

# Зарядное устройство

## ZU v1.7

- Цифровое зарядное устройство на процессоре ATmega32
- Два независимых канала с тепловыми датчиками управляются одним процессором на компактной плате 133x97 мм.
- Память на 20 аккумуляторов пользователя
- Память на 16 химических типов аккумуляторов. Тонкая настройка особенностей (более 40 параметров)
- Зарядка, разрядка, до 3 циклов тренировки
- Максимальная мощность разряда 50 Ватт (радиатора) + мощность нагрузки, но не более 5А и не более 25 Вольт.
- Максимальная мощность заряда 125 Ватт, но не более 5А
- Максимальное напряжение заряда 25 Вольт
- Вентилятор охлаждения силовых схем с датчиком температуры.
- Защита от переплюсовки по входу и выходам, от превышения тока на выходе, от превышения напряжения на выходе.
- ЖКИ 4 строки на 20 символов
- Клавиатура - 4 кнопки (да, нет, вверх, вниз)
- Обновление прошивки через разъем ISP (внутрисхемное программирование) вашим программатором или предложенным в статье.
- Слежение за процессом зарядки на компьютере через USB (ПО с открытым кодом прилагается). Отражение всех параметров (ток, напряжение, температура, мощность, внутреннее сопротивление батареи, полученный заряд,  $dI/dt$ ,  $dV/dt$ ,  $dT/dt$ ) зарядки в графиках и текстовых файлах данных.
- Возможность использования ЗУ в качестве стабилизированного по току или напряжению БП.
- Возможность написания макросов по управлению стабилизированным БП.
- Открытый код микропрограммы на WinAVR (все исходники с подробными комментариями прилагаются)
- Возможность оверклокинга (увеличения мощности заряда/разряда)
- Проект обсуждается на форуме «Открытый проект универсального зарядника» (<http://forum.rcdesign.ru/f8/>)

### Минусы:

- Автор самоучка и тема в мировом масштабе неизученная.
- КПД преобразователя пока чуть больше 80%. Главная причина такой малости КПД — частота преобразования SEPIC = 250 кГц. Еще нет нормальных транзисторов и конденсаторов да и опыта маловато, чтобы работать на грани. Нужен физик теоретик, который пока еще не отозвался.
- Проект требует простой софтовой настройки с двумя мультиметром и нагрузкой.
- Встречаются случаи затруднений настройки контура стабилизации по току.
- Исполнение разводки, от которой зависит очень многое, сделал все тот же самоучка, прилежно следуя рекомендациям старших товарищей. Платы имеются в наличии. Качество приличное.
- Чтобы все это получилось, нужна голова, желание, время и немного денег.

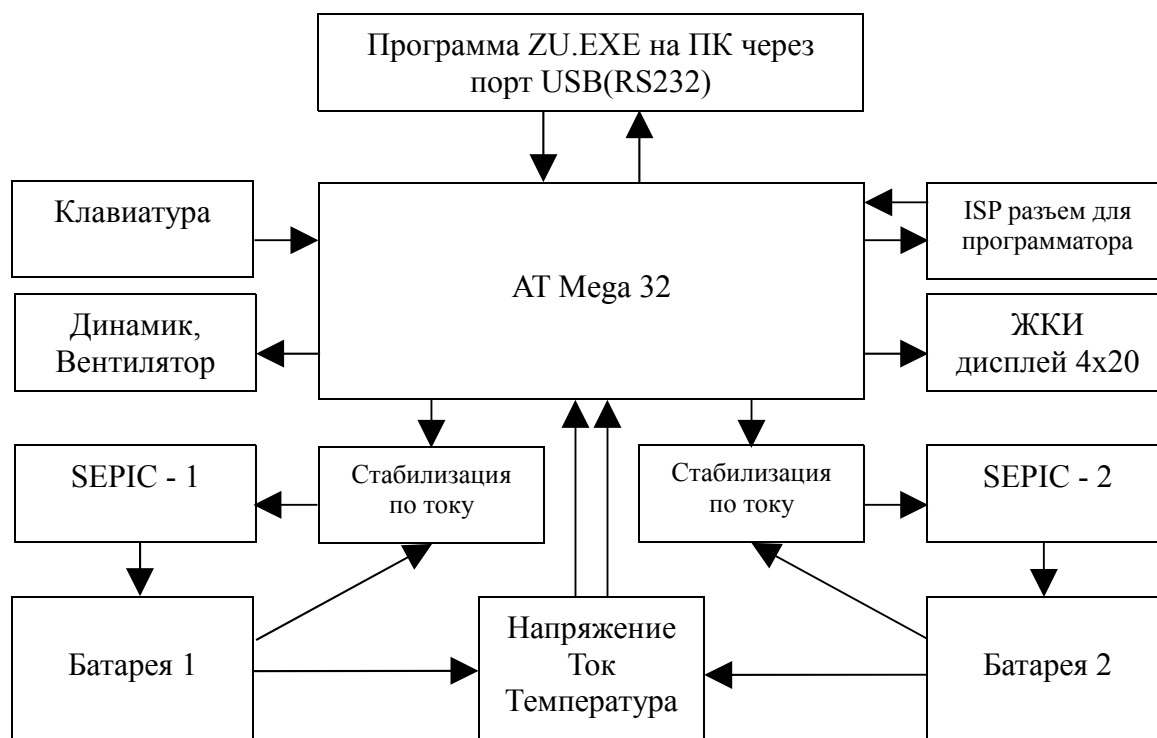
## Вступление.

Зарядное устройство состоит из цифровой схемы, осуществляющей управление двумя силовыми стабилизаторами тока. Силовая схема SEPIC – это преобразователь из 12в в диапазон от 0в-25в. Стабилизацией занимается микросхема TL494.

Данная разработка это продолжение развития ZU v1.0, v1.1, v1.2, v1.5. Схема «почти» та же (исправлены многие ошибки и все оптимизировано), программы те же, разводка и номиналы другие.

Правильно собранная по номиналам схема не требует наладки железа, только программная подстройка коэффициентов напряжения и тока с компьютера путем установки различных токов и напряжений на нагрузку и внесении измеренных данных (рассчитанных коэффициентов) в прошивку. Эта процедура выполняется в программе zu.exe в меню «Настройка».

В статье собрана почти вся информация, касающаяся данного зарядного устройства: схема, описание, настройка, микропрограмма и язык программирования, описание процессора, программатор, макро-программа, интерфейс USB и химия аккумуляторов для осознанного управления процессом зарядки/разрядки. Вся дополнительная информация вынесена в приложения, чтобы не пугать новичков. Основная линия ведет начинающих к быстрому результату.



## С чего начать?

Первое что вам нужно сделать это сесть и подумать: Зачем вам все это? Может лучше купить и сэкономить время? Этому проекту Китай не обогнать (при накрутках на комплектующие в наших магазинах).

Второе. Нужно прочитать статью. Получив, таким образом, новую информацию, опять переоцените ситуацию. Сил и времени хватит ли? Если решились, значит вперед без сомнений!

Итак, вам нужно раздобыть где-нибудь платы. Можно заказать платы у какого-нибудь изготовителя. Теперь такое возможно!!! Изготовителю надо отдать файлы:

- |                    |                                                                   |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------|
| «ZU-Copper.pho»    | – изображение нижней стороны (медь) платы в формате Gerber,       |
| «ZU-Компонент.pho» | – изображение верхней стороны (компоненты) платы в формате Gerber |
| «ZU.drl»           | – файл сверловки.                                                 |

Изготовление будет стоить ~\$4 (за 4 недели) или ~\$8 (за 1 неделю), но изготовитель запросит у вас еще \$50 за подготовку файлов для станка. При повторном изготовлении \$50 платить не надо.

После получения платы от изготовителя закупаем все необходимые детали в соответствии со списком (см. Приложение №11). Там же даны рекомендации по замене на аналоги.

## Сборка.

Заранее необходимо продумать в какой корпус вы будете упаковывать ЗУ и как будете паять силовые элементы (транзисторы, диоды, дроссель и электролиты). Ведь их можно запаять сверху или снизу. Предлагается несколько способов.

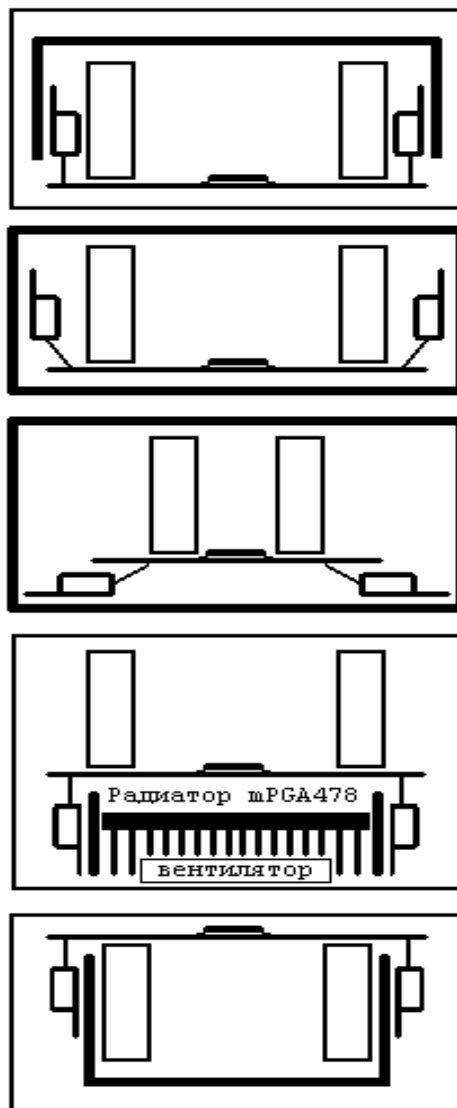
**Внимание!!! Данное ЗУ нельзя упаковать в цельно металлическую коробку. В этом случае происходят сильнейшие наводки на все сигнальные цепи!!! Верхняя крышка должна быть пластиковая.**

Надо учесть как будет располагаться радиатор и вентилятор и как будет выводиться тепло из корпуса. Обратите внимание крепление транзисторов и диодов в некоторых случаях затруднено. Если вы включите оба канала на полную мощность, то радиатор начнет рассеивать до 50 ватт тепла, соответственно, подбирайте радиатор. В случае перегрева наиболее вероятно просто сгорят силовые транзисторы, и БП переходит в защиту, как это было у меня не однократно.

Во всех предложенных вариантах сделана попытка объединить тепловой поток, чтобы использовать только один тепловой датчик радиатора. Но можно сделать два отдельных радиатора с двумя датчиками, а сигналы с датчиков смешать через 10к и подать на процессор.

При использовании 5-го типа и пластинки дюрала 2 мм, на полной мощности одного канала транзисторы сгорают через 20 секунд (плавится вставка, изолирующая винт крепления). Вывод: 2 мм - мало.

Перед пайкой элементов необходимо пролудить толстые силовые дорожки или напаять на них медный провод 0.2-0.5 мм.

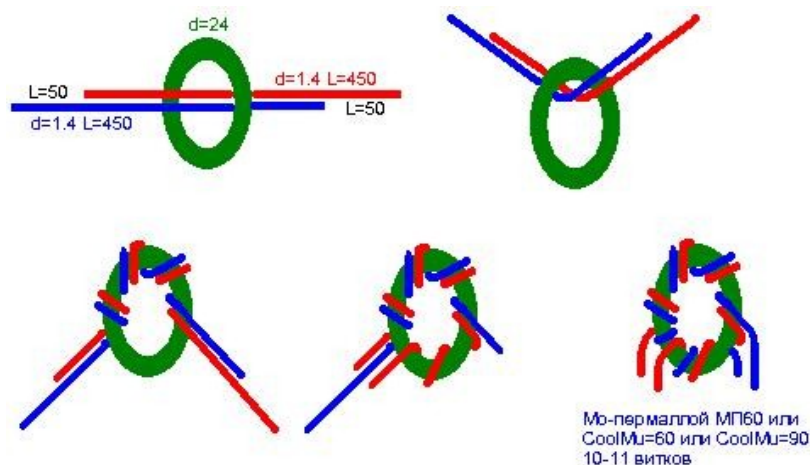


Силовые транзисторы зарядки не запаиваем до первого программирования процессора, а программировать мы его будем прямо на плате (внутрисхемное программирование) после сборки. **ВСЕ СИЛОВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ И ДИОДЫ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ЗАИЗОЛИРОВАНЫ ОТ РАДИАТОРА через слюду или термо-резиновые прокладки. Сам радиатор надо заземлить.**

Первым делом, запаиваем все СМД резисторы и конденсаторы, потом СМД диоды, транзисторы, потом микросхемы. Крупные силовые детали паяем в конце после первого программирования процессора. Паяльник должен быть с заземлением и с браслетом на руку. Микросхемы и полевые транзисторы боятся статики!!!

Электролиты используем только Low Impedance. Чем больше емкость, тем лучше. Ножки максимально вставляем в плату: зазоры минимальные.

Мотаем дроссель: И пермаллой и кулмю имеют большое сопротивление. Не бойтесь закоротки лакированной меди и голого кольца, а бойтесь закоротки меди и меди. Не надо применять никакой дополнительной изоляции — это ухудшит тепло-излучение (охлаждение). На кольце не должно быть заусенцев, а лак на медном проводе не должен быть потресканным.



потом вторую. С каждой из сторон последние два витка мотаются одним проводом (длинный конец) и встречно соединяются. При намотке внутренние витки ложатся вместе без зазора, внешние пары проводов отстоят друг от друга на 3 мм. Для лучшего прижимания меди к кольцу, надо натянуть/обогнуть выпрямленные и натянутые провода вокруг кольца, не просовывая следующий виток, используя их прямоу как рычаг, а потом отвести провода назад (они немного разогнутся вдоль витка) и просунуть в отверстие. Первые витки будут неудобно оттопыриваться, потом все наладится. Необходимо приноровиться и проявить смекалку. Всего на кольце 24 мм получается 10-11 витков. При пайке на плату под дроссель лучше приклеить кусок картона 10x10 мм.

Добрые люди подсказали, что можно использовать кольцо  $\mu=120-140$  и мотать 7-8 витков 2х или 3х жильным проводом  $d=0.6-0.8$  мм (вместо каждой жилы 1.4 мм). Лучше всего для дросселя подходят кольца CoolMu  $\mu=90, 120$ . Толщину проводов можно уменьшать до тех пор пока они не начнут ощутимо греться, что понижает КПД, но почти никак не влияет на работоспособность ЗУ.

После впаивания в плату всех деталей кроме разъемов, аккуратно промываем все спиртом и проверяем залипы «на просвет» или тестером. Потом впаиваем разъемы. Измеряем сопротивление между «землей» и шиной «5в» и шиной «12в». Должно быть больше нуля.

**Первое включение.**

**Внимание! При первом включении силовые, зарядные транзисторы не впаяны!**

Подсоединяем клавиатуру 4 кнопки: общий контакт разъема X2 выводим на каждую кнопку, вторые контакты кнопок на соответствующий контакт разъема.

ЖКИ подсоединяем к разъему X7. Скорее всего, нумерация ног на разъеме и на ЖКИ совпадет (проверьте по описанию на ЖКИ). Подсветку ЖКИ на 15 и 16 ногу того же разъема. Если подсветка не засветилась при первом включении, просто поменяйте местами провода идущие к подсветке (разные производители по-разному разводят анод и катод).

Питать ЗУ можно от компьютерного БП. У него есть защита, которая возможно нас спасет (защита по току тихо все обесточит до следующего включения). Если все ОК, то дыма не будет, а на экране ЖКИ будет черная полоса во всю первую строку (или 2 полосы, или не будет полос – это тоже нормально). Если полосы нет, попробуйте поменять местами R17 и R18 – это контрастность ЖКИ. Если контрастность вас не устраивает, попробуйте вместо одного из резисторов поставить перемычку, а второй не впаивать или наоборот. Даже если вам не удалось получить полосы, не огорчайтесь потом вернемся к этому вопросу после программирования процессора (тогда точно должны быть на экране буквы).

Теперь необходимо запрограммировать процессор (см. Приложение №4). Если программирование прошло успешно, на ЖКИ высветится приветствие и в вашу честь заиграет музыка. Если музыка заиграла, а изображения все нет, продолжаем колдовать по предыдущему абзацу, подбирая сопротивления.

**Если у вас нет ЖКИ и/или нет клавиатуры, вы можете управлять ЗУ через USB. Для этого запустите программу «zu.exe», соедините ваш компьютер и ЗУ (разъем X1) и подайте питание на ЗУ. Затем откройте из программы нужный COM-порт. На первой закладке управляем ЗУ в «ручном» режиме и там же видим изображение ЖКИ.**

После программирования приступаем к настройке. Запаиваем силовые транзисторы первого канала, после отладки первого канала запаиваем транзисторы второго и повторяем процедуру.

Итак софтовая настройка, но сначала немного теории. В нашей схеме ЗУ все измерения производятся на 10-ти разрядном АЦП процессора. Это означает, что процессор, измеряя напряжение или ток (приведенные к диапазону 0в-5в на входе АЦП процессора), кладет их в соответствующие переменные в виде числа от 0 до 1023 или точнее от 0 до 32767, т.к. для повышения точности мы суммируем 32 измерения. Это число назовем X. Чтобы узнать какому току или напряжению соответствует X, необходимо составить таблицы: (X, напряжение) и (X, ток) в первом и втором канале отдельно. Т.к. неизвестно какие резисторы впаивал изготовитель и какой точности они были, таблицы эти будут очень индивидуальны для каждого нового ЗУ. Кроме того, такие таблицы займут всю память процессора, поэтому так делать мы не будем. К счастью, между X и током или напряжением есть почти линейная взаимосвязь. Это значит, что можно придумать линейную функцию преобразования измеренного X в ток  $I=F_i(X)$  или напряжение  $V=F_v(X)$ . К сожалению, реалии показывают, что линейной функции не достаточно, потому что присутствует небольшой изгиб. Для описания изгиба нужна квадратическая или кубическая функция, но кубическая это слишком много вычислений, для такого слабого цифро-дробильщика как Mega32, поэтому остановимся на квадратической функции. По хорошему, надо железо исправлять и приводить все к линейности.

**Подводим итог теории:** при софтовой настройке ЗУ необходимо измерить 10-20 точек соответствия X току/напряжению. Эти точки мы отдадим алгоритму «наименьших квадратов» для получения коэффициентов (A, B, C) для расчета тока/напряжения из того что мы намерили и, потом, эти коэффициенты запоем в настройках ЗУ в EEPROM. Т.е., имея коэффициенты, мы можем рассчитать для любого X ток/напряжение по формуле ( $F=AX^2+BX+C$ ). Всю эту работу надо проделать в программе zu.exe в меню «Настройка» для тока 1-го канала, напряжения 1-го канала и то же самое для 2-го канала, а также для V12 (напряжения питания) мы применим линейную функцию, т.к. точность не нужна. Еще одно небольшое уточнение. Метод наименьших квадратов хорошо аппроксимирует жизнь вблизи

ваших экспериментальных точек, поэтому, чтобы еще хоть чуть чуть увеличить точность, желательно выбирать скопление точек вблизи тех значений напряжений которые вы будете наиболее часто измерять.

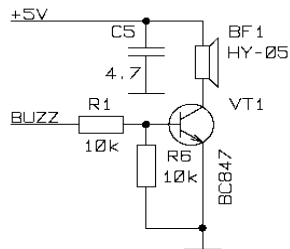
Т.к. это не коробочный вариант с гарантиями от производителя, придется все проверить на своих аккумуляторах. Берем ЗУ, аккумулятор, который не жалко, амперметр и вольтметр и запускаем зарядку, а сами неотрывно смотрим за совпадением показаний на ЗУ и приборах. При возникновении любых подозрений на нестабильность, все анализируем и исправляем.

Если вы решили самостоятельно разобраться, прочитайте краткое описание схемы (Приложение №2), там дается общая картина и разъяснение по всем цепям. Проверяйте сигналы на ногах процессора, на затворах транзисторов, на цепях из таблицы. Если вы ищите глюк и поймали себя на хождении по кругу, значит вся информация у вас уже есть, надо просто расслабиться и подумать, никуда не спеша. Очень помогает прогулка по улице или выпивание чашечки чая. Не рассматривайте трудности как непреодолимые и неприятные, а смотрите на них как на возможность решить интересный детский ребус. Все равно, когда-нибудь все получится. Если у вас ничего не получается, ждем вас на форуме. Узнав правильный ответ, вы посмеетесь над его простотой или узнаете что-то новое.

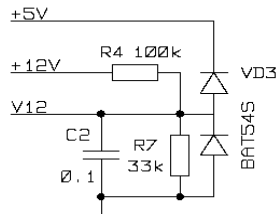
Если вы решили добавить типов аккумуляторов или исправить их, прочитайте про химию Приложение №8 №9 и описание настроек ЗУ Приложение №13. Если вы знаете язык Си, то у вас есть возможность изменять программу и экспериментировать с прошивкой процессора (см. Приложение №10). Если вы решили повысить мощность ЗУ или увеличить диапазон напряжений, вам надо прочитать всю статью и форум.

Начиная этот проект, я знал более менее сносно Си и имел опыт в паянии и настраивании ZX Spectrum в количестве X штук. Про Мегу32, транзисторы и операционные усилители я ничего не знал вообще. Почитал книги и люди помогли на форуме. Как бы не казалось все сложно, если есть интерес и силы, на средний уровень выйти можно. Очень напрягало вначале отношение людей на форуме, пока я не понял, что люди бывают разные и что обязательно найдутся добрые люди и помогут Вам. Поэтому и я стараюсь быть внимательным и понятным, а не «справедливым» и злобным. Чего и Вам желаю. Успехов!

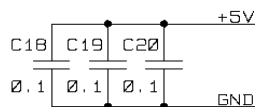
## Управление зуммером



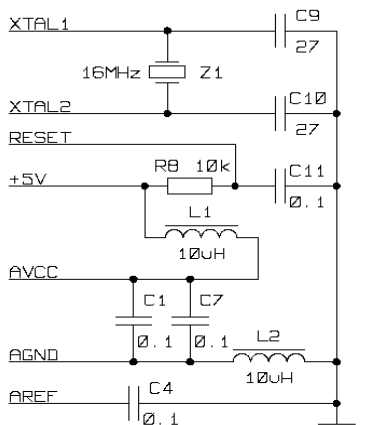
## Измерение напряжения источника питания (12 В)



## Подавление шумов процессора по питанию

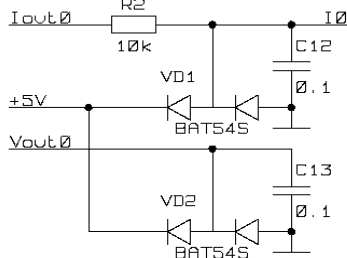


## Обвязка процессора

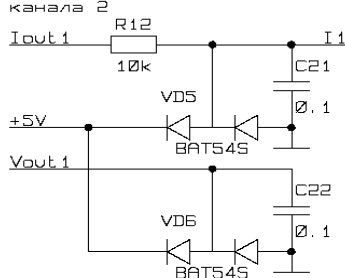


## Измерительная земля и питание

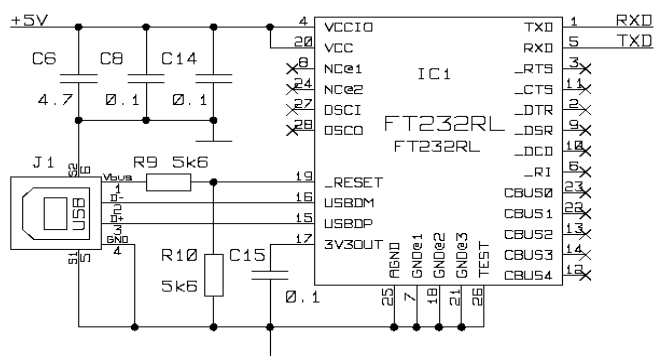
## Измерение тока и напряжения канала 1



## Измерение тока и напряжения канала 2



## USB - COM (FT232 в режиме моста)



## Подключение клавиатуры

X2	Keyb
pin	circuit
S0	1 Key1_OK
S1	2 Key2_CANCEL
S2	3 Key3_UP
S3	4 Key4_DOWN
	5 GND

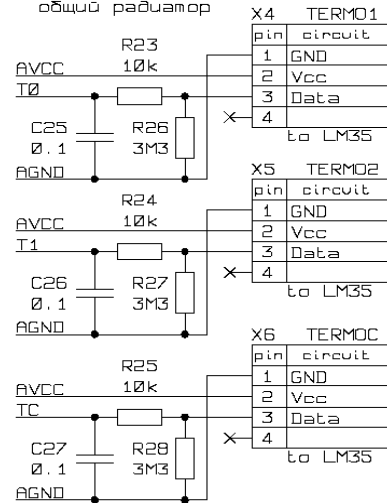
## Разъем для проаграммирования

X3	ISP
pin	circuit
MOSI	1 MOSI
+5V	2 VTG
	3 NC
RESET	4 GND
	5 RST
	6 GND
SCK	7 SCK
	8 GND
MISO	9 MISO
	10 GND

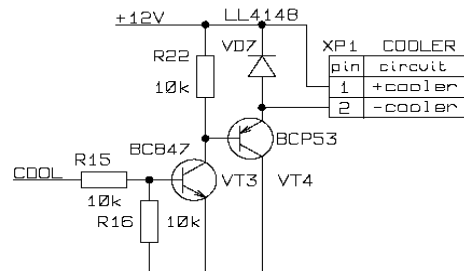
## Разъемы термодатчиков

1 канал  
2 канал

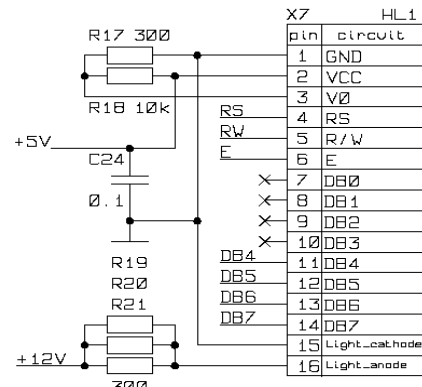
## общий радиатор



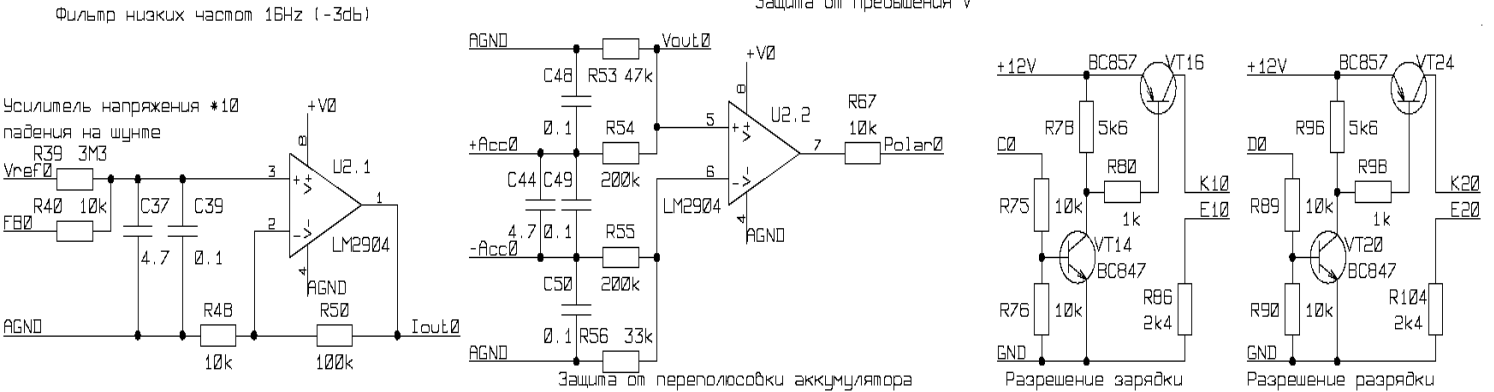
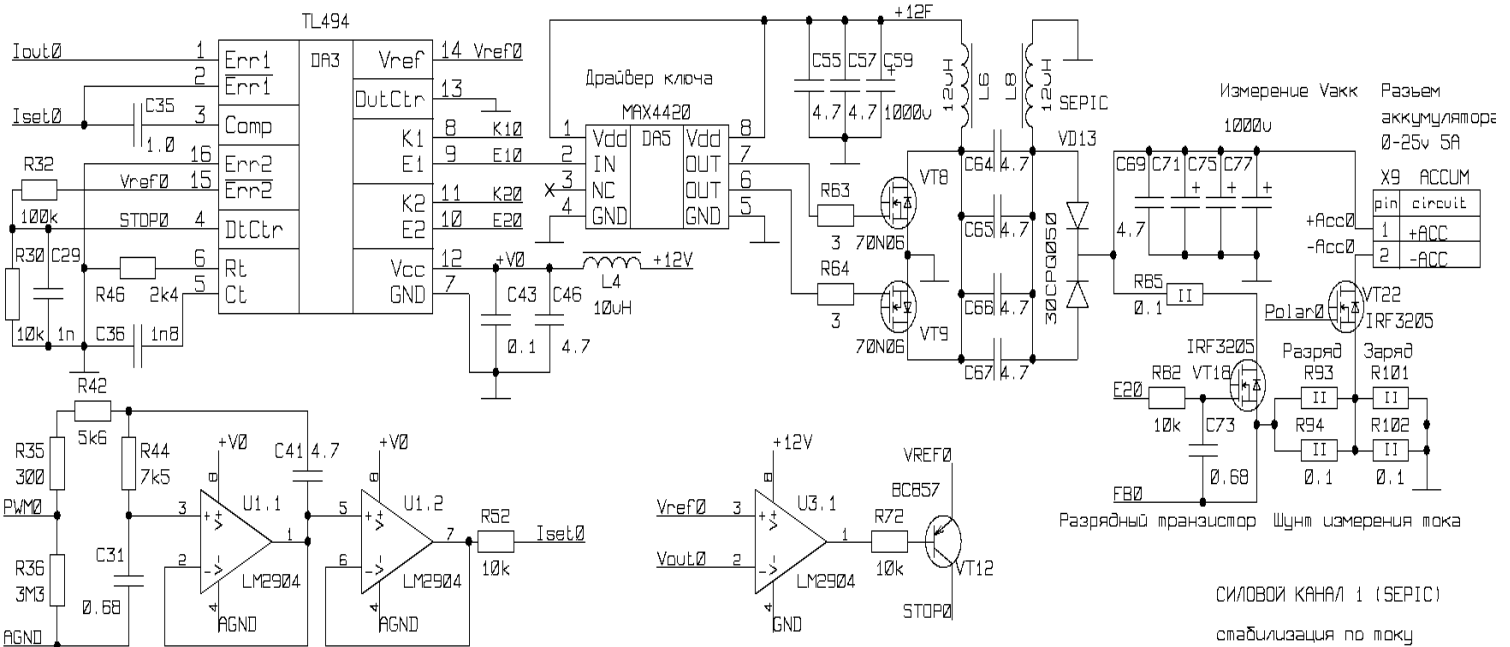
## Управление вентилятором охлаждения общего радиатора



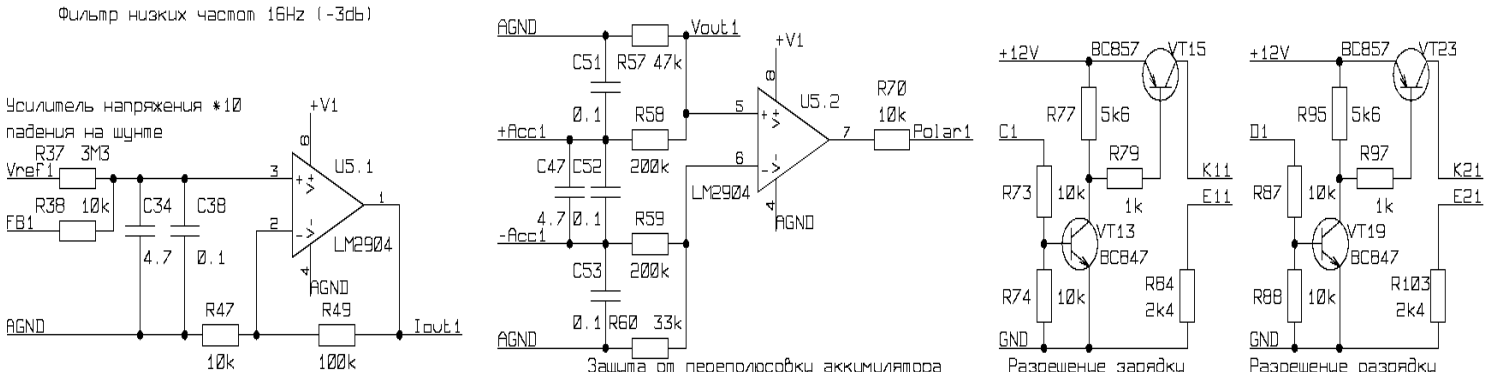
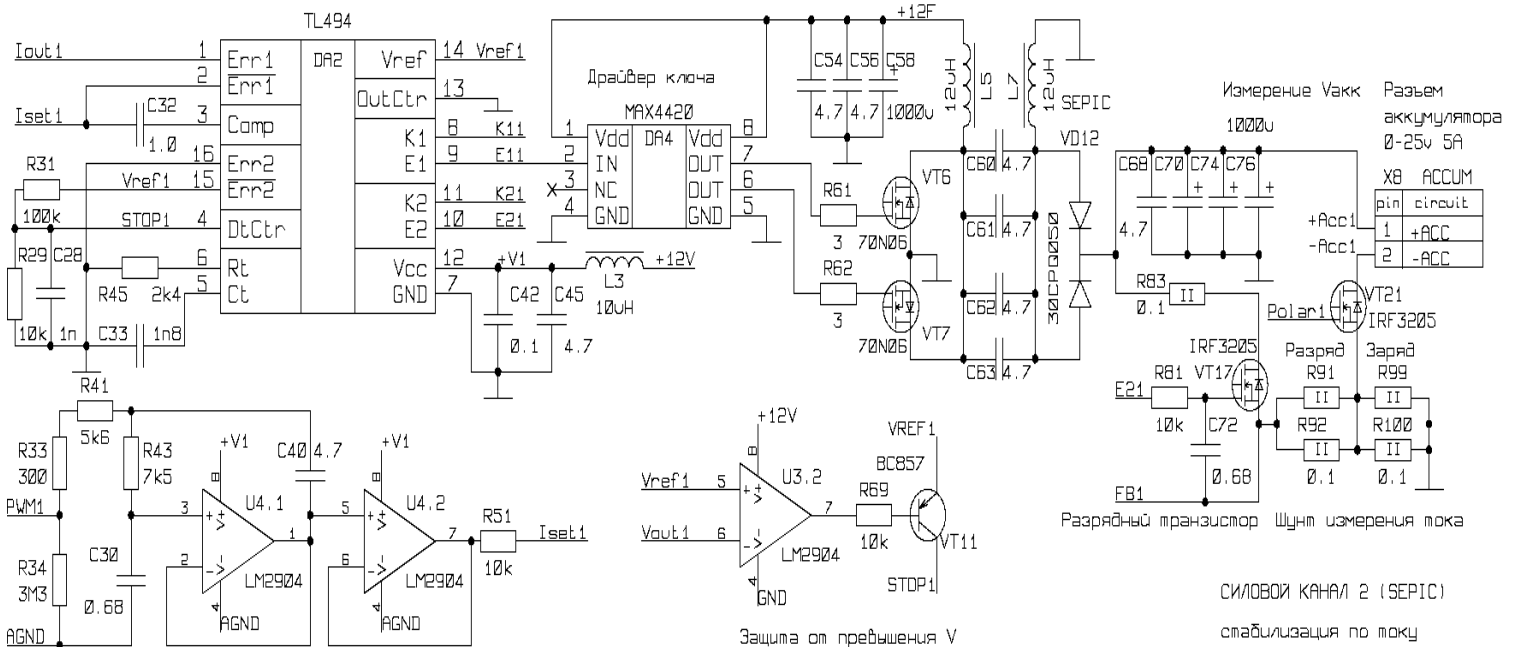
## Подключение ЖКИ 4x20 RU5 (контроллер HD44780)



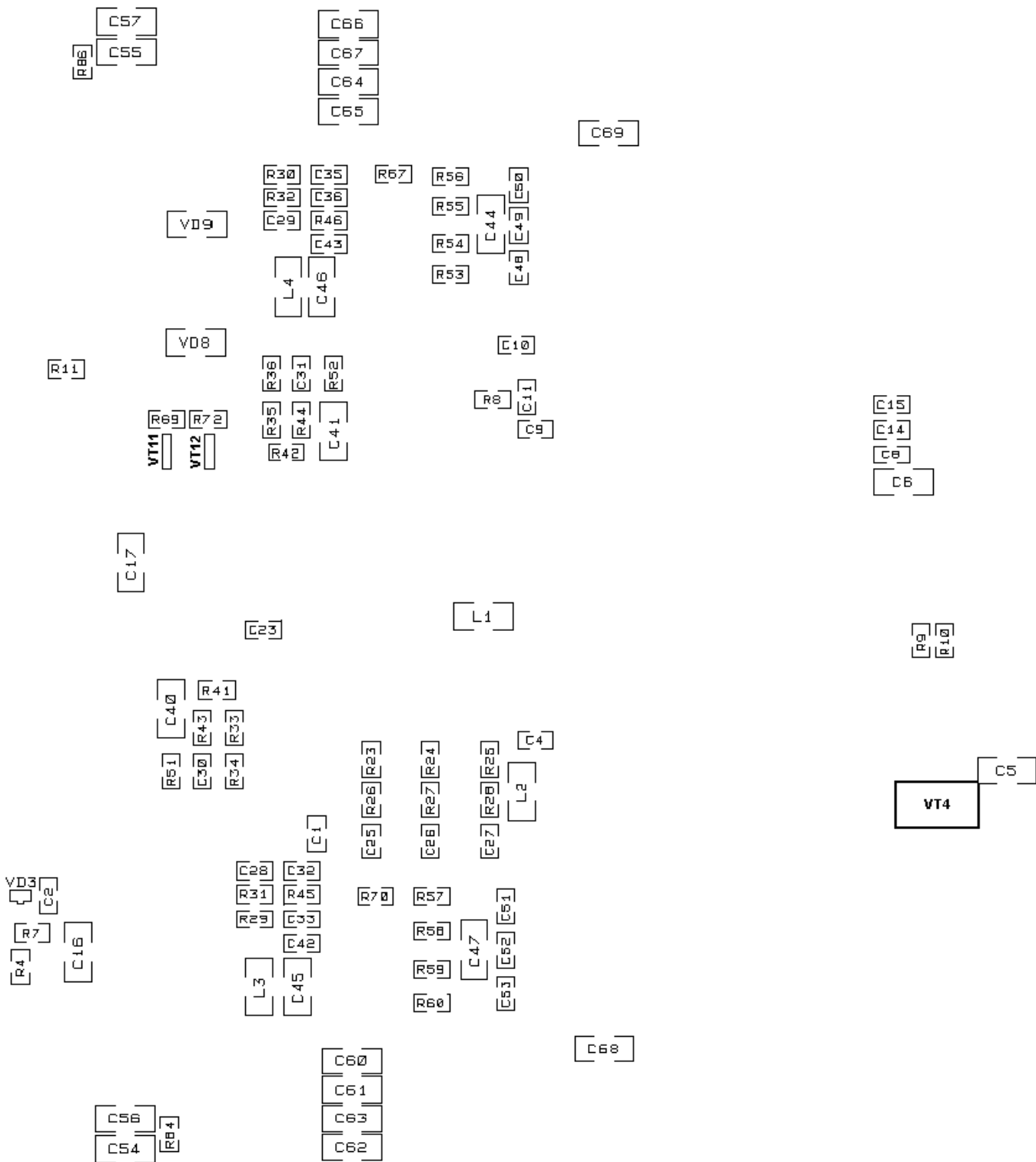
TL494

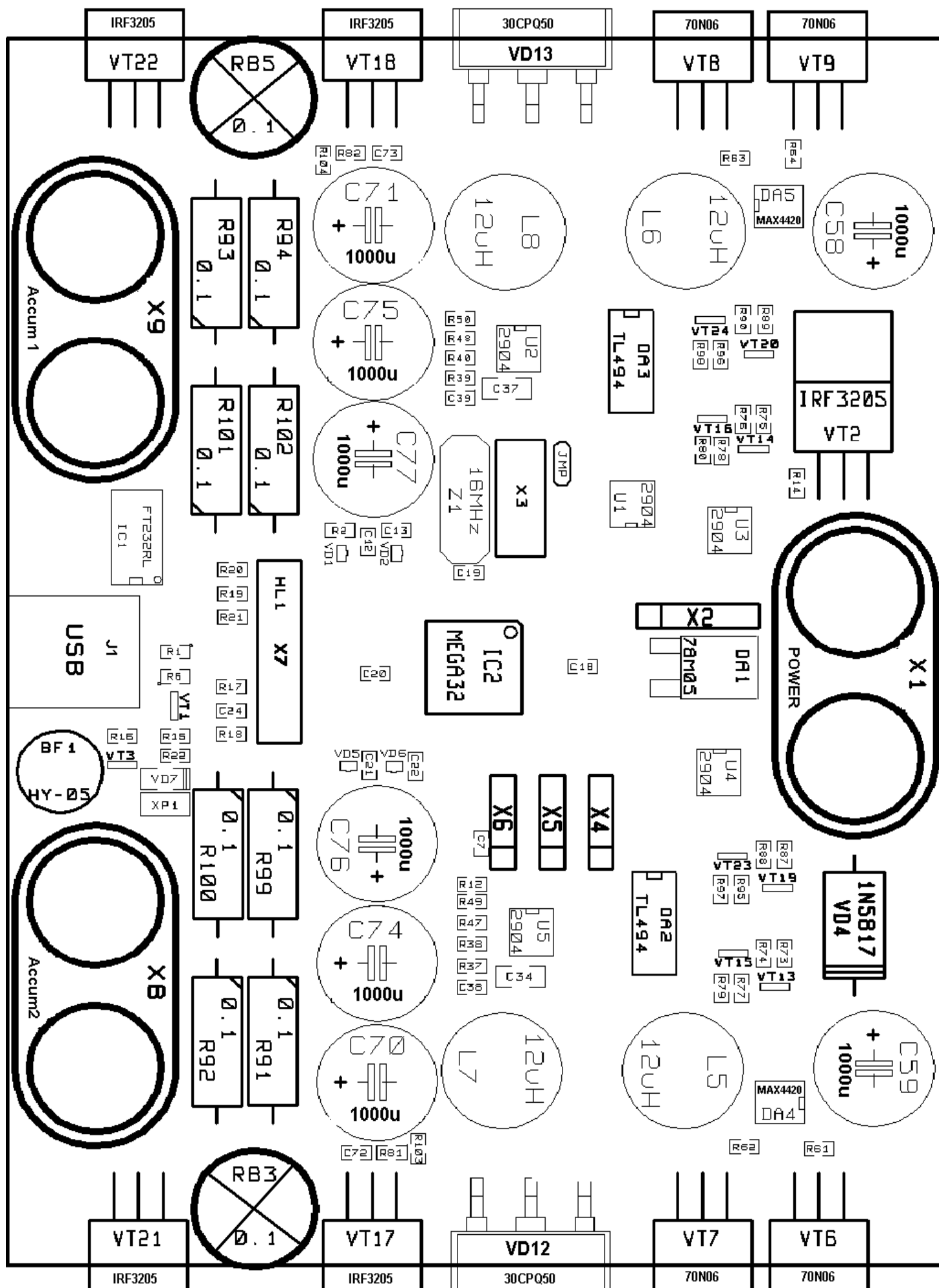


TL494









**Текущее состояние проекта – в работе.**

Проект выполнен на 95%. В целом все работает, за исключением некоторых экзотических режимов. КПД больше 80%. Весь спектр мощностей охвачен.

В настоящий момент идет борьба за точность, КПД и улучшение программы до выполнения всех нереализованных характеристик по типам аккумуляторов.

**Некоторые режимы десульфатации до конца не изучены и не тестированы. Кроме того режимы тренировки не протестированы.**

## Литература<sup>1</sup>

1. Дмитрий Иоффе. «Разработка импульсного преобразователя напряжения с топологией SEPIC».
2. MAXIM/Dallas Semiconductor Application note 1051 SEPIC Equations and Component Ratings.
3. [http://st.ess.ru/publications/4\\_2001/kotomin/kotomin.htm](http://st.ess.ru/publications/4_2001/kotomin/kotomin.htm) Зарядные устройства для химических источников тока. Проблемы и пути решения. Котомин В.Э.
4. «Аккумуляторы». Издательство Изумруд. Д.А. Хрусталева. Москва 2003.
5. ЖК индикаторы и их применение на основе контроллера HD44780
6. В инете ищите слова: Алексей Кузнецов «Трансформаторы и дроссели для импульсных источников питания» или просто «расчет трансформаторов».
7. Буржуйский сайт: [http://schmidt-walter.fbe.fh-darmstadt.de/smps\\_e/smps\\_e.html](http://schmidt-walter.fbe.fh-darmstadt.de/smps_e/smps_e.html). Если ссылка не работает, ищите: Design of Switch Mode Power Supplies.
8. <http://www.microchip.com> Программа FilterLab v2.0. Программа распространяется бесплатно.
9. Даташит на микросхему ATmega32 на английском языке. На [www.atmel.com](http://www.atmel.com)
10. Texas Instruments TL494 <http://bp.xsp.ru/tl494/tl494.pdf>
11. Статья из Инета: Работа с коммуникационными портами (COM и LPT) в программах для Win32
12. ЖК индикаторы и их применение на основе контроллера HD44780.

---

<sup>1</sup> Все указанные источники можно найти в Интернете по ключевым словам.

## Инструкция по эксплуатации зарядного устройства ZU v1.7

Данный проект воплощался с надеждой улучшить мир. Авторы сделали все возможное для соответствия зарядного устройства требуемым параметрам заряда и разряда различных типов аккумуляторов. Но авторам свойственно ошибаться. И если вы согласны взять на себя все риски, связанные с возможным присутствием ошибок, то вы можете бесплатно воспользоваться этой разработкой в личных и коммерческих целях без уведомления авторов и упоминания их имен, адресов и телефонов. За это, мы обязуемся в случае обнаружения ошибок, постараться их устранить в кратчайшие сроки, на которые будем способны.

**Внимание! Нарушение инструкции по эксплуатации может повлечь за собой воспламенение зарядного устройства, заряжаемых аккумуляторов и предметов роскоши, находящихся поблизости со всеми вытекающими (поджигающими) последствиями.**

**Внимание! Категорически разрешается заряжать аккумуляторы только под присмотром в специально отведенных местах, оборудованных противопожарной системой на основе порошкового или углекислотного огнетушителя, обязательно в присутствии ответственного сотрудника, изучившего и понявшего данную статью, а также всю литературу по химии и электричеству и при этом находящегося в здравом уме и твердой памяти.**

**Внимание! Вы работаете с прибором высокой мощности. Всегда разрешается нажимать на кнопку «НЕТ». Кнопки «Вверх» и «Вниз» тоже можно нажимать почти без последствий. При нажатии кнопки «ОК» будьте уверены в том, что вы осознаете последствия и принимаете на себя ответственность.**

**Внимание! Не отсоединяйте заряжаемый аккумулятор от ЗУ, когда идет зарядка. В процессе зарядки обязательно используйте термодатчики.**

Управление ЗУ осуществляется из меню на ЖКИ экране или из программы «zu.exe» в ручном режиме через RS232.

<b>I. Канал 1</b>	Запуск первого канала. Выбор аккумулятора, выбор скорости (медленно, нормально, быстро), выбор действия (зарядка, тренировка 1-3 цикла, зарядка для хранения)
<b>II. Канал 2</b>	Запуск второго канала. Выбор аккумулятора, выбор скорости (медленно, нормально, быстро), выбор действия (зарядка, тренировка 1-3 цикла, зарядка для хранения)
<b>III. Аккумуляторы</b>	Изменение параметров аккумуляторов в ЕЕПРОМ (название, химический тип, количество банок, емкость ...)
<b>IV. Типы аккумуляторов</b>	Изменение параметров химических типов аккумуляторов в ЕЕПРОМ (название, флаги алгоритмов, минимальные и максимальные параметры токов и напряжений ...)
<b>V. Настройки</b>	Заголовок
<b>1. Громкость</b>	Громкость (вкл./выкл.)
<b>2. Звуки</b>	Выбор звуков
<b>а) Звук старт</b>	Выбор мелодии при старте
<b>б) Звук конец</b>	Выбор мелодии при окончании зарядки
<b>в) Звук клик</b>	Выбор мелодии при перегреве
<b>г) Звук перегрев</b>	Выбор мелодии при нажатии кнопки
<b>д) Звук ошибка</b>	Выбор мелодии при ошибке
<b>3. Настр. схемы</b>	Заголовок
<b>а) I1 заряд</b>	Включается режим зарядки без контроля нагрузки (в нагрузку можно прицепить лампочку). Регулируем ШИМ и смотрим значения тока и напряжения первого канала.

<b>б) I1 разряд</b>	Включается режим разрядки без контроля нагрузки (в нагрузку можно прицепить гальванически развязанный источник питания). Регулируем ШИМ и смотрим значения тока и напряжения первого канала.
<b>в) V1 заряд</b>	Включается режим зарядки без контроля нагрузки (в нагрузку можно прицепить лампочку). Регулируем ШИМ и смотрим значение напряжения первого канала.
<b>г) I2 заряд</b>	См. <b>а) I1 заряд</b>
<b>д) I2 разряд</b>	См. <b>б) I1 разряд</b>
<b>е) V2 заряд</b>	См. <b>в) V1 заряд</b>
<b>ж) V12</b>	Просматриваем напряжение на источнике.
<b>з) ШИМ 1</b>	Регулировка опорного напряжения 1 канала без подачи сигнала на силовые ключи. Для просмотра качества ФНЧ первого канала на 2 ноге TL494.
<b>и) ШИМ 2</b>	Регулировка опорного напряжения 2 канала без подачи сигнала на силовые ключи. Для просмотра качества ФНЧ второго канала на 2 ноге TL494.
<b>к) T1</b>	Просмотр датчика температуры 1 канала. При нажатии ОК переход в режим включения, отключения датчика. Второе ОК запоминает настройку в EEPROM.
<b>л) T2</b>	Просмотр датчика температуры 2 канала. При нажатии ОК переход в режим включения, отключения датчика. Второе ОК запоминает настройку в EEPROM.
<b>м) T3</b>	Просмотр датчика температуры ЗУ. При нажатии ОК переход в режим включения, отключения датчика. При нажатии ОК переход в режим настройки температуры включения вентилятора. При нажатии ОК переход в режим настройки температуры отключения вентилятора. При нажатии ОК переход в режим настройки температуры аварийного отключения всех каналов из-за перегрева радиатора силовых ключей одного из каналов. Последнее ОК запоминает настройки в EEPROM.
<b>VI. Инфо</b>	Заголовок
<b>1. Канал 1</b>	Информация о канале 1 (текущие параметры или итоги предыдущей зарядки)
<b>2. Канал 2</b>	Информация о канале 2 (текущие параметры или итоги предыдущей зарядки)
<b>3. ЗУ инфо</b>	Информация о зарядном устройстве (Дата прошивки, время во включенном состоянии)

## Словарь

- ЗУ, ZU- Зарядное устройство. Здесь, ниже и выше по тексту краткое обозначение этого проекта.
- Акк, Аккумулятор - Батарея аккумуляторов, та самая которую будем заряжать.
- Ключ, MOSFET, HEXFET - Он же полевой транзистор, который открывается и закрывается очень быстро. Бойится людей в чистых свитерах, белорусских стульев на колесиках по ламинату, т.е. статики. Современная промышленность выпускает силовые ключи, которые можно использовать на частотах 0-300 кГц, но этого мало. Если повысить частоту, можно значительно уменьшить размеры преобразователей.
- Заполнение- Отношение времени в открытом состоянии ключа ко всему периоду.
- Скважность-  $(1 / \text{Заполнение})$  отношение периода к открытому состоянию.
- ЦАП(DAC)- Цифро-аналоговый преобразователь. Например, из регистра процессора (одного байта) получаем аналоговое напряжение от 0 до 5 Вольт. В ATmega32 ЦАП нет. Приходится использовать ШИМ+ФНЧ.
- АЦП(ADC)- Аналого-цифровой преобразователь. Из аналогового напряжения от 0 до 5 Вольт имеем двоичное число в регистре процессора. Главная проблема в том, что разрядности всегда мало (1024 уровня в ATmega32) и измеренное значение сильно зашумлено как всей схемой, так и самим измерителем (процессором). Но если измерить 32 раза и усреднить, то можно повысить точность. При этом нам поможет небольшой белый шум.
- ШИМ(PWM)- Широтно-импульсная модуляция. В процессоре есть зацикленный счетчик, который считает с частотой кратной тактовой (от 0 до 255 или от 0 до 65535), а также в процессоре есть некий регистр сравнения. Когда счетчик больше регистра на ноге процессора - 1, когда меньше - 0. Т.о. меняя регистр, мы меняем момент переключения, а значит и скважность сигнала, а значит площадь графика под 1-цами. Имея ШИМ в микропроцессоре, можно с его помощью сделать ЦАП, просто добавив RC-цепочку или ФНЧ второго порядка, как у нас в схеме и тогда квадратные зубы графика выровняются в прямую под которой будет та же площадь что и под 1-цами.
- ФНЧ- Фильтр низких частот. Низкие частоты пропускаем, все остальное вырезаем. Например: у соседей играет музыка, а у вас – бу, бу, бу. Стенка – фильтр низких частот. Фильтр низких частот нужен для сглаживания сигнала, устранения помех в измерительных цепях. Сглаживая 16-ти разрядный ШИМ, мы получаем 65536 уровней от 0 до 5 вольт, которые будем использовать в качестве опорного напряжения. Выставляя определенный ШИМ, после ФНЧ мы получаем строго заданное напряжение. Чем выше порядок и качество ФНЧ, тем лучше сглаживается напряжение. Чем больше разница между частотой ШИМ и частотой среза ФНЧ, тем лучше сглаживается напряжение.
- AVR, TI, AD, LT, LM, MAX, MIC, TC - Фирмы производители микросхем.

- HARD-** Железо. Оно твердое, его надо паять, развинчивать и свинчивать.
- SOFT-** Программа. Взял и изменил, перезалил, переписал, т.е. мягкая, гибкая.
- COM, COM-порт, UART, USART, RS232** – в данной статье применяются в одном смысле – COM-порт (9 — штырьков) или стандарт протокола.
- Assembler-** Самый производительный, самый примитивный и, в тоже время, самый сложный язык программирования для помешанных. Иногда его применяют нормальные люди в виде небольших вставок. Ассемблер или язык машинных кодов открывает нам глаза на факт, что все многообразие компьютерных программ, по сути, это перекладывание байтов из ячейки в ячейку или арифметические и логические операции с ячейками, т.е. все что мы видим на экране компьютера это иллюзия, и все, что мы видим своими глазами и щупаем руками это тоже иллюзия.
- C++ -** Язык программирования для нормальных людей. Все остальные языки и он сам написаны на нем. Этот язык – изящный, изощренный, полный, в меру низкоуровневый и в меру высокоуровневый, язык для универсалов, для всемогущих людей - Нас.
- Фузы, FUSES** - биты конфигурации процессора, устанавливающие различные режимы работы процессора, в том числе, секретные режимы: защита от прочтения прошивки. Экспериментальным путем обнаружено, что иногда они находятся в стороне от основной памяти на кристалле, тогда с помощью фольги и ультрафиолета или перегрева их можно стереть, т.е. превратить в «1».
- FLASH-** Энергонезависимая (медленная на запись) память, но с ограниченным количеством перезаписи (например 1000 раз). Обычно там лежит микропрограмма в виде машинных кодов. Язык машинных кодов и Assembler это практически одно и то же.
- EEPROM, ПЗУ -** Энергонезависимая (медленное чтение и еще более медленная запись) память до 100000 циклов перезаписи. Там хранятся настройки пользователя: любимые аккумуляторы, любимые алгоритмы зарядки.
- RAM, SRAM, ОЗУ** – Энергозависимая, быстрая память. При выключении ЗУ все пропадает. Хранит в себе переменные, массивы, стек.
- Дельта пик, Negative Delta V, NDV, -dV** – резкое, незначительное снижение напряжения на батарее в конце заряда (0.005-0.010в). Лучше проявляется при больших токах заряда. Бывает в батареях Ni-Ca и Ni-Mh. Существует ложный дельта пик, который происходит в первые 5-10 минут заряда сильно разряженной батареи.
- SoC, SoH -** State of Charge, State of Health, текущий заряд, текущее состояние батареи. Определяется например суммированием переданного заряда батарее или более сложными методами соотношения фаз напряжения температуры и их скоростей.
- Trickle,** Струйная подзарядка – (0.1-0.03C) Применяется для дозаряда и уравнивания химических процессов в конце заряда. Также применяется для компенсации разряда при недлительном хранении.



### Простое и короткое описание схемы

1. Основная деятельность ЗУ заключается в передаче заряда аккумулятору, поэтому силовая часть это стабилизатор тока на микросхеме TL494. На 1 ноге TL494 сигнал о реальном токе (напряжение от 0.5в до 5в соответствует току от 0А до 5А на выходе SEPIC). На 2 ноге TL494 сигнал от процессора о желаемом токе (напряжение от 0.5в до 5в). Микросхема TL494, меняя ШИМ силовых ключей (8 и 9 нога в случае зарядки или 11 и 10 нога в случае разрядки) пытается уровнять сигналы на 1 и 2 ноге. Т.е. TL494 будет увеличивать/уменьшать ШИМ до тех пор, пока напряжение на 1 ноге (реальный ток) не уровняется с напряжением на 2 ноге (ток который требуется нам).
2. В случае зарядки ШИМ TL494 управляет затворами силовых транзисторов SEPIC. Резистор и конденсатор прицепленные к 5 и 6 ноге TL494 задают частоту работы  $F_{sepic} = 250 \text{ кГц}$ .  $F = 1/(R * C)$
3. У микросхемы TL494 в качестве выходов используются 2 встроенных транзистора, у которых наружу торчат эмиттеры и коллекторы (ноги 8, 9, 10, 11). Эти 2 транзистора могут работать синхронно или в противофазе. Благодаря такому решению TL494 может быть использована в самых разнообразных схемах. В нашей схеме они работают синхронно (нога 13 прицеплена к земле). Чтобы сэкономить на TL494 и разрядный канал и зарядный работают через одну и ту же TL494. При этом один транзистор управляет разрядом, а другой зарядом. Чтобы разрядный и зарядный каналы включались в свое время, пришлось ввести схемы «Разрешение заряда» и «Разрешение разряда».
4. Чтобы выставить требуемый ток на 2 ноге TL494, нужен ЦАП которого у нас в схеме нет. Поэтому мы будем использовать ШИМ процессора (не путать с ШИМ TL494), который отфильтруем на ФНЧ и тем самым сделаем работу ЦАП по получению аналогового сигнала из дискретного, цифрового ШИМа процессора.
5. ФНЧ 2-го порядка (Sallen Key см. [8]). Фильтр низких частот собран на операционном усилителе и еще один усилитель использован как буфер. Для качественной работы фильтра необходимо, чтобы номиналы обвязки были соблюдены с 1% точностью, но если вы поставите 5%, то тоже работать будет, но чуть хуже.
6. Измеритель тока – шунт и усилитель. 4 резистора 0.1 Ом в силовой схеме - это хитрый шунт. Такая конструкция шунта необходима, чтобы и при токе разрядки и при токе зарядки, которые текут в разных направлениях, на линии обратной связи FB (Feedback) было положительное по отношению к земле падение напряжения. Цепь обратной связи выглядит так: ШУНТ => FB => УСИЛИТЕЛЬ x10 => Iout = 1 нога TL494. В спящем состоянии при нулевом токе обратная связь показывает некоторое напряжение из-за подтяжки к Vref. Это сделано, чтобы вывести ноль тока в зону нормальной работы операционных усилителей, а также с целью усыпления TL494 вблизи нулевых токов.
7. Схема «Разрешения зарядки» и «Разрешения разрядки» разрывает процесс стабилизации тока путем прекращения подачи управляющих сигналов на ключи. Такое действие дезориентирует мозг процесса стабилизации — микросхему TL494. И она, увидев, что ток ноль, увеличивает ШИМ до максимума и в этом состоянии пребывает до момента начала зарядки. В момент старта зарядки SEPIC выдает максимум

мощности на аккумулятор, что может повредить аккумулятор. Из-за резкого скачка источник питания обычно уходит в защиту. Чтобы этого не произошло, необходимо перед включением силовых ключей выставить начальный опорный ток  $I_{set}$  в ноль, потом дать разрешение ключам, потом выставить нужный ток. Так поступает алгоритм микропрограммы.

8. Для увеличения КПД в SEPIC стоит два ключа и управляет ими драйвер МАХ4420, который может выдать ток до 6А – по 3А на каждый ключ. Сопротивления на затворы ограничивают ток. Все эти амперы нам нужны для зарядки и разрядки емкостей затворов ключей, ну очень быстро.
9. Схема разрядки. «Разрядный транзистор» разряжает аккумулятор на себя или на нагрузку. Он используется в качестве регулируемого резистора. TL494 подбирает ШИМ таким образом, чтобы после грубой RC фильтрации на затворе, транзистор полуоткрылся, пропуская ток  $I_{out}$  равный заданному  $I_{set}$ . Чтобы уменьшить тепловую нагрузку на транзистор, неплохо использовать какой-нибудь другой рассеиватель мощности (ТЭН, лампочку, силовой резистор на радиаторе, элемент Пельтье), включенный последовательно с ключом.
10. «Защита от переплюсовки аккумулятора» сделана на операционном усилителе. В случае неправильного подключения минус разъема аккумулятора (на схеме) не соединяется с землей схемы.
11. Защита от превышения  $V$  отключает генерацию ШИМ TL494 при превышении 25в выходным напряжением. Хотя защита и есть, но отключать аккумулятор во время зарядки (особенно на большой мощности) я категорически не рекомендую.

### Описание процессора AT Mega32

Нога	Название	Напр.	Название по схеме	Описание
1	B5(MOSI)	OUT	MOSI	На разъем программатора ISP.
2	B6(MISO)	OUT	MISO	На разъем программатора ISP.
3	B7(SCK)	OUT	SCK	На разъем программатора ISP.
4	/RESET	IN	RESET	На разъем программатора ISP. Замедление запуска при подаче питания.
5	VCC	POWER	VCC	Питание процессора.
6	GND	POWER	GND	Земля процессора.
7	XTAL2	IN	XTAL2	Внешний кварцевый резонатор 16 МГц.
8	XTAL1	IN	XTAL1	Внешний кварцевый резонатор 16 МГц.
9	D0(RXD)	IN	RXD	Чтение процессором из USB(COM)-порта
10	D1(TXD)	OUT	TXD	Запись процессором в USB(COM)-порт
11	D2(INT0)	OUT	D0 (Disch On)	Разрешение разрядки канал 1
12	D3(INT1)	OUT	D1 (Disch On)	Разрешение разрядки канал 2
13	D4(OC1B)	OUT	PWM1	16-ти разрядный ШИМ, задающий опорный ток в канале 2
14	D5(OC1A)	OUT	PWM0	16-ти разрядный ШИМ, задающий опорный ток в канале 1
15	D6(ICP)	OUT	COOL	Включение вентилятора охлаждения ЗУ
16	D7(OC2)	OUT	BUZZ	Пьезо пищалка
17	VCC	POWER	VCC	Питание процессора.
18	GND	POWER	GND	Земля процессора.
19	C0(SCL)	OUT/IN	DB4	Бит передачи и получения данных ЖКИ
20	C1(SDA)	OUT/IN	DB5	Бит передачи и получения данных ЖКИ

21	C2(TCK)	OUT/IN	DB6	Бит передачи и получения данных ЖКИ
22	C3(TMS)	OUT/IN	DB7	Бит передачи и получения данных ЖКИ
23	C4(TDO)	OUT	RS	Управление ЖКИ (команда или данные)
24	C5(TDI)	OUT	RW	Управление ЖКИ (чтение или запись)
25	C6(TOSC1)	OUT	E	Управление ЖКИ (строб)
26	C7(TOSC2)	OUT/IN	S3	Кнопка «Вниз»
27	AVCC	POWER	AVCC	Измерительное питание.
28	GND	POWER	GND	Измерительная земля.
29	AREF		AREF	Опора
30	A7	IN	TC	Температура радиатора-вентилятора охлаждения ЗУ
31	A6	IN	V12	Напряжение первичного источника – машинного аккумулятора
32	A5	IN	T1	Температура канал 2
33	A4	IN	Vout1	Напряжение заряжаемой/разряжаемой батарейки канал 2
34	A3	IN	I1	Ток заряжаемой/разряжаемой батарейки канал 2
35	A2	IN	T0	Температура канал 1
36	A1	IN	Vout0	Напряжение заряжаемой/разряжаемой батарейки канал 1
37	A0	IN	I0	Ток заряжаемой/разряжаемой батарейки канал 1
38	VCC	POWER	VCC	Питание процессора.
39	GND	POWER	GND	Земля процессора.
40	B0(XCK/T0)	IN	C0 (Charge ON)	Разрешение зарядки первого канала
41	B1(T1)	IN	C1 (Charge ON)	Разрешение зарядки второго канала)
42	B2(AIN0/INT2)	IN	S0	«ОК» (низкий уровень – кнопка нажата)
43	B3(AIN1/OC0)	IN	S2	«Вверх» (низкий уровень – кнопка нажата)
44	B4(SS)	OUT	S1	«Отмена» (низкий уровень – кнопка нажата)

### Описание прочих цепей

Название	Описание
AVCC	Измерительное питание процессора
AGND	Измерительная земля
Iout0, Iout1	Нефильтрованный ток - обратная связь по току (усиленная в 10 раз), который потом фильтруется на RC-цепочке и ограничивается диодами и на АЦП процессора.
FB0, FB1	Обратная связь по току - падение напряжения на шунте
Iset0, Iset1	Сигнал для задания опорного тока, полученный из фильтрации ШИМ.
Vref0, Vref1	Стабилизированные 5в из TL494. Используются для задания максимальной скважности (в итоге ограничитель мощности) и для подтяжки обратной связи вверх, чтобы вывести ее в рабочую зону операционников.
K10, K11, E10, E11	Коллектор и эмиттер встроенного в TL494 транзистора, управляющего зарядом
K20, K21, E20, E21	Коллектор и эмиттер встроенного в TL494 транзистора, управляющего разрядом
STOP0, STOP1	Ограничение и отключение работы TL494
+12V	Питание цифровой части
+12F	Питание силовой части
+Acc0, +Acc1, -Acc0, -Acc1	Клеммы (+-) заряжаемого аккумулятора
Polar0, Polar1	Разрешение на подключение аккумулятора к силовой схеме, зависит от правильной полярности аккумулятора и разрешения на зарядку/разрядку.

### Микро и Макро

#### Микропрограмма.

Была попытка написать программу как можно проще и понятнее. Для того чтобы начинающий программист мог быстро вникнуть в суть. Ниже описываю структуру программы. Программа написана на бесплатно распространяемой среде программирования WinAvr (см. Приложение №10).

Наиболее полно о логике программы можно узнать из самой программы. Я использовал одни и те же обозначения в микро, макро и в принципиальных схемах, а также не жалел комментариев.

1. Главная программа, главный файл: «main.cpp» все остальные файлы это вставки (#include ...) в этот файл.
2. После компиляции «main.cpp» получается 2 файла: «main.hex» и «main.eep» - это прошивки для FLASH и EEPROM процессора ATmega32, но не забудьте о битах конфигурации FUSES. Их надо прошить один раз с помощью программы PonyProg (см. Приложение №4 и №5).
3. «ZU.pnproj» - это файл проекта. В нем описаны все файлы для отражения их в оболочке редактора «с:\winavr\pn\pn.exe». Кстати, если вы активно будете работать с прошивкой, вы можете прямо из редактора ее скомпилировать и залить в ЗУ (см. Приложение №10).

Для улучшения контроля над процессами заряда и разряда, задействуем прерывания. Микропроцессор обычно выполняет все команды по очереди. Прерывания – это механизм псевдо распараллеливания вычислений - процессор прерывает нормальный ход последовательного выполнения программы «все по порядку», запоминает свое состояние и начинает выполнять подпрограмму обработки прерывания. После ее выполнения, процессор вспоминает свое состояние до прерывания и продолжает выполнять основную программу. Когда я говорю о прерываниях, я имею в виду какое-то важное событие, которое произошло с процессором. Например: счетчик досчитал до максимума или АЦП завершило преобразование или завершился процесс передачи по последовательной шине. В нашем процессоре AT Mega32 около 15 видов прерываний. Мы будем использовать лишь пять из них.

Основной процесс производит движение по главному меню и устанавливает различные переменные, которые являются параметрами для работы алгоритма заряда и разряда. Огромное разветвленное меню пытаемся составить, чтобы пользователь без инструкции мог догадаться, что ему надо делать и не смог допустить критических ошибок.

Образ меню хранится во FLASH и состоит из строк, которые в свою очередь, состоят из названия строки, глубины этой строки в меню и идентификатора строки, по которому определяется подпрограмма обработки этой строки.

Процесс заряда и разряда контролируется основной программой, потребляющей почти все ресурсы процессора. Эта программа в зависимости от времени и других параметров определяет, какой поставить ток зарядки или разрядки в нужном канале.

В прерывании будут происходить процессы, которые требуют цикличности, периодичности и ожиданий наступления:

- Вывод видеопамати на ЖКИ. (Прерывание «таймер 0 переполнился»)
- Обработка нажатий на клавиатуре. (Прерывание «таймер 0 переполнился»)
- Музыкальное сопровождение. (Прерывание «таймер 0 переполнился»)
- Счетчик времени и часы (Прерывание «таймер 0 переполнился»)
- Запуск АЦП. (Постоянно и непрерывно 125 кГц)
- Измерение I, V, T. (Прерывание «измерение АЦП завершено»)
- Считывание и отправка данных между буфером памяти и СОМ-портом. (Прерывание «UART данные получены», Прерывание «UART данные переданы»)

При использовании процессора работающего на частоте 16 МГц и ЖКИ работающего на частоте 1 МГц, очень часто требуется ожидать, пока ЖКИ отработает посланные ему команды. В данной ситуации использовать задержки неэффективно - если процессор выполняет цикл ожидания, контроль процесса заряда/разряда в эти моменты отсутствует и все остальные задачи останавливаются. Использование прерываний позволяет сократить время процессорного простоя или «бестолковой загруженности» и равномерно перераспределить ЖКИ затраты на все время работы.

В ОЗУ (оперативной памяти процессора) мы организуем «видео буфер», в который в любой момент времени производится запись текста сообщений, без ожиданий, без боязни, что что-то не будет дорисовано, не забывая просигнализировать о том, что произошли изменения видео памяти. Теневой процесс, при наличии сигнала изменений, на своей скорости производит вывод на ЖКИ. При этом процессорные затраты не превышают 1% времени с дискретизацией 7812,5 Гц при непрерывной прорисовке ЖКИ.

Но это еще не все. Чтобы стандартизировать вывод сообщений на экран, мы применим шаблоны. Не просто в тексте программы мы вырисовываем каждый раз один и тот же вид экрана, например ход зарядки аккумулятора, а создаем байтовый шаблон с указанием где отображаются слова из массива фраз и где отображаются и в каком формате отображать пронумерованные переменные. Т.о. чтобы прорисовать целый экран, мы, всего лишь, даем видео подпрограмме номер шаблона и говорим: рисуй. Такая организация дает нам возможность, переписав шаблонную часть, быстро переориентироваться на другой язык или на другой ЖКИ.

Все измерения (I1, V1, T1, I2, V2, T2, V12, Tc) производятся по 32 раза для каждой величины, а потом усредняются. У АТМega32 один канал измерений, но к нему коммутируются 8 ног процессора. Коммутируются – это значит по очереди. Запуск измерений автоматический 125 кГц. Причем само измерение производится за 14 тактов на заданной частоте. Это значит, что за ~1/35 секунды на частоте 125 кГц можно измерить 8 величин по 32 раза каждую за 14 тактов каждое измерение.

Измерение происходит одновременно (реальная параллельность) с выполнением основной и теневой программы, а вот фиксация измеренного - в прерывании. Нам нужно только дать команду на запуск АЦП, процессор сообщит об окончании вызовом прерывания, а мы сохраним полученные результаты в глобальные переменные.

Т.к. мы усредняем каждую величину по 32 измерениям, лучше, если помехи будут «белые» (тогда усреднение дает увеличение точности), а не «цветные» (в этом случае мы получаем систематическую ошибку).

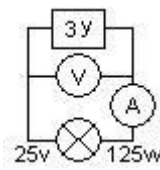


## Макропрограмма (ZU.EXE)

Программа интуитивно ясна, но все же заслуживает некоторых комментариев:

1. Программа общается с ЗУ через стандартный кабель USB. Для использования этого соединения используется стандартный драйвер COM через USB. Поэтому в нашем дальнейшем описании про USB не будет ни слова.
2. ЗУ COM-порт прошит на скорость 38400, поэтому соединение на других скоростях не работает. Именно эта скорость не слишком сильно отвлекает ЗУ от основной деятельности. Если вы хотите другую скорость, сделайте исправления в «init.cpp», перекомпилируйте программу и перешейте процессор. Итак, первое, что надо сделать, открыть COM-порт, к которому присоединено ЗУ.
3. Второе, что надо сделать, это в меню «Память» прочитать EEPROM из ЗУ, т.о. Программа на компьютере будет знать все настройки ЗУ и сможет адекватно управлять им.
4. Если у вас нет ЖКИ и нет клавиатуры в ЗУ, то вы можете управлять им прямо из

программы на основной форме.

5. Если вы еще не настроили силовую, надо зайти в меню «Настройки» и настроить 1 и 2 канал. Для нагрузки легче взять последовательно две одинаковые лампочки по 12 вольт 50 ватт. В процессе настройки необходимо установить 5-50 (рекомендуется 10) различных ШИМ и точно измерить вашим мультиметром получившийся ток и напряжение которые необходимо ввести в программу для расчета коэффициентов параболы методом наименьших квадратов. Далее коэффициенты вписываются в ЗУ. **Чтобы новые настройки вступили в силу, ЗУ надо перезапустить.** После этого необходимо оценить точность работы вашего ЗУ и постараться разобраться с вопросом как ее увеличить. Как правило точность начинает уплывать при мощностях больше 50 Ватт.
- 
6. Если вы решили записать в ЗУ данные о своих аккумуляторах, это можно сделать в меню «Настройка» «Аккумуляторы».
7. Если вы решили исправить алгоритм зарядки химических типов аккумуляторов, заходим в меню «Настройка» «Типы АКК».
8. Теперь переходим к стадии тестирования зарядки и разрядки. В процессе работы канала происходит запись измеренных значений в файл `ddmmyuhns.gra`. Если вам не понравятся графики в программе, вы можете эти файлы открыть в Excel и нарисовать свои. Если кликнуть мышкой на графике, то он разворачивается на весь экран, а если выделить область, то она увеличивается на всю область графика.
9. Связка «zu.exe» - ЗУ может работать различными способами:
- «Ручное управление» - программа на компьютере используется как клавиатура и ЖКИ экран для ЗУ. Нажатые кнопки передаются в ЗУ. ЗУ обрабатывает нажатие и передает обратно изображение ЖКИ.
  - В качестве обычного ЗУ. Пользователь задает параметры зарядки на компьютере, затем команда «Старт» передает эти параметры в ЗУ и оно работает самостоятельно. Раз в несколько секунд компьютер опрашивает ЗУ о текущем состоянии токов напряжений и температур и выводит эту информацию на экран и в текстовый файл.
  - В качестве лабораторного блока питания (БП). На компьютере выставляется режим (зарядка/разрядка), тип стабилизации (по току/по напряжению) и величина стабилизации. Эти параметры передаются в ЗУ и ЗУ пытается их выполнить. Раз в несколько секунд компьютер опрашивает ЗУ о текущем состоянии токов напряжений и температур и выводит эту информацию на экран и в текстовый файл.
  - В качестве программируемого БП. Очень простая программа интерпретируется оболочкой, проверяет токи и напряжения и выставляет различные режимы стабилизации. Раз в несколько секунд компьютер опрашивает ЗУ о текущем состоянии токов напряжений и температур и выводит эту информацию на экран и в текстовый файл.

## Программирование процессора

**Внимание! Программаторы через COM и LPT присоединяются к ЗУ и компьютеру только при выключенном из розетки ЗУ!!! В противном случае по земле может пробить статика и спалить COM, LPT, FDD, IDE на компьютере.**

**Внимание! При первом включении и первом программировании силовые транзисторы должны быть не запаяны!!!**

**Внимание! При неполной прошивке или прошивке неотлаженной программы ЗУ может самоуничтожиться.**

**Внимание! Неправильное программирование флузов может повлечь за собой невозможность перепрограммирования процессора. Сначала прочитайте этот параграф, потом приступайте к выполнению.**

**Внимание! Если компьютер засыпает, просыпается, выключается или включается при соединении через COM-порт с программатором ЗУ, то на ЗУ происходит перезагрузка. Если на COM-порт другая программа что-то посылает, то возможен вывод из строя ЗУ.**

**При неправильной работе с портом LPT последствия могут быть такими же. Некоторые Windows XP опрашивают LPT на предмет PnP раз в несколько секунд, что приводит к порче флузов. Чтобы этого не было необходимо отключить PnP: HKEY\_LOCAL\_MACHINE\System\CurrentControlSet\Services\Parport\Parameters. Если не помогло, то нужно добавить параметр «DisableWarmPoll» типа «REG\_DWORD» значение «1».**

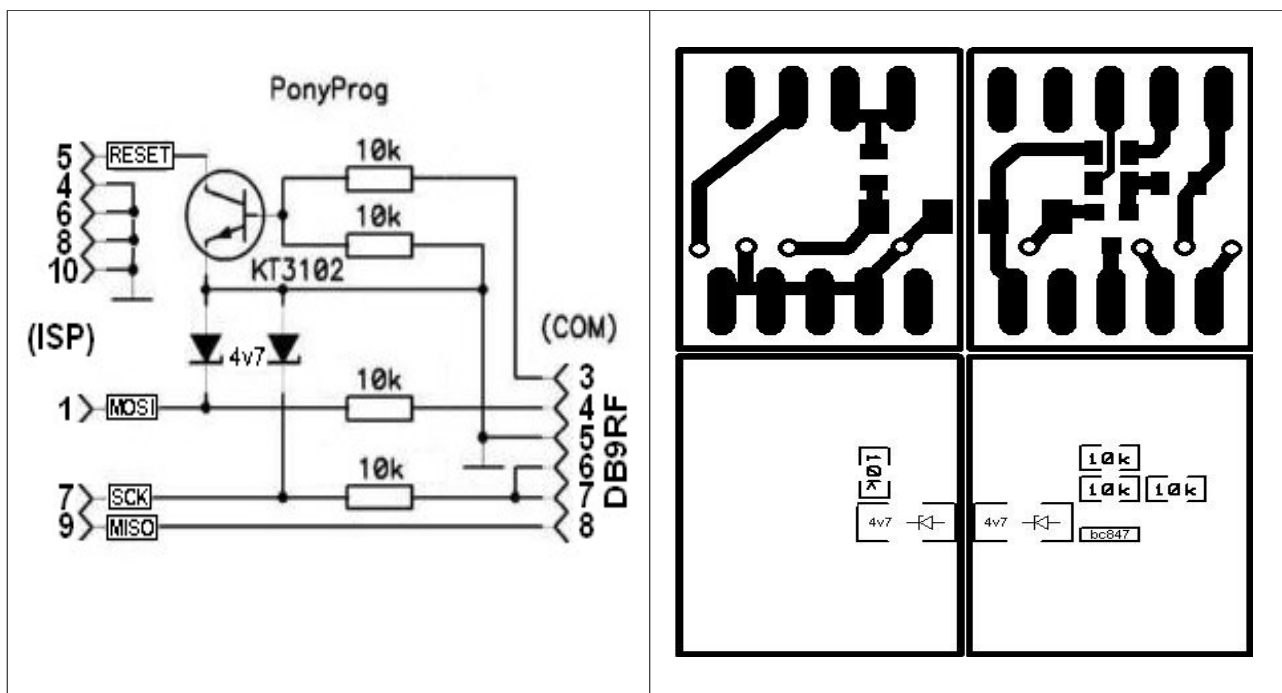
Для работы зарядного устройства необходимо запрограммировать микропроцессор ATmega32, т.е. записать в постоянную память процессора 3 вида данных:

1. Флузы – специальные, управляющие работой микропроцессора биты данных (приблизительно 3 байта).
2. Непосредственно микропрограмму во FLASH (ППЗУ) 32768 байт памяти.
3. Настройки зарядного устройства в EEPROM (ПЗУ) 1024 байт памяти.

Вы можете воспользоваться собственным программатором с переходником на ISP или программатором, предложенным ниже. Рекомендации по первому случаю, вы найдете в описании вашего программатора. Вам только надо знать, что файлы с прошивками FLASH – «main.hex» и EEPROM - «main.eep» сделаны в формате INTEL STANDART или INTEL HEX, а биты конфигурации вы можете взять из этого приложения.

Рассмотрим второй случай. На плате ЗУ разведен разъем для внутрисхемного программирования ISP к которому мы будем прицеплять самостоятельно сделанный программатор по схеме [PonyProg](#).

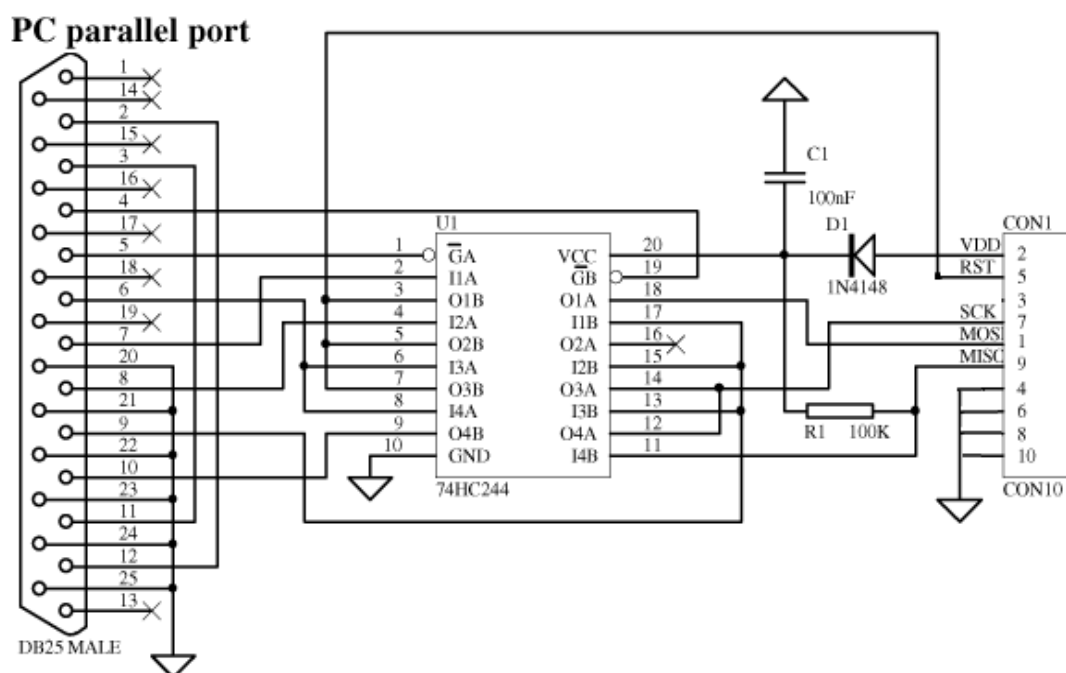




Чтобы сделать такой программатор, берем двухсторонний текстолит и рисуем на нем несмываемым фломастером дорожки как показано на рисунке, затем травим в хлорном железе. Другой способ - лазерноутюжная технология, широкоосвещенная в Интернете. На изготовленную плату с одной стороны напаивается разъем COM (9 штырьков «мама») с другой — обычный двухрядный 2x5 тоже «мама».

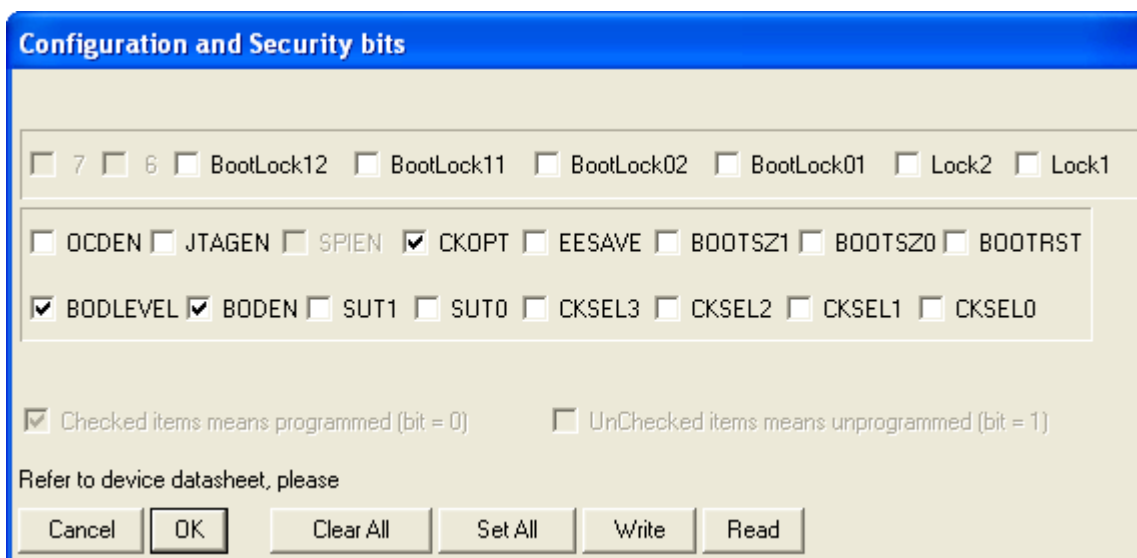
**Внимание! Предложенный программатор работает только через родной, честный COM-порт. Переходник USB-COM и некоторые «нечестные», неполные COM-порты на ноутбуках не допускаются к применению. Если программатор работает нестабильно, рекомендуется укоротить длину кабеля и увеличить переменную AVRByteWriteDelay=50 в файле PONYPROG2000.INI**

Другой вариант программатора через LPT разъем.



Для программирования нужна программа, которую можно скачать из Интернет с сайта [PonyProg](#). Далее необходимо:

1. Установить [PonyProg](#) на своем компьютере.
2. Запустить.
3. Выбрать производителя – “AVR micro”
4. Выбрать микросхему ATmega32
5. Если программатор COM: Setup => Interface Setup => «Serial» => Выбрать номер COM-порта к которому у вас подсоединен программатор (больше ничего руками не трогать) => OK.
6. Если программатор через LPT: Setup => Interface Setup => «Paralel» => «AVR ISP I/O» => Выбрать LPT порт (больше ничего руками не трогать) => OK.
7. Setup => Calibration => OK.
8. Соединить компьютер и программатор обычным «один в один» проводом COM-папа – COM-мама.
9. Подать напряжение питания на 3У.
10. Для проверки, что все хорошо, выполнить чтение микросхемы: Command => Read All.
11. Запрограммировать флэши: Command => Security and Configuration Bits



12. Все перепроверить потом Write.
13. Загрузить программу из файла: File => Open Program (FLASH) File => main.hex
14. Запрограммировать FLASH: Command => Write Program (FLASH)
15. Загрузить настройки из файла: File => Open Data (EEPROM) File => main.eep.
16. Запрограммировать EEPROM: Command => Write Data (EEPROM)

## Рекомендуемое положение битов конфигурации (FUSES).

1 - не запрограммирован, галочка в PonyProg не стоит.

0 - запрограммирован, галочка в PonyProg установлена.

- CKSEL3=CKSEL2=CKSEL1=CKSEL0=1 - Частота определяется внешним кварцевым резонатором, а не внутренним.
- CKOPT=0 - рекомендуется для зашумленных приборов и для частот больше 8 МГц
- SUT0=SUT1=1 - 65мс медленный старт процессора
- BODEN=0 - разрешить реагирование на уровень напряжения. Для стабильного запуска и защиты от порчи EEPROM.
- BODLEVEL=0 - минимальный уровень напряжения 2.7в. Для стабильного запуска и защиты от порчи EEPROM.
- BOOTRST=1 - Стартовать из обычного вектора, а не из BOOT-загрузчика.
- BOOTSZ0=BOOTSZ1=1 - размер бутовой программы безразличен.
- EESAVE=1 - EEPROM не защищен
- SPIEN=1 - SPI не важно разрешен или нет
- OCDEN=1 - встроенный отладчик запрещен
- JTAGEN=1 - JTAG запрещен

**Configuration and Security bits**

☐ 7 ☐ 6 ☐ BootLock12 ☐ BootLock11 ☐ BootLock02 ☐ BootLock01 ☐ Lock2 ☐ Lock1

☐ OCDEN ☐ JTAGEN ☐ SPIEN ☒ CKOPT ☐ EESAVE ☐ BOOTSZ1 ☐ BOOTSZ0 ☐ BOOTRST

☒ BODLEVEL ☒ BODEN ☐ SUT1 ☐ SUT0 ☐ CKSEL3 ☐ CKSEL2 ☐ CKSEL1 ☐ CKSEL0

☒ Checked items means programmed (bit = 0) ☐ UnChecked items means unprogrammed (bit = 1)

Refer to device datasheet, please

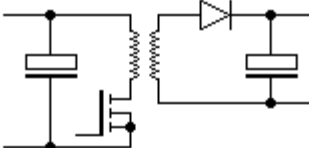
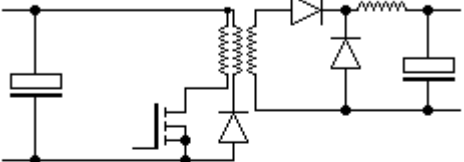
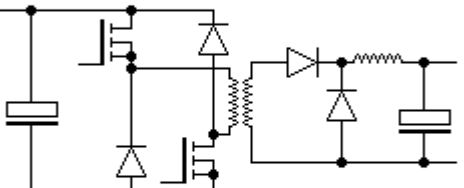
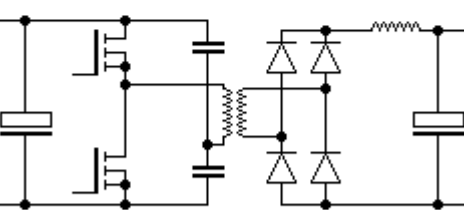
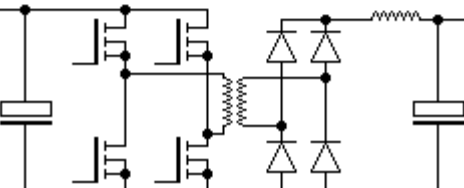
## Что надо знать о преобразователях напряжения

1. Трансформаторные (без промежуточного накопления энергии).
  - a. Прямоходовые.
  - b. Двухтактные (инверторы).
    - i. Регулируемые.
    - ii. Нерегулируемые.
2. Безтрансформаторные (с промежуточным накоплением энергии).
  - a. На конденсаторах.
    - i. Инвертирующие.
    - ii. Умножающие.
  - b. На катушках.
    - i. Понижающие.
    - ii. Повышающие.
    - iii. Составные.
      1. Инвертирующие (обратноходовые)
      2. Схемы Кука
      3. SEPIC

### Трансформаторные преобразователи

Принцип действия трансформаторных преобразователей интуитивно ясен. Исходные 12В мы раскачиваем на колебательном контуре или цифровым прерывателем высокой частоты и подаем на первичную обмотку. Во вторичной обмотке имеем большее количество витков и, соответственно, напряжение, которое впоследствии выпрямляем. Регулируя частоту и заполнение импульсов в первичной обмотке, регулируем выпрямленное напряжение во вторичной. Если мы охватим все это хозяйство обратной связью, можем стабилизировать напряжение и ограничить ток, что равносильно защите от «КЗ».

Т.к. у нас есть 12В, а нам надо 0в-26в придется рассмотреть различные схемы преобразователей напряжения.

	<p>Flyback converter – повышающий и понижающий с гальванической развязкой как и все трансформаторные. Можно сделать несколько независимых вторичных обмоток со стабилизацией по одной из них. Применяется до 250 Ватт.</p>
	<p>Single Transistor Forward converter – используется для получения постоянного напряжения до нескольких сотен Ватт мощности.</p>
	<p><a href="#">Two-Transistor Forward converter</a> - используется для получения постоянного напряжения до 1 кВт.</p>
	<p><a href="#">Half-Bridge Push-Pull Converter</a> – полумостовая схема. До нескольких кВт. Именно эта схема используется для компьютерного контроля питания утюга через Интернет в квартирах новых русских и продвинутых технократов.</p>
	<p><a href="#">Full-Bridge Push-Pull converter</a> – мостовая схема много кВт. Можно делать сварку в танкомоделировании в масштабе 1:1.</p>

Что не нравится? Потери в трансформаторе за счет перемagnetивания сердечника это раз, сложность добывания нужного трансформатора это два, относительно сложная схема всего устройства это три. В схемах с двумя и более ключами их согласование это четыре. Низкий КПД при малых нагрузках это пять. Гальваническая развязка нам не нужна это шесть. Я не назвал всех остальных неприятностей, которые мы еще будем обсуждать.

### Безтрансформаторные преобразователи

Что такое безтрансформаторные преобразователи? Они основываются на принципе предварительного накопления энергии от первичного источника, а затем получения из этой энергии требуемого напряжения и тока. Например: разбираем преобразование на два равных цикла по 0.5 секунды. В первом цикле забираем из автомобильного аккумулятора мощность  $P = (10A \cdot 12V) / 0.5 \text{сек.} = 240 \text{ Вт}$ . Во втором цикле всю эту мощь бросаем на сглаживающий конденсатор и/или дроссель. Но преобразователь питает нагрузку не пол секунды, а непрерывно (т.е. весь период), значит средняя мощность будет в два раза меньше  $P_{\text{ср.}} = (0 + 240) / 2 = 3A \cdot 40V / 1 \text{сек.}$  При таких аппетитах стандартный Жигулевский аккумулятор 40 А/ч разряжается за 4 часа по расчетам, а реально гораздо быстрее (они не любят больших токов и 40 А/ч отдают только при медленном разряде).

Именно этот вид преобразователей наиболее часто используется. Вот они – труженики. Мобильники, радиотелефоны, плееры, фотоаппараты, компьютеры, почти все устройства, имеющие батарейки, используют эти преобразователи, а то и по несколько раз.

	<p><b>Buck converter - Понижающий преобразователь.</b> Выходное напряжение меньше входного. Когда ключ замкнут, энергия первичного источника передается на выход и одновременно накапливается в дросселе и конденсаторе. При размыкании ключа, дроссель и конденсатор питают нагрузку.</p>
	<p><b>Boost converter – Повышающий преобразователь.</b> Выходное напряжение больше входного. Диод обеспечивает это условие, а без диода не работает. (Это, если кто захочет и повышать и понижать на этой схеме). Все что накоплено дросселем при замкнутом ключе выплескивается на выход при размыкании.</p>
	<p><b>Buck-Bost converter – Понижающий и повышающий преобразователь, но и инвертирующий.</b> Все, что нужно, НО возникают трудности при попытке приделать к нему процессорное управление. Меняя скважность, меняете выходное напряжение как хотите.</p>
	<p><b>SEPIC - Single-Ended Primary Inductance Converter - несимметричный преобразователь первичной индуктивности</b> (это не дословный перевод, а вообще не перевод) <b>Вот ОНО, то, что мы так долго искали.</b> Все может и неперевернутый, но за это мы заплатим еще одним дросселем и конденсатором.</p>
	<p>Совмещенный преобразователь - стоит на всех универсальных ЗУ и признается самым экономичным. При работе на понижение работает левый ключ (правый разомкнут), при работе на повышение работает правый ключ (левый замкнут). Единственный минус — относительно сложный алгоритм управления затворами.</p>

Конденсаторные преобразователи, к сожалению пока не доступны. Нужны специальные конденсаторы – неполярные, на высокий ток, и большой емкости. Ну а если честно – мало таких мест в Интернет, где можно найти схему реально работающего конденсаторного преобразователя.

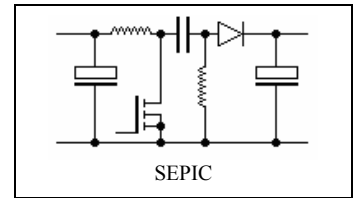
На момент написания статьи последний вариант мной был не понят и отвергнут. Это именно тот вариант который используется всеми производителями ЗУ.

Я пошел по пути – SEPIC. Не всегда надо ходить туда, куда ходят все. Этот путь не самый экономически выгодный, но перспективный. Потенциал SEPIC пока не раскрыт полностью, наверное производство еще не выпустило подходящие комплектующие.

SEPIC переводится: несимметричный преобразователь первичной индуктивности. Это устройство является составным, т.е. состоящим из понижающего и повышающего преобразователя.

## Силовая схема SEPIC

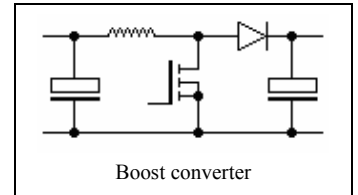
SEPIC (single-ended primary inductance converter, преобразователь с несимметрично нагруженной первичной индуктивностью)



Для строгого объяснения SEPIC рекомендую прочитать [1] или первоисточник [2].

Вот простые рассуждения, которые помогут понять принцип работы SEPIC на уровне любителя:

1. SEPIC – это модернизированный повышающий преобразователь (Boost converter) в котором роль разделителя между входным и выходным напряжением играет конденсатор, а не диод. Благодаря этому, на выходе мы можем иметь напряжение как больше, так и меньше входного.
2. В нашем случае (12в => 0-25в) слева от конденсатора токи в несколько раз больше чем справа. Если справа 5 Ампер значит слева >15 Ампер.
3. Дроссели L1 и L2 работают синхронно (одновременно заряжаются и одновременно разряжаются), поэтому их можно намотать на одном сердечнике. Когда ключ открыт, L1 и L2 заряжаются.
4. Дроссели работают в однополярном режиме (намагнитили, размагнитились, намагнитили той же полярностью, размагнитились и т.д.). Особенно на высоких частотах дроссель не полностью размагничивается. Чтобы уменьшить этот эффект, при использовании замкнутого сердечника, необходимо сделать щель. В Ш-образных сердечниках щель лучше делать в среднем отделе. Можно применять материалы с распределенным зазором. Порошковое железо (желтые или зеленые кольца из компьютерного БП) лучше применять до 50 кГц. Это не наш случай, у нас 250 кГц. Пермаллой МП-90 и CoolMu (мю=90) нам подходят идеально. МП-60 МП-120 тоже подходят.
5. При малой нагрузке на SEPIC КПД - низкое (из-за диода он постоянно открывается и закрывается). Существуют режимы, когда диод постоянно открыт, тогда КПД максимален и достигает 95%. КПД напрямую зависит от всех потерь преобразователя (от всех сопротивлений, всех энергетических растрат на переключения).
6. Дроссели лучше мотать только в один слой, распределяя витки вдоль всего сердечника либо толстым проводом 1.32-1.40 мм либо 2-мя или 3-мя жилами 0.6-0.8 мм как это сделано в современных компьютерных БП. Скрутку все рекомендуют, но мотать очень не удобно и провода сильно отстоят от сердечника. У меня так и не получилось сделать это аккуратно, поэтому я мотал 2 жилами и не скручивал.
7. Средний конденсатор надо брать с минимальным импедансом (например SMD), так чтобы его емкость более чем в 20 раз превышала колебания заряда в периоде, т.е. 10-20 мкФ. Вся мощность SEPIC прокачивается переменным током именно через этот конденсатор, несмотря на то, что он очень маленький (Y5V, 10мкф 50в). Т.к. Конденсатор имеет ненулевое сопротивление, а токи большие, он нагревается, поэтому на схеме используется несколько в параллель.



8. Быстродействие ключа и диода очень сильно влияют на КПД. Фронты на затворе должны быть максимально вертикальные и максимального допустимого напряжения, диод должен быстро переключаться, т.к. у нас будет частота 250 кГц.
9. Входной конденсатор низкоимпедансный электролит большой емкости для возможности использования импульсных блоков питания. Конденсатор должен быть максимально прижат к плате, т.к. ножки даже миллиметровой длины ухудшают его импеданс.
10. Выходной конденсатор низкоимпедансный электролит большой емкости (и не один) для более точного измерения напряжения зарядки и улучшения работы цепи обратной связи стабилизации по току. Электролиты на такой частоте работают плохо, поэтому чем их больше тем лучше. На плате дорожки сужаются около места впайки электролитов. Это немного улучшает фильтрацию выходного напряжения.

### Расчет параметров SEPIC по статье [2]

Макрос можно запустить из файла: SEPIC\_1051.doc, если в «Параметрах» закладка «Безопасность» разрешен запуск макросов с согласия пользователя. После изменения уровня безопасности файл нужно закрыть, открыть вновь и разрешить запуск макросов.

Текст программы можно посмотреть из меню WORD: Сервис => Макрос => Макросы => Изменить. В открывшемся окне Visual Basic слева в окне Project щелкнуть мышкой на UserForm1, а потом, нажав на кнопки на форме, вы попадете непосредственно в текст программы.

Или на [http://avr/cpp.narod.ru/bcb2009/sepic\\_prog.zip](http://avr/cpp.narod.ru/bcb2009/sepic_prog.zip) есть программа, написанная на Си. В программе подробные комментарии. Результат работы программы это текстовый файл sepic.txt. И вот, что у нас получилось:

```
Параметры SEPIC

Freq=250000 Гц

Заданное входное напряжение
Vin_min=12 Минимальное напряжение
Vin_typ=12.5 Типичное напряжение
Vin_max=13 Максимальное напряжение

Индексы min, typ, max здесь и далее обозначают для указанного типа входного напряжения

Заданные выходные параметры
Vout      =25
dVout     =0.01
Iout      =5

Проза жизни
RL1       =0.05
RL2       =0.05
Rsw       =0.01
Rcp       =0.01
Vd        =0.4 Падение напряжения на диоде
Gcp       =5 Величина колебаний напряжения на Ср должна быть мала по отношению к Vcp =1%-5%

Коэффициент умножения идеальный без учета паразитных сопротивлений
Ai_min    =2.12
Ai_typ    =2.03
Ai_max    =1.95

Коэффициент умножения реальный 20 итераций
Aa_min    =2.29
Aa_typ    =2.18
Aa_max    =2.09

[Альфа % от периода T]-ключ разомкнут; [100-Альфа]-ключ замкнут
Al_min    =69.58%
Al_typ    =68.59%
Al_max    =67.64%
```



```

Cp      >=0.2319 мкФ
Pcp     =0.57 Ватт рассеиваемая мощность на Cp
Psw     =1.88 Ватт рассеиваемая мощность на ключе без учета переключений
Pr11    =6.54 Ватт рассеиваемая мощность на L1 из-за RL1
Pr12    =1.25 Ватт рассеиваемая мощность на L2 из-за RL2
Pd1     =2 Ватт рассеиваемая мощность на диоде
L1      >6.73 мкГн
L2      >14.07 мкГн
IL1sat>>13.92 А ток насыщения индуктивности должен быть значительно больше
IL2sat>>6.25 А ток насыщения индуктивности должен быть значительно больше
Cout    >3183 мкФ
Cin     >318 мкФ

КПД
KPD_min=91.08%
KPD_typ=91.58%
KPD_max=92.02%

Vds=29 В Максимальное напряжение на ключе с запасом 15%
Vr=29 В Максимальное напряжение на диоде с запасом 15%

```

### Расчет геометрии дросселей

Далее будем использовать статью [6] для расчета параметров дросселя. Начальные данные берем из предыдущего параграфа.

Основными критериями для расчета дросселя будут служить:

1. Ток насыщения индуктивности L1 должен быть больше 20 А
2. Ток насыщения индуктивности L2 должен быть больше 6 А
3. Сечения проводов L1 и L2 должны соответствовать токам, во избежание перегрева. Сечение можно уменьшить, но обеспечить хороший отток тепла.
4. Для уменьшения скин-эффекта нам рекомендуют применять толщину проводов 0.4 мм приемлемую для частоты 250-300 кГц, но как показала практика, можно использовать медный провод d=1.4 мм или 2-3 жилы по 0.8 мм.

По теории, необходимо точно установить индуктивности у обмоток, контролируя индуктивность LC-метром, если преувеличить L не получим нужных токов, если слишком уменьшим, получим потери от перенасыщения и сузим диапазон регулирования ключом.

Мы будем использовать CoolMu 90. Пока не удалось найти закономерность или оптимальное соотношение L1 и L2 . Да и индуктивности в районе 10-20 мкГн вполне хорошо работают.

### Про рассчитанные конденсаторы

Для того чтобы наша схема работала, необходимо подобрать соответствующие конденсаторы с низким уровнем импеданса (индуктивности). Заряд должен иметь возможность легко и быстро приходить «в» и уходить «из» конденсатора, а если конденсатор это намотка фольги (катушка), то на высоких частотах индуктивная составляющая препятствует зарядке и разрядке конденсатора. В конденсаторе даже длинные ножки будут играть индуктивную роль, и мешать нам заряжать и разряжать обкладки.

При выборе конденсатора Cp, необходимо ориентироваться на керамические конденсаторы на большое напряжение. Идеально использовать ЧИП SMD конденсаторы, если вы найдете нужное напряжение 50в. (X7R, Y5V)

Выходной конденсатор тоже неплохо бы SMD, но таких у нас не купить. ЧИП танталовые конденсаторы подходят по характеристикам, но они дорогие. Т.к. 250 кГц это примерно 100 кГц :) , то будем использовать компьютерные электролиты для высоких частот low IMP или low ESR (и те и другие в описании значатся «для высоких частот»). Входной конденсатор, благодаря фильтрующим свойствам SEPIC, подбирают как 1/10 от выходного.

## Потери и КПД

### Потери в сердечнике

Для минимизации излучения и концентрации всего магнитного поля внутри сердечника лучше использовать замкнутые сердечники. Но как показывает теория и практика, какой бы не был хороший материал магнитопровода, на больших частотах в нашей схеме магнитопровод перестает впитывать и отдавать энергию, а именно это свойство дросселей нам так нужно. Это происходит из-за того, что в нашей схеме полярность дросселя не меняется и магнитопровод намагничивается и при этом насыщается. В результате из всего объема магнитных свойств сердечника мы используем максимум 50% (у самых лучших ферромагнетиков остаточная намагниченность  $\frac{1}{2}$  от максимальной намагниченности). Чтобы уменьшить этот неприятный эффект, приходится в замкнутый сердечник вводить щель. Причем чем больше щель, тем меньше остаточная намагниченность – это хорошо и плохо. Введение щели аналогично уменьшению магнитной проницаемости сердечника. Незначительная щель уменьшает проницаемость на порядки. А значит надо мотать больше проводов для получения той же индукции. В трансформаторах, которые используют прямоходовую схему с **переменной** полярностью, проблемы с остаточной намагниченностью нет, но есть потери. При положительной полярности сердечник намагничивается, а при обратной, он размагничивается и намагничивается другой полярностью, естественно не за бесплатно, а за потери.

Щель в тороиде можно сделать алмазным диском или разбить тороид ножом и молотком. Затем щель надо отшлифовать и заполнить диэлектриком например текстолитом. В Ш-образном сердечнике стачивается и заполняется только центральная нога. Еще можно использовать материалы с распределенной щелью (порошковое железо до 50 кГц, Мо-пермаллой, CoolMu). Как показала практика, последний материал нам лучше подходит при  $\mu=90$ .

Возвращаемся к потерям. Многие сердечники обладают сами по себе конечным сопротивлением, и, в связи с этим, возникающие в них вихревые токи нагревают сердечник.

Более детально изучить физику процесса можно в статье специалиста. В Интернет ищите слова: Алексей Кузнецов «Трансформаторы и дроссели для импульсных источников питания» или просто «расчет трансформаторов» [6].

### Потери в проводах

Провод, которым намотан дроссель, тоже имеет сопротивление, а значит, он греется, особенно, если ток большой. При повышении частоты до 100 000 Гц начинает проявляться скин-эффект. Наши медные провода тоже маленькие сердечники. И каждый провод наводит в соседних проводах магнитное поле, а то в свою очередь влияет на движущиеся электроны и вытесняет их ближе к поверхности проводника (Скин-эффект). От этого эффективное сечение уменьшается, а сопротивление увеличивается. Решить эту проблему можно заменив один толстый провод на много тонких. Например, при частоте 250 кГц рекомендуется мотать дроссель проводами не толще 0.4 мм в диаметре.

В указанной ниже таблице приведены расчетные значения величины добавочных потерь  $k_g$  для разных частот. Подбор нужного диаметра проводника надо проводить с условием  $k_g \leq 1.1$

Частота кГц	Значение $k_g$ для одножильного проводника диаметром мм						
	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
500	2.37	2.12	1.85	1.59	1.32	1.13	1.0
400	2.16	1.93	1.67	1.46	1.21	1.083	1.0
300	1.9	1.7	1.48	1.3	1.14	1.06	1.0
250	1.76	1.57	1.38	1.23	1.1	1.034	1.0

200	1.6	1.43	1.27	1.2	1.083	1.03	1.0
150	1.4	1.28	1.11	1.072	1.0	1.0	1.0
100	1.3	1.24	1.08	1.025	1.0	1.0	1.0
75	1.24	1.097	1.06	1.0	1.0	1.0	1.0
50	1.065	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.014	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Опускаю рассуждения относительно еще одного вида потерь в дросселе, связанных с плотностью намотки или удаленностью проводов от магнитопровода, т.к. не смог найти информацию, но запомним, что мотать надо как можно плотнее, желательно в один слой как можно ближе к магнитопроводу и равномерно вдоль всей его длины.

### **Потери на ключе**

Чем чаще переключается наш ключ, тем дольше длятся участки, на которых ключ и не открыт и не закрыт, т.е. обладает не бесконечным сопротивлением. Именно в эти моменты наша драгоценная энергия нагревает ключ. Чем быстрее ключ, тем меньше наши потери. Для увеличения скорости переключения ключа нужно использовать специальную микросхему драйвер ключа. Для минимизации сопротивления соединим два ключа вместе параллельно. Как показала практика, скорость переключения ключа наиважнейшая характеристика для максимизации КПД. Для обозначения порядков скажем, что нас интересуют частоты 250 кГц. Для получения приемлемой скорости переключения требуется драйвер способный дать ток 3 и более Ампер, чтобы быстро зарядить и разрядить емкость затвора ключа.

### **Потери на выпрямительном диоде**

Поставим спаренный диод Шоттки. Конечно, можно было бы поставить вместо диода ключ, который имеет на порядок меньшее сопротивление в открытом состоянии, и открывать его, когда надо, но алгоритм управления ключом сильно усложнит схему, а дросселя не простят нам ошибок. Потому как, если дросселю некуда разряжаться, то он разрядится через ключ.

## Химия

Настало время обсудить алхимию процессов отдельно по каждому виду аккумуляторов. Эти знания были почерпнуты из статьи [3] и [4], а также из необъятного Интернет. За точность сведений отвечать не могу. Будем проверять на своих шишках. В статье [3] приведены данные по обычным аккумуляторам, модельные аккумуляторы допускают большие токи зарядки и разрядки.

Приведенные данные усредненные. В любом случае, ориентироваться надо на ту информацию, которая имеется на самом аккумуляторе или в сопроводительных документах при покупке одного.

Еще раз повторимся о режиме правильной эксплуатации аккумулятора:

- Не заряжать током выше определенного значения.
- Не разряжать током выше определенного значения.
- Не разряжать ниже определенного значения напряжения.
- Не заряжать выше определенного значения напряжения.
- Не делать с аккумулятором того, что может прийти в голову детям и душевно больным.

Так как все аккумуляторы это химические гальванические источники тока, то скорость их разряда и заряда, ограничены скоростью протекания химических реакций, которая напрямую связана физическим перемещением в электролите ионов и катионов и обеспечивается естественной конвекцией, диффузией и кулоновскими силами. При превышении скорости заряда и разряда увеличиваются побочные, вредные реакции, которые разрушают электролит, нарушают структуру катода и анода, изменяя их эффективную площадь, что приводит к уменьшению емкости или полному уничтожению аккумулятора. Отсюда первый вывод, что при низких температурах и заряжать и разряжать надо медленнее.

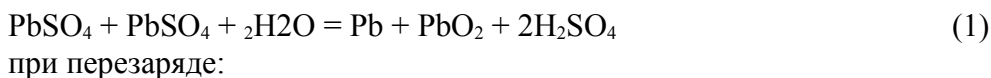
Все аккумуляторы можно заряжать по одной и той же схеме:  $0.1C$  (где  $C$  – номинальная емкость аккумулятора), время 12 – 16 часов. Но для литиевых аккумуляторов ни в коем случае нельзя превысить допустимое максимальное значение напряжения. Принцип тише едешь, дальше будешь, работает хорошо, но не всегда. При слишком медленной зарядке могут откладываться кристаллы на катоде, затрудняющие работу аккумулятора.

Даже там, где медленный способ и хорош, время от времени приходится идти на ускорение процесса. Зачем богатому человеку беречь машину, если до конца жизни он не успеет потратить все свои деньги? Это я об аккумуляторах. Редкий самолет долетает до 100 циклов перезарядки аккумулятора.

Для того чтобы работать «на грани», надо более точно знать кто такие аккумуляторы. Знать их слабости-уязвимости.

### Свинцово-кислотные аккумуляторы

Свинцово-кислотным аккумулятором называется гальванический элемент, в котором активным веществом положительного электрода служит двуокись свинца, а отрицательного – губчатый свинец. Рассмотрим химические реакции при заряде кислотного аккумулятора:





побочная реакция:



Из уравнения (1) видно, что при заряде на отрицательном электроде восстанавливается губчатый металлический свинец, а на положительном - двуокись свинца.

Свинцово-кислотные аккумуляторы бывают заливные и герметичные. Заливные более дешевые и допускают замену и долив электролита. В настоящее время наблюдается тенденция на снижение их применения, т.к. они пригодны лишь для стационарного использования и неприменимы в жилых и рабочих помещениях из-за выделения различных газов в процессе эксплуатации (см. уравнения (2) и (3)). Разумеется молекула серного ангидрида  $\text{SO}_3$  тяжелая и малоподвижная. Скорее всего, она прореагирует с водяным паром и вернется в раствор электролита, но при перезаряде (2), когда газообразование идет активно, вполне вероятен вынос ядовитого газа в окружающее пространство. Количества его малы, но в закрытом помещении... К тому же смесь газов получающихся в результате реакции (2) взрывоопасна. Однако, с точки зрения заряда, это самые неприхотливые аккумуляторы. Их можно заряжать токами до 0,25  $\text{C}_{\text{ном}}$ , а условием окончания заряда приблизительно можно считать достижение некоторого напряжения, например, для температуры 20°C это напряжение составит 2,43В - 2,53В. Кроме того, если даже этот порог превышен, то перезаряд приведет к "кипению" - электрохимическому разложению воды. При условии, что помещение хорошо проветривается, единственной проблемой станет восстановление нормального уровня электролита.

### **Свинцово-кислотные герметичные аккумуляторы**

SLA (Sealed Lead Acid batteries) – герметичные свинцово-кислотные батареи.

VRLA (Valve Regulated Lead Acid batteries) – батареи с регулируемым клапаном.

SLI (Start, Light, Ignition) – Пуск, освещение, зажигание.

Эти аккумуляторы отличаются от заливных в основном применением гелиевого электролита и герметичностью контейнера. Если не считать немного более высокой стоимости, герметичный кислотный аккумулятор лишен недостатков заливного, что значительно расширяет область его применения. С точки зрения заряда, это самый лучший в смысле простоты аккумулятор. Во-первых, о степени заряженности однозначно свидетельствует напряжение на аккумуляторе 2,43В - 2,53В для циклического режима заряда, а во-вторых, даже при превышении зарядного напряжения, не происходит выделения газов - рекомбинация в толще гелиевого слоя и на пробках клапанов, выполненных из каталитической резины. Однако, при значительных токах заряда, скорость выделения газов может превысить скорость рекомбинации, и сработает предохранительный клапан. Кислотные аккумуляторы можно заряжать в широком диапазоне температур -20 - +50°C. Максимальные зарядные токи - до 0,35  $\text{C}_{\text{ном}}$ .

Можно применить одинаковую схему для зарядки свинцовых аккумуляторов.

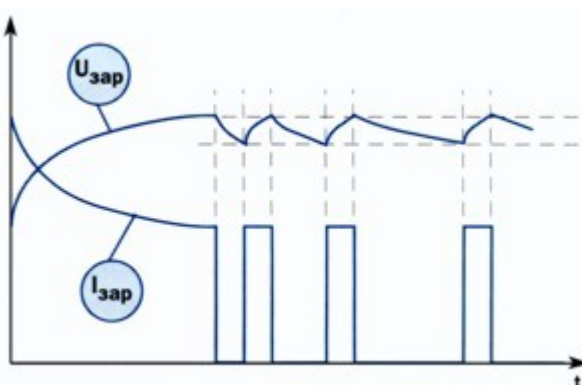


Устройство управления ориентируется только на напряжение заряженных

аккумуляторов. При достижении 2,43В -2,53В на элемент, ключ размыкается. Эффективность такого способа зарядки составляет 80-90% в зависимости от тока в конце зарядки. Чем меньше ток (медленнее идет заряд), тем до большей емкости можно зарядить. Ниже показан график заряда.



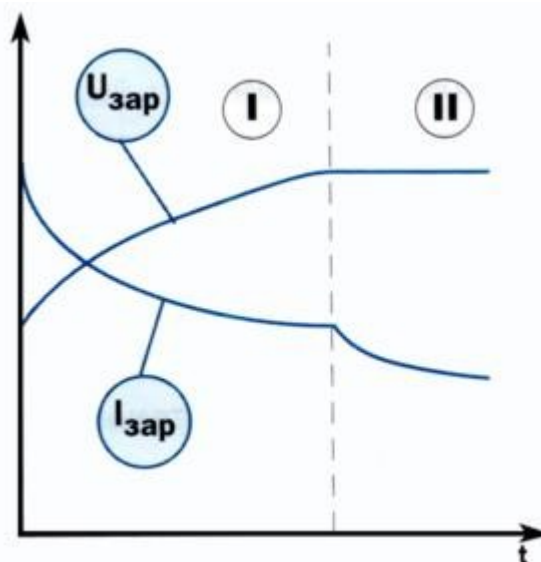
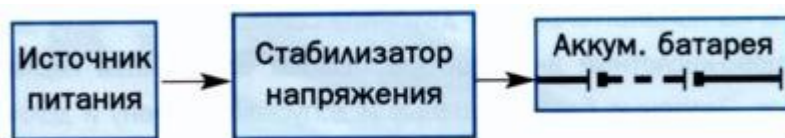
Сразу после отключения ЗУ заряд слегка уменьшается из-за происходящих в электролите процессов, уравнивающих прямую и обратную реакции и перераспределению веществ в электролите. Чтобы добыть заряд до 100% применяют следующую схему дозаряда малыми токами:



Лучшим, но более сложным является так называемое "быстрое" автоматическое зарядное устройство. Здесь от источника питания питаются стабилизаторы тока и напряжения. Стабилизатор тока выдает максимальный допустимый ток заряда, по мере роста напряжения на АБ уменьшает его, а при достижении порога, переводит АБ во вторую стадию - заряд постоянным напряжением  $U=(2,26в - 2,31в)$  на элемент от стабилизатора напряжения. Именно эта схема заряда рекомендуется всеми фирмами производителями с различными вариациями.



Оптимальным по сумме параметров, включая стоимость, является автоматическое зарядное устройство, указанное ниже. Здесь источник питания, как в зарядном устройстве на первой схеме, обеспечивает ограничение тока и питает стабилизатор напряжения, отрегулированный на напряжение  $U_z = (2,26\text{В} - 2,31\text{В})$  на элемент. До достижения указанного напряжения ток заряда будет определять источник питания, а при достижении на аккумуляторе напряжения  $U_z$  стабилизатор напряжения войдет в режим и будет ограничивать ток, поддерживая напряжение на АБ постоянным. Именно этот метод применяется для заряда батарей работающих в буферном режиме или находящихся в горячем резерве. Зависимости токов и напряжений от времени заряда:



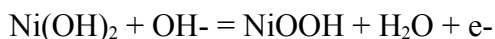
Существует множество публикаций о заряде кислотных аккумуляторов асимметричным током - чередуя импульсы заряда и разряда. Якобы такой метод заряда повышает срок службы аккумуляторов, но у авторов нет единого мнения по поводу величины и формы этих импульсов. Если учесть, что кислотные аккумуляторы являются самыми дешевыми, то применение дорогих устройств, для сомнительного продления их срока службы, вряд ли целесообразно.

Кислотные аккумуляторы должны храниться в заряженном состоянии, иначе сульфатация. Все кислотные не любят глубоких разрядов, которые могут привести к потере емкости на 80%. Также кислотные не любят высоких температур. При температуре

42°C срок службы сокращается до 1 года. Емкость кислотных аккумуляторов определяют разрядом при малых токах например током 0.05С за 20 часов. Такой способ определения даст наиболее точное значение емкости.

### **Никель кадмиевые аккумуляторы Ni-Cd**

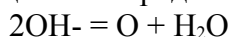
Никель-кадмиевые, герметичные аккумуляторы это щелочные аккумуляторы с оксидно-никелевым и кадмиевым электродами. Основная реакция, протекающая в процессе заряда на положительном электроде в никель-кадмиевом аккумуляторе, может быть записана следующим образом:



На отрицательном кадмиевом электроде при заряде протекает реакция:  
$$\text{Cd(OH)}_2 + 2\text{e}^- = \text{Cd} + 2\text{OH}^-$$

Общая реакция заряда выглядит так:  
$$2\text{Ni(OH)}_2 + \text{Cd(OH)}_2 = 2\text{NiOOH} + \text{Cd} + 2\text{H}_2\text{O}$$

При перезаряде на положительном электроде возникает побочный процесс генерации кислорода:



Кислород через сепаратор достигает отрицательного электрода и окисляет кадмий:  
$$\text{O} + \text{Cd} + \text{H}_2\text{O} = \text{Cd(OH)}_2$$

Последние реакции образуют замкнутый цикл и обеспечивают газовый баланс в аккумуляторе. Однако давление в аккумуляторе зависит не столько от интенсивности протекающих процессов, сколько от соотношения скорости генерации и скорости транспорта кислорода. Кроме того, реакция окисления кадмия экзотермическая. При быстром заряде наблюдается значительное выделение тепла и разогрев корпуса аккумулятора.

Проблема заряда никель-кадмиевых аккумуляторов по напряжению связана с очень малым градиентом напряжения при заряде малыми токами. Напряжение на заряженном на 20% никель-кадмиевом аккумуляторе составляет 1,4в, а на полностью заряженном - 1,46в - 1,47в при 20°C. Температурные флуктуации этой величины довольно серьезные, но, даже при достаточно стабильной температуре, значения уползают в процессе старения.

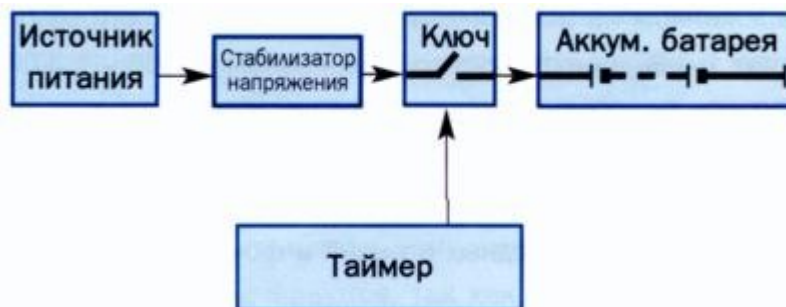
Экспериментальным путем было выяснено, что определенный вид Ni-Cd аккумуляторов допускают значительный перезаряд, до нескольких  $C_{\text{ном}}$ , при заряде малыми токами. Эта величина колеблется для разных производителей от 20 до 50 часов, без существенного ухудшения параметров при разовом перезаряде, и до нескольких месяцев без повреждения аккумулятора.

Для выбора типа зарядного устройства и метода заряда необходимо представлять, с аккумулятором какого типа вы имеете дело, даже если известно, что он никель-кадмиевый. Если такой информации нет, то универсальный (правильный) способ заряда - это разрядить аккумуляторы или батарею до напряжения 1в/элемент и заряжать 10 - 12 часов током 0,1  $C_{\text{ном}}$ .

Для современных цилиндрических никель-кадмиевых аккумуляторов допустимо проводить заряд токами до 0,2  $C_{\text{ном}}$  без предварительного разряда с ограничением по времени около 6 часов. Это обусловлено тем, что снижен эффект памяти, и допустим некоторый перезаряд при малых токах. Пример такого устройства приведен на схеме. Источник питания, который вместе со стабилизатором тока обеспечивает стабильный ток, заряжает АБ через ключ. Таймер отсчитывает время заряда и, при достижении конца



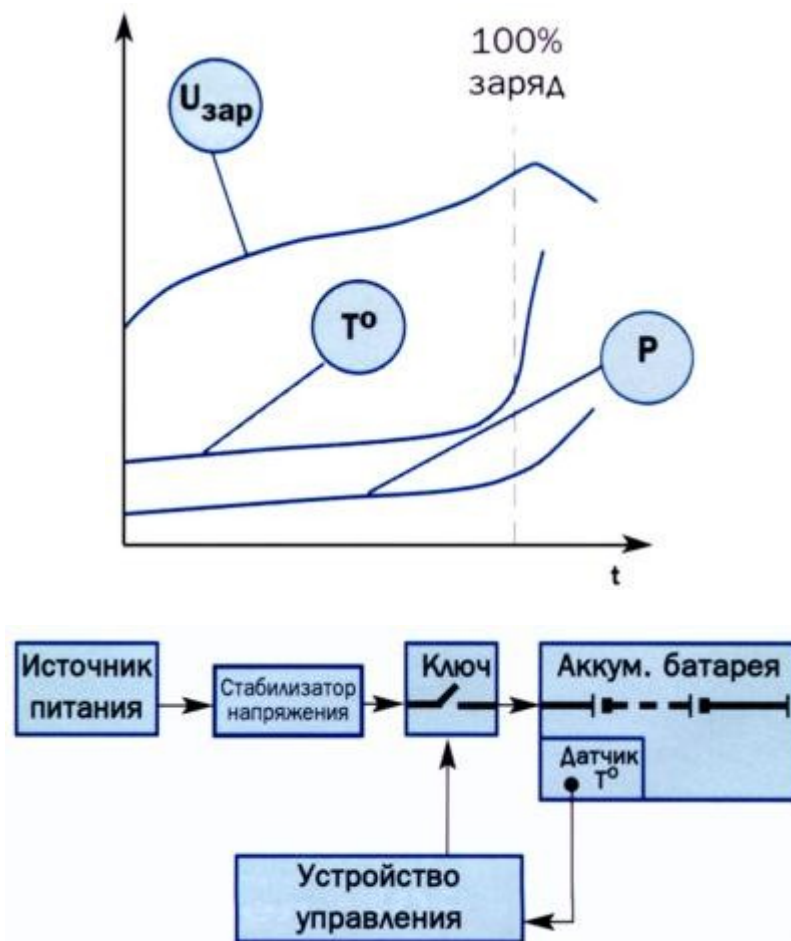
интервала, запирает ключ.



Аналогом этого метода является "кулонный" или "интегральный" метод, при котором используется счетчик ампер-часов (цифровой или аналоговый интегратор, который учитывает ток заряда по времени). Схема 5 показывает зарядное устройство, использующее этот метод. При прохождении тока через датчик тока, на его выходе формируется сигнал, увеличивающий значение на выходе интегратора. При достижении последним уровня порога компаратор запирает ключ и может выдать сигнал на индикатор. Здесь для обеспечения переданного аккумулятору заряда не требуется таймер и не нужен стабилизатор тока, однако это и является существенным недостатком ЗУ, построенного по такому принципу. При малых токах возрастает время заряда, а при больших возникает риск перезаряда при отсутствии предварительного заряда. При использовании стабилизатора тока проблема полностью снимается, но в этом случае применение интегратора по сравнению с таймером не оправдано ни с какой точки зрения. Интегратор сложнее, как следствие дороже и менее надежен, кроме того, точность интегратора намного ниже, чем таймера. Результатом в обоих случаях - ампер-часы или кулоны, переданные от источника питания аккумулятору. Более точного метода не существует, но пригоден он лишь для относительно малых токов заряда, при условии отсутствия предзаряда.



Одни из первых зарядных устройств для быстрого заряда использовали критерий превышения температуры 45 - 50°C для принятия решения о прекращении заряда. Это простой и дешевый способ имеет некоторые недостатки. Дело в том, что возможен недозаряд или перезаряд при слишком высокой или низкой температуре окружающей среды. Поэтому часто используется не сама величина температуры, а скорость ее роста, равная 0,5 - 1 град/мин как условие окончания заряда. Пример такого ЗУ приведен на схеме 6. Источник питания заряжает АБ через ключ, устройство управления через датчик температуры отслеживает температуру на АБ и при достижении ожидаемой величины или скорости ее роста, выдает сигнал разомкнуть ключ и может включить какой-либо индикатор.



Еще одним параметром является спад напряжения в конце заряда (см. зарядные кривые). Он заметен только при больших токах, практически отсутствует при температуре выше  $35^{\circ}\text{C}$ , и слабо выражен в батареях с большим количеством элементов из-за того, что в результате некоторого разброса по емкости, когда напряжение одного элемента растет, другого может падать, искажая общую картину. Однако этот способ получил широкое распространение для заряда батарей с небольшим количеством элементов при нормальной температуре. Рекомендуемая величина для завершения заряда - снижение напряжения на  $10 \text{ мВ/элемент}$ . Преимуществом такого способа является возможность контроля напряжения на аккумуляторе или батарее по тем же проводам, по которым осуществляется заряд. Справедливости ради следует отметить, что почти все ЗУ использующие этот параметр одновременно контролируют и температуру батареи и снабжены защитным выключением по превышению времени заряда.

Задача контроля отрицательного спада напряжения - дело сложное и в основном выполняется специализированными микросхемами - контроллерами быстрого заряда. Кроме отрицательного спада напряжения микроконтроллеры могут отслеживать температуру или ее рост, максимальное напряжение и время заряда. Превышение одним из этих параметров установленного значения ведет к окончанию процесса заряда.

Таким образом, наилучшим способом заряда никель-кадмиевых аккумуляторов и батарей является заряд по времени с предварительным разрядом. Вторым по сумме параметров является заряд по температуре или скорости ее роста. Однако тренировочный разряд аккумуляторов, которые подвергались быстрому заряду все равно необходимо

проводить через 5 - 10 циклов работы.

Никель-кадмиевые батареи теряют 10% своей емкости в течении первых 24 часов после заряда, затем снижение емкости около 10% в месяц. Типовое значение напряжения 1.25В в режиме холостого хода и 1.2В под напряжением. Этот тип аккумуляторов имеет самое низкое соотношение цена/срок службы. Они не боятся полного разряда и низких температур, любят быстрый заряд и медленный разряд и подзарядку импульсами тока, могут долго храниться.

Для никель-кадмиевых батарей крайне необходим полный периодический разряд: если его не делать, на пластинах элементов формируются крупные кристаллы, существенно снижающие их емкость (так называемый «эффект памяти»).

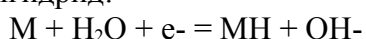
Самый главный недостаток – токсичность.

### **Никель металл - гидридные аккумуляторы Ni-Mh**

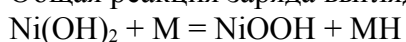
Никель - металлгидридные герметичные аккумуляторы - щелочные аккумуляторы, где вместо кадмиевого электрода применен электрод из сплава никеля с металлами редкоземельной группы, способных к абсорбции водорода. Положительный электрод, как и в никель-кадмиевом аккумуляторе оксидно-никелевый. Реакции, протекающие на нем можно записать следующим образом:



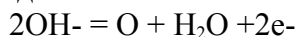
На отрицательном электроде металл реагирует с водородом воды и образует металлгидрид:



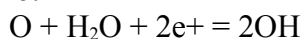
Общая реакция заряда выглядит так:



При перезаряде, как и в никель-кадмиевом аккумуляторе, на положительном электроде возникает побочный процесс генерации кислорода:



Кислород через сепаратор достигает отрицательного электрода и вступает в реакцию:



Последние реакции образуют замкнутый цикл и обеспечивают газовый баланс в аккумуляторе. Однако давление в аккумуляторе зависит не столько от интенсивности протекающих процессов, сколько от соотношения скорости генерации и скорости транспорта кислорода. Кроме того, при поглощении кислорода обеспечивается еще и дополнительное увеличение емкости металлгидридного электрода за счет образования группы OH. Однако разогрев металлгидридного аккумулятора при перезаряде все равно происходит.

Особенностями металлгидридного аккумулятора по сравнению с никель-кадмиевым являются в большей емкости (до 1,6 раза), менее выраженном спаде напряжения в конце заряда, ограничением температуры при заряде на уровне 40°C, отсутствии эффекта памяти и зависимость количества циклов от глубины разряда - металлгидридные аккумуляторы "не любят" полного разряда.

Последние две особенности делают заряд металлгидридного аккумулятора по времени с предварительным разрядом не только ненужным, но и вредным.

Практически все цилиндрические и призматические никель-металлгидридные аккумуляторы допустимо заряжать токами до  $0,2 C_{\text{ном}}$  без предварительного разряда с ограничением по времени около 6 часов. Это обусловлено тем, что эффект памяти отсутствует, а некоторый перезаряд при малых токах допустим. ЗУ, построенное по такому методу аналогично устройству для никель-кадмиевых аккумуляторов, приведенному на схеме. Параметры источника питания такие же - номинальные напряжения никель-металлгидридного и никель-кадмиевого аккумуляторов практически совпадают.

Менее выраженный спад напряжения в конце заряда делает контроль за зарядом по отрицательному спаду сложным и опасным для батареи. Разработка батарей более чем из 10 никель-металлгидридных аккумуляторов не рекомендуется в связи с опасностью перегрева при заряде одного из аккумуляторов, которая возрастает с увеличением разброса по емкости в результате длительного использования.

В свете вышесказанного, наилучшими способами заряда для никель-металлгидридных аккумуляторов являются: стандартный заряд по времени и быстрый заряд по температуре до значения  $40 - 60^{\circ}\text{C}$  или ее градиенту  $1 - 2^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ .

Различные фирмы-производители дают разные рекомендации по быстрому заряду своих аккумуляторов. Так, например:

- Panasonic (Япония): зарядные токи  $0,5 - 1 C_{\text{ном}}$ . Максимальная температура -  $55^{\circ}\text{C}$  для типоразмеров А и АА и  $60$  для L-A, таймер быстрого заряда - 90 мин для зарядного тока  $1 C_{\text{ном}}$  (довольно смело, но им виднее), Напряжение окончания заряда  $1,8 \text{ В/элемент}$ , отрицательный спад напряжения  $5 - 10$  милливольт/элемент.

- Gold Peak Group (Китай) рекомендует заряжать свои аккумуляторы разными методами, в зависимости от окружающей температуры:

- по температуре - при  $25 - 45^{\circ}\text{C}$ ;

- по градиенту температуры - при  $20 - 30^{\circ}\text{C}$ ;

- по отрицательному спаду напряжения - при  $0 - 30^{\circ}\text{C}$ .

Максимальное значение температуры аккумулятора при зарядном токе  $0,5 - 1 C_{\text{ном}}$  составляет  $55^{\circ}\text{C}$ , а при зарядном токе  $0,2 - 0,4 C_{\text{ном}}$  -  $50^{\circ}\text{C}$ , отрицательный спад напряжения  $10 - 15$  милливольт/элемент, таймер быстрого заряда - 120% емкости.

Т.к. дельтапик обычно достигается после того как аккумуляторы значительно нагрелись и сработала защита по нагреву, для достижения 100% зарядки, рекомендуется пользоваться охлаждающими устройствами во время заряда. И вообще, существует мнение, что перегрев аккумулятора снижает срок службы.

Во время зарядки аккумулятора, от состояния полностью разряженного может встретиться дополнительный, фальшивый пик в начале зарядки, который нужно игнорировать, проверяя его по времени от старта.

Существует метод, при котором замеры фактического напряжения аккумулятора производятся 1 раз в минуту. При этом перед замером производится небольшая разрядка аккумулятора в течение нескольких секунд.

Метал - гидридные аккумуляторы не любят импульсной нагрузки. Из-за этого снижается срок их службы.

Хранить аккумуляторы лучше заряженными на 40% в прохладном месте.

### Литий ионные аккумуляторы Li-Ion

Литий щелочной металл, почти самый левый в таблице напряжения металлов. Разлагается на воздухе, соединяется с кем попало, вытесняет все металлы из их солей. Хранится только в герметичных упаковках и в керосине, соответственно, срок годности с использованием или без него несколько лет. Это касается всех литиевых батарей.

Первые литиевые батареи были из лития. Из-за обычного для всех пользователей свойства нарушения режима эксплуатации, происходил быстрый износ и старение, которые в свою очередь, приводили к нарушению температурной стабильности. В результате, температура батареи достигала температуры плавления лития и происходила бурная реакция, получившая название «вентиляция с выбросом пламени».

В 1991 году было отозвано много батарей мобильных телефонов. При разговоре, когда потребляемый ток максимален, из телефона вырывалось пламя и приводило к ожогам пользователей. С тех времен от изготовления отрицательного электрода из лития отказались, но стали использовать ионы лития. Это несколько уменьшило плотность заряда, но в купе с новыми системами защиты, значительно повысило безопасность. И все же литий ионные батареи крепятся к телефону сзади за слоем текстолита и клавиатурой на слабенькой защелке.

При заряде литий ионных батарей протекают реакции:

- На положительных пластинах:  $\text{LiCoO}_2 \rightarrow \text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + x\text{Li}^+ + x\text{e}^-$
- На отрицательных пластинах:  $\text{C} + x\text{Li}^+ + x\text{e}^- \rightarrow \text{CLi}_x$

При разряде протекают обратные реакции.

С течением времени у батареи поднимается внутреннее сопротивление. Все аккумуляторы на основе лития подвержены быстрому старению. За год теряется 20% емкости, даже если аккумулятор не используется! За второй год 20% от оставшегося. Спрашивайте дату рождения при покупке. Производители в коммерческих целях эту информацию скрывают и кодируют ее в серийном номере батареи. Старение батарей можно замедлить на 40% хранением при 15°C, батареи должны быть заряжены на половину.

А при эксплуатации, повышение температуры до 60°C способствует лучшей токоотдаче, т.к. проводимость лития улучшается.

Напряжение при эксплуатации меняется от 4.2в до 3в (напряжение отсечки), что не очень то приемлемо для различного рода потребителей, требующих постоянного напряжения, но в некотором смысле удобно для оценки заряда батареи.

Раньше конструкция батареи основывалась на использовании графитовой системы, что ограничивало максимальное напряжение до 4.1в на элемент. Нарушение ограничения приводит к сокращению срока службы.

В настоящее время путем применения различных добавок, удалось повысить максимальное напряжение до 4.2 + 0.05в. Военные заряжают литий-ионные батареи по уставу до 3.9в для увеличения срока службы. При перезаряде литий-ионного аккумулятора до 4.3в, происходит отложение металлического лития, что приводит к нестабильности и уменьшению срока эксплуатации.

При низких температурах от 0-10°C максимальный ток заряда лучше уменьшить. При температурах ниже точки замерзания электролита лучше не заряжать иначе осаждение металлического лития.

Обычная схема зарядки литиевых батарей состоит из двух фаз:

1. От источника стабильного тока ( $I = 0.5\text{C} - 1.5\text{C}$ ) производится заряд от 1 до 3 часов (в зависимости от тока) достигаем заряда до 70-80% емкости. Это

- скорее всего произойдет при достижении напряжения  $0.9 \cdot V_{\text{ном}}$
2. От источника стабильного напряжения током, который получится, до полного исчезновения тока.

Скорость полного заряда практически не зависит от максимального тока, т.к. вторая стадия - самая длительная. Некоторые ЗУ заявляют время заряда 1 час, это значит, что второй стадии у них нет, т.е. ваша батарея будет заряжена на 70%.

При попадании электролита на кожу или в глаза сразу промыть большим количеством воды и к врачу на осмотр.

### **Литий полимерные аккумуляторы Li-Po**

Являются разновидностью литий ионных, и отличаются особым составом электролита гелеобразной консистенции, находящегося в полимерной губке. Благодаря этому форма аккумулятора может быть произвольная.

Напряжение такое же, как и у литий ионных. Срок службы также составляет 1000 циклов.

Все бытовые устройства с литием на борту, имеющие контакт с людьми, особенно с детьми, снабжены целым набором защитных устройств, встроенных в саму батарею. Это два ключа от перезаряда  $>4.3\text{В}$  и переразряда  $<2.5\text{В}$ , специальный выключатель на превышение давления (1034 кПа), и термopредохранитель на  $90^\circ\text{C}$ .

В модельном аккумуляторе ничего этого нет! Моделизм это вам не игрушки!

Аккумулятор литий полимерный можно быстро уничтожить если:

1. Разрядить ниже 2.5В. Если вы разрядили ниже 2.5, можно попытаться восстановить его малыми токами 0.02А до 2.8в и далее 0.05А до напряжения 3.2в, далее в обычный зарядник, но лучше от него далеко не отходить.
2. Перезарядить выше 4.2В.
3. Переохладить, что приведет к пункту 1.
4. Перегреть  $>90^\circ\text{C}$  до вздутия.
5. Нарушить герметичную упаковку.
6. Закоротить анод и катод небольшим направленным ударом. Или, например, в аккумуляторах, произведенных фирмой SONY для ноутбуков DELL, был допущен заводской брак – внутри герметичной упаковки обнаружены частицы металла. SONY сказала, что взорванные аккумуляторы эксплуатировались в неправильных нагрузочных условиях, но, все же, отозвала их для замены (только не в России). Эта статья пишется именно на таком ноутбуке. Теперь я боюсь его оставлять на зарядку, на ночь и когда никого нет дома.



При нарушении герметичности или закоротке анода и катода (например, от падения на твердый предмет) при зарядке может возникнуть большой красивый шар с выделением соответствующего количества тепловой энергии. Сколько выделится тепла, можно подсчитать из соображения, что вы заряжали его два-три часа несколькими амперами тока. Величина достаточная, чтобы поджечь автомашину или занавески или обои у вас дома. Заряжайте только в невозгораемом шкафу вдали от легко и трудно воспламеняемых предметов. Не оставляйте без присмотра и имейте при себе порошковый огнетушитель.

Алгоритм зарядки такой же, как и у литий ионных аккумуляторов. Строжайше запрещено превышать максимальное напряжение заряда.

#### **A123 Systems LiFePo4**

Не боятся переразряда.

Номинальная ёмкость и напряжение: 1.1Ah, 3.3v

Рекомендуемый метод заряда: 1.5A до 3.6v CCCV, 45min

Рекомендуемый метод быстрой зарядки: 5A до 3.6v CCCV, 15min

Максимальный продолжительный разряд: 30A

Кратковременный разряд 10 сек: 65A

Жизненный цикл 10C разряда, 100% DOD: Больше 1,000 циклов

Рекомендуемый заряд/отсечка: 3.5v to 2v

Рабочие температуры: -30 ~ +60 °C

Масса элемента: 39g

Основной цвет Yellow

Напряжение 3.3

## Химия очень коротко.

### Сводная таблица по аккумуляторам

Данные, указанные в этой таблице очень приблизительные и должны служить лишь для сравнения средних характеристик различных аккумуляторов.

Точные данные указаны на самом аккумуляторе или на сопровождающих документах. Если ни того не другого у вас нет, проверьте сайт производителя.

Параметры	SLA, VRLA, SLI	Ni-Ca	Ni-Mh	Li-Ion	Li-Po	LiFePo4
Энергетическая плотность Вт*ч/кг	30-50	45-80	60-120	110-160	100-130	120
Число рабочих циклов до снижения емкости на 80%	200-300	1500	300-500	500-1000	300-500	1000
Минимальное время заряда ч	8-16	1	2-4	2-4	2-4	0.2
Ток заряда, С-номинальная емкость	0,1-0,2С	0,1-3С	0,1-2,5С	0,1-0,4С	0,1-1С	15С
Ток разряда Пиковый-Приемлемый-	5С 0.2С	20С 1С	20С 0.5С	>2С до 1С	>2С до 1С	>20С до 60С
Саморазряд за месяц %	5	20	30	10	10	0.1
Эффект памяти	Отсутствует	Сильный	Слабый	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Напряжение одного элемента в батарее, В	2	1,25	1,25	3,6	3,6	3,3
Чего не любят	Полного разряда	Перегрева	Переразряда, перегрева	Всего	Всего	Почти ничего
Алгоритм зарядки	1. I=0.1С, t=16 ч. 2. Vconst 3. I <sub>п</sub> >0.1С, I <sub>ср</sub> =0.1С	1. I=0.2С, t=6 ч. 2. I=2С, Δпик	1. I=0.2С, t=6 ч. 2. I=2С, T<50°C 3. I=2С, dT/dt=1°C/мин.	1. I=I <sub>max</sub> , U=U <sub>max</sub>	1. I=I <sub>max</sub> , U=U <sub>max</sub>	Быстро I=20С 7 мин. до V=3.6в Медленно I=5С до V=3.6 в

Подведем итоги для базовых алгоритмов. Для упрощения будем считать, что заряд производится при 20°C - 25°C для одного элемента.

#### SLA (заливные)

1. Нулевая фаза. Если аккумулятор полностью разряжен, значит емкость его пострадала и уменьшилась. Можно заряжать током 0.1С до 2в.
2. Заряжаем постоянным током I<sub>max</sub> = (от 0.1С до 0.25С).
3. Ставим таймер на выключение по времени  $t = (16ч * 0.1С) / I_{max}$
4. Каждые 10 мин снимаем зарядный ток и делаем небольшой разряд в течение 5 секунд тем же I<sub>max</sub>. Если напряжение достигло V<sub>max</sub> = (от 2.43в до 2.53в) прекращаем процесс зарядки.
5. В режиме десульфатации заряжаем 1 сек., разряжаем 0.2 сек. (Не проверено!)

#### SLA (герметичные, гелиевые)

1. Нулевая фаза. Если аккумулятор полностью разряжен, значит емкость его пострадала и уменьшилась. Можно заряжать током 0.1С до 2в.
2. Первая фаза - Заряжаем постоянным током I<sub>max</sub> = (от 0.1С до 0.35С) или постоянным напряжением из расчета 2.45в на элемент.



3. Каждые 10 мин. снимаем зарядный ток и делаем небольшой разряд в течение 5 секунд тем же  $I_{\max}$ . Если напряжение достигло  $V_{\max}$  = (от 2.26в до 2.31в), то переходим ко второй фазе.
4. В режиме десульфатации заряжаем 1 сек., разряжаем 0.2 сек. (Не проверено!)
5. Ставим таймер на переход от первой ко второй фазе  $t = (16ч * 0.1C) / I_{\max}$ .
6. Вторая фаза стабилизация по напряжению (от 2.26в до 2.31в).
7. Ставим таймер на вторую фазу 1 час.

#### Ni-Ca

1. Если глубоко разряжен, заряжаем 0.1C до 0.8В.
2. Кадмий с середины не заряжают. Первая фаза – разряжаем до 1В.
3. Заряжаем постоянным током  $I_{\max}$  = (0.1-0.2C нормально, 0.3C быстрый, 0.5-1C скоростной).
4. Можно после каждого импульса зарядного тока делать небольшой импульс разряда для рекомбинации газов, декристаллизации и увеличения срока службы. Конкретные параметры???
5. Ставим таймер на прекращение заряда  $t = (12ч * 0.1C) / I_{\max}$ .
6. Ставим температурный триггер или на температуру 60°C или на ее рост  $dT/dt = 1$  °C/мин. При превышении прекращаем зарядку. При превышении прекращаем зарядку до остывания. Если заряд не полностью принят, можно сделать паузу и продолжить меньшим током (Дифференциально-шаговый заряд). Величина тока зависит от SoC (State of Charge) степень заряда.
7. При достижении напряжения 1.4в активизируем триггер на напряжение. Если напряжение начало снижаться (~ 10 мВ), прекратить заряд. Ориентируемся на снижение на одной банке, т.к. элементы могут быть не согласованы.
8. Далее 1 час струйной подзарядки 0.05C. При длительном заряде приводит к кристаллизации.

#### Ni-Mh

1. Если глубоко разряжен, заряжаем 0.1C до 0.8В. Если будем заряжать током 1C, то необходим период 10-20 минут иницирующего 0.2-0.3C заряда.
2. Заряжаем постоянным током  $I_{\max}$  = (0.1-0.2C нормально, 0.3C быстрый, 0.5-1C скоростной). Предпочтительнее быстрый и скоростной заряд иначе трудно определить конец заряда.
3. Ставим таймер на прекращение заряда  $t = (12ч * 0.1C) / I_{\max}$ .
4. Ставим температурный триггер или на температуру 60°C или на ее рост  $dT/dt = 1-2$  °C/мин. При превышении прекращаем зарядку до остывания. Если заряд не полностью принят, можно сделать паузу и продолжить меньшим током (Дифференциально-шаговый заряд). Величина тока зависит от SoC (State of Charge) степень заряда.
5. При достижении напряжения 1.4в ставим триггер на напряжение. Если напряжение снизилось на 10 мВ, прекратить заряд. Ориентируемся на снижение на одной банке, т.к. элементы могут быть не согласованы.
6. Для лучшего определения дельта-пика, измерение напряжения можно делать ежеминутно с небольшим предварительным разрядом. Дельта-пик заметнее при больших токах и при малом количестве элементов.
7. Далее 1 час струйной подзарядки 0.03C. При длительном заряде приводит к кристаллизации.

### **Li-Ion и Li-Po**

1. Перед первой фазой: Если напряжение на банке в диапазоне 2.4в - 3в, то нужно зарядить ее капельным зарядом (0,05 - 0,1 С) до 3 вольт, и только потом перейти к фазе 1. Если ниже 2.4в, то на ваш страх и риск можно попробовать 0.05С, не отходя от ЗУ.
2. Первая фаза - заряжаем постоянным током  $I_{\max}$  = (от 0.5С до 1.5С) до  $0.9 \cdot V_{\text{ном}}$ .
3. Вторая фаза - заряжаем стабилизированным напряжением  $V_{\text{ном}}$  до полного исчезновения тока.
4. Контроль над током и напряжением можно производить непрерывно и одновременно.
5. Ставим температурный триггер или на температуру 40 - 50°C или на ее рост  $dT/dt = 1^\circ\text{C}/\text{мин}$ . При превышении прекращаем зарядку.
6. Ставим таймер  $t = (1.5\text{ч} \cdot 1\text{C}) / I_{\max}$  на прекращение зарядки.

### **LiFePo4**

1. Нулевой фазы нет. Сразу можно заряжать 5С.
2. Заряжаем до 3.6 в
3. Температура не более 60°C и рост не более 2 °C/мин.

## Как работать с WinAvr?

[WinAvr](#) – одна из самых лучших программ для программирования процессоров Atmel. И вот мои доказательства на момент написания статьи:

1. Это бесплатный компилятор Си, Си++, распространяемый по лицензии GNU. И это наиглавнейший плюс, для программистов, желающих не нарушать лицензионное законодательство. «Embedded IAR C++ for AVR» стоит запредельно высоко для самоделщиков \$2000. Про остальные компиляторы точно не скажу \$150 - \$300, но проблема с ними не в цене, а в возможности их приобрести.
2. Скорость скомпилированной программы находится почти на уровне лучших компиляторов.
3. Размер скомпилированной программы вполне приемлемый.
4. Явных ошибок не обнаружено.
5. В программе имеется своя оболочка – текстовый редактор «Programmers Notepad 2» из которого можно компилировать и прошивать процессоры, например для программатора PonyProg.
6. Данная программа написана на WinAVR-20071221rc1. В более поздней версии оптимизация по размеру сделана хуже.


Но есть также и минусы: оптимизация по размеру не на самом высоком уровне. Работа с отдельными битами упразднена с мотивировкой увеличения скорости, не совсем логичное использование глобальных переменных, затруднена работа с указателями на константы во FLASH памяти, библиотека функций не блещет разнообразием. И, все же, бесплатность и доступность перевешивает все эти недостатки.

Как установить:

1. Закачиваем установочный файл с сайта [WinAvr](#).
2. После установки запускаем «c:\winavr\pn\pn.exe» это редактор с возможностью компилирования и прошивки.
3. Редактор необходимо настроить на компилятор и утилиту прошивки AVRDUDE, добавив в него несколько команд:
  - **ОЧИСТКА:** Tools => Options => Ветка Tools => Выбрать в списке: C/C++ => ADD => Name=**CLEAR**; Command=C:\WinAVR\utils\bin\make.exe; Folder=%d; Parameters=clean
  - **КОМПИЛЯЦИЯ:** Tools => Options => Ветка Tools => Выбрать в списке: C/C++ => ADD => Name=**COMPIL**; Command=C:\WinAVR\utils\bin\make.exe; Folder=%d; Parameters=all
  - **ПРОГРАММИРОВАНИЕ:** Tools => Options => Ветка Tools => Выбрать в списке: C/C++ => ADD => Name=**BURN**; Command=C:\WinAVR\utils\bin\make.exe; Folder=%d; Parameters=program
4. В папке с исходниками ЗУ есть «Makefile». В любом проекте WinAvt должен быть такой файл. Обратите внимание на следующие параметры:
  - F\_CPU = 16000000 - тактовая частота
  - FORMAT = ihex - формат файла прошивки
  - TARGET = main - название файла прошивки

- OPT = s - оптимизация по всему
  - AVRDUDE\_PROGRAMMER = ponyser - подключен программатор PonyProg через COM-порт. Еще раз напоминаю используйте только честный COM с материнки и не используйте переходники USB to COM
  - AVRDUDE\_PORT = com1 - номер COM-порта
  - AVRDUDE\_WRITE\_FLASH = -U flash:w:\$(TARGET).hex
  - AVRDUDE\_WRITE\_EEPROM = -U eeprom:w:\$(TARGET).eep
5. Остальные настройки «Makefile» без особой надобности не трогайте!
  6. Для запуска редактирования проекта ЗУ необходимо запустить «с:\winavr\pn\pn.exe zu.pnproj».
  7. Для того чтобы скомпилировать проект необходимо сначала выполнить команду Tools => CLEAR затем Tools => COMPIL
  8. Чтобы прошить ЗУ новой скомпилированной прошивкой через программатор PonyProg, разведенный на цифровой схеме ЗУ, надо выполнить команду: Tools => BURN. К сожалению, мне не удалось прошить фузы (биты конфигурации процессора) из WinAvr, а без них работать не будет, поэтому сначала надо на программе от PonyProg прошить фузы, а потом уже шить программу на WinAvr.

Список

Обозначение	Тип	Кол-во	Корпус	Цена (руб.)	Комментарий
IC2	ATMega32	1	TQFP44	120	
HL1	DV204000 или MT-20S4...	1	ЖКИ 20x4	300 без подсв 450 с подсвет	Любого производителя, русифицированный, с подсветкой или без нее на основе контроллера HD44780
IC1	FT232RL	1	SSOP28	280	
DA2, DA3	TL494	2	SO16	10	
DA4, DA5	MAX4420	2	SO8	120	Или TC4420 или MIC4420
U1, U2, U3, U4, U5	LM2904	5	SO8	10	
DA1	78M05	1		10	
VT4	BCP53	1		3	
VT1, VT3, VT13, VT14, VT19, VT20	BC847	6		3	
VT11, VT12, VT15, VT16, VT23, VT24	BC857	6		3	
VT6-VT9	70N06	4	TO-220 1-G(затвор) 2-D(сток) 3-S(исток)	30	Или любой другой N-канальный, >30в, емкость затвора минимальная (скорость переключения максимальная), сопротивление в открытом состоянии минимальное, максимальное напряжение на затворе 20в
VT2, VT17, VT18, VT21, VT22	IRF3205	5	TO-220 1-G(затвор) 2-D(сток) 3-S(исток)	30	Или любой другой N-канальный, >30в, сопротивление в открытом состоянии минимальное, максимальное напряжение на затворе 20в
VD1-VD3, VD5, VD6	BAT54S	5	SOT-23	3	Не обязательно. Дополнительная защита ног процессора от <0v или >5v напряжения
VD4	1N5817	1		10	Любой диод >0.5a 15v Можно не ставить.
VD7	LL4148	1	LL103	3	Обычный безногий диод
VD12, VD13	30A 50V	1	TO-247AD	40	30CPQ050, 30CPQ100 Желательно выбирать быстрые и с высоким КПД.
Z1	16 MHz	1	CRYSTAL	10	В маленьком корпусе.
BF1	ЗПИ-1 HY-05	1		10	Пьезо пищалка без генератора 5-6в.
L1, L2, L3, L4	10-15 uH	2	'1206	5	Индуктивность СМД, можно не ставить, мощность минимальная.
L5, L6, L7, L8	МП-60 Мо-пермаллой	2	Две половинки тороида 27 x 15 x 6	200	Кольцо из двух половинок с сечением «D» серо-коричневого цвета с синей полоской
Порошковые кольцевые сердечники	Magnetics mu=60-90 CoolMu 77351 или 77354		24 x 13 x 4 24 x 14 x 9	60	Кольцо черного цвета с белой надписью <a href="http://www.mag-inc.com/products/powder_cores/kool_mu">http://www.mag-inc.com/products/powder_cores/kool_mu</a>
	Худший, но допустимый вариант - если CoolMu нет, можно использовать кольцо со щелью 0.2-0.4 мм			10	Можно пропилить щель и заполнить диэлектриком, можно разбить кольцо ножом и молотком, зашкурить и потом склеить с зазором. После намотки индуктивность должна быть 10-20 uH
	HM2000- HM10000 N87				
C58, C59	1000u 25v	1	EL 18 8	30	low impedance, 105°C
C70, C71, C74-C77	1000u 35v	1	EL_18_8	30	low impedance, low IMP, low ESR, 105°C CapXon серия LZ JAMICON серия WL PANASONIC серий FM FC EB

					HITANO серий EXR ESX
					<a href="#">Здесь смотреть</a>
C28, C29	1n	2	'0805	0.2	
C33, C36	1n8	2	'0805	0.2	
C1, C2, C4, C7, C8, C11-C15, C18-C27, C38, C39, C42, C43, C48 - C53	0,1u	30	'0805	0.2	
C30, C31, C72, C73	0,68u	4	'0805	0.2	
C32, C35	1u	2	'0805	0.2	
C5, C6, C16, C17, C34, C37, C40, C41, C44-C47, C54-C57, C60-C69	4.7u 50v	26	'1206	5	X7R, Y5V обязательно 50 вольт
C9, C10	27p	2	'0805	0.2	Можно 22p
R9, R10, R41, R42	5k6±1%	4	'0805	0.1	Можно 5%, но возможно будет чуть более чувствительна к температуре.
R43, R44	7k5±1%	2	'0805	0.1	Можно 5%, но возможно будет чуть более чувствительна к температуре.
R45, R46	2k4±1%	2	'0805	0.1	Можно 5%, но возможно будет чуть более чувствительна к температуре.
R79, R80, R97, R98	1k	4	'0805	0.1	
R84, R86, R103, R104	2k4	4	'0805	0.1	
R77, R78, R95, R96	5k6	4	'0805	0.1	
R1, R2, R6, R8, R11, R12, R15-R17, R22-R25, R29, R30, R38, R40, R47, R48, R51, R52, R67, R69, R70, R72-R76, R81, R82, R87-R90	10k	35	'0805	0.1	
R19-R21, R33, R35	300	5	'0805	0.1	
R18	200	1	'0805	0.1	
R61-R64	3	4	'0805	0.1	
R91-R94, R99-R102	0.1	8	1 - 2 ватт	3	
R83, R85	0.1	2	Лампочка или резистор на радиаторе или перемычка	20	Если поставить перемычку, то разрядная мощность будет греть разрядный транзистор, если поставить резистор или лампочку, то мощность будет выделяться на них
R14, R54, R55, R58, R59	200k	5	'0805	0.1	
R7, R56, R60	33k	3	'0805	0.1	
R53, R57	47k	2	'0805	0.1	
R4, R31, R32, R49, R50	100k	5	'0805	0.1	
R26-R28, R34, R36, R37, R39	3M3	7	'0805	0.1	
J1		2	USB B mini USB B	10	
X4, X5, X6	PLD4X1	3	PLD4X1	5	4-х штырьковая линейка для термодатчиков
X2	PLD5X1	1	PLD5X1	5	5-ти штырьковая линейка для клавиатуры
X3	PLD5X2	2	PLD5X2	5	10-ти штырьковая вдвоенная линейка для программирования ISP
XP1	WH-2	1	WH-2	5	2-х штырьковый полярный разъем для вентилятора

X1, X8, X9		3		30	Силовые разъемы для вилки 4мм
X7	PLD8X2	1	PLD8X2		Разъем ЖКИ
W1		1			Джампер
			Итого:	600-750	

### Как не надо заряжать...

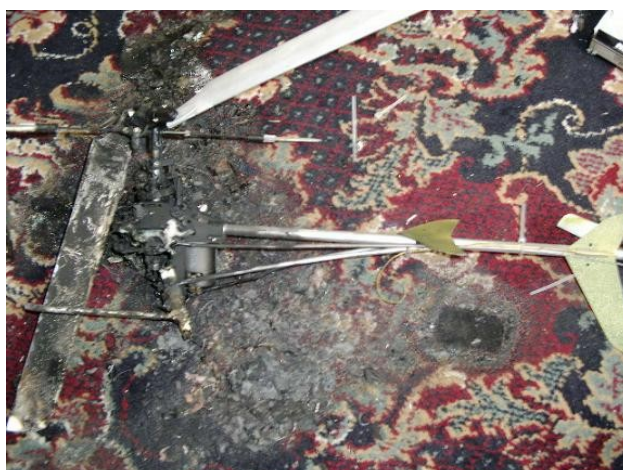
Материалы взяты с сайта <http://klaudius.free.fr/lipo.htm>. Это может случиться с каждым:



Следующий шаг такой (называется вентиляция с пламенем):



Или такой, если заряжать аккумуляторы в модели:





Или такой, если в машине будете заряжать:



А вот как надо заряжать:



## Описание настроек аккумуляторов и их химических типов

Аккумуляторы определяются следующими параметрами:

№ байта	Единицы	Описание
0-9		Название из 10 букв батареи аккумуляторов
10		Код типа аккумулятора
11		Количество последовательных элементов в батарее аккумуляторов
12,13	Ач/10	Емкость последовательного элемента в батарее аккумуляторов (емкость батареи аккумуляторов)
14		Количество циклов (Реальные параметры старения, для анализа и предупреждений о состоянии аккумулятора)
15	%	Прошлый полученный заряд (Реальные параметры старения, для анализа и предупреждений о состоянии аккумулятора)

Типы аккумуляторов:

№ байта	Единицы	Описание
0-9		Название типа (по химическому признаку)
10	F1	<p>Флаги алгоритма зарядки №1. (По умолчанию идет заряд постоянным током и проверяется время зарядки)</p> <p>7-бит - Разрешить нулевую фазу заряда (не реализовано).</p> <p>6-бит - Разрешить капельный заряд.</p> <p>5-бит - Разрешить струйный заряд.</p> <p>4-бит - Реагировать на перегрев абсолютный.</p> <p>3-бит - Реагировать на скорость перегрева.</p> <p>2-бит - Разрешить декристаллизацию.</p> <p>1-бит - Остановка при <math>I=0</math>.</p> <p>0-бит - Остановка при превышении <math>V_{max}</math>.</p>
11	F2	<p>Флаги алгоритма зарядки 2. (По умолчанию идет заряд постоянным током и проверяется время зарядки)</p> <p>7-бит - Остановка при превышении <math>V_{st}</math> статического максимального напряжения.</p> <p>6-бит - Реагировать на дельтапик динамический.</p> <p>5-бит - Реагировать на дельтапик статический.</p> <p>4-бит - Медленное повышение тока в процессе зарядки от минимума к максимуму.</p> <p>3-бит - При превышении температуры сделать паузу 30 мин. и попробовать еще раз.</p> <p>2-бит - Динамический контроль <math>V &lt; V_{max}</math> за счет уменьшения тока.</p> <p>1-бит - Зарезервировано</p> <p>0-бит - Зарезервировано</p>
12	1/50 Вольт	V минимальное нулевой фазы (например для LiPo от 2.4 (до 3.0)), т.е. когда можно заряжать, но очень медленно.(не реализовано!!!)
13	1/50 Вольт	V минимальное первой фазы (например для LiPo 3в).
14	1/50 Вольт	V макс при динамическом измерении.
15	1/50 Вольт	V макс при статическом измерении.
16	мВ	dV капельного заряда.
17	мВ	-dV дельтапика.
18	%С	Ток медленно (зарядки и разрядки). Для декристаллизации ток разрядки
19	%С	Ток нормально (зарядки и разрядки). Для декристаллизации ток зарядки
20	%С	Ток быстро (зарядки и разрядки).
21	%С	Ток нулевой фазы.
22	%С	Ток капельной и струйной зарядки.
23	°С	Абсолютная температура перегрева.
24	(°С*10)/мин	Скорость перегрева.
25	%	Кпд для определения максимального времени заряда. (С заряда/С потрачено)
26	1/10 сек.	PDes при декристаллизации время зарядки. Полный цикл=(PDes заряд)+(Пауза)+(TDes разряд)+(Пауза)
27	1/10 сек.	TDes время на разряд.

28	1/50 Вольт	У хранения динамическое.
29	1/10 А/сек	Скорость роста тока. Скорость с которой алгоритм увеличивает ток. Слишком высокая скорость - колебательная неустойчивость
30	Мин.	Время струйной или капельной зарядки или нулевой фазы

## Питание ЗУ и переделка компьютерного БП

Для питания ЗУ необходимо использовать стабилизированный источник питания на 11в — 15в. В принципе силовая часть ограничена напряжением 20в (max4420-20в, tl494-40в, операционные усилители-25в, конденсаторы-25в). К сожалению, пока экспериментальных данных нет. Теоретически повышение входного напряжения улучшает работу сепика, т.к. он в основном будет работать в режиме понижения напряжения.

Я использовал переделанный блок питания от компьютера и просто мощный современный непеределанный БП от компьютера. БП от компьютера дает существенное преимущество: случись что не так, срабатывает защита. С другой стороны эта же самая защита может вводит в заблуждение, если ваш блок питания маломощный.

Когда я впервые столкнулся с необходимостью мощного БП, мне на глаза попала статья о переделке старого БП. На первый взгляд вмешиваться в работу БП очень опасно, особенно не зная теории и схемы импульсных БП, но имея некоторый опыт я все же решился, тем более, что суть переделок была до простоты ясна и в мусорке валялся именно старый БП с подозрениями, но рабочий.

Очень коротко постараюсь объяснить работу импульсного БП от компьютера. Прежде всего надо сказать что плата БП состоит из двух гальванически развязанных частей: высоковольтной (до 380 вольт, левая сторона схемы) и низковольтной (до 20 вольт, правая сторона схемы). Вся переделка будет в основном касаться только низковольтной части. В высоковольтной надо заменить несколько резисторов.

220 в из сети проходит через фильтр (2 конденсатора и дроссель) который предотвращает передачу помех от БП назад в сеть. Если у вас они не запаяны, поздравляю, у вас достаточно низкого качества БП китайского производства и с ним нужно будет быть очень осторожным, т.к. конденсаторы, трансформаторы и прочие комплектующие могут быть тоже низкого качества (с нарушениями технологии, допусков и т.д.) и, желательно, поменять все электролитические конденсаторы, т.к. они могли просто высохнуть (кстати эта одна из самых частых причин выхода из строя старых БП со сгоранием транзистора и предохранителя).

После фильтра стоит обычный выпрямительный мост и конденсатор, т.о. Мы имеем постоянное напряжение, которое раскачивается до 50 кГц и идет на главный (самый большой трансформатор). На выходе трансформатора через схему выпрямления и шумоподавления мы имеем все необходимые для компьютера напряжения: +5в, +12в, +3.3в, -5в, -12в. Все эти напряжения приблизительно привязаны по количеству витков к главному и самому «мощному» напряжению +5в. И, поэтому, обратная связь сделана именно на это напряжение. Т.е. в зависимости от выходного напряжения +5в регулируется скважность импульсов на трансформаторе левой (высоковольтной стороны) трансформатора. Выполняет эту регулировку микросхема ТЛ494 или какой-нибудь ее аналог. На микросхему ТЛ494 приходит информация о напряжении и о токе, и в зависимости от ситуации, ТЛ494 принимает решение как управлять силовыми ключами подающими импульсы на силовой трансформатор. В том числе она может, вообще, прекратить генерацию при превышении тока.

В импульсном БП есть еще слабомощное «дежурное напряжение», которое всегда включено, пока БП в сети. Оно используется для нужд самого БП и компьютера в режиме автоматического просыпания.

**Внимание! Высокое напряжение опасное для жизни. Вся ответственность лежит на Вас. Не прикасайтесь к БП, включенному в сеть. Дайте 10 секунд на разрядку конденсаторов после отключения БП из сети. Берегите глаза, закрывайте БП железным корпусом перед включением.**

Для того чтобы переделать БП в источник напряжения от 10в до 20в (ток до 20А в зависимости от качества вашего БП) необходимо:

1. Выпаять все провода (кроме зеленого) и все конденсаторы и все прочие детали (кроме шумоподавляющего дросселя) справа (по схеме) от трансформатора (низковольтная часть, тот угол платы, где запаяны цветные провода и где все дорожки толстые).

2. Перекроссировать провода от трансформатора так, чтобы получить два плеча для выпрямительной схемы на сдвоенном диоде Шоттки (новый мощный диод на радиаторе), дросселе (который оставили, самые толстые провода) и конденсаторе (новый на 25в 2200 мкф). В одном плече будет старая обмотка 12в, в другом плече будут две обмотки +5в соединенные последовательно (особо аккуратные люди доматывают несколько витков, чтобы  $12в = 5в + 5в$ ).

3. Обратная связь (тонкая дорожка которая бежала от +5в куда-то к ТЛ494) теперь должна бежать от «+» ноги нашего нового конденсатора (2000мкф 25в). Если вы будете собирать выпрямитель на том месте где раньше находился «выпрямитель +5в», то просто этот проводок не трогайте.

4. Впаять переменный резистор около ТЛ494 вместо делителя или подстроичника (смотреть схему вашего БП и читать рекомендации по переделке) для регулировки выходного напряжения. ТЛ494 находится в высоковольтной части БП, поэтому переменный резистор тоже будет находиться там. Необходимо все провода и корпус резистора изолировать от корпуса БП и от человека.

5. Увеличить ток сработки защиты путем замены некоего резистора около ТЛ494.

6. Сделать включатель БП (зеленый провод на землю).

Как видите ничего сложного в переделке нет, и все можно сделать достаточно аккуратно. Перед тем как делать, внимательно рассмотрите схему вашего БП. Сейчас в Интернет можно найти очень много статей по переделке. Почитайте разные статьи. Найдите общее. Найдите схему наиболее близкую к вашему БП. Перед координальной переделкой, попробуйте порегулировать напряжение вашего БП заменой резисторов или впайванием переменного резистора. Почитайте форумы и характерные ошибки.

Если у вас получится, вы не только приобретете новый опыт, но и лабораторный БП широкого диапазона с защитой. Такого рода БП в магазине стоит от 3000 рублей, а полудохлый старый БП можно достать из старого компа бесплатно, но придется потратиться на хороший конденсатор и диодную сборку. 200 рублей.