50-35-22мкФ-50В	2	10	20
	K53-1A-30В-0,1мкФ±10%	3	5	15
	Y5V - 1нФ - 50В -+80-20%	8	2	16
	K50-35 - 3300мкФ - 25В ±20%	2	50	100
	Y5V - 0.33мкФ - 50В -+80- 20%	2	2	4
	K53-1A-30В-0,2мкФ±10%	2	2	4
Трансформаторы	ТП112-11	1	130	130
Кнопки	TSA6PG130	3	15	45
Провода	SG6301, 3м	3м	0,9р/м	2,7
Итого:				1123,7

Стоимость покупных комплектующих изделий с учетом транспортно-заготовительных расходов:

$$C_{покуп} = \sum_{i=1}^n S_{покуп} \cdot (1 + K_{мз}),$$

где  $K_{ТЗ}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов;  $K_{ТЗ} = 0,04$

$S_{\text{покуп}}$  – стоимость покупных комплектующих изделий, руб.

$S_{\text{покуп}} = 1123,7(1+0,04) = 1168,6$  руб.

Результаты расчёта затрат материалы и комплектующие сведены в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 - Результаты расчета затрат на материалы и комплектующие

Наименование статей затрат	Абсолютная величина затрат, руб.
Затраты на основные материалы	205
Затраты на комплектующие	1168,6
Итого:	1373,6

## **7. Безопасность и экологичность проекта.**

Во время работ по монтажу, сборке и отладке электронных схем на исполнителя могут воздействовать следующие вредные и даже опасные производственные факторы. К ним относят: повышенную запыленность и загазованность рабочей зоны; высокий и опасный уровень напряжения в электрических цепях; электромагнитные излучения, а также статическая нагрузка на конечности.

При пайке в зону дыхания поступают аэрозоли флюсов, пары припоев, содержащие свинец, и прочие металлы, углеводороды и окись углерода. Количество и состав испарений, а также их токсичность зависят от химсостава материалов и типа технологического процесса. Влияние на организм человека вредных веществ вызывает появление острых и хронических профессиональных заболеваний и отравлений.

Кроме этого, при изготовлении электронных схем, производственные работники подвергаются воздействию таких факторов, как поражение электрическим током и статическим электричеством, поражение химическими веществами, при нарушении герметизации приборов содержащих опасные вещества. Не исключена возможность травм при работе со специнструментом, например, ожогов раскаленным припоем или паяльником, порезов и уколов об острые части элементов схем. Кроме этого, на организм человека действуют вредные вещества, содержащиеся в дыме, который возникает при монтаже элементов.



Таблица 7.1 – Перечень опасных и вредных факторов производства

№ п/п	Наименование опасного и вредного производственного фактора	Виды работ, оборудование, технологические операции при которых встречается данный производственный фактор
1	поражение химическими веществами	Пайка (аэрозоль флюс и припой), травление печатных плат (раствор хлорного железа) нарушение герметизации приборов (электролитические конденсаторы)
2	поражение электрическим током и статическим электричеством	Изготовление электронных схем. электрооборудование (неисправности, повышенные значения напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека)
3	ожоги	Пайка (ожоги раскаленным припоем и паяльником)
4	порезы и уколы	Изготовление печатных плат, монтаж элементов (острые части элементов схем)

## Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы выполнен обзор состояния вопроса по контролю энергетических параметров с помощью электронных устройств, была разработана схема электрическая принципиальная модуля сбора энергетических параметров, измеряющая мгновенные значения сетевого напряжения и мгновенные значения тока нагрузки, которая затем вычисляет значения полной и активной мощности, коэффициента мощности, действующие значения токов и напряжений, алгоритм функционирования этого устройства. В качестве элементов конструкторской работы разведена печатная плата устройства. Произведен расчет стоимости покупки материалов и комплектующих. Выполнена идентификация опасных и вредных факторов при проведении монтажных работ при пайке электронных компонентов.

## Список используемой литературы

1. <http://www.megeon-pribor.ru> // интернет ресурс производителя измерительных приборов
2. <https://www.energometrika.ru/catalog/diris-a10-analizator-parametrov-elektricheskoi-seti.html> // интернет ресурс поставщика измерительных приборов
3. Шпак Ю.А. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров.- К.: «МК-Пресс», 2006. – 400 с.
4. Агунов М.В. Энергетические процессы в цепях с несинусоидальными режимами и их эффективность. Кишинев-Тольятти: МолдНИИТЭИ, 1997. – 84с.
5. П. Хоровиц, У. Хилл Искусство схемотехники, 2011. – 593 с.
6. Ю.Н. Андреев, А.И. Антонян, Д.М. Иванов и др.; Под ред. И.И. Четверткова Резисторы(справочник) – М. Энергоиздат, 1981.- 352 с.
7. М.Н. Дьяконов, В.И. Карабанов, В.И. Присняков и др.; Под общ. ред. И.И. Четверткова и В.Ф. Смирнова. Справочник по диэлектрическим конденсаторам – Радио и связь, 1981.- 352 с.
6. [www.gaw.ru](http://www.gaw.ru) // интернет ресурс, посвященный электронике и микроконтроллерам
7. [www.radiokot.ru](http://www.radiokot.ru) // интернет ресурс, посвященный электронике и микроконтроллерам
8. <http://slovari.yandex.ru/dict/bse> // интернет ресурс
9. [www.schem.net](http://www.schem.net) // интернет ресурс, посвященный электронике и микроконтроллерам
10. [www.atmel.com](http://www.atmel.com) // интернет ресурс производителя электронных компонентов

11. Масленников М.Ю., Соболев Е.А. Справочник разработчика и конструктора РЭА. Элементная база. Справочник. - М.: Энергоатомиздат, 1993. - 298 с.
12. В. П. Берзан, М. Ю. Геликман. Электрические конденсаторы и конденсаторные установки. - М.: Энергоатомиздат, 1987. – 656 с.: ил.
13. И. Н. Сидоров, В. В. Мукосеев, А. А. Христинин. Малогабаритные трансформаторы и дроссели. – М.: Радио и связь, 1985. – 416 с., ил.
14. Б. В. Тарабрин, Л. Ф. Лунин, Ю. Н. Смирнов. Интегральные микросхемы. Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 528 с.: ил.
15. [www.chipdip.ru](http://www.chipdip.ru) - Интернет-сервер электронных компонентов и приборов. Интернет-магазин, описание, техническая документация на электронные компоненты.
16. [www.platan.ru](http://www.platan.ru) – Интернет-сервер электронных компонентов и измерительной техники. Интернет-магазин, электронные компоненты, техническая информация.
17. [www.chipinfo.ru](http://www.chipinfo.ru) – Интернет-сервер поиска электронных компонентов и радиодеталей.
18. Семенов Б. Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов: М.: Солон-Р, 2001, 327 с.: ил.
19. <http://td-str.ru/file.aspx?id=12182> – интернет сайт компании «СпецТехноРесурс», Интернет-магазин, описание, техническая документация на электронные компоненты.
20. <http://neokip.ru/umg-104-registrator-kachestva-elektroenergii/> интернет сайт компании ООО «Измерительные Системы и Технологии», Интернет-магазин, описание, техническая документация на электронные компоненты.
21. <http://www.joule.ru/content/view/291/41/> интернет сайт компании «Энерготехническая компания "Джоуль"», Интернет-магазин, описание, техническая документация на электроизмерительные и электротехнические изделия.