

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Высшая школа электроники и компьютерных наук  
Кафедра «Электронные вычислительные машины»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Г.И. Радченко  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Разработка стенда для тестирования блока питания компьютера

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУРГУ-090301.2018.144 ПЗ ВКР

Руководитель работы,  
доцент каф. «Электронные  
Вычислительные машины»  
\_\_\_\_\_ И.Л. Надточий  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор работы  
студент группы КЭ-484  
\_\_\_\_\_ И.П. Савинков  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролёр, ст. преп. каф.  
«Электронные вычислительные  
машины»  
\_\_\_\_\_ В.В. Лурье  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

## Аннотация

Савинков И.П. Разработка стенда для тестирования блока питания компьютера.– Челябинск: ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», ВШЭиКН; 2018, 46 с., 16 ил., библиогр. список – 18 наим., 5 прил., 1 лист чертежей ф.А2, 1 лист чертежей ф.А4.

В данной пояснительной записке приведена концепция построения стенда для тестирования блока питания компьютера, рассмотрены все этапы проектирования аппаратной и программной части.

В первой главе проекта проведен обзор аналогичных устройств, существующих на рынке.

Во второй главе проекта изложены основные теоретические принципы проектирования частей стенда.

В третьей главе проекта описаны все этапы разработки аппаратной и программной части стенда.

09.03.01.2018.144.00 ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		И.П. Савинков			Разработка стенда для тестирования блока питания компьютера	Лит.	Лист	Листов
Провер.		И.Л. Надточий					3	43
Н.Контр.		В.В. Лурье				ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» Кафедра ЭВМ		
Утверд.		Г.И. Радченко						

## Оглавление

Введение .....	5
Постановка задачи.....	6
Основные понятия предметной области .....	7
1 Анализ существующих решений.....	8
1.1 Power Supply Tester v1 .....	8
1.2 Power Supply Tester v2.....	9
1.3 Программируемая электронная нагрузка со встроенным измерительным оборудованием .....	10
2 Анализ задачи дипломного проектирования .....	11
2.1 Принцип работы блока питания компьютера .....	11
2.2 Принцип измерения основных питающих напряжений БП.....	13
2.3 Принцип измерения токов в питающих цепях БП.....	14
3 Концепция построения стенда.....	15
2.1 Разработка схемы нагрузки.....	16
2.2 Разработка схемы измерения тока и напряжения.....	18
Заключение .....	27
Библиографический список.....	28
Приложение А .....	30
Приложение Б.....	32
Приложение В .....	34
Приложение Г .....	36
Приложение Д .....	38

					09.03.01.2018.144.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

## Введение

Являясь одной из важнейших частей ПК, блок питания нуждается в ремонте не меньше остальных составляющих. В массовом производстве существующие аналоги не обладают необходимыми функциональными особенностями для проверки, поскольку в них отсутствует нагрузка. Более дорогостоящие аналоги обладают всеми необходимыми характеристиками, но они зачастую собираются на заказ на основе определенных требований. Целью моей работы является разработать простой для производства и удобный в использовании стенд для проверки БП на основные напряжения питания. Именно этими обстоятельствами обоснована необходимость создания устройства, обладающего всеми необходимыми параметрами, обеспечивающими требуемую точность измерения, отображение результатов тестирования на дисплее, уведомления пользователя о неисправностях блока питания.

					09.03.01.2018.144.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

## Постановка задачи

Целью дипломного проекта является разработка стенда для тестирования блока питания компьютера, вывод результатов тестирования производится на LCD дисплей.

Проектируемый стенд должен обладать следующими характеристиками:

- нагрузка с возможностью грубой и точной регулировки, с максимальной мощностью до 500 Вт;
- каскад для измерения тока до 40 А;
- каскад для измерения напряжения до 12 В;
- тестирование блока питания на динамическое изменение напряжения и тока в нагрузке в пределах 10% от номинального тока нагрузки;
- вывод всех результатов на LCD дисплей.

Для достижения цели дипломного проектирования необходимо выполнение следующих этапов работы:

- разработка схемы подключения;
- разработка схемы регулируемой нагрузки;
- разработка схемы измерения токов и напряжений;
- разработка схемы проверки БП на динамическое изменение тока и напряжения (+10%);

Конечным результатом дипломного проектирования является программное и аппаратное обеспечение стенда, удовлетворяющее всем вышеозначенным требованиям.

										Лист
										6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	09.03.01.2018.144.00 ПЗ					

## Основные понятия предметной области

БП (блок питания) – вторичный источник электропитания, предназначенный для снабжения узлов компьютера электроэнергией постоянного тока путём преобразования сетевого напряжения до требуемых значений.

Стенд – это специальная установка, предназначенная для испытания различных аппаратов и приборов.

Питание в норме(PG или POK) – сигнал, вырабатываемый блоком питания АТХ, предназначенный для информирования потребителя об окончании переходных процессов и отсутствии обнаруженных неисправностей в блоке питания с целью недопущения использования блока питания в то время, когда выходные напряжения находятся за пределами допустимых.

Нагрузка – любой приемник (потребитель) электрической энергии в электрической цепи.

АЦП – устройство, преобразующее входной аналоговый сигнал в цифровой сигнал.

LCD (Liquid Crystal Display) – устройство, предназначенное для визуального отображения информации на основе жидких кристаллов.

VFD (Vacuum Fluorescent Display) – электровакуумный прибор, элемент индикации, работающий за счёт управления интенсивностью потока электронов, движущихся в вакууме или разрежённом газе между электродами

Цоколевка – описание каждого контакта электрического соединения (например разъёма) в электронной аппаратуре.

RISC (Reduced Instruction Set Computer) - архитектура процессора, в котором быстродействие увеличивается за счёт упрощения инструкций, чтобы их декодирование было более простым, а время выполнения — меньшим.

										Лист
										7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

09.03.01.2018.144.00 ПЗ

# 1 Анализ существующих решений

В данный момент на рынке существует четыре аналога данного вида устройств:

## 1.1 Power Supply Tester v1

Данное устройство выполнено в виде малогабаритного корпуса со всеми основными разъемами для подключения блока питания. Уведомление пользователя о том, что напряжения в норме производится с помощью светодиодов (рисунок 1.1).

### Достоинства

- Низкая стоимость(200 – 250 руб.);
- Малые габариты;
- Проверка всех основных питающих напряжений;
- Проверка сигнала PG;
- Уведомление о результатах проверки.

### Недостатки

- Не проводит проверку тока;
- Не позволяет выявить неисправности блока питания, проявляющиеся под нагрузкой.

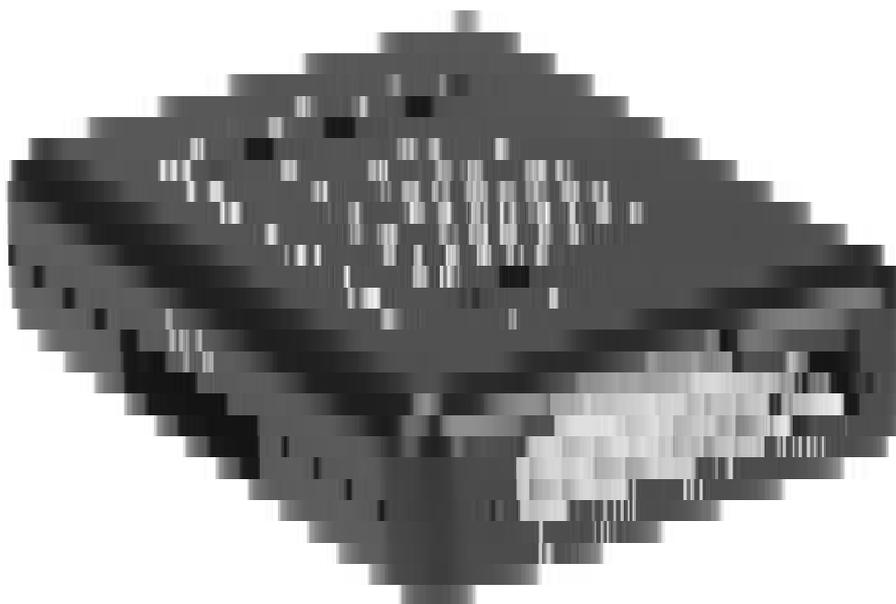


Рисунок 1.1 – Power Supply Tester v1

					09.03.01.2018.144.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

## 1.2 Power Supply Tester v2

Данное устройство обладает всеми особенностями предыдущего, за исключением чуть более высокой стоимости и способа уведомления пользователя. Во второй версии вместо светодиодов результаты тестирования выводятся на LCD дисплей (рисунок 1.2).

### Достоинства

- Низкая стоимость(450 – 550 руб.);
- Малые габариты;
- Проверка всех основных питающих напряжений;
- Проверка сигнала PG;
- Уведомление о результатах проверки.

### Недостатки

- Не проводит проверку тока;
- Не позволяет выявить неисправности блока питания, проявляющиеся под нагрузкой.

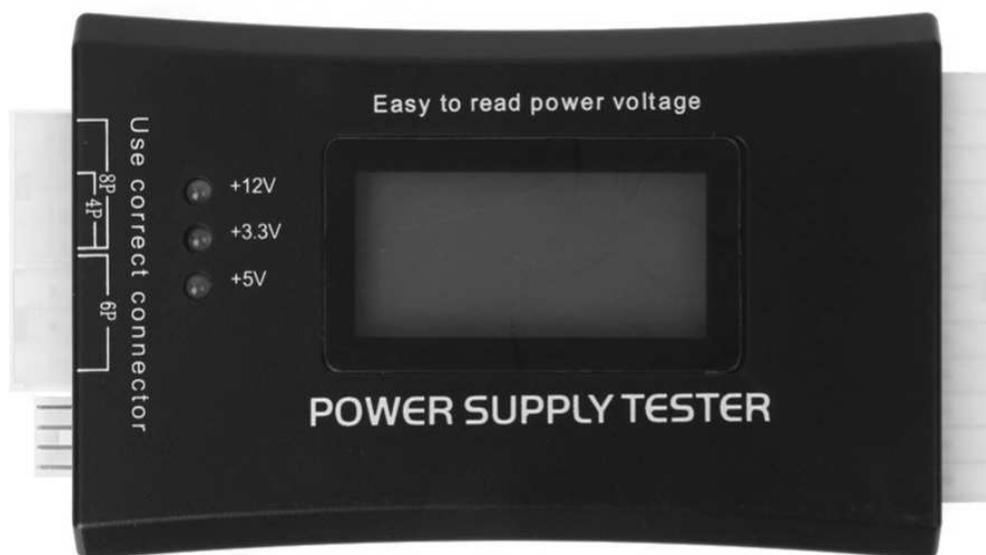


Рисунок 1.2 – Power Supply Tester v2

					09.03.01.2018.144.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

### 1.3 Программируемая электронная нагрузка со встроенным измерительным оборудованием

Данное устройство представляет собой блок нагрузок (до 750 Вт), что позволяет проверить параметры блока под нагрузкой. Все показатели выводятся на VFD дисплей (рисунок 1.3).

#### Достоинства

- Проверка всех основных питающих напряжений;
- Проверка тока в питающей части;
- Позволяет выявлять неисправности, проявляющиеся только под нагрузкой;
- Автоматическое тестирование с возможностью циклического изменения нагрузки;
- Различные виды защит: от перегрева, перенапряжения, и т.д.

#### Недостатки

- Высокая стоимость(50000 – 200000 руб.);
- Большая масса(4.65 – 25кг);
- Большие габариты;
- Необходимость подключать каждую питающую цепь в отдельности;



Рисунок 1.3 Программируемая электронная нагрузка

## 2 Анализ задачи дипломного проектирования

Для решения задачи дипломного проектирования необходимо разобраться с принципом работы блока питания, с которым будет работать стенд. Также необходимо рассмотреть основные принципы измерений токов и основных питающих напряжений.

### 2.1 Принцип работы блока питания компьютера

Компьютерный блок питания – это вторичный источник питания, предназначенный для снабжения узлов компьютера электроэнергией постоянного тока путем преобразования сетевого напряжения до требуемых значений. [4]

БП выполняет 3 основные функции:

- преобразование сетевого переменного тока в постоянный;
- преобразование переменного сетевого напряжения в постоянные стандартные значения, необходимые для отдельных компонентов ПК;
- стабилизация напряжения.

Под постоянным напряжением понимается то, что блок питания подает одинаковое напряжение всем компонентам ПК, независимо от напряжения переменного тока или мощности БП.

БП настольного компьютера представляет собой импульсный источник питания, на вход которого подается напряжение бытовой электросети с параметрами 220 В 50 Гц, а на выходе есть ряд линий постоянного тока, основные из которых имеют следующие номиналы:

- 12 В (двигатели, регуляторы напряжения);
- 5 В (платы PCI, AGP, ISA, различные микросхемы);
- 3,3 В (модули памяти DIMM, платы PCI, AGP, различные микросхемы).

					09.03.01.2018.144.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Помимо этого, БП обеспечивает напряжение -12 В, а также напряжение -5 В, необходимое для шины ISA и, соответственно, исключенное из стандарта АТХ в связи с прекращением поддержки самой ISA.

Также присутствует шина дежурного питания 5VSB, предназначенная для питания устройств при выключенном блоке питания, но при том условии, что он подключен к сети 220 В.

Общая схема блока питания стандарта АТХ (см. рисунок 2.1) состоит из:

- 1 Фильтр электромагнитных помех служит для подавления двух типов электромагнитных помех: дифференциальных (когда ток помехи течет в разные стороны в линиях питания) и синфазных (когда ток течет в одном направлении);
- 2 Первичная цепь:
  - 2.1 Входной выпрямитель – преобразование переменного тока в постоянный;
  - 2.2 Ключевые транзисторы – создается переменный ток на первичной обмотке трансформатора. Скважность переключения транзисторов управляется при помощи ШИМ-контроллера;
- 3 Основной трансформатор – преобразует напряжение первичной обмотки в напряжения 12 и 5 В. Шина 3.3 В выводится с той же обмотки, что и 5 В, напряжение снижается за счет насыщаемого дросселя;
- 4 Вторичная цепь:
  - 4.1 Выпрямители тока – выпрямление тока со вторичной обмотки при помощи диодов Шоттки;
  - 4.2 Сглаживающие фильтры на выходе – сглаживают пульсации, вызванные ключевыми транзисторами. Состоит из дросселя и конденсаторов большой емкости. [5]

Перед получением разрешения на запуск системы в блоке питания выполняется внутреннее тестирование выходного напряжения. Если

					09.03.01.2018.144.00 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

напряжение соответствует номинальному, на материнскую плату посылается сигнал Power Good, сообщающий о том, что питание в норме, только после этого происходит запуск системы. Уровень напряжения PG равен 5 В и после выполнения всех проверок и выхода блока в номинальный режим проявляется через 0.1 – 0.5 с.[16]

Каждое из напряжений подается на материнскую плату по нескольким проводам, подключенным к одной электрической цепи, называемой шинопроводом. Это сделано для того, чтобы эффективно распределить нагрузку по нескольким тонким проводам, вместо того, чтобы использовать один большой.

## 2.2 Принцип измерения основных питающих напряжений БП

Для измерения напряжений необходим вольтметр постоянного тока с пределом измерения в несколько десятков вольт. Для получения точных результатов необходимо предварительно подключить блок к нагрузке, в ином случае будут получены неточные результаты, либо не будут зафиксированы отклонения, которые проявляются только под нагрузкой. Напряжение измеряется между общим проводом и проводом другого цвета (рисунок 2.1):[7]

- +5В – красный;
- +12В – желтый;
- +3.3В – оранжевый;
- -5В – белый;
- -12В – синий;
- +5В дежурного питания – фиолетовый;

					09.03.01.2018.144.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

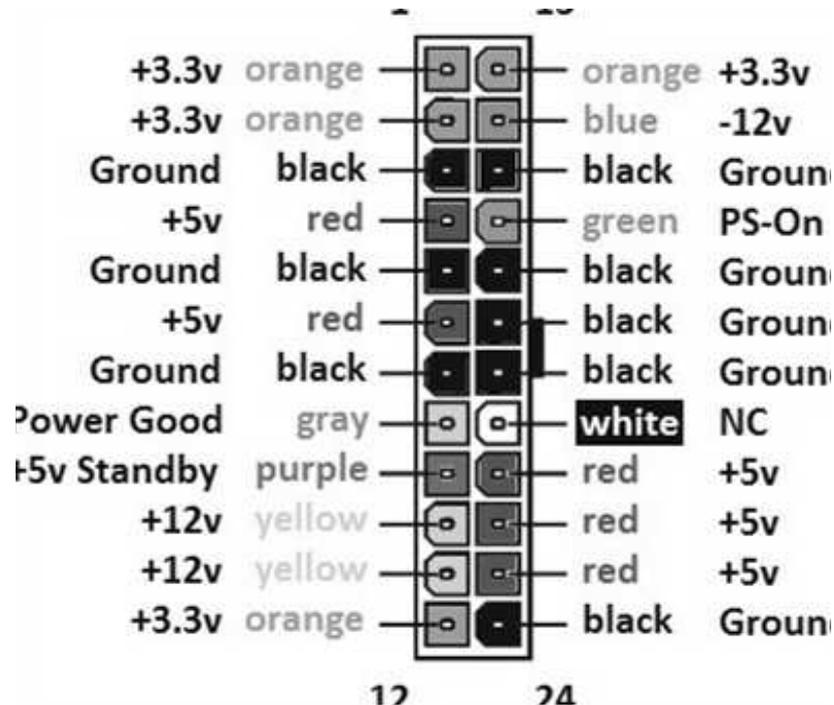


Рисунок 2.1 – Цоколевка разъема типа MOLEX 24pin

### 2.3 Принцип измерения токов в питающих цепях БП

Для измерения тока в цепи служат амперметры, включаемые последовательно в цепь, где производится определение величины тока. Для того, чтобы ток в цепи не изменился при включении амперметра необходимо сделать сопротивление его обмотки очень малым. Для расширения пределов измерения применяются измерительные шунты.[8] Шунт включается в цепь последовательно, амперметр включается в цепь параллельно шунту. Также ток можно измерить с помощью шунта и вольтметра. Измерив падение напряжения на шунте и зная его номинальные ток и напряжение, по формуле (1) можно рассчитать значение тока, протекающего в цепи:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1).$$



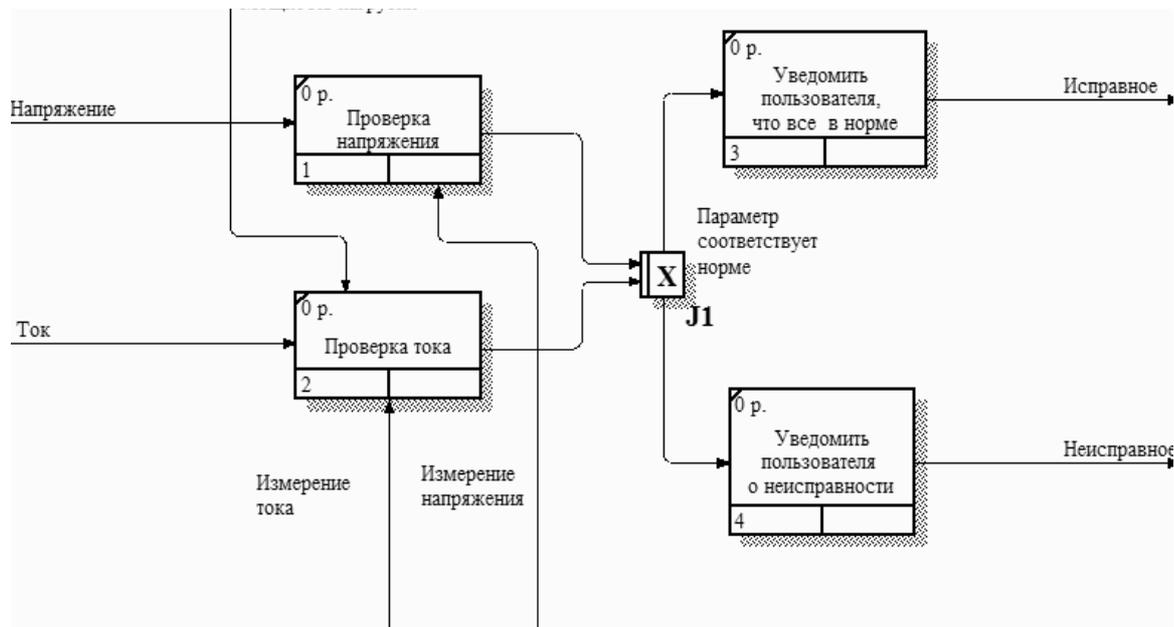


Рисунок 3.3 – Декомпозиция контекстной диаграммы (ERwin)

### 3.1 Разработка схемы нагрузки

Нагрузка представляет собой потребитель электрической энергии, которую вырабатывает блок питания. Основное требование к нагрузке – стабильное рассеивание мощности, при этом не влияющее на надежность самой нагрузки. Для рассеивания большой мощности (до 500 Вт) необходимо взять за основу подходящий элемент. С этой задачей может хорошо справиться полевой транзистор IRF3205. Данный выбор обусловлен тем, что данный транзистор при невысокой стоимости обладает всем необходимыми характеристиками:[11]

- Максимальное напряжение сток-исток 55 В;
- Максимальный ток сток-исток 110 А;
- Максимальная рассеиваемая мощность 200 Вт.

Приведенные выше значения являются максимальными, в реальной ситуации напряжение и ток будут иметь меньшие значения. Максимально допустимое значение тока в блоках питания мощностью 500 Вт равно 40 А. Максимально допустимое напряжение следует взять с запасом, поскольку тестироваться будут не только исправные, но и неисправные блоки питания.

Наибольшее номинальное напряжение равно 12 В. С учетом допустимого отклонения от нормы в  $\pm 5\%$  напряжение возрастает до 12.6 В, для удобства следует округлить до 13В. При данных показателях максимальная мощность будет равна 520 Вт. Для эффективного распределения мощности следует включить в нагрузку 4 транзистора данного типа. При работе на такой мощности температура каждого из транзисторов составит (2):

$$T_j = T_a + P * R_{ja} = 25 + 130 * 1.8 = 259 \text{ C}^\circ, (2)$$

где  $T_j$  – температура кристалла транзистора,  $\text{C}^\circ$ ;

$T_a$  – температура окружающей среды,  $\text{C}^\circ$ ;

$R_{ja}$  – тепловое сопротивление кристалл-окружающая среда,  $\text{C}^\circ/\text{Вт}$ .

Получившаяся температура существенно превысила температуру выхода кристалла транзистора из строя -  $150 \text{ C}^\circ$ . Для того, чтобы избежать этого следует установить радиаторы на каждый транзистор. Рассчитать площадь радиатора можно при помощи следующих действий:

Найдем тепловое сопротивление кристалл-окружающая среда (3):

$$R_{ra} = \frac{T_j - T_a}{P} - R_{jc} - R_{cr} = \frac{259 - 25}{130} - 0.75 - 0.5 = 0.55 \text{ C}^\circ/\text{Вт}, (3)$$

где  $R_{jc}$  – тепловое сопротивление кристалл-корпус,  $\text{C}^\circ/\text{Вт}$ ;

$R_{cr}$  – тепловое сопротивление корпус-радиатор,  $\text{C}^\circ/\text{Вт}$ .

Далее найдем температуру радиатора (4):

$$T_r = T_a + P * R_{ra} = 25 + 130 * 0.55 = 96.5 \text{ C}^\circ (4)$$

Полученная температура также является достаточно большой, поэтому в дальнейшем радиаторы следует охлаждать при помощи кулера.

Следующим шагом нужно найти температуру перегрева радиатора (5):

$$T_o = T_r + T_a = 96.5 - 25 = 71.5 \text{ C}^\circ (5)$$

Зная рассеиваемую мощность и температуру перегрева радиатора можно при помощи графика (рисунок 3.4) определить площадь требуемого радиатора:



### 3.2 Разработка схемы измерения тока и напряжения

Основные измерения будут проводиться при помощи АЦП [15] – устройства, преобразующего входной аналоговый сигнал в дискретный цифровой сигнал. Для получения адекватных результатов измерения необходимо определять значения тока и напряжения с точностью до 0.01%. Точность измерений АЦП зависит от нескольких параметров:

- величина опорного напряжения АЦП;
- стабильность опорного напряжения АЦП;
- разрядность АЦП.

Следует понимать, что величина опорного напряжения не может превышать напряжения питания самого АЦП, т.е. 5 В. Это накладывает некоторые ограничения, поскольку стенд должен измерять напряжение до 13 В. Эту проблему можно решить, если снизить входное напряжение в три раза с помощью делителя напряжения. Отсюда вытекает другая проблема – необходимо вычислять конечное значение на основе измеренного. Это сводит на нет возможность использовать обычный АЦП. Отличным решением данной проблемы может стать микроконтроллер. Также при помощи микроконтроллера можно реализовать остальные функции, такие как:

- проверка напряжения;
- вывод показаний на дисплей;
- уведомление пользователя о результатах тестирования.

Опорное напряжение АЦП должно быть максимально стабильным, поскольку от него напрямую зависит точность измерений и даже небольшие помехи в данной цепи могут вызвать существенные отклонения измеренных показаний от реальных значений. [13]

При преобразовании аналогового сигнала в цифровой конечный результат и его точность зависит от разрядности АЦП. Чтобы обеспечить необходимую точность достаточно 10 разрядов.

Если опорное напряжение принять равным 5 В, то получим шаг измерения равным:

По всем определенным выше требованиям наиболее подходящим микроконтроллером будет являться AVR ATmega16[12] обладающий всеми необходимыми характеристиками.

- RISC архитектура;
- Тактовая частота 16 МГц;
- 32 программируемые линии ввода/вывода;
- Энергонезависимая память программ и данных;
- 16 Кбайт программируемой Flash памяти;
- 512 байт EEPROM;
- 8-канальный 10-разрядный аналого-цифровой преобразователь.

АЦП имеет структуру, изображенную на рисунке 3.5.

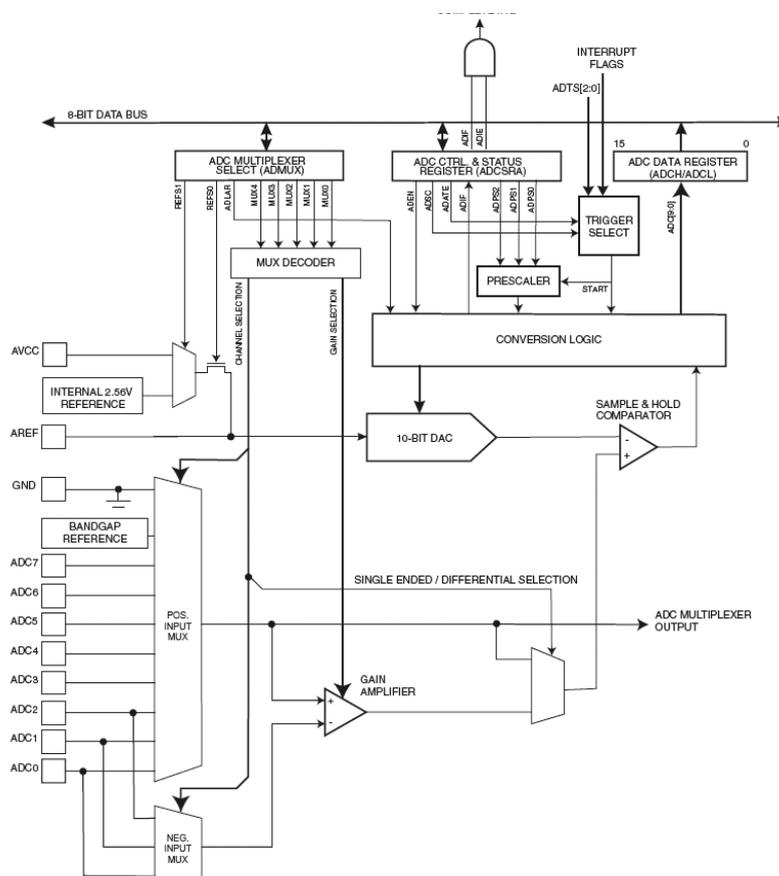


Рисунок 3.5 – Структура АЦП

Сигнал в АЦП подается через мультиплексор, с одного из восьми входов. Выбор входа осуществляется битами MUX3...MUX0, расположенными в регистре ADMUX. Записанное туда число определяет выбранный вход. Следовательно, в один момент времени может быть измерена только одна величина. Отрицательное напряжение воспринимается входами как ноль, поэтому при подаче измеряемого сигнала через резистивный делитель необходимо создать смещение напряжения таким образом, чтобы при входном уровне сигнала от -12 до 12 В на выходе уровень сигнала был от 0 до 5 В.[9] Проведем расчеты выходного напряжения. Схема резистивного делителя со смещением выглядит следующим образом:

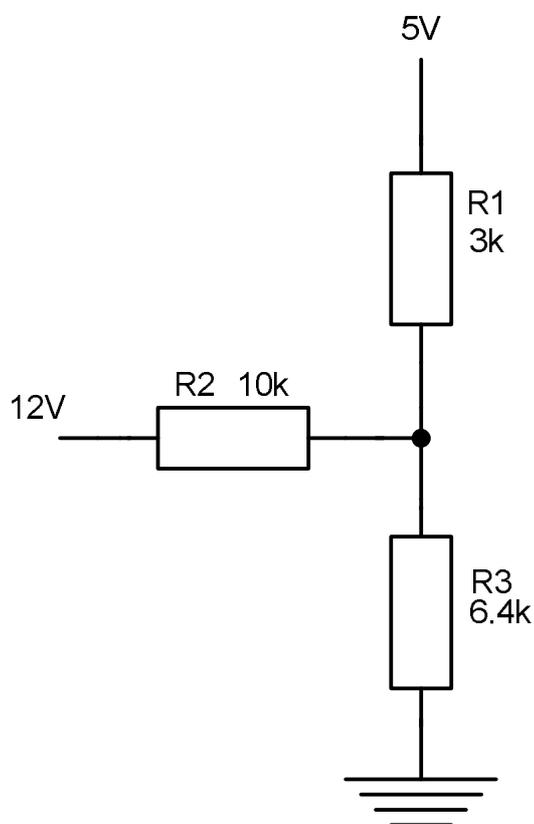


Рисунок 3.6 – Схема делителя напряжения со смещением

Для упрощения рассмотрения контуров схемы приведем ее к виду:

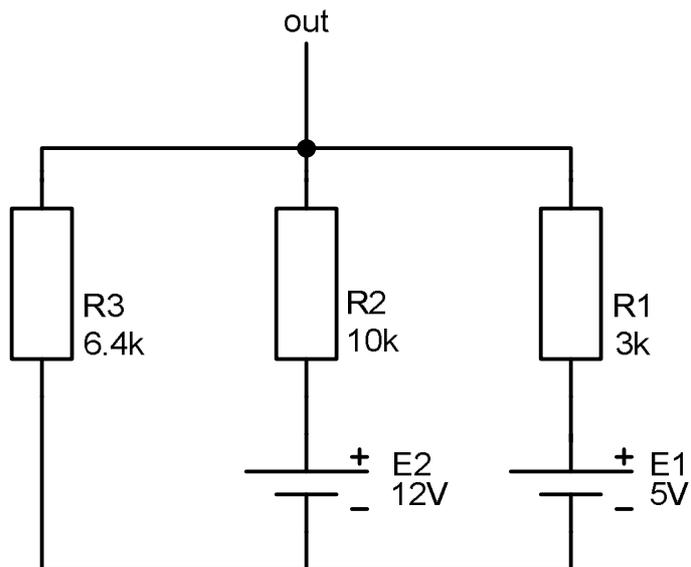


Рисунок 3.7 – Преобразованная схема делителя напряжения

Запишем 1 закон Кирхгофа:

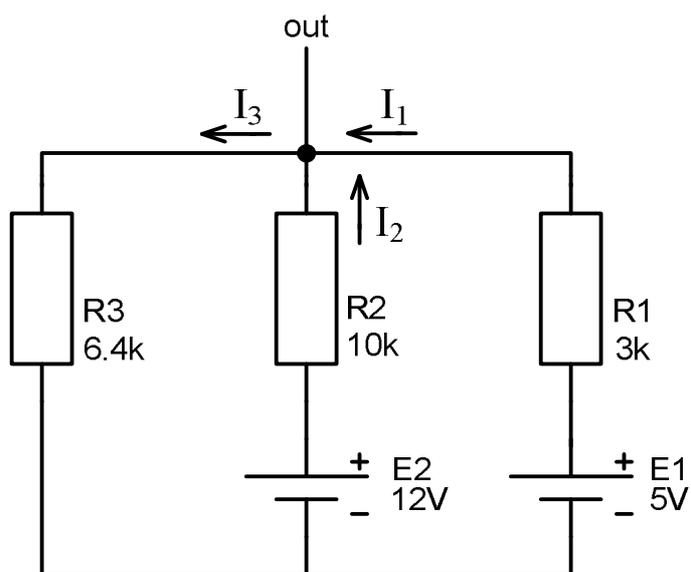


Рисунок 3.8 – Направления токов в делителе напряжения

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad (7)$$

Запишем 2 закон Кирхгофа:

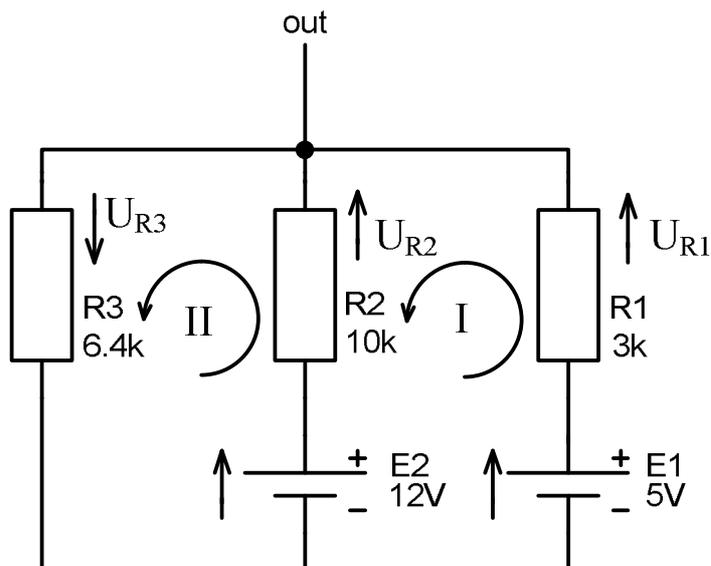


Рисунок 3.9 – Обход цепи по 2 закону Кирхгофа

$$\text{I: } E_1 - E_2 = U_{R1} - U_{R2} \quad (8)$$

$$\text{II: } E_2 = U_{R2} + U_{R3} \quad (9)$$

Таким образом, получена система, которую необходимо решить:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ E_1 - E_2 = U_{R1} - U_{R2} \\ E_2 = U_{R2} + U_{R3} \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 \\ -7 = I_1 R_1 - I_2 R_2 \\ 12 = I_2 R_2 + I_3 R_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 \\ -7 = 3000 I_1 - 10000 I_2 \\ 12 = 10000 I_2 + 6400 I_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 = I_3 - I_2 \\ I_1 = \frac{10000 I_2 - 7}{3000} \\ 12 = 10000 I_2 + 6400 I_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3000 I_3 - 3000 I_2 = 10000 I_2 - 7 \\ 12 = 10000 I_2 + 6400 I_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3000 I_3 = 13000 I_2 - 7 \\ 12 = 10000 I_2 + 6400 I_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_3 = \frac{13000 I_2 - 7}{3000} \\ I_3 = \frac{12 - 10000 I_2}{6400} \end{cases}$$

При помощи полученного тока можно рассчитать значение выходного напряжения:

Аналогичным образом высчитываются остальные номинальные значения выходного напряжения:

Таблица 3.1 – Номинальные значения выходного напряжения

Вход	12	5	3.3	-5	-12
Выход	4.86	3.67	3.39	1.98	0.79

Используя данные, описанные в таблице 3.1, построим график, отложив уровни входных значений на оси X, а выходные на оси Y:

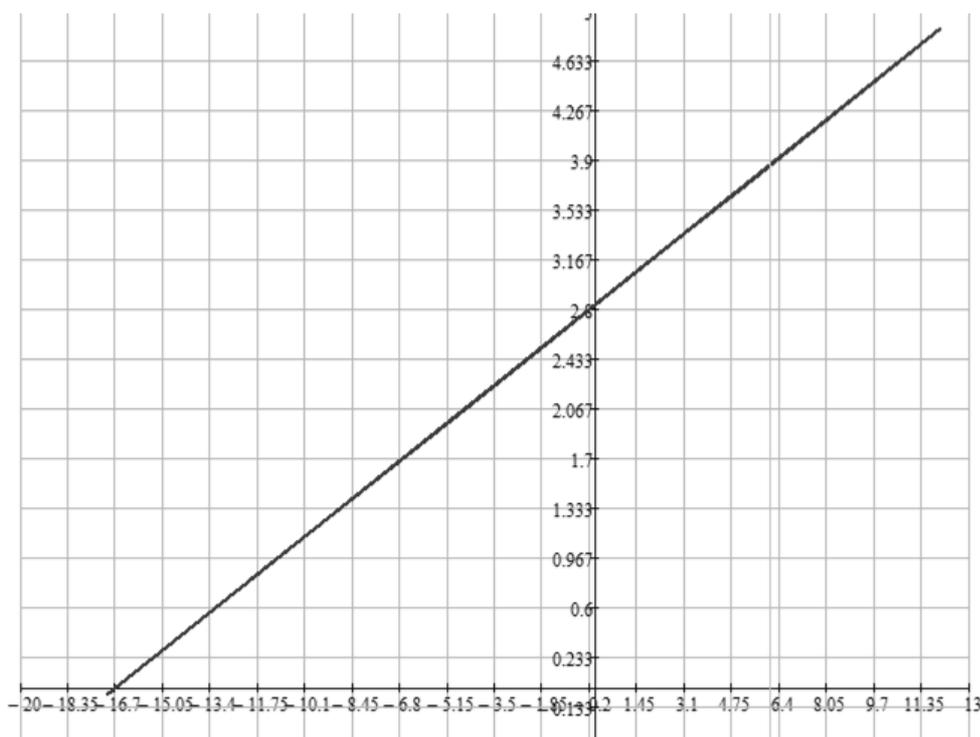


Рисунок 3.10 – График входных и выходных напряжений

На основе построенного графика можно с уверенностью сказать, что выходной и выходной сигналы линейно зависимы. Для расчета величины выходного напряжения необходимо выразить уравнение, которое описывает данный график.

Общее уравнение имеет вид:  $y = kx + b$ .

Коэффициент  $b$  можно получить из графика – это точка пересечения графика с осью  $Y$ , т.е.  $b = 2.8$ .

Зная коэффициент  $b$  можно получить коэффициент  $k$ , приравняв  $Y$  к нулю, при этом значении график будет пересекать ось  $X$  в точке  $-16.7$ :

$$k * (-16.7) + 2.8 = 0;$$

$$k = \frac{-2.8}{-16.7} = 0.1676.$$

Таким образом, получено уравнение, при помощи которого можно рассчитать все допустимые значения напряжения с учетом допустимых отклонений:

$$y = 0.1676x + 2.8 \text{ (10).}$$

Таблица 3.2 – Значения выходных напряжений с отклонениями

Вход	Выход
-12.6	0.70
-12	0.80
-11.4	0.90
-5.25	1.94
-5	1.98
-4.75	2.02
3.135	3.36
3.3	3.39
3.456	3.41
4.75	3.63
5	3.67
5.25	3.72
11.4	4.76
12	4.86
12.6	4.96

Также данное уравнение будет использоваться в программе микроконтроллера для вычисления напряжения.

Электрическая принципиальная схема приведена в приложении В.

### 3.3 Разработка программы измерения тока и напряжения

Разработка проводилась в бесплатной интегрированной среде Atmel Studio, которая основана на Visual Studio. Данная среда позволяет писать программы для 8- и 32-битных микроконтроллеров семейства AVR на языке C/C++ и проводить отладку программы без загрузки на микроконтроллер.

Для выполнения измерений при помощи АЦП прежде всего необходимо установить внешний источник опорного напряжения 5 В. Сделать это можно сбросив биты REFS0 и REFS1, которые располагаются в регистре ADMUX. Следующим шагом необходимо установить режим работы. В данном случае преобразования необходимо выполнять непрерывно, поскольку измерения должны проводиться постоянно и выводиться на дисплей. За режим работы отвечают биты ADTS0, ADTS1 и ADTS2, по умолчанию они сброшены в ноль, т.е. нужный режим уже определен.

Скорость работы АЦП определяется битами ADPS0, ADPS1 и ADPS2 регистра ADCSR. Наибольшая точность работы АЦП достигается в диапазоне от 50 до 200 кГц[12]. Исходя из этого, при кварцевом резонаторе с частотой 8 МГц на микроконтроллере следует выставить предделитель со значением 128, при этом получим значение 62,5 кГц, подходящее под заданный диапазон. Для того, чтобы задать требуемый предделитель необходимо выставить в единицу биты ADPS0, ADPS1 и ADPS2, которые расположены в регистре ADCSR.

Поскольку преобразования происходят непрерывно, то получать результаты преобразований следует при помощи прерываний, а условием возникновения прерывания будет окончание преобразования. Обработчиком служит вектор прерывания ADC\_vect. В данном векторе будет описано:

- получение результатов преобразования;
- проверка напряжений;
- вывод результатов на дисплей.

Так как по условию должны проводиться измерения тока и напряжения, то на микроконтроллере задействовано два аналоговых входа, которые также являются входами АЦП. Отсюда вытекает проблема получения значений преобразований, поскольку к АЦП в один момент времени через мультиплексор подключен только один вход микроконтроллера. Данную проблему можно решить, если по очереди программно переключать канал подключения АЦП. Поскольку задействовано только 2 входа, то сделать это можно меняя бит MUX0 в регистре ADMUX. При 1 подключен канал ADC1, а при 0 – ADC0.

Для того чтобы получить результаты преобразования нужно обратиться к регистру ADCW. Считав показания, их следует привести к изначальному виду. Для начала, полученное значение умножается на шаг АЦП. Затем, результат подставляется в формулу (11):

$$x = \frac{y-2.8}{0.1676} \quad (11).$$

Далее полученное значение проверяется на соответствие при помощи сравнения с возможными предельными отклонениями и на основе этого на дисплей выводится результат, соответствует ли значение, полученное с АЦП норме или нет.

Проверка работы программы проводилась в Proteus ISIS. Данная программа позволяет создавать электронные схемы и имитировать их работу. На рисунках 3.11 и 3.12 показан пример работы программы. Код программы приведен в приложении Д.

										Лист
										27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

09.03.01.2018.144.00 ПЗ

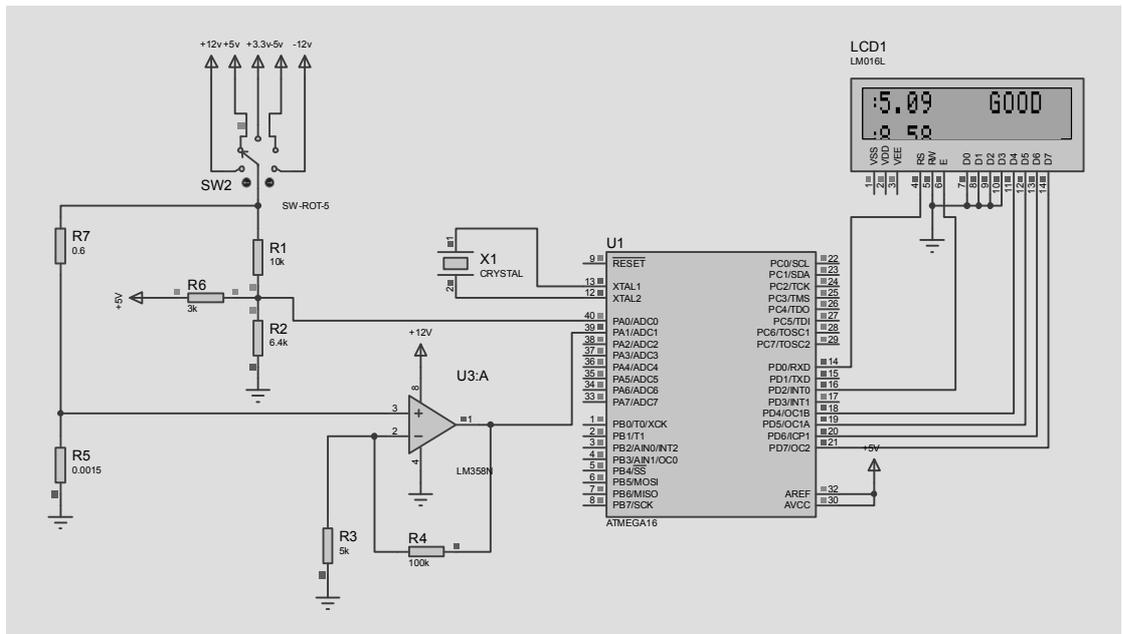


Рисунок 3.11 – Проверка 5 вольт (Proteus ISIS)

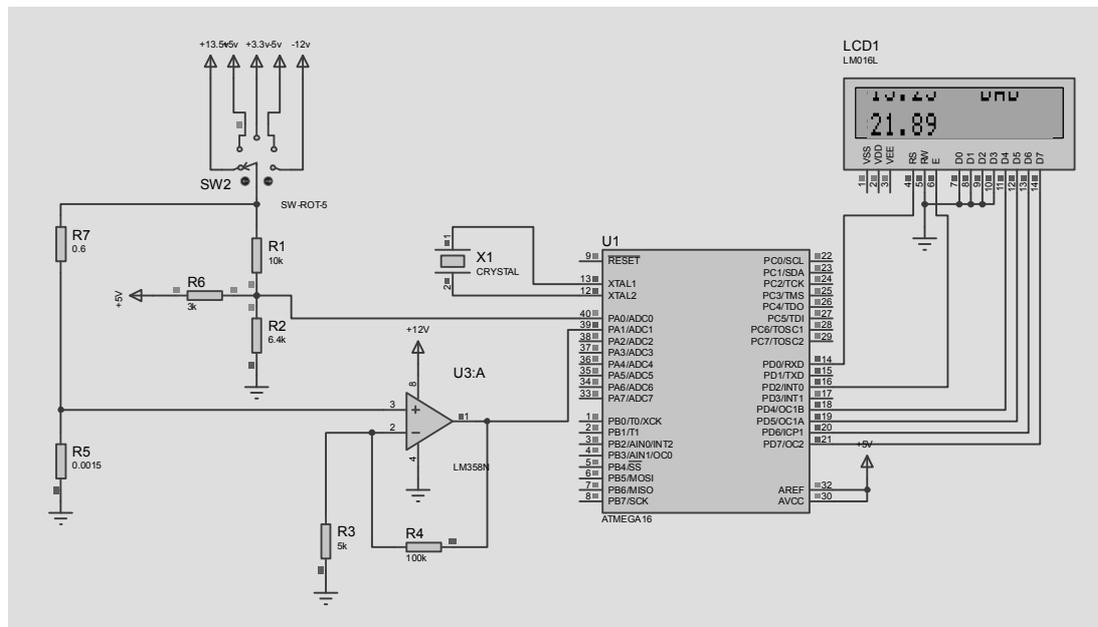


Рисунок 3.12 – Проверка 12 вольт (Proteus ISIS)

## Заключение

В ходе дипломного проектирования было разработано аппаратное и программное обеспечение стенда для тестирования блока питания компьютера, которое полностью соответствует заданию.

Разработаны следующие компоненты стенда:

- схема подключения
- схема регулируемой нагрузки
- схема измерения токов и напряжений
- схемы динамического изменения тока и напряжения (+10%)

Стенд может применяться при тестировании и отладке блоков питания, максимальная мощность которых не превышает 500 ватт.

					09.03.01.2018.144.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

## Библиографический список

1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: в 2 т. Т 1 / П. Хоровиц, У. Хилл. – М.: Мир, 1986. - 596 с.
2. Борисов В.Г. Юный радиолюбитель / В.Г. Борисов – М.: Радио и связь, 1992. – 416 с.
3. Ленк Дж. Электронные схемы: Практическое руководство / Дж. Ленк – М.: Мир, 1985. – 343 с.
4. Устройство компьютерных блоков питания и методика их тестирования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3dnews.ru/911366> - (дата обращения 15.03.2018).
5. Блок питания АТХ, устройство и принцип работы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electronics-lab.ru/blog/remont/119.html> - (дата обращения 15.03.2018).
6. С.Мюллер Модернизация и ремонт ПК 19 издание
7. Проверка блока питания. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://sebeadmin.ru/kak\\_proverit\\_blok\\_pitaniya.html](http://sebeadmin.ru/kak_proverit_blok_pitaniya.html) - (дата обращения 15.03.2018).
8. Практическая электроника: Шунт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ruselectronic.com/shunt-dlya-ampmetra/> - (дата обращения 15.03.2018).
9. Измерение отрицательного напряжения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hubstub.ru/circuit-design/92-kak-izmerit-otricatelnoe-napryazhenie-s-pomoschyu-acp.html> - (дата обращения 15.03.2018).
10. Datasheet LM324. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/223/DOC000223777.pdf> - (дата обращения 15.05.2018)

					09.03.01.2018.144.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

11. Datasheet IRF3205. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/196/DOC000196801.pdf> - (дата обращения 19.03.2018).
12. Datasheet ATmega16. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/059/DOC000059759.pdf> - (дата обращения 15.05.2018).
13. ATmega16: аналого-цифровой преобразователь (ADC) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://microsin.net/programming/avr/atmega16-adc.html> – (дата обращения 15.05.2018).
14. Динамическая электронная нагрузка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://el-shema.ru/publ/pitanie/dinamicheskaja\\_ehlektronnaja\\_nagruzka/5-1-0-362](http://el-shema.ru/publ/pitanie/dinamicheskaja_ehlektronnaja_nagruzka/5-1-0-362) – (дата обращения 20.05.2018).
15. AVR. Учебный курс. Использование АЦП. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://easyelectronics.ru/avr-uchebnyj-kurs-ispolzovanie-acp.html> – (дата обращения 21.05.2018).
16. Мюллер С. Модернизация и ремонт ПК/ С. Мюллер – 19-е издание – М.: Вильямс, 2011. – 1072 с.
17. Кузнецов М.И. Основы Электротехники/ М.И. Кузнецов – М.: Высшая школа, 1964. – 560 с.
18. Грибанов Ю.И. Измерения и приборы в радиолюбительской практике/ Ю.И. Грибанов. – М.: Энергия, 1969. – 192 с.

					09.03.01.2018.144.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

## Приложение А

В данном приложении приведена схема электрическая принципиальная электронной нагрузки с возможностью регулировки и динамического изменения. Схема разработана в P-Cad Schematic. Перечень элементов схемы приведен в приложении Б.

					09.03.01.2018.144.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Здесь будет схема на А2

					09.03.01.2018.144.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

## Приложение Б

В данном приложении приведен перечень элементов к схеме электрической принципиальной электронной нагрузки с возможностью регулировки и динамического изменения, приведенной в приложении А.

					09.03.01.2018.144.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Резисторы</u>			
R1, R3	CF-100, 1 Вт, 1 кОм, 5%	2	
R2, R4	SQP, 10 Вт, 0,1 Ом, 5%	2	
R5, R7	CF-100, 1 Вт, 1 кОм, 5%	2	
R6, R8	SQP, 10 Вт, 0,1 Ом, 5%	2	
R9	CF-100, 1 Вт, 150 кОм, 5%	1	
R10	CF-100, 1 Вт, 7.5 Ом, 5%	1	
R11	16K1-B10K, 0,2 Вт, 10 кОм, 5%	1	
R12	16K1-B1K, 0,2 Вт, 1 кОм, 5%	1	
R13,R14	CF-100, 0,5 Вт, 15 кОм, 5%	2	
R15	CF-100, 0,5 Вт, 33 кОм, 5%	1	
R16	CF-100, 0,5 Вт, 10 кОм, 5%	1	
R17	CF-100, 0,5 Вт, 27 кОм, 5%	1	
R18	CF-100, 0,5 Вт, 36 кОм, 5%	1	
R19	CF-100, 0,5 Вт, 100 кОм, 5%	1	
R20	CF-100, 0,5 Вт, 50 кОм, 5%	1	
R21,R22	16K1-B10K, 0,2 Вт, 10 кОм, 5%	2	
R23	CF-100, 0,5 Вт, 100 кОм, 5%	1	
R24	CF-100, 0,5 Вт, 15 кОм, 5%	1	
R25	CF-100, 0,5 Вт, 91 кОм, 5%	1	
R26	CF-100, 0,5 Вт, 24 кОм, 5%	1	
R27,R28	SQP, 10 Вт, 0,1 Ом, 5%	2	
R29	SQP, 10 Вт, 0,1 Ом, 5%	1	
<u>Конденсаторы</u>			
C1, C2	CC 0805 NPO, 100 пФ. 50 В, 5%	2	
C3, C4	CC 0805 NPO, 100 пФ. 50 В, 5%	2	
C5, C6	CC 0805 NPO, 100 пФ. 50 В, 5%	2	
C7, C8	CC 0805 NPO, 100 пФ. 50 В, 5%	2	
C9, C11	CC 0805 NPO, 100 пФ. 50 В, 5%	2	
C10	ECAP 10 мкФ, 10 В	1	
C12	ECAP 470 мкФ, 100 В	1	
			Лист
			35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись Дата
09.03.01.2018.144.00 ПЗ			



## Приложение В

В данном приложении приведена схема электрическая принципиальная измерения тока и напряжения. Схема разработана в P-Cad Schematic. Перечень элементов схемы приведен в приложении Г.

					НАЗВАНИЕ ДОКУМЕНТА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

здесь будет схема

## Приложение Г

В данном приложении приведен перечень элементов к схеме электрической принципиальной для измерения тока и напряжения, приведенной в приложении В.

					09.03.01.2018.144.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39



## Приложение Д

В данном приложении приведена программа, которая используется микроконтроллером для измерения тока и напряжения, проверку напряжения и вывода результатов на дисплей. Программа разработана в Atmel Studio 7.

MAIN.C

```
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <stdio.h>

#define F_CPU 16000000UL
#include <util/delay.h>

#define LCD_RS 0
#define LCD_RW 1
#define LCD_E 2
#define LCD_D4 4
#define LCD_D5 5
#define LCD_D6 6
#define LCD_D7 7
#define LDP PORTD
#define LCP PORTD
#define LDDR DDRD

#define LCD_CLR 0
#define LCD_HOME 1
#define LCD_ENTRY_MODE 2
#define LCD_ENTRY_INC 1
#define LCD_ENTRY_SHIFT 0
#define LCD_ON_CTRL 3
#define LCD_ON_DISPLAY 2
#define LCD_ON_CURSOR 1
#define LCD_ON_BLINK 0
```

					09.03.01.2018.144.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

```

#define LCD_MOVE          4
#define LCD_MOVE_DISP    3
#define LCD_MOVE_RIGHT   2
#define LCD_FUNCTION     5
#define LCD_FUNCTION_8BIT 4
#define LCD_FUNCTION_2LINES 3
#define LCD_FUNCTION_10DOTS 2
#define LCD_CGRAM        6
#define LCD_DDRAM        7
#define LCD_BUSY         7

#define LCD_LINES        2
#define LCD_LINE_LENGTH  16
#define LCD_LINE0_DDRAMADDR
#define LCD_LINE1_DDRAMADDR
#define LCD_LINE2_DDRAMADDR
#define LCD_LINE3_DDRAMADDR

```

```

void lcd_dat(uint8_t ch)
{
    LDP=(ch&0b11110000);
    LCP|=1<<LCD_RS;
    LCP|=1<<LCD_E;
    _delay_ms(1);
    LCP&=~(1<<LCD_E);
    LCP&=~(1<<LCD_RS);
    _delay_ms(1);
    LDP=((ch&0b00001111)<<4);
    LCP|=1<<LCD_RS;
    LCP|=1<<LCD_E;
    _delay_ms(1);
    LCP&=~(1<<LCD_E);
    LCP&=~(1<<LCD_RS);
    _delay_ms(1);
}

```

```

void lcd_com(uint8_t cmd)
{
    LDP=(cmd&0b11110000);
    LCP|=1<<LCD_E;
    _delay_ms(1);
    LCP&=~(1<<LCD_E);
    _delay_ms(1);
    LDP=((cmd&0b00001111)<<4);
    LCP|=1<<LCD_E;
    _delay_ms(1);
    LCP&=~(1<<LCD_E);
    _delay_ms(1);
}

void lcd_init(void)
{
    _delay_ms(15);
    LDP=0x00;
    LCP=0x00;
    LDDR|=1<<LCD_D7|1<<LCD_D6|1<<LCD_D5|1<<LCD_D4;
    LCDR|=1<<LCD_E|1<<LCD_RW|1<<LCD_RS;
    LDP=0<<LCD_D7|0<<LCD_D6|1<<LCD_D5|1<<LCD_D4;
    LCP|=1<<LCD_E|0<<LCD_RW|0<<LCD_RS;
    _delay_ms(1);
    LCP&=~(1<<LCD_E);
    _delay_ms(1);
    LDP=0<<LCD_D7|0<<LCD_D6|1<<LCD_D5|1<<LCD_D4;
    LCP|=1<<LCD_E|0<<LCD_RW|0<<LCD_RS;
    _delay_ms(1);
    LCP&=~(1<<LCD_E);
    _delay_ms(1);
    LDP=0<<LCD_D7|0<<LCD_D6|1<<LCD_D5|0<<LCD_D4;
    LCP|=1<<LCD_E|0<<LCD_RW|0<<LCD_RS;
}

```

```

        _delay_ms(1);
        LCP&=~(1<<LCD_E);
        _delay_ms(1);
        lcd_com(0x28);
        lcd_com(0x0C);
    }
void lcd_clr(void)
{
    lcd_com(1<<LCD_CLR);
}

void lcd_string(uint8_t* data, uint8_t nBytes)
{
    register uint8_t i;
    if (!data) return;
    for(i=0; i<nBytes; i++)
    {
        lcd_dat(data[i]);
    }
}

void lcd_gotoxy(uint8_t x, uint8_t y)
{
    register uint8_t DDRAMAddr;
    switch(y)
    {
        case 0: DDRAMAddr = LCD_LINE0_DDRAMADDR+x; break;
        case 1: DDRAMAddr = LCD_LINE1_DDRAMADDR+x; break;
        case 2: DDRAMAddr = LCD_LINE2_DDRAMADDR+x; break;
        case 3: DDRAMAddr = LCD_LINE3_DDRAMADDR+x; break;
        default: DDRAMAddr = LCD_LINE0_DDRAMADDR+x;
    }
    lcd_com(1<<LCD_DDRAM | DDRAMAddr);
}

```

```

ISR (ADC_vect)
{
    if((ADMUX & 0x0F)==0)
    {
        float Voltage = (ADCW*0.004882-2.8277)/0.1638;
        char buffer [8];
        memset(buffer, NULL, sizeof(char)*8);
        sprintf(buffer,"V=%.2f",Voltage);
        _delay_ms(2);
        lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_string(buffer,8);
        _delay_ms(100);
        if((Voltage<12.6)&(Voltage>11.4)|
            (Voltage<5.25)&(Voltage>4.75)|
            (Voltage<3.456)&(Voltage>3.135)|
            (Voltage<-4.75)&(Voltage>-5.25)|
            (Voltage<-11.4)&(Voltage>-12.6))
        {
            lcd_gotoxy(10,0);
            lcd_string("GOOD", 4);
        }
        else
        {
            lcd_gotoxy(10,0);
            lcd_string("BAD", 4);
        }
        ADMUX = (ADMUX & 0xF0) | 1;
    }
    else
    {
        float Current = ADCW*0.004882*30.3024;
        char buffer [8];
        memset(buffer, NULL, sizeof(char)*8);
        sprintf(buffer,"A=%.2f",Current);
    }
}

```

					09.03.01.2018.144.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

```

        _delay_ms(2);
        lcd_gotoxy(0,1);
        lcd_string(buffer,8);
        _delay_ms(100);
        ADMUX = (ADMUX & 0xF0) | 0;
    }
    ADCSRA |= (1<<ADSC);
}
void Init_ADC(void)
{
    ADMUX |= (0<<REFS0) | (0<<REFS0);
    ADCSRA |= (1<<ADEN) | (1<<ADIE) | (1<<ADPS0) | (1<<ADPS1) | (1<<ADPS2);
    sei ();
}

int main(void)
{
    Init_ADC();
    lcd_init();
    ADCSRA |= (1<<ADSC);
    while(1)
    { }
}

```

						09.03.01.2018.144.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			46