

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

Институт энергетики и электротехники
(институт)

Кафедра «Промышленная электроника»

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Промышленная электроника
направленность (профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Универсальный зарядно-разрядный блок для заряда и тестирования.

Студент(ка)	<u>В.С. Карпунин</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Руководитель	<u>А.В. Прядилов.</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой <u>к.т.н., доцент А.А. Шевцов</u>	_____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	(личная подпись)

«_____» _____ 20____ г.

Тольятти 2017

Аннотация

Объем 62 с., 33 рис., 20 источников.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЗАРЯДНО-РАЗРЯДНЫЙ БЛОК ДЛЯ ЗАРЯДА ТЕСТИРОВАНИЕМ АККУМУЛЯТОРОВ.

Объектом исследования являются аккумуляторные батареи. Изучение видов и типов аккумуляторов, механизмов и способов заряда а так же разряда аккумуляторных батарей.

Цель работы: изготовление действующего макета зарядно-разрядного устройства для аккумуляторов.

Задачи работы:

1. обзор существующих решений
2. Разработка электрической принципиальной схемы
3. Выбор элементов схемы
4. Математическое моделирование
5. Изготовление макета установки
6. Отладка макета
7. Экспериментальные исследования

Работа состоит из трёх глав, в которых решены упомянутые задачи.

Для расчета и моделирования режимов работы на плате Arduino были использованы ресурсы данного сайта: <https://circuits.io/circuits/4622805-the-unnamed-circuit/edit>. На данном сайте, в режиме онлайн, была смоделирован, по разработанной принципиальной электрической схеме, макет своего прибора. А так же на смоделированном макете было протестировано разработанное мною программное обеспечение для данного макета.

Степень внедрения: создан действующий макет зарядно-разрядного устройства.

Областью применения данной работы являются аккумуляторные батареи.

Содержание

Аннотация	3
Содержание.....	4
Введение.....	5
1. Состояние вопроса	8
1.1. Формулирование актуальности, цели и задач проекта	8
1.2. Обзор существующих решений.....	9
1.3. Анализ способов заряда и тестирования аккумуляторов.....	12
2. Расчетная часть.....	19
2.1. Разработка электрической принципиальной схемы.....	19
2.2.Разработка программной части	30
3. Изготовление зарядно-разрядного блока.....	48
3.1. Изготовление электрической части и конструктива.....	48
3.2.Отладка программы и экспериментальные исследования.....	52
3.3. Инструкция по использованию зарядно-разрядного блока.....	54
Заключение	59
Список литературы	60

Введение

В наше время в быту мы всё чаще сталкиваемся с цифровыми приборами не ведомыми сетью. Такие приборы питаются либо от батареек, либо от аккумуляторов. И так как батарейки зачастую являются более распространённым источником питания, то естественно возникнет вопрос: “А какими же батарейками пользоваться?” Для того чтобы сделать оптимальный выбор при выборе гальванического элемента нужно задаться вопросом насколько часто приходится менять батарейки в том или ином приборе. Если же довольно часто, то выбор лучше всего остановить на никель-металл-гидридных аккумуляторах.

Как и любые другие автономные источники питания, аккумуляторные батареи разряжаются, но в отличие от солевых или же других батареек аккумуляторные батарейки можно заряжать. Безусловно они могут сэкономить нам кучу денег, но только при правильной зарядке этих батарей.

А это значит что нам необходимо хорошее зарядное устройство.

В продаже существуют зарядные станции для аккумуляторных батарей. И цены их варьируются от 600 рублей и до 2600 рублей.

И чем выше цена, тем более функциональны зарядные устройства и более безопасны способы заряда аккумуляторов. Конечно же, мы можем потратить большую сумму денег приобретя готовое зарядное устройство, а можем разработать и сделать своё зарядное устройство при этом не только сэкономить свой бюджет, но и получить бесценный багаж знаний и умений.

В данной выпускной квалификационной работе, в дальнейшем именуемой “ВКР”, мы разработаем устройство управления зарядом аккумуляторных батарей и тестер заряда аккумуляторов управляемый микроконтроллером Arduino.

Разрабатываемое устройство будет обладать следующими достоинствами :

1. Простота в управлении.
2. Увеличивает ресурс аккумуляторов.
3. Возможность заряжать аккумуляторы при этом показывая напряжение и ток заряда.
4. Возможность тестировать аккумуляторы при этом показывая напряжение на батарее а так же суммарный ток заряда.

Устройство может выполнять следующие действия:

- Может тестировать ёмкость аккумулятора путём его последовательного разряда;
- Может заряжать аккумулятор по определённым алгоритмам;
- Может определять тип аккумулятора и подобрать наиболее безопасные методы заряда разряда батареи;
- Ведёт постоянный контроль за состоянием аккумулятора, а именно следить за напряжением на аккумуляторе для того чтобы не перегреть его и не перезарядить.
- Сигнализирует по окончании тестирования либо по окончании заряда батареи.

Существует множество типов аккумуляторов от литиевых до свинцовых. Так же существует и не мало способов зарядки аккумуляторов. Рассмотрим метод для разряда никель-металлогидридных аккумуляторов. Выбор используемого нами метода напрямую зависит от того как быстро мы хотим зарядить нашу батарею. Так как скорость заряда измеряется по отношению к ёмкости батареи. Допустим что ёмкость нашей батареи равна 2300мА/ч, и мы

заряжаем её током 2300 мА, то получается что мы зарядим её со скоростью 1С. Но если же я буду заряжать свой аккумулятор током 230 мА, то аккумулятор будет заряжаться со скоростью С/10. А это значит что аккумулятор имеющий около 30% , от своей номинальной ёмкости, заряда будет заряжаться порядка семи часов. При условии, что температура аккумулятора в процессе заряда не будет отклоняться от допустимых значений. А периодический контроль за напряжением на аккумуляторе не позволит нам перезарядить нашу батарею. Выполнение данных условий значительно продлит эксплуатационный срок службы наших аккумуляторов.

1.Состояние вопроса

1.1. Формулирование актуальности, цели и задач проекта

Потребность в заряде аккумуляторов в наше время актуальна как никогда. И заряжая свой аккумулятор мы хотим быть уверены в качестве заряда.

Так же в ходе своей жизнедеятельности периодически возникает потребность тестировании ёмкости аккумулятора. Для того чтобы обладать более точной информацией о состоянии батареи и её качестве.

Исходя из вышесказанного, разработка зарядно-разрядного устройства является актуальной задачей.

Целью данной выпускной квалификационной работы является: разработка действующего макета зарядно-разрядного устройства .

Для достижения поставленной цели поставлены и выполнены следующие **задачи**:

1. Обзор существующих решений
2. Разработка электрической принципиальной схемы
3. Выбор элементов схемы
4. Изготовление макета установки
5. Отладка макета
6. Экспериментальные исследования

1.2. Анализ исходных данных и известных решений.

Для разработки оптимальных методов заряда аккумулятора проанализируем способы заряда аккумуляторов.

Обычный (или тонко струйный) метод заряда.

Сей способ предполагает заряд током ориентировочно равным 50 мА (для АА элементов) в процессе 15 часов. При таком токе, диффузия кислорода наиболее достаточна, чтобы предпринимать какие-либо меры для уменьшения тока по достижении полного заряда. Несомненно, что в этом случае всегда имеется риск получить падение напряжения при перезаряде.

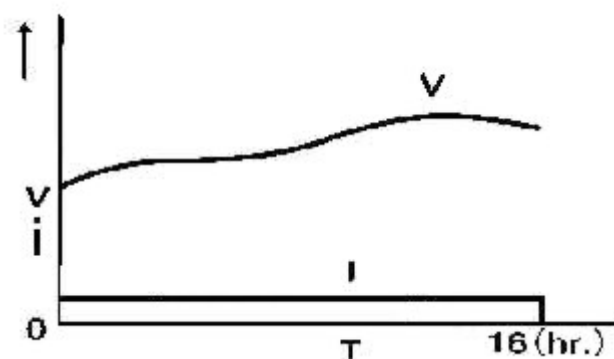


Рис.1.1. Методы заряда аккумулятора. Графики заряда

На графике (Рис.1.1) ток заряда удерживается неизменно равным $0.1C$ в ходе 16 часов. В течении времени заряда замечается увеличение напряжения на аккумуляторе. По завершении заряда и при перезаряде напряжение убавляется.

Следует упомянуть, что NiCd и NiMH аккумуляторы всё время заряжаются постоянным током, в отличие от свинцово-кислотных, которые заряжаются при постоянном напряжении.

Метод быстрого заряда.

Разновидностью тонкоструйного заряда является метод быстрого заряда, при котором применяется ток заряда от 0.3 до 1.0С. В этом случае имеет важное значение, чтобы аккумулятор был абсолютно разряжен перед зарядом, так что подобные зарядные блоки зачастую начинают заряд с цикла разряда для того, чтобы зарядить аккумулятор до его предельной емкости.

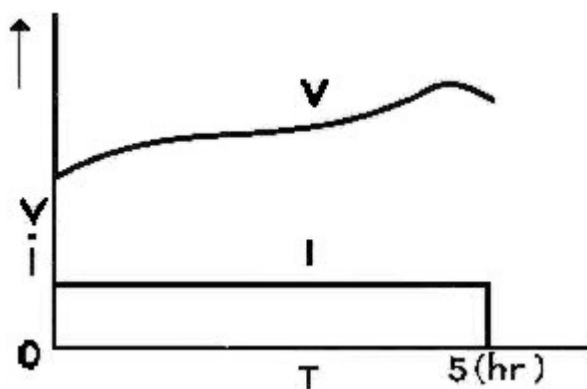


Рис.1.2. Методы заряда NiCd или NiMH аккумуляторов.

На графике (Рис.1.2) заряд током в треть от С придерживался от четырёх до пяти часов. Данный способ заряда перегревает аккумулятор, в особенности при заряде током приближённым к 1 С.

Метод dV заряда.

Наилучшей технологией заряда NiCd и NiMH аккумуляторов - так называемый метод дельта V (метод измерения изменения напряжения). Если замерять напряжение на выводах элемента в процессе заряда постоянным

током, то возможно подметить, что напряжение неспешно увеличивается в течении заряда. По окончании заряда, напряжение на батарее будет краткосрочно ослабевать. Величина снижения незначительная, приблизительно 10 mV для NiCd и меньше для NiMH, но явно выражена. Метод дельта V заряда зачастую сопровождается измерением температуры, что обеспечивает добавочный критерий оценки уровня заряда аккумулятора.

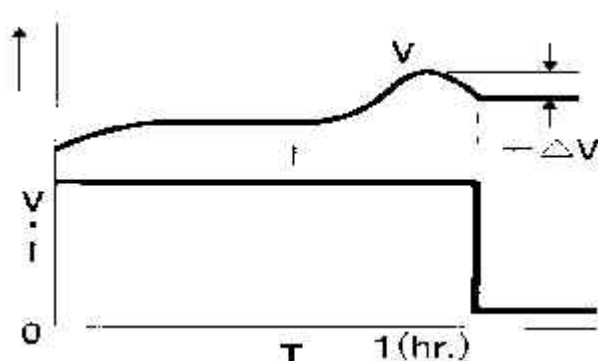


Рис.1.3. Метод заряда NiCd или NiMH аккумуляторов.

На графике (Рис.1.3) применялся ток заряда равный 1 С и впоследствии достижения окончательного заряда, ток заряда сократился до 1/30 ... 1/50 С для компенсации явления саморазряда аккумулятора.

Имеются электронные схемы, созданные специально для того чтобы реализовать метод dV заряда. Например MAX712 и 713. Реализация сего метода крайне дорога, нежели иные, но приносит хорошо воспроизводимые результаты.

Важно подметить, что в аккумуляторе с хотя бы одним некачественным элементом из цепочки последовательно соединенных, метод дельта V заряда может не работать и повергнуть к поломке остальных элементов, ввиду этого надлежит быть осмотрительным.

1.3. Анализ способов заряда и тестирования аккумуляторов.

Существует не мало способов для заряда батареек. И качество заряда Напрямую зависит от разработанного схемотехнического решения.

Рассмотрим два вида зарядных устройств. В первом представлен самый экономичный и простой способ заряда и схемой не предусмотрено тестирование батареей.

Суть метода заряда заключается в том зарядное устройство запитывается от USB порта 2.0 имеющим напряжение порядка 5 вольт. При этом собрав несложную схему изображенную на (рис.1.4) возможно заряжать пальчиковые батареи током примерно равным 100 мА.

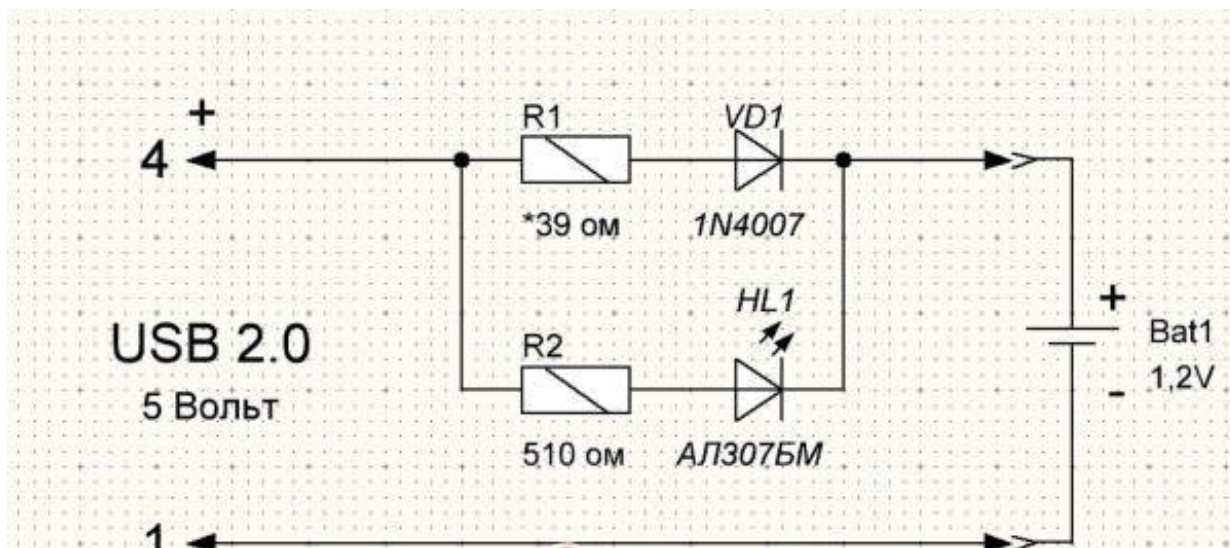


Рис.1.4. схема заряда батареек

Плюсами данного способа являются:

Простая и экономически выгодная электрическая схема.

Минусы данного способа заряда:

Отсутствует контроль заряда аккумулятора.

Отсутствует возможность регулировки тока заряда.

Требуется для заряда источник постоянного тока.

Имеется просадка по току во время заряда что пагубно сказывается на качестве заряда.

Второй же способ предполагает качественный заряд любого типа аккумуляторов а так же их тестирование, но данное устройство дорогое.

В данном зарядном устройстве имеется возможность заряда любых типов аккумуляторов - кислотных и щелочных аккумуляторных батарей напряжением от 1,5 до 15 вольт, током заряда от 50 миллиампер до 10 ампер. Возможен заряд как мизинчиковых батарей, так и больших свинцовых аккумуляторных батарей.

Прибор имеет схему стабилизации зарядного тока. Во время заряда батарей, ток заряда не убавляется как у типичных зарядных устройств, а поддерживается на заданном значении, данный фактор позволяет качественно заряжать аккумуляторную батарею.

Вдобавок, в устройстве предусмотрена схема разряда - «тренажа» аккумуляторной батареи, предназначенную для предотвращения процесса сульфатации (химического разложения) пластин аккумуляторной батареи. В отдельных случаях, возможно восстановление батарей, уже подверженных сульфатации(рис.1.5).

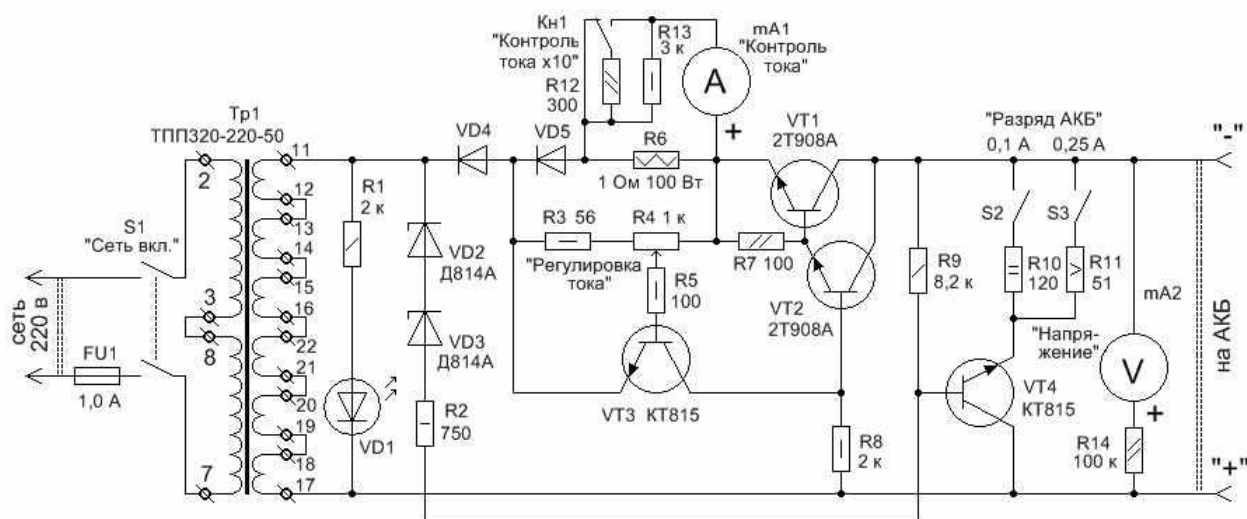


Рис.1.5. схема универсального зарядного устройства.

В случае когда необходим режим тренировки АКБ от сульфатации, включается схема «тренажа», которая в свою очередь используется во время воздействия отрицательной полуволны сетевого напряжения. Для кислотных аккумуляторов ток разряда подбирается ориентировочно в десять раз меньше тока заряда, поочерёдно, с помощью переключателей S2 (0,1А) и S3 (0,25А). При включении этих двух переключателей, ток разряда соответственно будет равен 0,35А. Таким образом, заряд кислотной аккумуляторной батареи с одновременным применением схемы разряда обязан производиться токами 1А, 2,5А и 3,5А соответственно. Схема разряда не будет работать если же переключатели отключены.

Схема стабилизации тока заряда работает следующим образом: На резисторе R6, при помощи транзистора VT3 через делитель напряжения R3, R4 измеряется падение напряжения, которое прямо пропорционально текущему через резистор току. Транзистор VT3 в свою очередь управляет силовыми транзисторами VT1 и VT2. При увеличении тока, текущего через резистор R6, ток, протекающий через коллектор – эмиттер транзистора VT3 усиливается, что приводит к уменьшению тока, протекающего по пути база VT2 – эмиттер VT1 и как следствие – к уменьшению тока коллектор – эмиттер транзисторов VT1 и VT2 – тока заряда АКБ. Так же при падении

тока происходит противоположный процесс. Фактически схема, в любой момент времени устремляется поддерживать на каждом из р-п переходов база - эмиттер транзисторов VT1 и VT2 разность потенциалов примерно равную 0,6 вольта. Данный факт позволяет заряжать аккумуляторы не синусоидальным током, а импульсами прямоугольной формы.

Схема разряда - «тренажа» аккумуляторной батареи, предназначенная для предотвращения процесса сульфатации пластин аккумуляторной батареи собрана на транзисторе VT4. Представленная схема работает по следующему принципу: Во время воздействия отрицательной полуволны сетевого напряжения, что соответствует отсутствию тока заряда, ток, протекающий по пути - верхний вывод вторичной обмотки трансформатора (11), стабилитроны VD2 и VD3, резистор R2, база-эмиттер транзистора VT4, открывает этот транзистор. Происходит разряд аккумуляторной батареи по пути: +АКБ, коллектор-эмиттер VT4, резисторы R10 и R11, -АКБ. Ток разряда, как было написано ранее определяется значением сопротивления резисторов R10 и R11. При изменении полуволны, на положительную питающего напряжения, транзистор закрывается и происходит заряд аккумуляторной батареи от схемы заряда.

Стабилитроны VD2 и VD3 предназначены для предотвращения разряда АКБ по вышеописанной цепи в случае пропадания напряжения сети. Это связано с тем, что в таком случае транзистор может оказаться открытым током, проходящим от +АКБ, через вторичную обмотку трансформатора.

Так же нужно учитывать, что значения тока разряда через резисторы R10 и R11, соответствуют аккумуляторной батарее с напряжением 12 вольт (по закону Ома).

В качестве амперметра можно применить любой микро-миллиамперметра со шкалой кратной десяти (максимальное показание будет равно – 10 ампер). Учитывая то, что ток заряда импульсный, резистор R13

подбирается экспериментальным путём при помощи поверенного и откалиброванного осциллографа. Осциллографом измеряется амплитуда зарядных импульсов на резисторе R6. При амплитуде 0,5 вольт, прибор должен показывать зарядный ток в 5 ампер. Резистор R12 должен быть в 10 раз меньше резистора R13, и нужен для увеличения чувствительности амперметра в 10 раз (при измерении малых токов заряда – до 1 ампер). Переключение на большую чувствительность производится с помощью кнопки Кн1.

В качестве вольтметра предполагается использование любого вольтметра или микро-миллиамперметра со шкалой до 15 – 20 единиц. Резистор R14 выбирается в соответствии с подобранным прибором по принципу делителя напряжения. В случае использования стандартного вольтметра на 15 – 20 вольт, резистор в схеме не нужен.

В качестве трансформатора можно применить любой силовой трансформатор обеспечивающий ток нагрузки до 12 ампер, с выходным напряжением 20 – 25 вольт. Это может быть двухкатушечный силовой трансформатор мощностью не меньше чем 180 ватт от старого черно-белого телевизора с перемотанной вторичной обмоткой. Диоды VD4 и VD5 – силовые, рассчитанные на прямой ток до 15 ампер, устанавливаются на радиатор (корпус устройства) с изоляцией от корпуса устройства. Лучший вариант – использовать силовой выпрямительный мост типа КЦ419 (импортный аналог – MB5010) с соединёнными вместе нейтральными выводами, как результат – не нужна изоляция, компактность и запас по току до 25 ампер. Схема разработана так, что силовые транзисторы VT1 и VT2 можно крепить непосредственно на металлический корпус зарядного устройства без использования радиаторов охлаждения и дополнительной изоляции коллекторов. В ходе эксплуатации выяснилось, что при токах более 5 Ампер, силовые транзисторы без радиаторов сильно греются. Для того, чтобы не нагромождать конструкцию радиаторами и повысить надёжность,

вместо двух силовых транзисторов 2Т908А я использовал два составных транзистора КТ827А. Транзисторы VT3 и VT4 – типа КТ815 с любым буквенным индексом, крепятся на корпус устройства через слюдяную прокладку. Хорошо было бы для лучшего охлаждения силовых транзисторов воспользоваться теплопроводной пастой. В качестве резистора R6 применяются десять параллельно соединённых резисторов типа ПЭВ-10 на 10 Ом. Предполагаются и другие варианты, например нихромовый провод, но этот вариант достаточно неудобный - необходима тепло- и электроизоляция, подбор длины и диаметра таким образом, чтобы не было излишнего нагрева.

В случае отключения питания, или пропадания сети, заряжаемая аккумуляторная батарея напряжением 12 вольт разряжается через резистор R8 током 6 миллиампер, а батарея напряжением 1,5 вольта – током 500 микроампер. Это достаточно слабый ток для стартерных аккумуляторов, но для исключения нежелательного разряда, особенно для таких батарей, как батареи «пальчиковых» аккумуляторов, после зарядки необходимо снять клеммы с аккумуляторов.

Некоторые автолюбители проверяют зарядные устройства путем «добывания искры» замыкая между собой выходные клеммы, а это зачастую приводит к выходу зарядных устройств из строя. Данное зарядное устройство защищено от подобной глупости за счет схемы стабилизации зарядного тока. При замыкании клемм, искра появляется, но в доли микросекунд (определяется быстродействием Р-N перехода транзисторов) схема ограничивает ток, протекающий через элементы схемы до значения, установленного регулятором. Фактически устройству без разницы, ток течёт через аккумулятор или через замкнутые клеммы, его значение будет одинаковым в обоих случаях. Но долго держать замкнутые клеммы не надо, силовые транзисторы будут сильно греться от падения почти всего отдаваемого трансформатором напряжения на их переходах.

Плюсы данного аппарата:

Качественный заряд аккумуляторов

Универсальность устройства

Возможность тестировать аккумуляторы

Наличие системы блокировок позволяющих сохранить исправным не только аккумуляторы но и сам аппарат.

Минусы данного устройства.

Сложность монтажа.

Большая стоимость прибора.

Проанализировав существующие схемотехнические решения, было разработано зарядно-разрядное устройство подобное тому что на (рис.1.5),но в изготовленном устройстве было решено ограничить функциональные возможности упростить схему. И управлять процессами при помощи микроконтроллера.

2. Разработка и расчёт системы индикации и заряда аккумуляторов.

2.1 Разработка и расчёт электрической схемы.

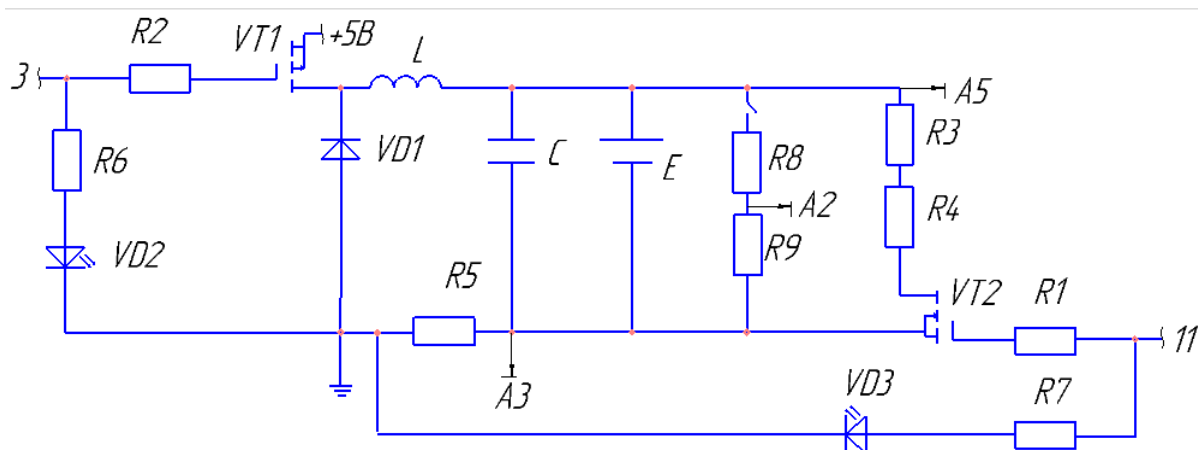


Рис.2.1. электрическая схема принципиальная.

Мною была разработана следующая электрическая схема изображённая на (рис.2.1.). Принцип её работы следующий Схема имеет два режима работы:

1. Режим тестирования. В этом режиме открывается полевой транзистор VT 2 в то время как транзистор VT 1 постоянно закрыт.в этом режиме ток протекает через резисторы R3,R4. С них снимается токовый сигнал и суммируется в течении времени. В это время перемычка соединяющая резисторы R8,R9 разомкнута для того чтобы не создавать лишний потерь в напряжении и более точно рассчитать ёмкость аккумулятора. Так же схемой предусмотрен диод VD 1 который не пропускает ток через индуктор и резистор R5 в режиме тестирования. С помощью светодиода VD 3 ведётся индикация состояния полевого транзистора VT 2.

2. Режим заряда. В этом режиме открывается полевой транзистор VT 1 с коэффициентом заполнения Q. В то время как второй транзистор закрыт. С источника питания на батарею через и дроссель подаётся питание, заряжающее батарею. С резистора R5 снимается токовый сигнал. С делителя напряжения на резисторах R8,R9 снимается сигнал напряжения. Так же С канала A5 периодически снимается сигнал. Благодаря этим трём сигналам микроконтроллер анализирует полученную информацию и адекватно заряжает батарею. Контроль за состоянием транзистора ведётся с помощью светодиода VD 2.

Выбор транзисторов.

Выбор элементов схемы начали с выбора транзисторов. Так как в одной схеме реализованно два режима: заряд, разряд, то нам нужны два вида транзисторов Р-канальный для режима заряда и N-канальный для режима разряда. Учитывая то что частота открывания закрывания транзисторов равна примерно 7 кГц. То для реализации данных условий выбраны следующие транзисторы:

Для режима заряда VT 1 Р-канальный MOSFET транзистор IRLML6402. Данный транзистор хорош тем что у него как и у всех полевиков низкое сопротивление в открытом состоянии. и очень маленькое время запираения. Так этот транзистор подошёл мне по току и напряжению.

Техническая документация на данный транзистор (рис.2.2а,2.2б.)

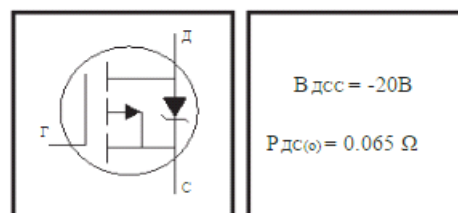
International
IR Rectifier

ПД - 93755

IRLML6402

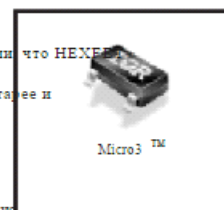
HEXFET® MOSFET силы

- л Ультра низким сопротивлением
- л р-канальный MOSFET
- л сот-23 след
- л низкий профиль (<1.1 мм)
- л доступен на ленте и Вьюрке
- л быстрое переключение



Описание

Эти р-канальные транзисторы от международного выпрямителя использовать передовые технологии обработки для достижения чрезвычайно низким сопротивлением в зону кремния. Это преимущество в сочетании с быстрой скоростью переключения и устройство повышенной прочности конструкции, что HEXFET® MOSFET с наименьшим размером в отрасли. Этот пакет, окрестил и Micro3™, идеально подходит для приложений, где напечатано на плате ко смю на награде. Низкий профиль (<1.1 мм) из Micro3 позволяет ему легко вписаться в чрезвычайно тонком применении средах, таких как портативной электроники и PCMCIA карты.



Термически улучшенные большие выводные рамки коврик был включен в стандартный пакет сот-23 для получения HEXFET Мощности MOSFET с наименьшим размером в отрасли. Этот пакет, окрестил и Micro3™, идеально подходит для приложений, где напечатано на плате ко смю на награде. Низкий профиль (<1.1 мм) из Micro3 позволяет ему легко вписаться в чрезвычайно тонком применении средах, таких как портативной электроники и PCMCIA карты. Термическое сопротивление и рассеиваемая мощность лучшие в наличии.

Абсолютный Максимум Номинальностей

	Параметр	Макс.	Единицы
V_{DS}	Сток - Источник Напряжения	-20	В
$I_{AS} @ T_A = 25^\circ C$	Непрерывная утечка тока, $V_{GS} @ -4.5V$	-3.7	А
$I_{AS} @ T_A = 70^\circ C$	Непрерывная утечка тока, $V_{GS} @ -4.5V$	-2.2	
I_{ASM}	Стока Импульсный Ток	-22	
$P_{tot} @ T_A = 25^\circ C$	Рассеиваемая Мощность	1.3	Вт
$P_{tot} @ T_A = 70^\circ C$	Рассеиваемая Мощность	0.8	
	Линейный Коэффициент Снижения	0.01	ВТ/°C
E_{AS}	Одиночного Импульса Энергия Лавины	11	МДж
V_{GS}	Ворота-в-Источник напряжения	± 12	В
T_{stg} и T_{JTC}	Соединения и Диапазон температур хранения	От -55 до +150	°C

Тепловое Сопротивление

	Параметр	Тип.	Макс.	Единицы
R_{JA} максимальная Па	Максимальное соединения и окружающей среды	75	100	°C/Вт

www.irf.com

1

8/13/99

Рис. 2.2а – Справочные данные транзистора IRLML6402.

Электрические характеристики @ $T_{пл} = 25^{\circ}\text{C}$ (если не указано иное)

	Параметр	Мин.	Тип.	Макс.	Единицы	Условия
Впробс	Сток-Исток Напряжение пробоя	-20	---	---	В	$V_{GS} = 0\text{В}$, $I_D = -1\text{мА}$
Величина $\Delta V_{пробс}/\Delta T_{пробс}$	Напряжение пробоя темп. Коэффициент	---	-0.009	---	В/°C	Ссылка на 25°C , $I_D = -1\text{мА}$
R _{ДС(б)}	Статические Сток-Исток-сопротивление	---	0.050	0.065	Ω	$V_{GS} = -4.5\text{В}$, $I_D = -3.7\text{В}$
		---	0.080	0.135		$V_{GS} = -2.5\text{В}$, $I_D = -3.1\text{В}$
V _{ТС(б)}	Пороговое Напряжение Затвор	-0.40	-0.55	-0.95	В	$V_{DS} = V_{GS}$, $I_D = -1\text{мА}$
г _{ТС(б)}	Передний Transconductance	6.0	---	---	С	$V_{DS} = -10\text{В}$, $I_D = -3.7\text{В}$
I _{СНИР}	Сток-Исток ток утечки	---	---	-1.0	мкА	$V_{GS} = -20\text{В}$, $V_{DS} = 0\text{В}$
		---	---	-2.5		$V_{GS} = -20\text{В}$, $V_{DS} = 0\text{В}$, $T_{пл} = 70^{\circ}\text{C}$
I _{СОБ}	Затвор-вперед Источник утечки	---	---	-100	нА	$V_{GS} = -12\text{В}$
		---	---	100		$V_{GS} = 12\text{В}$
Вопрос	Суммарный Заряд Затвора	---	8.0	12	нЗ	$I_D = -3.7\text{В}$
Вопрос _{ОО}	Затвор-Источник заряда	---	1.2	1.8		$V_{DS} = -10\text{В}$
Вопрос _{ПД}	Затвор-Сток ("Миллер") бесплатно	---	2.8	4.2		$V_{GS} = -5.0\text{В}$
T _{ОН}	Время Задержки Включения	---	350	---	нС	$V_{DS} = -10\text{В}$
T _Р	Время Нарастания	---	48	---		$I_D = -3.7\text{В}$
T _{ОФКЛ}	Время Задержки Выключения	---	588	---		$R_G = 89\Omega$
T _Р	Время Падения	---	381	---	ПФ	$R_D = 2.7\Omega$
C _{ВХ}	Входная Емкость	---	633	---		$V_{GS} = 0\text{В}$
C _{ВЫС}	Выходная Емкость	---	145	---		$V_{DS} = -10\text{В}$
C _{ПЕРЕХОДА R_{SS}}	Обратная Емкость Перехода	---	110	---		$f = 1.0\text{ МГц}$

Сток-Исток оценок и характеристик

	Параметр	Мин.	Тип.	Макс.	Единицы	Условия
I _С	Постоянный Источник Тока (Диодный Тела)	---	---	-1.3	А	Символ МОС ФЕТ показывая интеграл обратного р-н диодную развязку.
I _{СМ}	Импульсный Источник Тока (Диодный Тела)	---	---	-22		
V _{СД}	Прямое Напряжение Диода	---	---	-1.2	В	$T_{ДЖ} = 25^{\circ}\text{C}$, $I_D = -1.0\text{В}$, $V_{GS} = 0\text{В}$
T _{РВЫС}	Обратное Время Восстановления	---	29	43	нС	$T_{ДЖ} = 25^{\circ}\text{C}$, $I_D = -1.0\text{В}$
Вопрос _{РР}	Обратный Recovery Charge	---	11	17	нЗ	$dI_D/dT = -100\text{А/МКС}$

Примечания:

Повторяющейся оценкой; Ширина импульса ограничена * поверхностного монтажа на 1" квадрат один слой лоз. доска меди 44,

Макс. температура соединения. устойчивом состоянии.

Ширина импульса $\leq 300\mu\text{s}$; рабочий цикл $\leq 2\%$. Начиная $T_{ДЖ} = 25^{\circ}\text{C}$, $L = 1.65\text{ мГн}$

$R_G = 25\Omega$, $I_{СМ} = -3.7\text{ А}$.

** Рекомендуемые размеры и методов пайки см. Примечание приложение № АН-994.

Рис. 2.26 – Справочные данные транзистора IRLML6402.

Для режима разряда VT 2 был выбран N- канальный полевой транзистор IPB15N03L (рис2.3а,2.3б,2.3в)

ОптиМОС® понижающий преобразователь серии

Характеристика

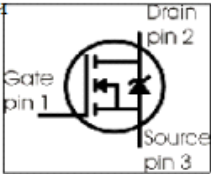
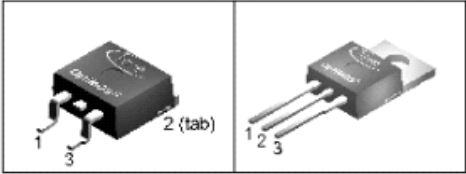
- N-Канал
- Уровень Логики
- Низким Сопротивлением $R_{DS(on)}$
- Отличный заряд затвора $x R_{DS(on)}$ продукта (ФОМ)
- Улучшенный тепловой сопротивление
- Рабочая температура 175°C
- Расклассифицированная лавина
- dV/dT рейтингу
- Идеально подходит для быстрого переключения понижающие преобразователи

Резюме Продукта

V_{DS}	30	В
$R_{DS(on)}$ макс. СМД версия	12.6	мΩ
I_{D}	42	А

П - TO263 -3-2

П - TO220 -3-1



Тип	Пакет	Код Заказа	Маркировка
IPR15N03L	П - TO220 -3-1	Q67042-S4039	15N03L
IPB15N03L	П - TO263 -3-2	Q67040-S4344	15N03L

Максимальная рейтинги, при $T_{tot} J = 25^{\circ}C$, если не указано иное

Параметр	Символ	Значение	Блок
Непрерывный ток стока) $T_C=25^{\circ}C$	I_{D}	42 42	А
Стока импульсный ток $T_C=25^{\circ}C$	$I_{D \text{ пупс}}$	168	
Лавина энергии одиночного импульса $I_{D}=20A, V_{DD}=25V, R_{GS}=25\Omega$	E_{KAK}	20	МДж
Повторяющиеся лавина энергии, ограниченные ² по $T_{J \text{ макс}}$	E_{ASR}	8	
Обратный диод dV/dT $I_{AS}=42A, V_{DS}=-V, dI/dT=200A/MKC, T_{J \text{ макс}}=175^{\circ}C$	dV/dT	6	кВ/MKC
Ворота источника напряжения	V_{GS}	± 20	В
Рассеиваемая мощность $T_C=25^{\circ}C$	P_{tot}	83	Вт
Рабочая и Температура хранения	T_J и T_{stg}	$-55... +175$	$^{\circ}C$
Климатические категории IEC; МЭК 68-1 Дин		55/175/56	

Рис. 2.3а – Справочные данные транзистора IPB15N03L.

Тепловые Характеристики

Тепловые характеристики					
Параметр	Символ	Значения			Блок
		мин.	Тип.	Макс.	
Характеристики					
Тепловое сопротивление кристалл - корпус	P_{thJC}	-	1.2	1.8	К/Вт
СМД версии, устройства на печатной плате:	P_{thJA}				
@ мин. след		-	-	62	
@ 6 см, 2 зоны охлаждения 3)		-	-	40	

Электрические характеристики при $T_{tot} J = 25^{\circ}C$, если не указано иное

Параметр	Символ	Значения			Блок
		мин.	Тип.	Макс.	
Статические Характеристики					
Пробивное напряжение сток-источника вгс=0В, яд=1ма	$B(БР)ДСС$	30	-	-	В
Пороговое напряжение затвора, вГС = вДС яд=40мкА	$BГС (-e)$	1.2	1.6	2	
Ноль ворота стока напряжение тока вдс=30В, вгс=0В, Тип=25°C вдс=30В, вгс=0В, Тип=125°C	$ЯСППР$	- -	0.01 10	1 100	мкА
Затвор-Исток ток утечки вгс=20В, Вдс=0В	$ЯСОБ$	-	1	100	
Сток-Исток в открытом состоянии сопротивление вгс=4,5 В, Яд=21А Вгс=4,5 В, яд=21А, СМД версия	$R_{ДС(о)}$	- -	14.9 14.5	19.9 19.6	мΩ
Сток-Исток в открытом состоянии сопротивление вгс=10В, Яд=21А Вгс=10В, яд=21А, СМД версия	$R_{ДС(о)}$	- -	10.3 9.9	12.9 12.6	

1 текущий ограничен bondwire ; С Р

$R_{thJC} = 1.8$ к/Вт чип способен нести яд= 64А при 25°C, подробные
информацию см. в разделе приложение.Примечание ANPS071E доступна на www.infineon.com/optimos

2Defined по дизайну. Не подлежат производственные испытания.

3Device на 40мм*40мм*1,5 мм PCB эпоксидной смолы fr4 с 6см2 (одного слоя, 70 мкм) медь уголок для стока
связи. Печатная плата вертикальный без обдувают воздухом.

Рис. 2.36 – Справочные данные транзистора IPB15N03L.

Электрические Характеристики						
Параметр	Символ	Условия	Значения			Блок
			мин.	Тип.	Макс.	
Динамические Характеристики						
Крутизна	g_{FC}	$V_{DS} \geq 2 \cdot I_{D(on)} R_{DS(on)Max},$ $I_{D(on)} = 42A$	21	42	-	C
Входная емкость	C_{MKC}	$V_{GS}=0B, V_{DS}=25B,$ $на F=1мГц$	-	850	1130	ПФ
Выходная емкость	C_{OCC}		-	330	330	
Обратная емкость перехода	$C_{помощью R_{SS}}$		-	90	130	
Сопротивление ворот	R_G		-	1	-	Ω
Время задержки включения	$t_{d(o)}$	$V_{DD}=15B, V_{GS}=10B,$ $I_{D(on)}=21A,$ $R_G=7.8 \Omega$	-	6.5	9.8	HC
Время нарастания	t_r		-	20	30	
Время задержки выключения	$t_{d(выкл.)}$		-	24	36	
Время падения	t_f		-	14.5	21.8	
Ворота Зарядовые Характеристики						
Ворота для зарядки источника	<i>Вопрос</i>	$V_{DD}=15B, I_{D(on)}=21A$	-	2.7	3.6	H3
Ворота для утечки заряда	<i>Вопрос</i>		-	7.4	9.3	
Заряд затвора общая	<i>Вопрос</i>	$V_{DD}=15B, I_{D(on)}=21A,$ $V_{GS}=0 \text{ до } 5B$	-	12.7	15.9	
Заряд	<i>Вопрос</i>	$V_{DS}=15B, I_{D(on)}=21A,$ $V_{GS}=0B$	-	12.2	15.3	H3
Плато затворного напряжения	$V_{(плато)}$	$V_{DD}=15B, I_{D(on)}=21A$	-	3.5	-	B
Обратный Диод						
Обратных диода постоянное прямой ток	I_{AC}	$T_C=25^\circ C$	-	-	42	A
Инв. диод прямой ток, импульсный	I_{ACM}		-	-	168	
Обратного диода прямое напряжение	V_{CD}	$V_{GS}=0B, I_{AS}=42A$	-	0.95	1.25	B
Обратное время восстановления	$t_{рублей}$	$V_P=-V, I_{AS}=I_{AS},$	-	24	31	HC
Обратный заряд восстановления	<i>Вопрос</i>	$R_{лиф}/DT=100A/MKC$	-	18	23	H3

Рис. 2.3в – Справочные данные транзистора IPB15N03L.

Расчет дросселя

Следующим элементом, расчёт которого необходимо произвести, являются дроссели L. Дроссели изготовили на основе сердечников, из неработающего блока питания взятых из компьютера. Маркировка на нём отсутствовала, поэтому для определения параметров намотал на него пробное число витков, произвели экспериментальные исследования (сняли осциллограмму тока и напряжения) и далее произвели расчет. На осциллограмме (рис.2.4) представлены: первый канал – напряжение на дросселе во время заряда; второй канал –ток дросселя (сигнал, снимаемый с токоизмерительного шунта $R_{ш1}=0.51\text{ Ом}$).

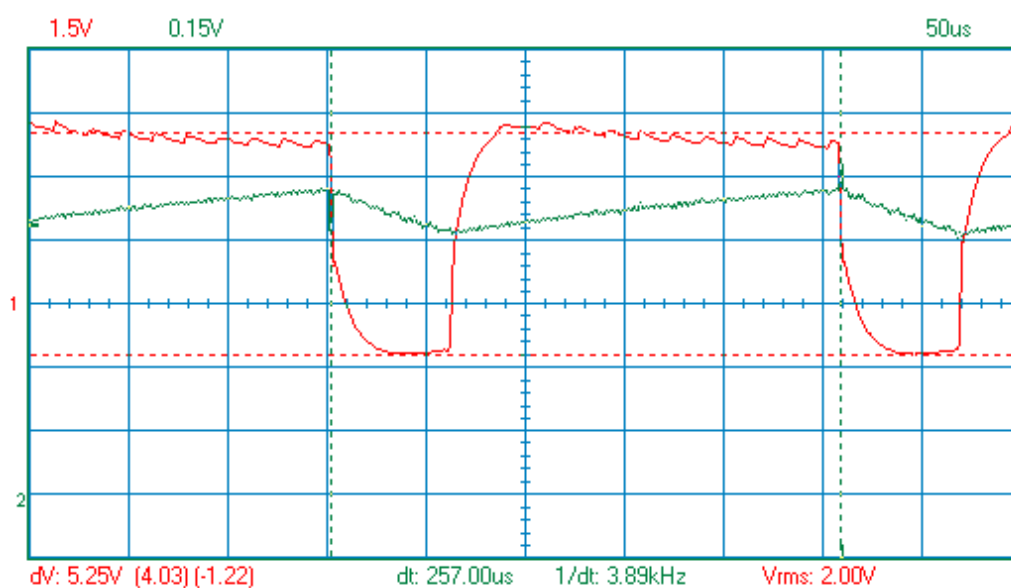


Рис. 2.4. Осциллограмма тока и напряжения на дросселе.

Здесь и далее, что бы не ошибиться в расчетах, все величины будем подставлять в СИ.

Дроссель представляет собой $w=180$ витков провода диаметром 0,75 мм, намотанного на кольцеобразный сердечник с размерами: внешний диаметр $D=27\text{ мм}$,

внутренний диаметр $d=14\text{мм}$,

высота $h=11\text{ мм}$.



Рис.2.5 - дроссель.

Длина средней магнитной линии составляет
$$l_{\text{кр}} := \pi \cdot \frac{D + d}{2} = 64.4\text{мм}$$

Площадь сечения кольца
$$S := \frac{D - d}{2} \cdot h = 0.715\text{см}^2$$

Индуктивность полученного дросселя определили экспериментально по осциллограмме рис. 2.4. При напряжении на дросселе $U=5\text{ В}$, за время $t=257\text{ мкс}$ ток возрастает на $I=0.18\text{А}$. Вычислим значение индуктивности дросселя

$$L1 = U \cdot t / (I) = 5\text{ В} \cdot 257\text{кс} / (0.18\text{А}) = 7\text{ мкГн}. \quad (2.1)$$

Далее нашли среднее значение магнитной проницаемости сердечника

$$\mu := \frac{L}{W^2 \cdot \mu_0} \cdot \frac{l_{\text{кр}}}{S} = 1.56 \times 10^4 \quad (2.2)$$

Где $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$

Зная магнитную проницаемость сердечника, и задавшись индукцией насыщения магнитопровода $B_m = 0.4$ Тл, нашли ток насыщения дросселя

$$I_m := \frac{B_m \cdot k_p}{\mu \cdot \mu_0 \cdot W} = 7.303 \quad \text{А} \quad (2.3)$$

При этом в дросселе запасется энергия

$$W_m := \frac{B_m^2 \cdot k_p \cdot S}{2 \cdot \mu \cdot \mu_0} = 186.661 \quad \text{Дж} \quad (2.5)$$

Выбор остальных элементов схемы

Для ограничения напряжения на затворе транзисторов на уровне 5 В, выбрали балластные резисторы $R_1, R_2 = 100$ Ом. Для режима разряда я выбрал нагрузку состоящую из двух резисторов R_3, R_4 с номинальным сопротивлением в 1 Ом. Выбор данных резисторов обусловлен тем что при напряжении на аккумуляторе типа АА в 1,2В и данном сопротивлении рассчитав по закону Ома силу тока:

$$I = U/R; \quad (2.6)$$

на нагрузке ток разряда примерно равен 600 мА. Данная величина тока разряда удовлетворяет моим запросам. Для светодиодов были выбраны токоограничивающие резисторы R_6, R_7 номиналом 450 Ом.

В режиме заряда для измерения напряжения заряда схемой предусмотрен делитель напряжения состоящий из резисторов номиналом R_8 3,9 кОм, R_9 1 кОм. Для измерения тока заряда схемой предусмотрен шунтирующий резистор R_5 номиналом 0,5 Ом. При данном сопротивлении контур регулирования более чувствителен к изменению показаний тока. Что в свою очередь значительно увеличивает точность регулирования по току. Для сглаживания пульсаций в режиме заряда мною был выбран С конденсатор номиналом в 1 мкФ.

Диод VD1, выбрал типа UF4007. Это дешевые быстродействующие (ультра-фаст) диоды, рассчитанные на ток 1А. Выбор осуществили согласно описанию к схеме рис. 1.5.

Для мониторинга за работой полевых транзисторов выбраны светодиоды: VD2 излучающий белый свет напряжением питания 3.5В, VD3 излучающий зелёный свет напряжение питания 3,5 В.

Для управления разработанным устройством был выбран микроконтроллер ARDUINO UNO.

Для осуществление контроля и ручного управления процессами был выбран LCD Keypad Shield на базе ARDUINO.

2.2 Разработка программной части.

Перед тем как начать разрабатывать программу была разработана функциональная схема устройства (рис. 2.6).

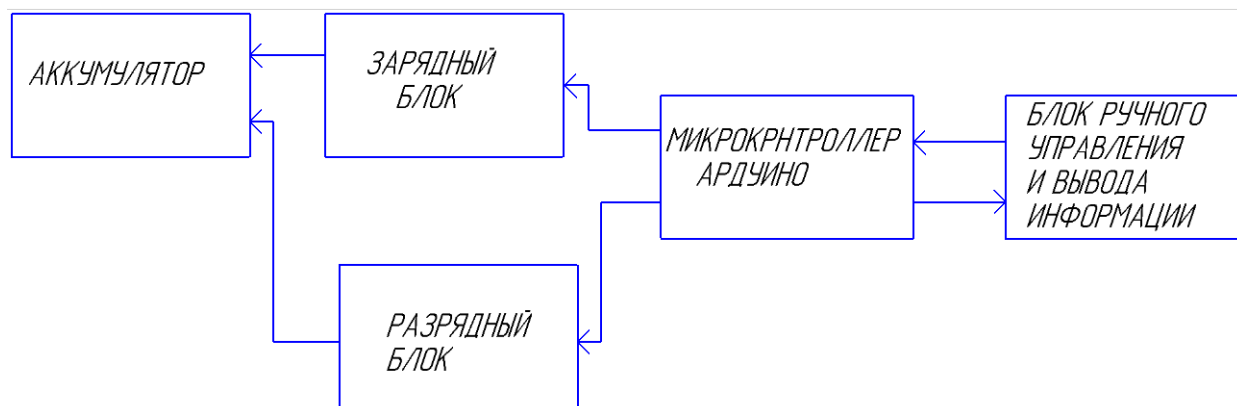


Рис.2.6. Функциональная схема зарядно-разрядного блока.

Далее составим блок схему по которой будет писаться программа.

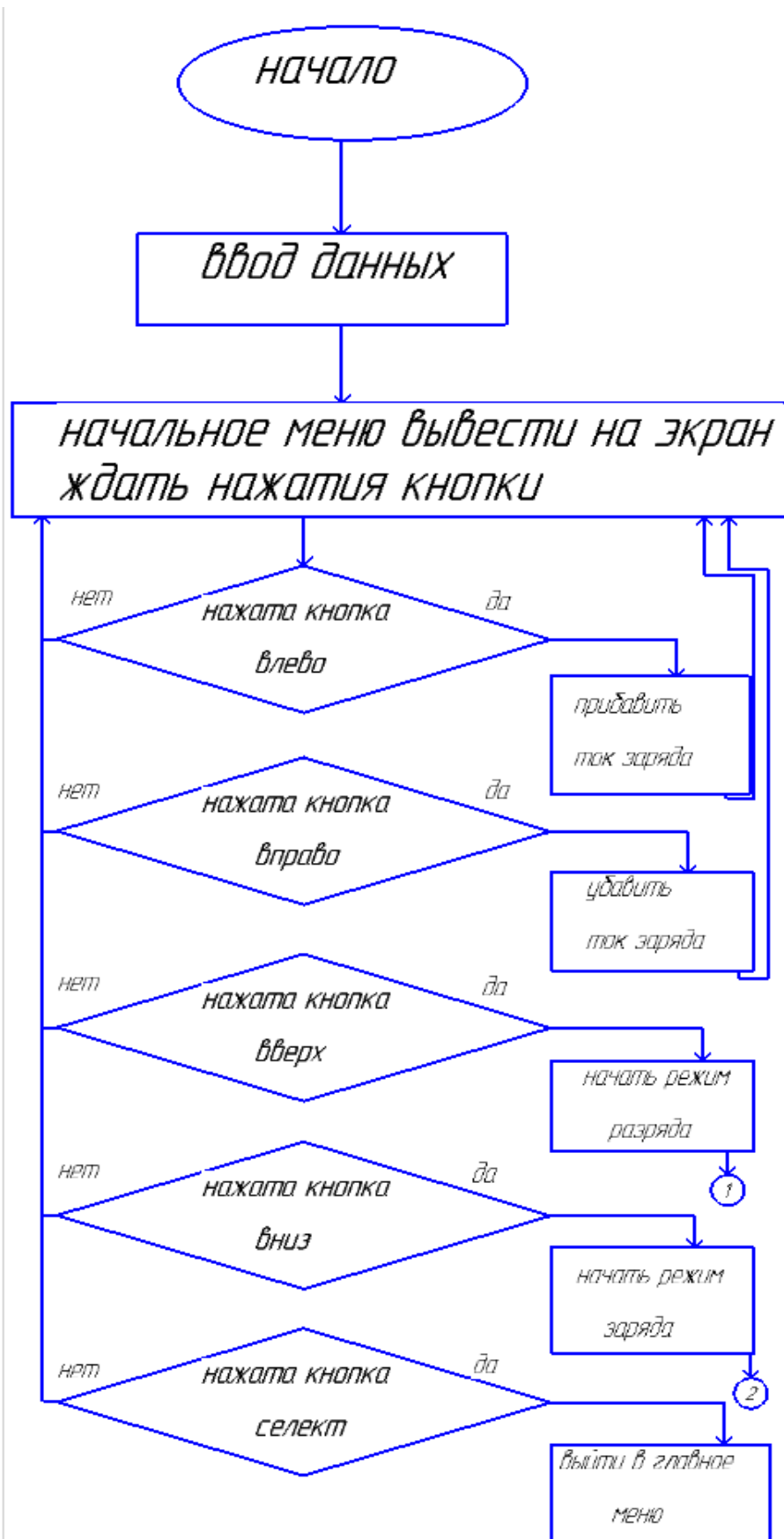


Рис 2.7. Блок схема главной программы.

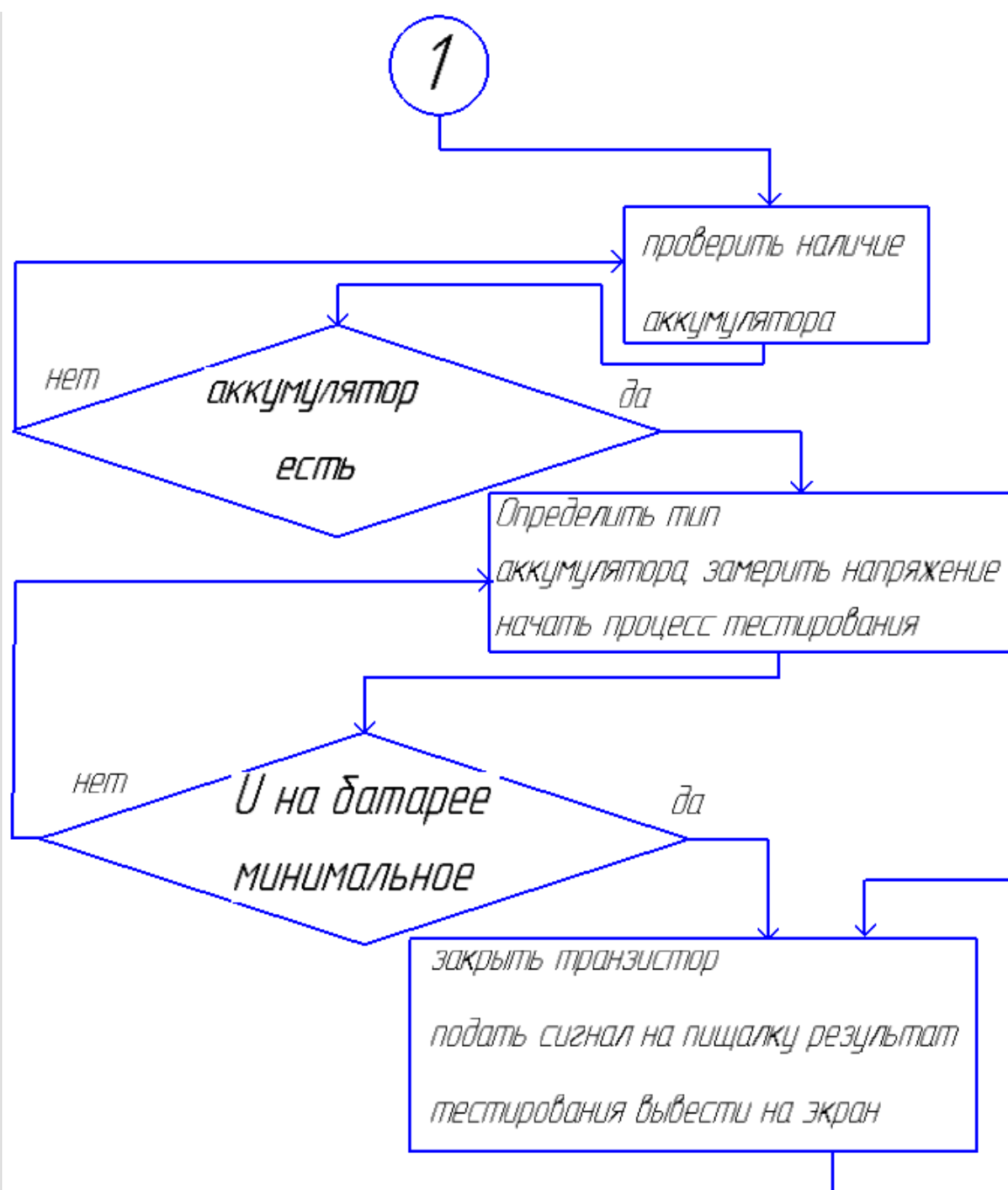


Рис2.8. Блок схема режима разряда.

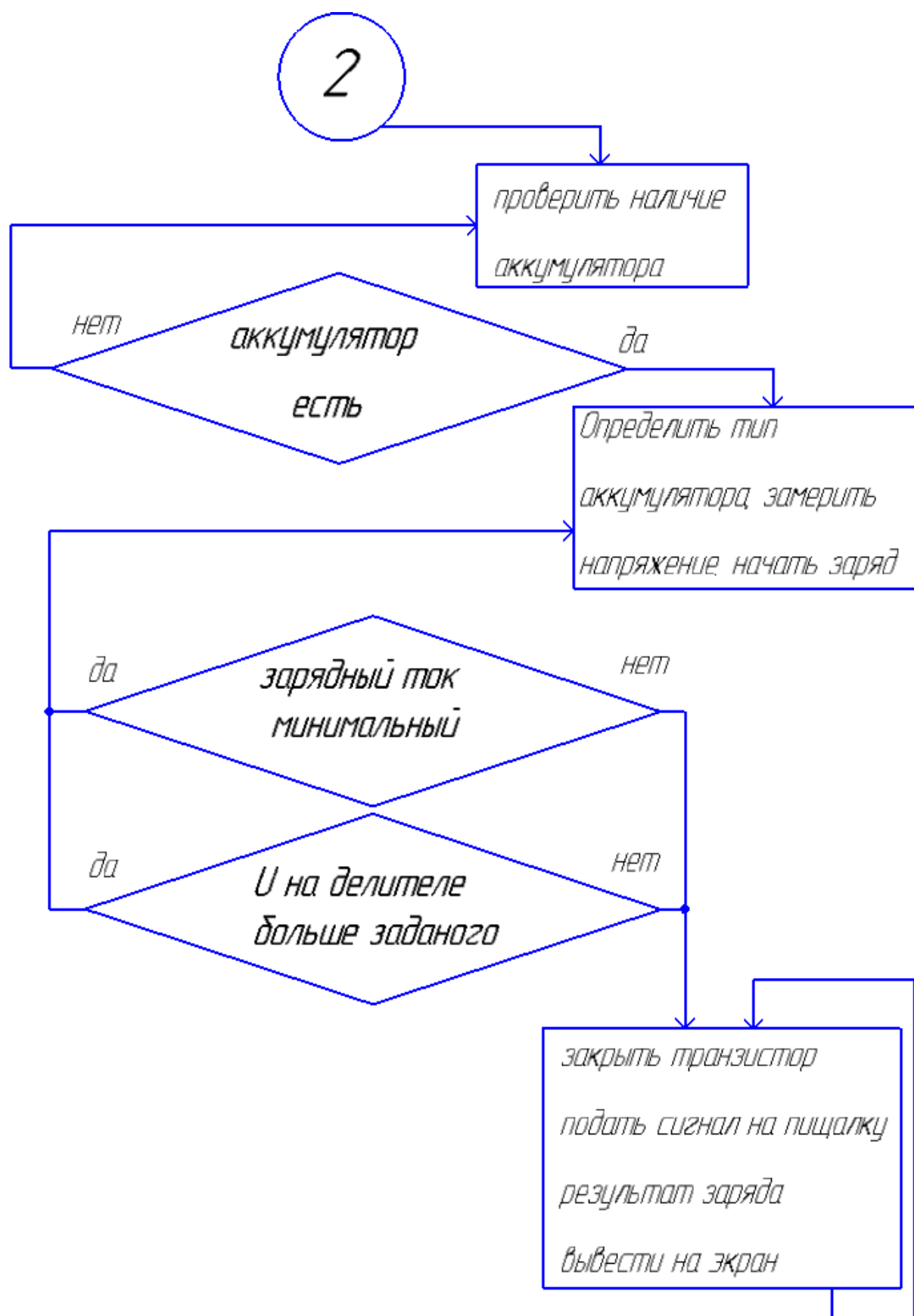


Рис.2.9. Блок схема процесса заряда.

Текст написанной программы:

```
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7); // экран с кнопками
int minut ; //минуты
int TT; // эта переменная нужна для прерывания режима разряда во избежании перегрева батареи
int U2; // напряжение на делителе
int secund; //подсчёт секунд
int VAL= 0; // переменная благодаря которой программа определяет начало конец цикла.
//так же с помощью неё мы избежали ложного срабатывания кнопок
int VAR= 0; // переменная благодаря которой программа определяет начало конец цикла.
//так же с помощью неё мы избежали ложного срабатывания кнопок
int hour; // час
unsigned long time; // 0..4294967295
const int VT_PIN = 11; //Затвор транзистора разряда
const int VT1_PIN = 3; //Затвор транзистора заряда
const int PIP_PIN = 2; //выход на пищалку, сигнализирующую о конце разряда заряда
const int U_PIN = A5; //напряжение на батарее
const int Utok_PIN = A3; //сигнал снимаемый с R = 0.51 Ом
const int U2_PIN = A2; //сигнал снимаемый с делителя напряжения на батарее во время заряда
const float R3 = 0.51; //сопротивление резистора на заряде
int R = 2; //нагрузочное сопротивление (присвоено ему одно из нескольких значений)
int Iz = 0; // заданное значения тока на батарее при R= 1 Ом
```

```

float Uz = 0; //напряжение на батарее AA
int TP = 0;
const float Imax = 1.5; // максимальный ток заряда
int Q = 0; // коэффициент заполнения (открывает закрывает зарядный
транзистор)
int I_ZAR; //ток заряда на батарее
const float I_MIN = 0.1; // это минимальный ток на заряженной батарее
const float Umin1 = 0.2; //напряжение остановки разряда для AA и AAA
const float Umin2 = 2.8; //напряжение остановки разряда для 18650
const float Umax01 = 1.2; //напряжение остановки заряда для AA и AAA
const float Umax02 = 2.8; //напряжение остановки заряда для 18650
float Umin; //напряжение остановки разряда (присвоим ему одно из двух
значений)
float Umax; //напряжение остановки заряда (присвоим ему одно из двух
значений)
const int serialT = 60; //период (сек) вывода значений в USB
const float AREF = 5.0; //замерили опорное АЦП напряжение.
const float AREF1 = 0.9; //замерили опорное АЦП напряжение.
unsigned int sec = 0; //время в секундах
float U; //напряжение на батарейке. Полевик открывается хорошо, поэтому
его сопротивление добавим к сопротивлению резистора
float U1; // напряжение на токовом резисторе
float UR1; //напряжение на нижнем резисторе R1=1 Ом.
float mA; //ток, мА
float mA1; //зарядный ток, мА
float mAh = 0; //вытекший из батарейки ток
float Uxx; //Напряжение холостого хода. Изменяется каждые serialT секунд
через 2 сек холостого хода.
float Rvn; //Внутреннее сопротивление батарейки. Считается по напряжению
холостого хода, току и напряжению

```

```

int zad=100; // Ток заряда разряда заданный в ручную
int Qr; // коэффициент заполнения зависящий от заданного тока

void setup()
{

    {
        lcd.begin(16, 2); // выведем на экран начальный текст
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print (" key UP-zaryad ");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print (" key Down-test ");

    }

}

void loop()
{
    Serial.begin(9600);
    pinMode(3, OUTPUT); // канал 3 теперь работает как выход
    analogWrite ( VT1_PIN, 255); //зарядный транзистор закрыт

    int buttonvalue = analogRead(A0); // считываем значения кнопок с A0
    if (buttonvalue > 600 && buttonvalue < 900) //кнопка селект
    {
        lcd.begin(16, 2); // выводим на экран данное сообщение
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print (" key UP-zaryad ");
        lcd.setCursor(0, 1);
    }
}

```

```

    lcd.print (" key Down-test ");
    delay (300);
}

if (buttonvalue < 60)//кнопка вправо
{
    zad = zad + 1; //увеличиваем заданный ток заряда
    if(zad > 100){
        zad = 100;
    }

    lcd.begin(16, 2);// выводим значение задания на экран
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print ("ТОК % =");
    lcd.print (zad);
    delay (100);
}

if (buttonvalue > 400 && buttonvalue < 600)//кнопка влево
{
    zad = zad - 1;// уменьшаем значение тока

    if (zad < 0){
        zad = 0;
    }

    lcd.begin(16, 2);// выводим на экран значение задания
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print ("ТОК % =");
    lcd.print (zad);

    delay (100);
}

```

```
}
```

```
if (buttonvalue > 200 && buttonvalue < 400)// если нажата кнопка вниз то  
начать режим разряда батареи.
```

```
VAL = VAL + 1;
```

```
switch (VAL){// с помощью этой команды я разделил режим на отдельные  
функции
```

```
case 2:// причём следующая функция не начнётся пока не закончится  
предыдущая
```

```
Qr= zad * 255 / 100; // коэффициент заполнения для разрядного транзистора
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
pinMode(11, OUTPUT); // 11 контакт зададим как выход
```

```
pinMode(3, OUTPUT);
```

```
pinMode(2, OUTPUT);
```

```
analogWrite(VT1_PIN, 255 );//закрыли зарядный транзистор
```

```
analogWrite(PIP_PIN, 0 );//не подаём на пищалку сигнал иначе она сама  
по себе чуток пищит
```

```
analogWrite(VT_PIN, 0 );// открыли разрядный транзистор
```

```
U = float(analogRead(U_PIN)) * AREF / 1024; //определяем тип  
аккумулятора
```

```
if (U < 2) // если вставлен 1.2В аккумулятор
```

```
Umin = Umin1;
```

```
else //если 3.7 В аккумулятор
```

```
Umin = Umin2;
```

```
lcd.begin(16, 2); // выведем на экран следующий текст соответствующий  
режиму разряда
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(0, 0);
```

```

lcd.print (" Battery test");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print ("Umin="); // минимальное напряжение разряда
lcd.print (Umin, 1);
lcd.print (" V "); // текущее напряжение
lcd.print (U);

delay (500);

VAL = VAL + 1;
break;
case 3:
Serial.begin(9600);
pinMode(11, OUTPUT);
pinMode(3, OUTPUT);
pinMode(2, OUTPUT);
analogWrite(PIP_PIN, 0 );
analogWrite(VT1_PIN, 255 ); // закрыли транзистор
analogWrite(VT_PIN, Qr); // включаем разрядный транзистор
Serial.begin(9600);
Serial.println("t,sec" "\t" "U,B" "\t" "Is,mAh" "\t" "I,mA" "\t" "\t" /*"Rvn,Om"
"Uxx,B"*/ "\t" "Rn,Om");

U = float(analogRead(U_PIN)) * AREF / 1024; // напряжение на батарее
delay (1000);
//UR1 = float(analogRead(R1_PIN)) * AREF / 1024; // напряжение на R1=1
Ом
//R = U / UR1 + 0.5; // нагрузочное сопротивление, тип int (округляется
отбрасыванием дробной части)
mA = U * 10 * zad / R; // вытекающий то

```

```

minut = sec / 60; //считаем время разряда
    secund = sec % 60;
hour = minut / 60;
if (minut > 60){
    minut % 60;
}
time = millis();

mAh = mAh + mA / 3600; //подсчет суммарного тока
sec++; //увеличиваем счетчик прошедших секунд

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.clear();
lcd.print (U);
lcd.print ("V "); //напряжение на батарее
lcd.print (mAh, 1);
lcd.print ("mAh "); //ток потраченный
lcd.setCursor(0, 1); //курсор на 2ю строку
lcd.print (hour); //часы
lcd.print ("H ");
lcd.print (minut); //минуты
lcd.print (" m ");

if (U < Umin)
{
    VAL = VAL + 1;
}
break;

```

```

case 4:
  Serial.begin(9600);
  pinMode(11, OUTPUT);
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(2, OUTPUT);
  analogWrite(VT1_PIN, 255 );//открыли транзистор
  Qr = 0;// если напряжение на батарее меньше минимально заданого то
закрываем транзистор
  analogWrite(VT_PIN, Qr); //завершаем разряд

  lcd.setCursor(0, 0);// по окончании теста вывести на экран следующий текст
  lcd.clear();
  lcd.print ("TEST OKONCHEN ");
  lcd.setCursor(0, 1); //курсор на 2ю строку
  lcd.print (U);
  lcd.print ("V ");
  lcd.print (mAh, 1);
  lcd.print ("mAh  ");
  pinMode(2, OUTPUT);
  analogWrite(PIP_PIN, 130);
  delay (3000);

  break;
}

if (buttonvalue > 60 && buttonvalue < 200)// если нажата кнопка вверх то
начнётся заряд батареи
{ VAR = VAR + 1;

```

```

}

switch (VAR){
case 2:
Serial.begin(9600);
pinMode(11, OUTPUT);
pinMode(3, OUTPUT);
pinMode(2, OUTPUT);
analogWrite(VT1_PIN, 255 );
analogWrite(VT_PIN, 0 );
analogWrite(PIP_PIN, 0 );
//analogReference(INTERNAL);// напряжение опорного источника теперь
равно 1,1 В
  U  =  float(analogRead(U_PIN))  *  AREF  /  1024;  //определяем тип
аккумулятора

  if (U < 2) { // если вставлен 1.2В аккумулятор
    Umax = Umax01;
    Iz = Imax * zad / 100;
    Uz = 1.2;
  }
  else { //если 3.7 В аккумулятор
    Umax = Umax02;
  }

  lcd.begin(16, 2); // выведем на экран следующий текст соответствующий
режиму разряда
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print (" Battery zaryad ");
  lcd.setCursor(0, 1);

```

```

    lcd.print ("Umax=");
    lcd.print (Umax, 1);
    lcd.print (" V ");
    lcd.print (U);

    VAR = VAR + 1;
    analogWrite(VT_PIN, 0);
    delay (3000);
    break;
    case 3:
    {
        {
Serial.begin(9600);
    pinMode(11, OUTPUT);
    pinMode(3, OUTPUT);
    pinMode(2, OUTPUT);
    sec ++;
minut = sec / 60;
    secund = sec % 60;
hour = minut / 60;
if (minut > 60){
    minut % 60;
}
time = millis();
    }

    analogReference(INTERNAL);// напряжение опорного источника теперь
равно 1,1 В

    analogWrite(VT1_PIN, 0 );//открыли транзистор

```

U1 = float(analogRead(Utok_PIN)) * AREF1 / 1024; // напряжение на токовом резисторе R3

//U= float(analogRead(U_PIN)) * AREF1 / 1024; // напряжение на батарее

U2 = float(analogRead(U2_PIN)) * AREF1 / 255; // напряжение на делителе батареи

I_ZAR = U1 * 1000 / R3; // Расчитываем ток на токовом резисторе

delay (300);

if ((sec % serialT) == 0) { //счетчик секунд, кратен ли он был serialT?

analogWrite(VT1_PIN, 255); //выключаем разряд

delay (4000); //задержка в 2 секунды для замера Uxx

analogWrite(VT_PIN, 255); //откроем разрядный транзистор

//delay (1000);

//analogWrite(VT1_PIN, 255); //закроем зарядный

U = float(analogRead(U_PIN)) * AREF / 1024; //напряжение на батарее

delay (2000);

}

lcd.begin(16, 2); // при выборе режима заряда выводим следующий текст

lcd.clear();

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print ("Uzar=");

lcd.print (U1, 1);

lcd.print (" Izar= ");

//lcd.print (U1, 1);

lcd.print (I_ZAR, 1);

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print (hour);

lcd.print ("H ");

lcd.print (minut);

lcd.print (" m ");

```

lcd.print ("Ubat");
lcd.print (U);
delay (200);

analogWrite(VT_PIN, 0);// закрываем разрядный транзистор
delay (1000);
analogWrite(VT1_PIN, Q);//продолжаем заряд
delay (50);
{
  TCCR2B = TCCR2B & 0b11111000 | 0x02; // задали частоту шим сигнала на
контактах 3 11 (01-62 кГц, 02 - 7.8 кГц)
  if (I_ZAR < Iz && U < Uz)// зададим условие если ток и напряжение
меньше заданого
  {
    Q = Q - 1;// то увеличим коэффициент заполнения
  }
  if (I_ZAR > Iz || U > Uz)// ток или напряжение на батарее больше заданого?
  {
    Q = Q + 1;// да? тогда уменьшаем коэффициент заполнения
  }
  if (I_ZAR > 1500){ Q = 255;// защита от короткого замыкания
  }
  if (hour == 5) // с начала заряда прошло 5 часов? да то закрываем зарядный
транзистор
  {
    Q = 255;
  }
  analogWrite(VT1_PIN, Q );// открываем зарядный транзистор.
  delay(50);
}

```

```

/* if ( U == 0.95){//напряжение на батарее достигла заданого уровня
    TT ++;// включам счётчик который будет регулировать температуру на
батарее
    }
    delay (125000);
    if ( TT == 10){
    analogWrite(VT1_PIN, 255); //выключаем разряд
    delay (600000);
    analogWrite(VT1_PIN, Q);
    }
    */

    if (U >= 1.2 || I_ZAR <= 2 )//условия для остановки заряда
    { TP = TP +1;
    }

    if (TP == 10){

    VAR = VAR + 1;
    }
    }

    break;
    case 4:
    Serial.begin(9600);
    pinMode(2, OUTPUT);

    lcd.begin(16, 2);//
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print ("ZARYAD OKONCHEN");
    lcd.setCursor(0, 1);

```

```

    lcd.print ("Ubat ");
    lcd.print (U2);
    lcd.print (" m ");
    lcd.print (minut);
    lcd.print (" H ");
    lcd.print (hour);
    analogWrite(PIP_PIN, 130 );//подадим сигнал на пищалку
    delay (2000);

    break;

}
}

void SerialPrint () {
    //"t,sec" "\t" "U,B" "\t" "Is,mAh" "\t" "I,mA" "\t" "Uxx,B" "\t" "Rvn,Om" "\t"
    "Rn,Om"
    Serial.print(sec);
    Serial.print("\t"); //символ табуляции
    Serial.print(U, 3);
    Serial.print("\t"); //символ табуляции
    Serial.print(mAh, 1);
    Serial.print("\t"); //символ табуляции
    Serial.print(mA, 0);
    Serial.print("\t"); //символ табуляции
    Serial.print("\t"); //символ табуляции
    Serial.print("\t"); //символ табуляции
    Serial.println(R);

}

```

3. Изготовление зарядно-разрядного блока.

3.1. Изготовление электрической части и конструктива.

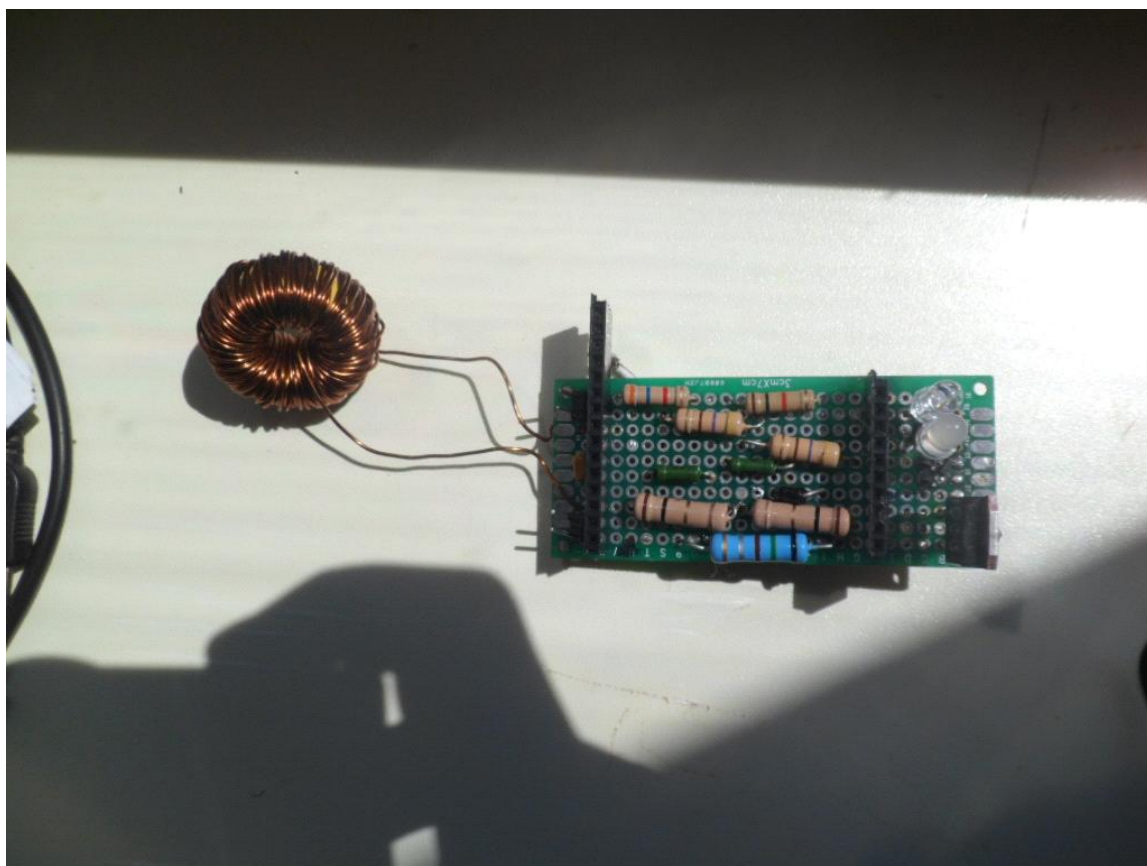
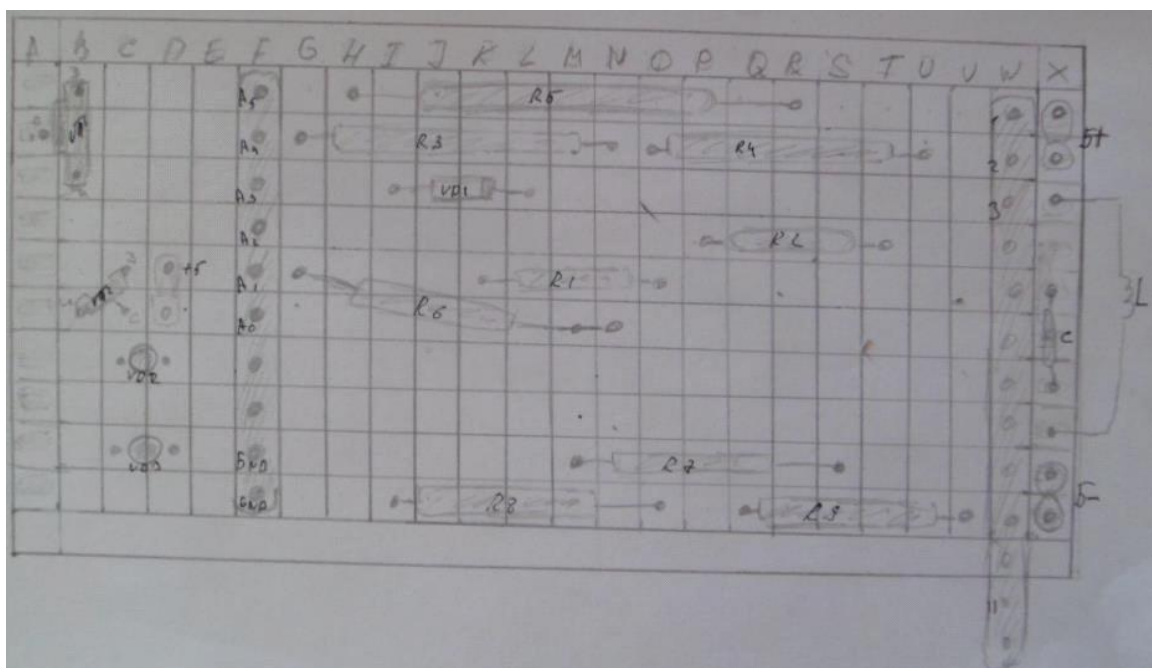
Изготовление установки осуществили в соответствии с разработанной принципиальной электрической схемой (рис.2.1) и перечнем элементов (см. в конце пояснительной записки).

Перед тем как приступить к работе в магазине была куплена макетная плата (рис.3.1).



Рис.3.1. макетная плата.

Перед тем как приступить к распайке элементов был начерчен эскиз (рис.3.2.) по которому после расположил и распаял элементы схемы.



Так же в магазине были приобретены :

Микроконтроллер Arduino UNO (рис.3.4).



Рис.3.4. микроконтроллер Arduino UNO.

Экран с кнопками LCD Keypad Shield (рис.3.5).



Рис.3.5. LCD Keypad Shield.

Для удобства монтажа решено микроконтроллер схему управления и экран соединять модульно. Вот что получилось в итоге (рис.3.6).

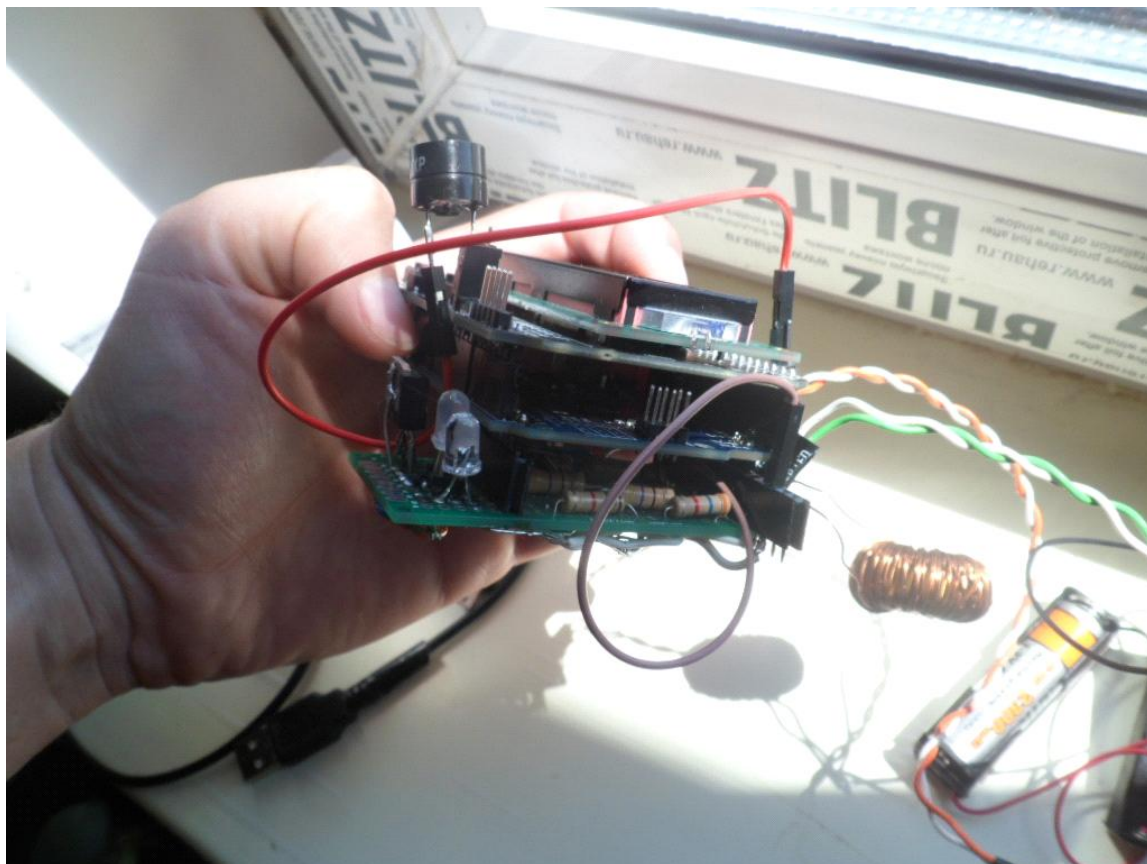


Рис.3.6. готовое зарядно-разрядное прибор.

3.2.Отладка программы и экспериментальные исследования.

В ходе экспериментальных исследований были выявлены следующие недочёты в программе:

- программа запускалась только пока нажата кнопка стоило её отпустить как выполнение программы прекращалось.

- так называемый дребезг контактов кнопок вызывал ложное срабатывание программы.

- алгоритмы которые выполняла программа накладывались друг на друга. В итоге программа работала не стабильно.

- в режиме заряда система замеряла не напряжение на батарее а общее напряжение в схеме. Невозможно было начать заряд. Так как он прекращался при срабатывании блокировки по напряжению на батарее.

- в ходе заряда батареи аккумулятор перегревался по достижении определённого напряжения.

- программа постоянно выдавала сигнал на пищалку.

- как видно ра (рис3.7) сам режим заряда проходил неверно.

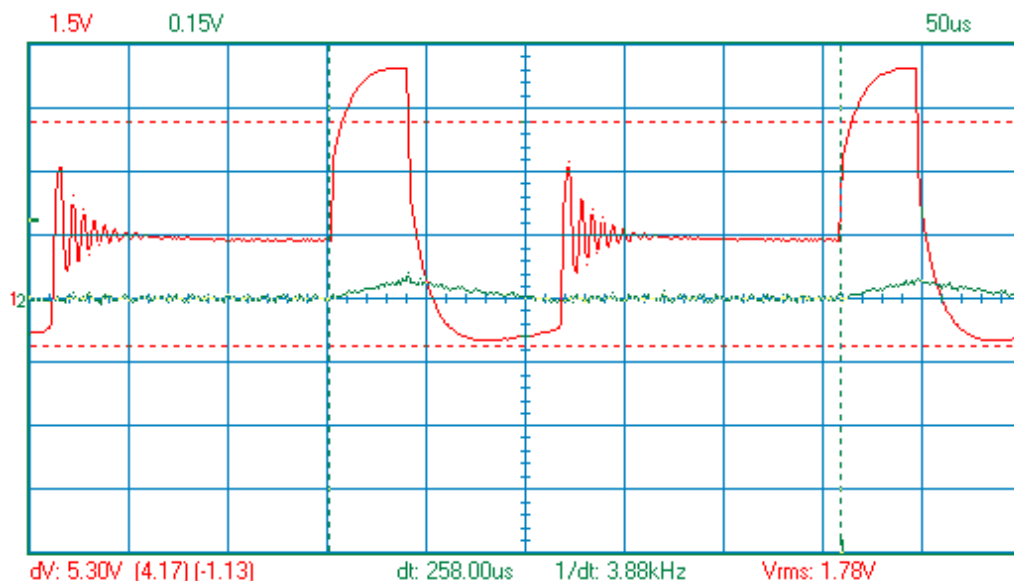


Рис.3.7. режим заряда до процесса отладки

В самой схеме также были обнаружены недочёты:

- из-за плохого качества соединительные провода обламывались
- из-за маленьких размеров зарядного транзистора. было обнаружено то что сток и исток транзистора накоротко спаяны.

В ходе экспериментальных исследований недочёты были устранены. И в пояснительной записке представлены работающая схема. И исправленное прошедшее отладку программное обеспечение. В результате процессы заряда и тестирования проходят нормально это видно на (рис.3.8-3.9)

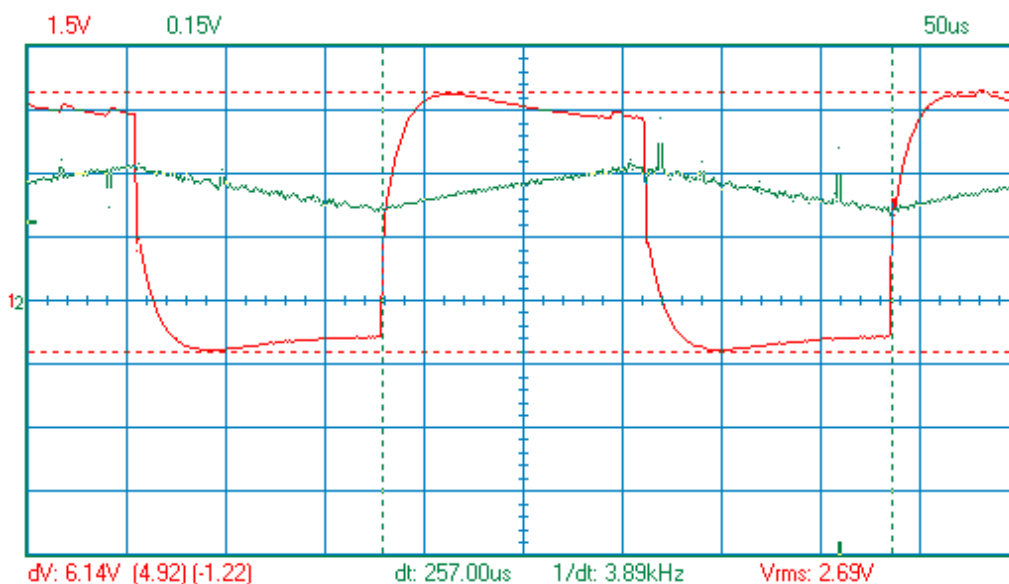


Рис.3.8. режим заряда.

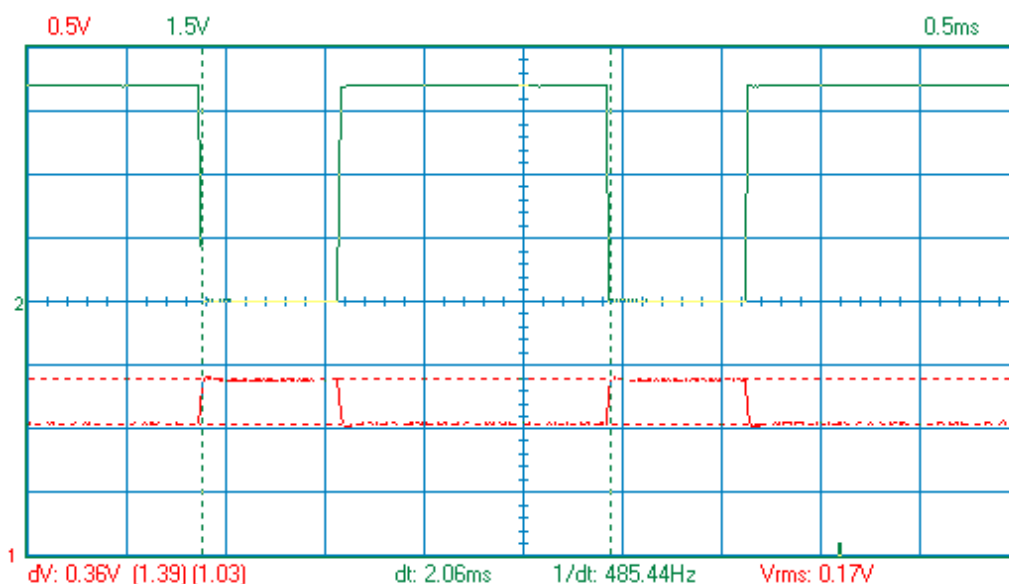


Рис.3.9. режим тестирования.

Работа устройства представлена в рисунках (рис.3.10.-рис.3.16.) , так же имеется видео запись работы моего макета.

3.3. Инструкция по использованию зарядно-разрядного блока.

Для начала работы с блоком нужно вставить свой аккумулятор в отделение для аккумуляторов, подходящее вашей батарее.

Теперь вставим в розетку 2 блока питания. Первый питает наш микроконтроллер, а второй запитывает нашу схему. Появилось начальное меню (рис.3.10) где предлагается нажать кнопки:

"вверх"-начать режим заряда.

"вниз"-начать режим тестирования аккумулятора.



Рис.3.10. начальное меню.

Кроме этих кнопок так же можно задавать значения тока заряда разряда выраженное в (%).

Кнопкой "вправо" мы увеличим ток задания. Кнопкой "влево" мы уменьшим ток задания (рис.3.11)

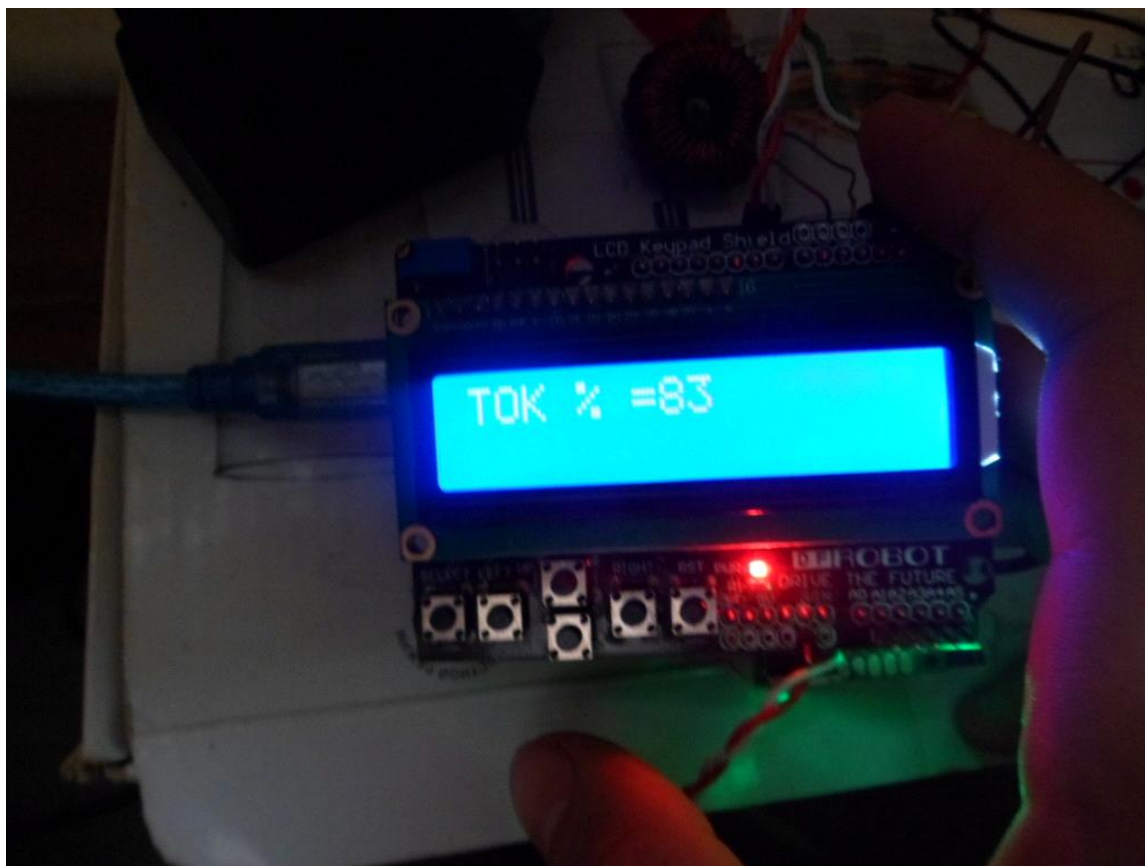


Рис.3.11. меню задания тока.

Нажав кнопку "select" мы можем вернуться в основное меню.

А кнопкой "Reset" перезагрузим программу.

Нажав кнопку "вниз" мы запускаем режим тестирования.

В этом режиме появиться текст сообщающий о том что начался режим разряда. минимальное напряжение разряда и текущее напряжение на аккумуляторе (рис.3.12).



Рис.3.12. начальное меню режима тестирования.

Далее будет происходить сам режим разряда
на экране отобразится напряжение на батарее, ток разряда, время
разряда.(рис.3.13.)



Рис.3.13. режим разряда.

По окончании разряда прозвучит сигнал и на экране появится сообщение
повествующее о конце разряда, напряжении на батарее, суммарном токе
разряда.(рис.3.14).



Рис.3.14. тест окончен.

Выходить в главное меню желательно нажав кнопку "Reset".

Нажав кнопку "вверх" мы запустим режим заряда аккумулятора.

В этом режиме появится текст повествующий о том что начат режим заряда, а также максимальное напряжение заряда, и текущее напряжение батареи.(рис.3.15).



Рис.3.12. начальное меню режима заряда.

Далее будет происходить сам режим заряда на экране отобразится напряжения на делителе, ток заряда, время заряда, текущее напряжение на батарее. (рис.3.15.)

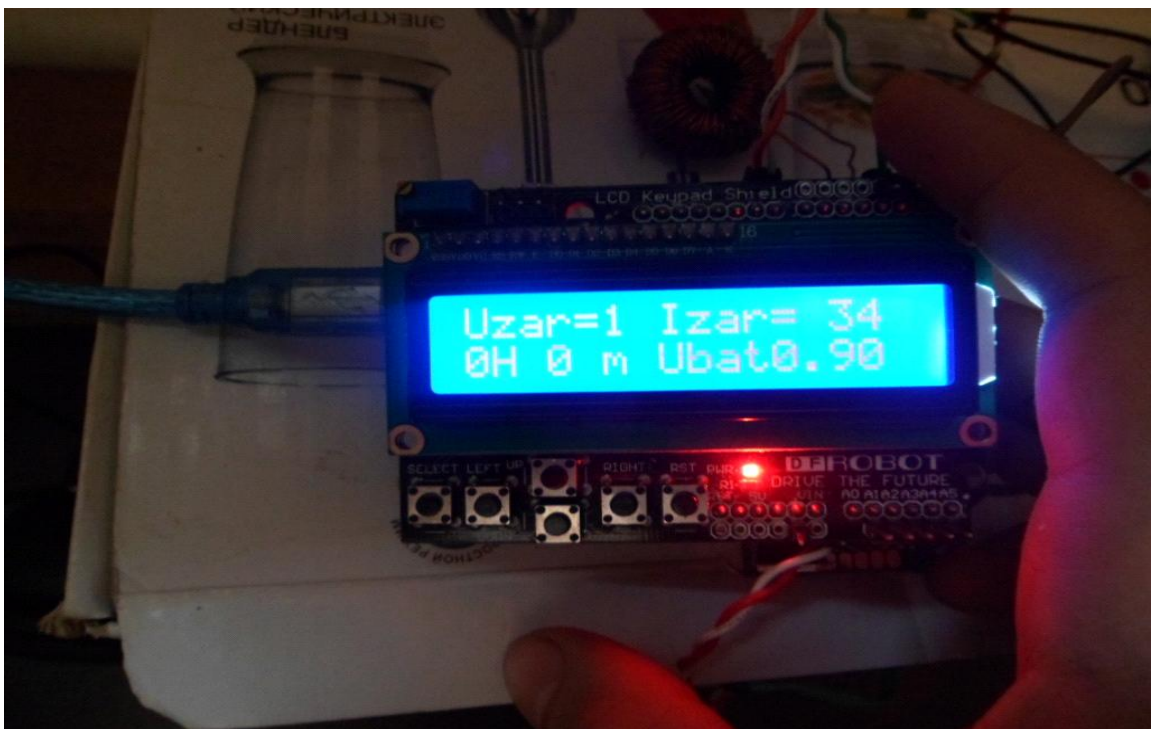


Рис.3.15. режим заряда.

По окончании заряда прозвучит сигнал и на экране появится сообщение повествующее о конце заряда, текущем напряжении на батарее и времени заряда батареи. (рис.3.16).

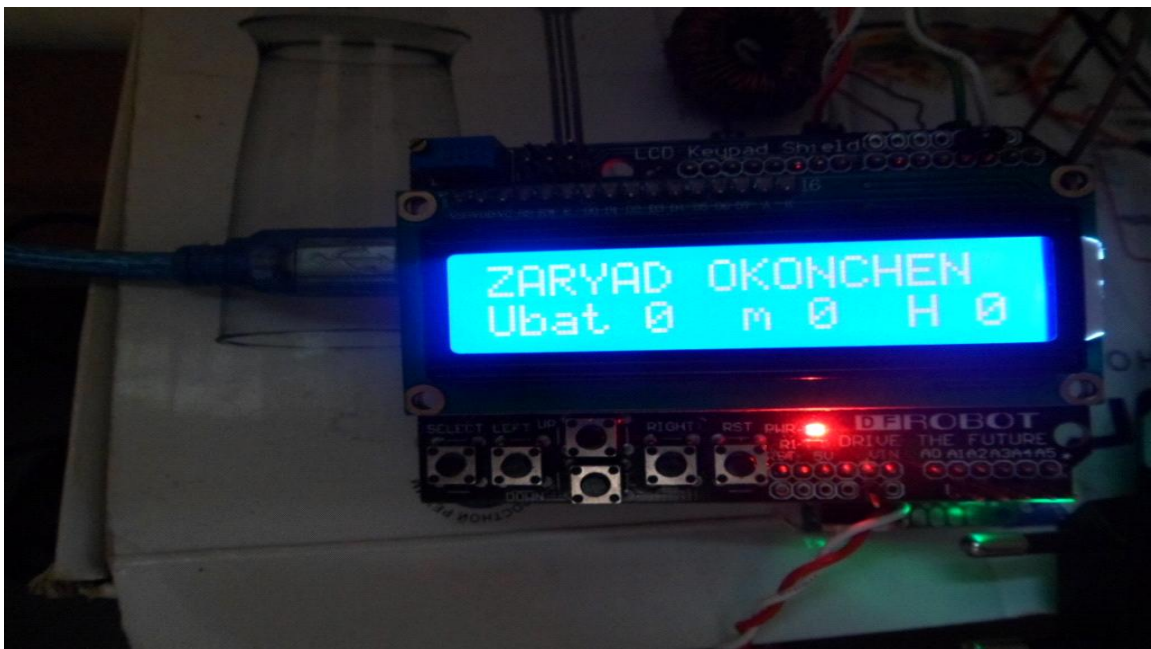


Рис.3.16. окончание заряда.

Выходить в главное меню желательно нажав кнопку "Reset".

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе осуществлена разработка, онлайн моделирование, изготовление, отладка и экспериментальное исследование действующего макета зарядно-разрядной установки.

Макет установки позволяет тестировать и заряжать батареи типа ААА, АА, 1860.

В ходе эксперимента были устранены все недочёты не выявленные во время онлайн моделирования.

На настоящий момент времени созданный макет установки используется в качестве демонстрационного пособия при обучении студентов и профагитационных мероприятий со школьниками. С участием макета отснят видеоролик демонстрирующий работу макета.

Список литературы

1. Немного о зарядке NiMH и NiCd аккумуляторов.
http://caxapa.ru/lib/charge_nimh.pdf (дата обращения 6.04.2017)
2. Техническая документация на транзистор
<http://html.alldatasheet.com/html.pdf> (дата обращения 12.04.2017)
3. Техническая документация на транзистор
<http://html.alldatasheet.com/html.pdf> (дата обращения 12.04.2017)
4. Методы заряда Ni-Cd и Ni-MH аккумуляторов
<http://www.avtoinfvz.ru/zarust1/zarust16.htm>
(дата обращения 4.04.2017)
5. Онлайн моделирование микроконтроллера ARDUINO.
<https://circuits.io/circuits/4622805-the-unnamed-circuit/edit>
(дата обращения 8.04.2017)
6. Лучшее зарядное устройство для любых типов аккумуляторов
<http://www.meanders.ru/zaraydnoe.shtml>
(дата обращения 6.04.2017)
7. Самодельное устройство для заряда пальчиковых батареек.
<http://generatorexperts.ru/elektrogeneratory/samodelnoe-zaryadnoe-ustrojstvo-dlya-palchikovyx-akkumulyatorov.html>
(дата обращения 6.04.2017)
8. Онлайн магазин электронный компонентов ИМПУЛЬС
<http://www.impulsi.ru> (дата обращения 18.04.2017)
9. Улли Соммер, Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino, БХВ-Петербург, 2012. –с. 238.
10. Александров, А.А Электротехнические чертежи и схемы / Александров К.К., Кузьмина Е.Г.- М.:Энергоатомиздат, 1990. - 288с.

11. Стивен Прата, Язык программирования C++. Лекции и упражнения, 6-е издание // Вильямс, 2012. –с. 1244.
12. ГОСТ 19.701-90. Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. - Введ. 1992-01-01. - М.: Госстандарт РФ: Изд-во стандартов, 1990.- 23с.: ил.
13. Намитокон К.К. и др. Аппараты для защиты полупроводниковых устройств/ К.К. Намитокон, Н.А. Ильина, И.Г. Шкловский. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 280 с.
14. Каталог электронных компонентов ЧИП-ДИП. www.chip-dip.ru
(дата обращения 14.04.2017)
15. Каталог электронных компонентов ПЛАТАН. www.platan.ru
(дата обращения 14.04.2017)
16. Ямпурин Н. П. Электроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н. П. Ямпурин, А. В. Баранова, В. И. Обухов. - М. : Академия, 2011.
17. Методические указания к дипломному проектированию /Сост. Горина Л.Н. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2003. - 17с.
18. Смердов, В. Силовые модули на основе биполярных транзисторов с изолированным затвором / В. Смердов, А. Образцов // Электронные компоненты. - 2005 . - №1.
19. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. – М.: Мир,1982. – 512 с.,ил.
20. Справочник разработчика и конструктора РЭА. Элементная база/ Масленников М.Ю., Соболев Е.А., Соколов Г.В. и др.; Под ред. Масленникова М.Ю. М.: Радио и связь,1996.