

Как работает ZU v2.0

(философский трактат)

Вступление

Объяснение рассчитано на неподготовленного читателя. Минимальные требования — наличие логического ума и некоторое количество терпения. Цель объяснения: снабдить любителей электроники необходимой информацией и сократить, (а потом увеличить) количество вопросов у новичков. Объяснение настолько упрощенное, что у специалистов может вызвать аллергию и паранойю. **Специалисты, просто посмотрите схему. Дальше вам читать не стоит. Или отнеситесь с юмором...**

Этой информации достаточно, чтобы понять, как устроен мир. Не спешите ругать автора, что ничего не понятно, просто перечитайте еще раз. Иногда идея настолько проста, что, не верится, что все так просто. Иногда мешают собственные амбиции. Нужно просто дослушать до конца, а потом делать выводы.

Рассуждения сжаты в виде утверждений без доказательств. Любая высказанная мысль есть ложь. Этот текст требует оговорок и пояснений, но для первого приближения — приемлемо. Сжатую информацию трудно воспринимать, поэтому буду философствовать.

Если вы найдете ошибку в моих рассуждениях, обязательно поправьте меня, потому что я тоже «любитель» и не имею профессионального образования в этой области, но у меня есть желание помочь таким же, как я и восхищение перед миром такой живой и неживой электроники.

Сначала постараемся дать общий взгляд, потом рассмотрим составные части. Оказалось, что не все желающие паять ЗУ знают, что такое законы Ома, что такое транзисторы и что такое операционные усилители. Поэтому охватим эти темы, но с минимальным количеством формул и только, как готовые рецепты для применения. После каждого небольшого кусочка теории будет дано применение полученных знаний в разрезе схемы ЗУ.

Предыстория.

Я самый обычный любитель электроники. Мое погружение состоялось в 1990-1996 годах. Я попал в волну отечественного помешательства на Spectrum(e). В те годы «отчаянные люди» тусовались около магазина «Пионер» (м. Белорусская), продавали и покупали платы Москва-48к, Ленинград и микросхемы типа: KP565PY5, KP565PY6, K555TM2, K555KP12, K555IP22, 2764, Z80. Милиция делала рейды, хватала электронщиков, сажала в автобусы, потом составляла протокол и отпускала. После «Пионера» были м. Сокол, потом ст. Опалиха, потом Горбушка, потом м. Тушинская, м. Савеловская и, наконец, Митинский радиорынок. Ностальгия, однако! Это славная традиция, которая восходит к Шурику («Иван Васильевич меняет профессию» сцена покупки радиодеталей).

У меня не было абсолютно никаких знаний в электронике. Помню как я тупо смотрел в схему и безнадежно пытался решить ее как ребус. И в какой-то момент осознал, что понимаю. Ключом стала догадка, что все ножки микросхем - либо выходы, либо входы (тогда входы рисовали слева, а выходы справа) и, что сигнал на выходе - это результат логических операций от входов и, что сигналы бывают только 0в (логический ноль) и 5в (логическая единица). И понеслась. Купил себе справочник В.Л. Шило по микросхемам и стал собирать, настраивать Spectrum(ы) и подключать к телевизору.

Потом Spectrum(ы) пришлось оставить из-за новой работы, но электроника звала. И, вот, где-то вначале 2006 года мне понадобилось зарядное устройство. Цены на импортные ЗУ были огромные, даже если посчитать стоимость деталей «в розницу» по тройной цене. Свободного времени на работе было много, и я стал собирать информацию о ЗУ в интернете.

Информации много, но не то, что мне нужно. Большинство проектов были связаны с применением специализированных микросхем в аналоговом режиме. Несколько проектов на коммерческой основе были похожи на мое любительское творчество, а информация о программе была засекречена в коммерческих интересах. Теперь то я знаю, что это был за секрет. Самый большой секрет — это собственные ошибки. Второй секрет — это простые идеи и надутые щеки. А третий секрет — это жадность. Вот и все секреты. Надо же, кто-то из самодельщиков всерьез думает, что его идеи воруют и на них наживаются!

Мне хотелось процессорного устройства с программой, как в Spectrum(e). Схема SEPIC казалась простой: за месяц все сделаю. Мои первые принципиальные схемы были настолько наивны, что смотреть на них сейчас невозможно. То, что я говорю — это не попытка отговорить заниматься электроникой неспециалистов, а наоборот, это поддержка. Все когда-то начинали и все ошибались. Здесь и далее я рассказываю о своих изысканиях с юмором, чтобы поддержать вас, а мог бы надуть щеки и представиться крутым яйцом, засекретив все, что меня компрометирует. Так что вперед и с песней, и все получится.

Тема зарядного устройства очень интересна, т.к. в одной схеме цифровая, силовая и измерительная часть. Далее вы увидите, сколько отдельных интересных решений состыковано в одной схеме. Да и сам процесс проектирования интересен. Сначала принципиальная схема, потом разводка, а потом ты держишь в руках готовую зеленую плату с серебристыми дырочками. Далее, после многих опытов и ошибок, заработает программа: будет зажигать лампочки и все такое. Разве это не чудо? А потом: все приходится переделывать, чтобы улучшить.

Версия ЗУ 1.0 была наивна, не просчитана до конца, элементная база неправильно подобрана, отсутствовали защиты от нарушения полярности. Не смотря на помощь знающих людей, мне удалось не услышать их замечаний и сделать все по своему. Ошибки были и стратегические и тактические. Устройство на удивление работало, но далеко не так, как хотелось бы. Была проведена работа над ошибками, но, все равно, много ошибок не было устранено. Про них я еще не знал. В каждой новой версии открывалось новое знание и новая ступень для восхождения, а главное опыт копился. При фанатичном желании разобраться, проявляя упорство и терпение можно разобраться во всем.

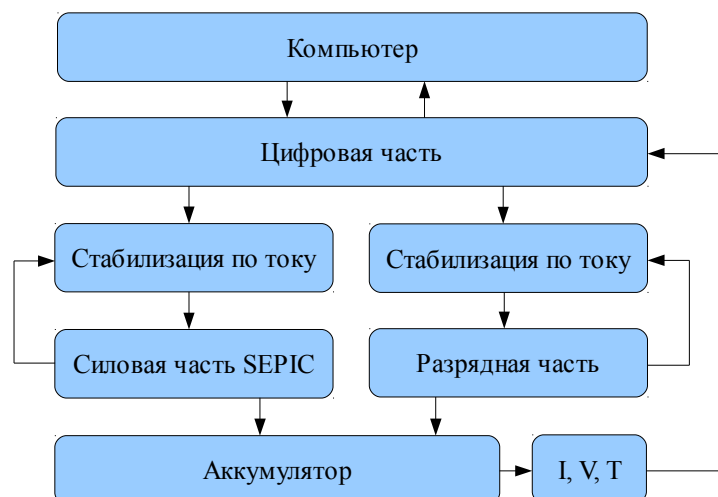


Рис.1
(ЗУ v1.x для упрощения показан 1 канал)

Следующая версия 1.1. В ней цифровая и силовая части были разделены. К одной цифровой можно было присоединить две разных силовых. И опять получилось устройство, которое едва ли можно было бы рекомендовать для широких масс самодельщиков, хотя мне так не казалось.

Версии 1.2 и 1.5 сделали новый шаг в надежности разводки, но в основном были продиктованы «бляшкоманией». И такая болезнь встречается. Попутно отзывались добрые люди, которые сообщали о найденных ошибках и рекомендовали, как сделать лучше.

В версии 1.7 очередной раз были воплощены все знания и умения. Оба канала опять объединились на минимально возможной площади платы. Как мне показалось, большее из «SEPIC» и «стабилизации по току» выжать нельзя. Но, наверное, это, просто, предел моих возможностей, где везение уже не везет, а надо знать теорию и практику и иметь опыт побольше моего.

Подведем итог. За пять лет работы накоплен опыт и знания. Самое лучшее, что получилось, реализовано в версии 1.7. Дальнейшего пути развития версии 1.x пока не вижу. Надо идти учиться. Если что-то и можно улучшить, так это разводку и ожидать появления новых материалов для дросселя, новых быстрых транзисторов, диодов и конденсаторов, т. к. 250 кГц, пока, слишком большая частота для современной силовой электроники.

Поэтому пришлось присмотреться к схеме, которую предлагал один из участников форума еще в 2007 году. Тогда схема показалась мне слишком сложной и недостаточно точной. Сложность теперь преодолима, а точности хватает впритык. Не будем отпираться, почти все идеи позаимствованы в бесконечном Интернет. Мои идеи в этой схеме — только логика коммутации и реализация схемы, может быть, это и есть самое слабое звено. Полностью все скопировать помешала совесть.

Версия 2.0 - это совмещенный повышающий и понижающий преобразователи, частота преобразования приблизительно 10-20 кГц и, конечно, есть балансир. Вероятно, получится что-то стоящее. Ошибки конечно же есть, но я их пока не вижу.

Зачем я это делаю? Это мой способ пожелать миру «Всего хорошего». Много людей чувствуют непреодолимое желание творить и не находят единомышленников рядом с собой.

Пусть этот проект будет вашим единомышленником. Все самое интересное, что мне удалось найти пусть будет вашим, потому что отдавать - необъяснимо приятно.

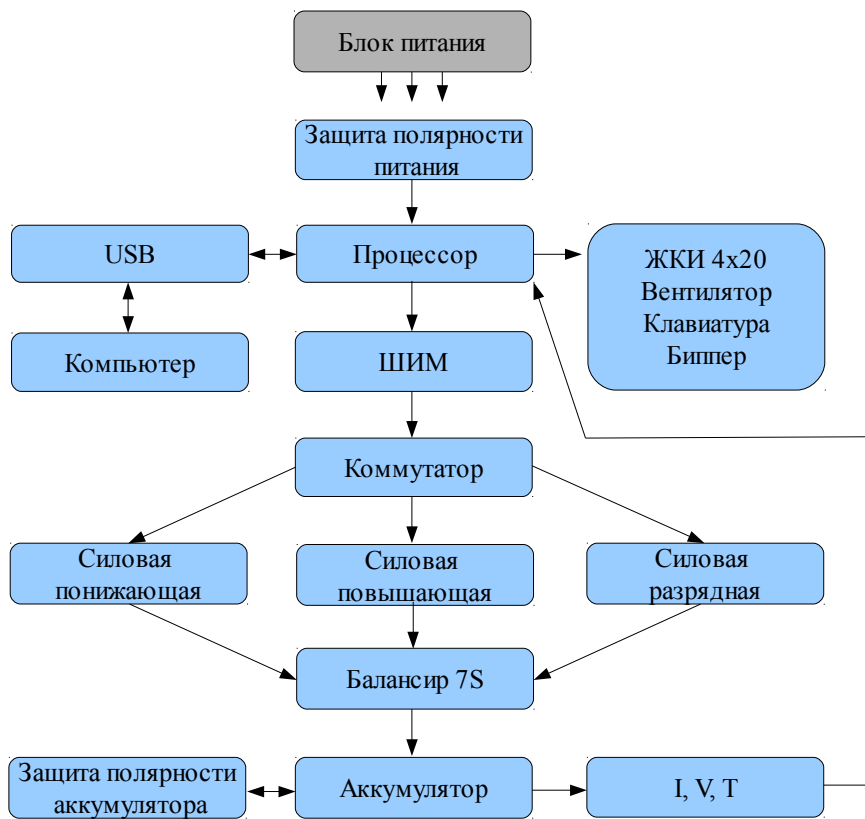


Рис.2
(ЗУ v2.0 для упрощения показан 1 канал)

Законы Ома и Кирхгофа.

Фундаментом схемотехники являются Законы Ома и Кирхгофа. Всего несколько законов описывают работу всех электроприборов. Законы приходится постоянно использовать для расчета схемы. Без них нельзя сделать ни одного шага. Даже если мы на прямую о них не говорим, при упоминании любого номинала пассивного элемента, мы тут же вспоминаем про Законы, по которым посчитан этот номинал.

Для описания мира электроники мы будем использовать абстрактные величины «сила тока», «напряжение», «сопротивление», которые обобщают устройство микромира. Это упрощение позволит нам легче понять электронный мир.

Не будем углубляться в строение резистора, конденсатора и транзистора, подменим эти понятия некоторыми правилами их функционирования. Назовем эти правила «детскими», потому что они сильно упрощены для быстроты понимания.

Центральный процессор и логические микросхемы это цифровая часть схемы — почти чистая двоичная логика. Силовая и измерительная часть - это аналоговая часть, то место, где явно правят законы Ома и Кирхгофа.

В цифровой части схемы мы можем «забыть» про законы и заменить их приближенными правилами:

- питание цифровой части от земли и +5в;
- логический ноль — это 0-0.3в;
- логическая единица — это 4.5-5в;
- нельзя соединять цифровой выход напрямую с любым низкоомным источником напряжения будь то 0 или 5в или любое другое напряжение;
- нельзя закорачивать два цифровых выхода, т. к. они могут друг друга сжечь (иногда не сжигают);
- на каждый вход должен идти какой-то сигнал от 0 до 5в (не более и не менее);
- к одному цифровому выходу можно присоединить <5 цифровых входов или 1 светодиод через резистор 330 Ом;
- на каждой цифровой микросхеме должен висеть буферный конденсатор 0.1 - 1 мкФ для погашения импульсных помех, порождаемых работой этой микросхемы;
- всей схемой управляют цифровые выходы процессора.

Для аналоговой части тоже есть правила:

- питание аналоговой части 12в;
- все элементы несут на себе нагрузку не более некоторой максимальной мощности (о которой можно косвенно догадаться, опираясь на размеры элемента). Иначе они перегреются и сгорят;
- наша цель: получить необходимые ток и напряжение для зарядки аккумулятора. При этом процессор должен быстро управлять и нешумно и точно измерять;
- второстепенные задачи: безопасность и максимальное КПД;
- круг замкнулся - система работает автоматически.

Закон Ома:

Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению этого участка: $I=V/R$

Первый закон Кирхгофа:

Алгебраическая сумма токов в любом узле схемы равна нулю (токи, текущие к узлу, берутся с плюсом, от узла - с минусом).

Второй закон Кирхгофа:

В любом замкнутом контуре электрической цепи алгебраическая сумма падений напряжений на элементах, входящих в контур, равна алгебраической сумме ЭДС.

При углублении в тему появятся и другие законы. Но начинать надо с базы.

Что общего между телевизором и этими законами. Законы - это какие-то надписи на бумаге - абстракции, а телевизор это реальная вещь. Некоторые так и не верят и не знают законов, но верят в телевизор. Удивительно, что абстрактные утверждения, подсмотренные у части мира, описывают свойства всего (известного нам) мира и опираясь на них можно сделать телевизор. Для человека непосвященного, телевизор - это предмет, черный ящик, беспомощность, суеверия и нелепые выводы.

Законы Ома и Кирхгофа — это абстракции, но они связаны с миром и материей. Как они связаны? Совершенно не понятно. Многие законы — это гениальные догадки на основании статистики. Но как работают законы — не понятно. Почему именно такие законы? Не понятно!!! Есть закон, а есть материя. Закон это мысль. Как материя связана с мыслью? Как материя связана с информацией? Удивительно и не понятно! Если вы скажете, что информация лежит на твердом диске, значит вы меня не поняли. 48 утюгов в шахматном порядке или магнитные домены на блинах диска или электроны в ячейках памяти SDRAM — это все грубо это не то. Меня интересует связь материи и нематерии.

Есть законы для тела: Не пей, не кури, не прыгай с 5-го этажа, не воруй, не убивай, не обжирайся. А есть законы для мыслей: не завидуй, не злись, не осуждай, не гордись, не думай плохо. За время существования нашей цивилизации было проверено на личном опыте десятков миллиардов людей: нарушишь законы мира, получишь страдания или смерть. Не потому, что тебя кто-то накажет, а, потому что сам себя накажешь. Нарушая законы для тела — разрушишь тело, нарушая законы для мыслей — разрушишь свой мозг, а потом мозг разрушит тело.

При нарушении законов для мыслей (души), нарушается образ мыслей, нарушается функционирование мозга, каждая «злая» мысль закрепляет «неверные» связи нейронов. Однократное воровство меняет мозг. Мозг избирает неверный путь развития, что приводит к разрушению психики. Мозг становится искаженным. В погоне за удовольствиями, мы постепенно теряем волю - произвольность - свою возможность выбирать. Выбор за нас делает тело, точнее, его желание удовольствий. Мы делаем то, что хочет тело и, кажется, что это свобода. «Чего хочу, то и творю». На самом деле это замаскированное рабство от тела.

Например у меня есть свобода. Хочу прыгну с пятого этажа, а хочу не прыгну. Ясно, что прыгать я не буду, но свобода у меня есть. В данном случае очевидно, что есть вред. Но вот на счет удовольствий, ситуация спорная. Если я выпью, то сразу приобрету легкость, свободу от проблем, «и праздник ярче», а в реальности опьянение - это отравление и разрушение мозга, удар по печени, удар по всем системам жизнеобеспечения. В отравленном состоянии мозг теряет силу. Где вред? И какой выбор будет выбором свободного человека?

Оказывается, свобода это не «что хочу, то и творю», а «что есть истина, то и творю». Оказывается, для свободного человека нет свободы, а есть рабство от истины. Может, лучше в поте лица служить истине, чем подыхать в пьяном угаре мнимой свободы. Это касается и других легких «удовольствий»:

«любой из смертных, который возьмёт хоть один золотой медальон, будет обречён на вечные муки..., они взяли всё, и принялись тратить, просаживать его (золото) на еду, продажных женщин, выпивку ...но чем больше окунались в утехе, тем больше становилось ясно, что вино не горечит их, от еды привкус тлена во рту, и даже всем блудницам мира не унять огонь, терзающий их...»

из х/ф «Пираты Карибского моря»

Разрушенный мозг (мыслящая программа) не видит ужасающей картины своего искажения и думает, что он нормален. Спросите любого пациента ПБ. Нормален ли он? Скажет, что нормален. Спросите алкоголика, и он скажет, что он не алкоголик и, что он может бросить в любой момент. Но когда дело доходит до этого момента, его мозг включает самообман и процесс самоубийства продолжается. Этот человек не лжет. Он реально так думает и не осознает себя в ловушке. В ужасной гонке потребления и взрослым и детям навязывают искаженные образы. Уже 90% детей рождаются с отклонениями от нормы, а потом социум вкладывает им в головы свою потребительскую мораль и тем довершает дело.

Правильное мышление — соблюдение законов мысли. Правильное состояние ума — недовольство своим состоянием и стремление к улучшению. Хотя бы к мизерному, но шагу вперед. Правильное чтение — наука, история, искусство. Правильная музыка — классическая музыка, а не одурманивание мозга односложными ритмами и плоскими текстами. Правильное здоровье — это не лечится у врачей таблетками, а заниматься физкультурой, обливанием и прочими естественными способами укрепления тела. Но этого мало. Мозг должен быть под неусыпным контролем нравственности (читай стремления к истине), которая определяется смыслом жизни человека и общества. А на вершине закон любви к истине и к каждому человеку.

Не наука нас спасет, не поддержание здоровья за счет науки, не идеальные условия жизни и владение имуществом, а работа над собой, над своим телом и своими мыслями, в первую очередь. Потому что без этого, все остальное теряет смысл.

Вернемся к закону Ома, который надо знать и соблюдать (или ничего не получится). Если бы Законы Ома также нарушали как законы для нашего ума, то ни один прибор бы не включился вообще. Так почему мы нарушаем законы для жизни Людей?

Чтобы лучше узнать Закон, надо рассмотреть его со всех сторон, применить на практике, наблюдать за ним. Новое знание надо пережить, чтобы оно улеглось в нашем подсознании и потом заработало как интуиция, как ощущение. Если мы набьем голову всякой грязью, то наша интуиция будет выдавать плохое настроение, гордыню, злобу, зависть, ревность и недоверие. Если делать и думать позитивно, настроение будет хорошим, а интуиция будет светлой и радостной, и правильных ответов, как озарение, будет больше.

Закон Ома можно записать по разному: $I=V/R$ или $V=I*R$ или $R=V/I$. Мы хотим заряжать аккумуляторы и вся схема подчинена единой цели. После многих попыток добиться оптимальных параметров, было решено ограничиться следующими характеристиками: ток $I=5A$, напряжение равно 7 банкам по 4.2 вольта $V= 29.4в$ округляем до 30в. Мощность равна $I*V=150$ Ватт.

Имея ток и напряжение, мы можем из закона Ома получить «сопротивление» аккумулятора $R=V/I=30/5=6$ Ом. Не совсем логично говорить о «сопротивлении» аккумулятора. 6 Ом это некий эквивалент, который дает нам представление о порядке величины полезной нагрузки при зарядке аккумулятора. Все паразитные сопротивления в силовой схеме должны быть значительно меньше 6 Ом.

Если паразитные сопротивления будут хотя бы 1 Ом и ток в силовой цепи 5А, то напряжение упавшее на паразитном сопротивлении $V_{\text{пар}}=I \cdot R_{\text{пар}}=5\text{В}$. Из за этого сопротивления нам придется повышать ток на силовой схеме до 35в и рассеивать излишнее тепло $\text{Мощность} = R_{\text{паразитная}} \cdot I^2 = 5\text{В} \cdot 5\text{А} = 25 \text{ Ватт}$. КПД тогда будет:

$$\text{КПД} = \frac{P_{\text{пол}}}{P_{\text{пол}} + P_{\text{пар}}} = 86\%.$$

Паразитное сопротивление - это не какой-то странный резистор который мы где-то случайно впаяли — это сопротивление (ненужный нагрев и потери) всех элементов силовой схемы. Паразитное сопротивление — это длинные провода, это сопротивление силового транзистора в открытом или переходном состоянии (при переключении), это сопротивление и излучение дросселя, это сопротивление диода на котором падает 0.4 вольта (такие они диоды Шоттки).

Сами того не замечая, мы уже несколько раз применили закон Ома и его следствие: **Ток в замкнутой цепи вдоль этой цепи одинаков и равен $I=U_{\text{эдс}}/R_{\text{цепи}}$.**

Чтобы лучше понять закон, каждый человек старается подобрать проверенную в жизни аналогию, похожую на исследуемый закон, и мысленно уравнивает закон и аналогию. Представим себе закон Ома как движение заряженных частичек в кристаллической решетке металла или как движение воды в трубе или как движение машин в пробке. При этом ток — это движение самих частичек — точнее количество частичек проходящее через срез провода (трубы) в единицу времени. Напряжение — это давление в трубе которое ускоряет движение частичек, а сопротивление тормозит. Чем больше напряжение (давление) тем больше ток, чем больше сопротивление (трение) тем меньше ток.

В реальности ток электронов по проводам происходит со скоростью несколько сантиметров в секунду, хотя напряжение (давление) распространяется по трубе практически мгновенно - порядка 1000 км/сек., т. е. при включении главного тумблера, ток начинает течь практически мгновенно и сразу по всей трубе, но со скоростью всего несколько сантиметров в секунду и вдоль всей трубы он одинаков.

Имея на вооружении такую аналогию, мы можем объяснить себе законы Кирхгофа. Например, сумма всех токов на автомобильном перекрестке равна нулю, потому что каждый автомобиль который въехал на перекресток с положительным знаком, уехал в каком-то направлении с отрицательным знаком. Выглядит вполне правдоподобно и очень напоминает закон сохранения энергии или импульса.

Второй закон объяснить не труднее. Для начала, введем понятие ЭДС (Электро Движущая Сила) — сила движущая электроны — это поле — это давление действующее на заряды, точнее, это разница давлений (потенциалов). В одном замкнутом контуре можно соединить несколько заряженных аккумуляторов (производящих ЭДС) и несколько потребителей (резисторов, лампочек, моторчиков и т. д.) на которых происходит падение напряжения. Так вот сумма всех ЭДС (напряжений) в замкнутом контуре упадет (понижится)

на всех сопротивлениях (потребителях). Сумма всех напряжений в замкнутой цепи равна 0. Все что вложено, будет полностью растрчено.

Просматривается симметрия:

- Сумма всех токов в узле равна 0.
- Сумма всех напряжений в контуре равна 0.

Симметрия и подобие это два наших костыля, которые помогают нам изучать наш огромный, странный и таинственный мир. Без подобия в полностью не повторяющемся мире наш мозг был бы не способен обобщать и находить законы. Мы просто сошли бы с ума от невообразимо изменчивого «неподобного» мира. Т.о. подобие - это то, чем надо активно пользоваться в поисках истины. Симметрия — это красота мира. Симметрия — это первое что мы замечаем. Симметрия намекает, что подобие существует.

Наш мозг — это автомат генерации образов мира. Каждый образ подобен миру. Образы хранятся в памяти. Мы работаем с образами, определяем соотношения: род, вид. Делаем фильтрацию, сортировку, осуществляем поиск решения подбором. Все способы решений вложены в нас родителями. В нашем детстве мы получили опыт работы с образами и минимальную базу данных. В 99.999% случаев мы действуем по аналогии с нашим опытом, но иногда решение (догадка, открытие, мелодия) приходит извне, а как еще можно объяснить?

Вся мозговая активность должна быть стимулирована. Должно быть желание думать, жить, двигаться, стремиться. Для запуска этого процесса тело устроено именно таким, что его надо все время поддерживать, обеспечивать безопасность.

И все же есть в нас нечто волшебное, что ставит человека выше всех животных — это самоосознание и возможность выбора. Самоосознание и осознание своей смерти толкает нас к поиску смысла, к поиску строения мира. Те кто думает, что смерть их не коснется, лежат на диване и пьют пиво. Это все до поры.

А вот выбор вещь непонятная. Каждый наш выбор — это выбор между добром и злом. Как будто есть наблюдатель, который дал нам выбор (у животных выбора нет). И этот наблюдатель смотрит, что мы выберем. При выборе зла мы получаем зло. При выборе добра получаем добро. Выкурить сигарету или нет? Выпить водку или нет? Выучить уроки или пойти гулять? Пойти в институт учиться или пойти на дискотеку? При отказе от истинного выбора мы хоть и получаем временное удовольствие, но потом искупаем сполна и оказываемся еще дальше от начальной точки. При выборе истины мы получаем преодолимые трудности и бесконечный рост.

Нормальный зрелый человек не может отказаться от истины - это просто глупо, но дело в том, что Адам сделал свой выбор и отказался от истины и вся наша цивилизация находится в глубокой яме самообмана, ложной справедливости и тотальной зависимости от удовольствий и мы катимся вниз и набираем обороты. Конец неизбежен.

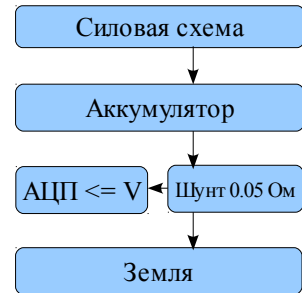
Но если у нас осталось хоть чуть чуть любви к истине, еще есть шанс спастись. И этот шанс еще можно реализовать, еще есть время. Наблюдатель ждет.

Теперь практическое применение:

- В замкнутой цепи ток измеренный в любом сечении одинаков. Именно поэтому

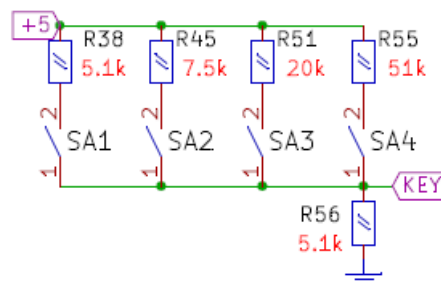
амперметр можно присоединить в разрыв последовательной цепи в любом месте и он будет показывать одинаковое значение. Зная ток и зная сопротивления резисторов, мы можем по закону Ома сказать как упадет напряжение на каждом резисторе. Или зная напряжение и сумму всех сопротивлений, мы можем найти ток в любом сечении.

- Зная что сумма всех токов в узле равна нулю, мы можем записать уравнение для суммы токов. Имея систему уравнений для всех узлов и закон Ома мы можем решить эту систему и найти все неизвестные параметры цепи.
- В замкнутой цепи на последовательно соединенных резисторах на большем сопротивлении упадет большее напряжение и на нем выделится больше тепла. $E=U*I=(I*R)*I$. Общее сопротивление последовательно соединенных резисторов равно $R_{\text{полс}}=R1+R2$. По обоим сопротивлениям течет одинаковый ток. Наш процессор не может измерить ток, но может измерить напряжение. Так вот, чтобы измерить ток в силовой цепи, мы впаяем в контур резистор 0.05 Ом. Он почти не влияет на процесс зарядки, и на нем упадет мизерное напряжение, которое измерит процессор. Зная сопротивление и упавшее напряжение мы рассчитаем ток.
- Если резисторы соединены параллельно, то больший ток потечет по трубе с меньшим сопротивлением. Общее сопротивление двух параллельных резисторов будет меньше меньшего: $\frac{1}{R_{\text{пар}}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}$



Задача №1:

Какое напряжение будет на контакте KEY, при замыкании одной из кнопок SA1, SA2, SA3 или SA4?



Решение: При замыкании SA1 через R38 и R56 потечет ток равный:

$$I_{\text{общ}} = \frac{V_{\text{общ}}}{R_{\text{общ}}} = \frac{5\text{В}}{5.1\text{k} + 5.1\text{k}} = \frac{5}{10200} \text{ А}$$

Искомое напряжение V_{KEY} равно напряжению упавшему на R56:

При замыкании SA1: $V_{\text{KEY}} = V_{R56} = I_{\text{общ}} * R56 = \frac{5}{5.1\text{k} + 5.1\text{k}} \cdot 5.1\text{k} = 2.5\text{В}$

При замыкании SA2: $V_{\text{KEY}} = V_{R56} = I_{\text{общ}} * R56 = \frac{5}{7.5\text{k} + 5.1\text{k}} \cdot 5.1\text{k} = 2.0\text{В}$

При замыкании SA3: $V_{\text{KEY}} = V_{R56} = I_{\text{общ}} * R56 = \frac{5}{20\text{k} + 5.1\text{k}} \cdot 5.1\text{k} = 1.0\text{В}$

При замыкании SA4: $V_{\text{KEY}} = V_{R56} = I_{\text{общ}} * R56 = \frac{5}{51\text{k} + 5.1\text{k}} \cdot 5.1\text{k} = 0.5\text{В}$

В представленной задаче используется «резисторный делитель». Мы делим 5в и

получаем необходимые нам напряжения, равноудаленные друг от друга и при этом находящиеся в диапазоне от 0 до 2.5в.

В схеме ZU v2.0 катастрофически не хватало ножек на процессоре и поэтому было решено всю клавиатуру прицепить к одной измерительной ноге процессора (АЦП). Такое подключение используется очень редко, но посмотрим что из этого выйдет. Процессор в нашей схеме измеряет относительно напряжения 2.5в, разбивая измеряемое напряжение на $2^{10}=1024$ уровня, т. е. чувствительность АЦП приблизительно 0.0025 в.

При измерении 2.5 в (замкнут SA1) процессор нам даст значение 1023, при измерении 2.0 в (замкнут SA2) значение будет 819, при измерении 1.0 в (замкнут SA3) — значение 410 и для 0.5 в (замкнут SA4) — значение будет 205. Если все кнопки разомкнуты измеренное процессором значение будет ноль.

Естественно, такие точные измерения не получатся — значения будут прыгать плюс минус несколько единиц или даже десятков единиц из-за помех на шине питания, но этот недостаток решается программно.

При таком подключении есть несколько неприятных моментов: если пользователь нажмет сразу две кнопки, то такое нажатие может быть неверно воспринято программой. Другое неприятное последствие это дребезг контактов и его последствия. Если не аккуратно написать программу, то усредненные значения от дребезга могут тоже давать неверные значения и, как следствие, неверно будет распознаваться нажатая кнопка.

Предохраняться будем следующим образом: показания клавиатуры будем считывать 5 раз в секунду, требуя 3х подряд одинаковых значений из узкого 5% диапазона вблизи расчетного. SA1=(1023-970), SA2=(845-795), SA3=(435-385), SA4=(230-180). В этом месте можно немного схитрить, если поделить измеренное (максимум $2^{10}=1024$) значение на ($2^8=256$), тогда получится число от 0 до 3 и, тогда, при нажатии кнопок, ориентироваться на значения: SA1=(4-3), SA2=(3-2), SA3=(2-1), SA4=(1-0). Огрубленные измерения автоматически решат проблему с «зазорами».

Как видите на ножках процессора мы сэкономили, но зато проиграли на длине программы. Вот сколько сравнений надо сделать, чтобы более менее точно угадать нажатую кнопку. У нас не было другого выхода - мы были ограничены малоногостью процессора.

Также как и в случае с клавиатурой, мы будем измерять разнообразные сигналы, которые нам пришлось поделить с помощью резисторных делителей, чтобы привести измеряемые напряжения к диапазону 0-2.5 в.



В нашей новой схеме (ЗУ v2.0) мы постараемся ничего не настраивать программно

(новый подход). Для этого нам придется впаять точные номиналы в измерительные цепи. Поэтому нагромождено столько резисторов, чтобы человек не имеющий резисторов 1% (ряд номиналов E96) точности мог подобрать комбинацию 5% резисторов (ряд номиналов E24). Конденсаторы в данной схеме призваны сгладить высокочастотные помехи для увеличения точности измерений. Подбором резисторов надо добиться точного соотношения двух плеч сверху и снизу от измеряемого сигнала, хотя может быть ничего и не выйдет с этой затеей.

Если вы приглядитесь к схеме по внимательнее, то увидите большое количество делителей. Они повсюду.

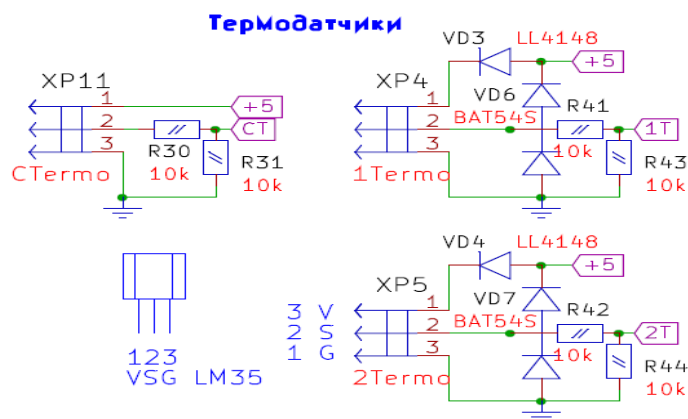


Схема подключения термодатчиков призвана защитить процессор от статики и случайных напряжений на разъеме термодатчика. Термодатчик на главном радиаторе менее защищен, т. к. к нему не будет доступа посторонних сигналов. Делитель на 2 подготавливает напряжение сигнала термодатчика к измерению процессором в диапазоне от 0 до 2.5в.

Транзисторы

Транзистор - это «прибор» с тремя ножками: две ножки «силовые» и одна «слабая» управляющая. От тока и напряжения на управляющей ножке зависит какой будет течь ток между силовыми ножками.

Транзистор — это величайшее изобретение человечества. Благодаря транзисторам у нас есть телевизор, компьютер, интернет и мобильный телефон. И хотя до транзистора была изобретена лампа триод в которой впервые была реализована идея управления током без «механических» приспособлений, но именно транзистор позволил так сильно продвинуть электронику из-за своей миниатюрности и экономичности (по сравнению с лампой).

Погрузившись в философские размышления можно осознать всю мощь «третьей ноги». Именно она, позволила передать в электронную схему управление самой схемой. Схема стала управлять сама собой! Появилась обратная связь. В неживую схему вселили электронную жизнь — программу управления. Это конечно не живой человек у которого есть самоосознание и свобода воли, но это уже почти робот, сильно похожий на животных, которые действуют строго в соответствии со своими инстинктами (программой жизни).

Два транзистора — это мультивибратор — задающая частота будущего процессора.
Шесть транзисторов — это ячейка памяти на 1 бит (триггер).
Восемь раз по 6 транзисторов — ячейка которая может хранить одну букву (1-байт).
Еще несколько десятков транзисторов — и у нас есть сложение и вычитание.
Вот и все - первый калькулятор готов, а тут и до Пентиума недалеко.

Всего 50-60 лет прошло с момента внедрения транзистора. Они пронеслись как одно мгновение на фоне 10000 лет ручного возделывания земли.

Современная электроника уже научилась делать транзисторы размером в 10-100 атомов. В микросхеме процессора упаковано до 100 млн. транзисторов, а в микросхемах памяти свыше 100 млрд. транзисторов. На подходе оптические транзисторы и квантовые компьютеры.

Если человечество не успеет уничтожить себя, нас ждет еще одна техническая революция. Мы получим в свои руки почти «полный» контроль над своим телом. Мы сможем полностью обеспечить жизнеспособность тела и продлить свое существование. И тут опять встает важный вопрос: «Жизнь продлили, болезни победили, а на что мы жизнь расходует?» или «Какая задача стоит перед человечеством?» Не ужели мы просто эгоисты — каждый сам за себя, как нам это внушает запад? Или мы вместе: один за всех и все за одного? Или мы выполняем космическую задачу все вместе? И, поэтому, мы все друг другу братья и должны желать друг другу добра? Ведь пока последний заблудший жулик-эгоист не исправится нам не выполнить задачи!!!

Спросят: А с чего вы взяли что человечество уничтожит себя? Да очень просто. США сделали атомную бомбу и тут же опробовали ее на соседях, которые, конечно, не были такими белыми и пушистыми, но это не важно. Обладая новыми супер компьютерами, возможно создать лекарство, чтобы вымерла строго одна национальность или чтобы вымерли все национальности кроме одной. Те люди которые нажали на кнопку когда-нибудь нажмут ее против нас ради чьего-то блага и интересов. Но вот глупые, то они и не понимают, что только все вместе мы сможем решить нашу задачу.

Наличие разума не оказалось препятствием для тех глупых детишек, которые

придумали компьютерные вирусы просто «по приколу». А из-за этого мой компьютер выполняет 50% ненужной работы проверяя все файлы. А наполнение Интернета всяким развратом? Люди? Что вы делаете? Вы же сами себя уничтожаете! Вы идете против Законов мира! Вы разрушаете свой мозг! Ради чего?

Одна страна устроилась хорошо: потребляя 50% ресурсов земли, все отходы сливает в соседние страны. Все вредное производство перенесено в Китай. Созданы все условия для импорта мозгов. Угадайте как называется страна? Угадайте кто манипулирует сознанием маленьких, но очень гордых народов, чтобы раздробить государства и натравить друг на друга? Люди читайте историю это все уже было!

Вывод очень простой: наши технические возможности далеко обогнали нашу нравственность, нашу чистоту, наше сострадание, нашу любовь к ближнему, наше желание думать. Не смотря на то, что формально ответственность за решение несет правительство, каждый из нас виноват в разжигании ненависти против себе подобных и вкладывание этого мусора в головы детей (читай и все это продолжится).

Как только мы чувствуем, что кто-то лишает нас наших удобств, мы тут же начинаем точить нож на обидчика. Найдется много оправданий: «они ущемляют наши интересы и угрожают миру», а те в свою очередь действуют ради прибыли или ради выживания и продают наркотики, оружие и рога вымирающих носорогов. И наша страна продает оружие!!! А что? Это выгодно!!! Хорошо наркотики не продает. И те и те правы. Будем жить так и дальше. :(((

Транзисторы бывают биполярные и полевые. И те и другие использованы в схеме ЗУ. У каждого вида транзисторов есть свои преимущества и недостатки. Постараемся описать все характеристики транзисторов в сводной таблице максимально просто для запоминания.

Биполярные		Полевые	
Схема			
<p>n-p-n</p> <p>коллектор база эмиттер</p>	<p>p-n-p</p> <p>эмиттер база коллектор</p>	<p>N-канальный</p> <p>сток затвор исток</p>	<p>P-канальный</p> <p>исток затвор сток</p>
Принцип действия			
Биполярный транзистор управляется током.		Полевой транзистор управляется полем.	
N-P-N транзистор открывается положительным током по отношению к эмиттеру.		N-канальный транзистор открывается положительным напряжением по отношению к истоку.	
P-N-P транзистор открывается отрицательным током по отношению к эмиттеру.		P-канальный транзистор открывается отрицательным напряжением по отношению к истоку.	
Достоинства (субъективно)			
1. Широко распространенный		1. Быстрый	

2. Дешевый 3. Скорее аналоговый	2. Экономичный 3. Скорее цифровой 4. Затвор гальванически развязан от стока и истока		
Недостатки (субъективно)			
1. Менее экономичный 2. База гальванически не развязана с эмиттером и коллектором	1. Дорогой 2. Боится статического электричества 3. Ограничения по напряжению затвора		
Примеры применения			
<p>n-p-n</p>	<p>p-n-p</p>	<p>N-канальный</p>	<p>P-канальный</p>
<p>Обратите внимание: в примерах применения показано правильное расположение транзистора относительно R_н (нагрузки). Если транзистор и R_н поменять местами, то транзистор будет открываться не полностью. Резистор R1 показывает как надо подтягивать базу, чтобы транзистор был закрыт при разомкнутом Кл. При замыкании ключа Кл, транзистор откроется полностью.</p> <p>При проектировании силовой схемы необходимо продумывать как поведут себя транзисторы при включении ЗУ, когда напряжение в схеме уже есть, а процессор еще не проснулся. Силовые транзисторы в момент включения ЗУ или при зависании процессора должны быть закрыты (разомкнуты).</p>			
Основные параметры транзисторов			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Максимальный ток через транзистор. 2. Максимальное напряжение. 3. Коэффициент усиления тока. 4. Максимальная частота (скорость). 5. Рассеиваемая мощность. 6. Тип корпуса. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Максимальный ток в открытом состоянии. 2. Максимальное напряжение. 3. Емкость затвора, максимальная частота (скорость зарядки затвора). 4. Сопротивление в открытом состоянии. 5. Напряжение пробоя затвора. 6. Рассеиваемая мощность. 7. Тип корпуса. 		
Типичные представители			
KT315, KT361, KT3102, KT3107, KT814, KT815, KT818, KT819, BC847, BC857	VCP53, 80N06, 80P06, IRFZ44N, IRF540		

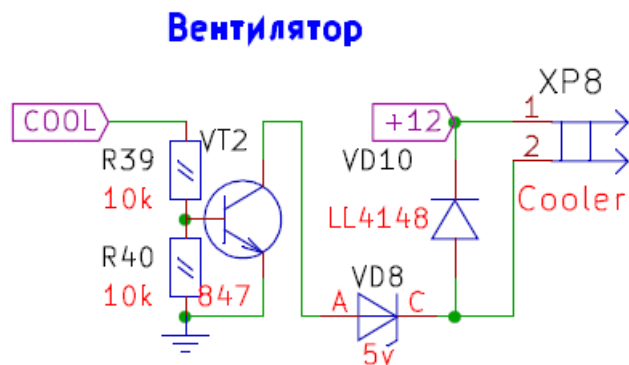
В нашем ЗУ все транзисторы (кроме силовых-разрядных и схемы регулировки подсветки ЖКИ) работают в ключевом режиме, т. е. они либо полностью открыты либо полностью закрыты. При таком использовании транзисторов они по своей функции похожи на кнопку-выключатель. Сама кнопка это база (затвор), а два контакта это коллектор (сток) и

эмиттер (исток).

Зарядным устройством управляет процессор, но его выводы слабые, поэтому процессор управляет транзисторами, а транзисторы управляют сильными токами. Иногда токи настолько большие, что приходится использовать связку: процессор — слабый транзистор — сильный транзистор или процессор — драйвер — сильный транзистор.

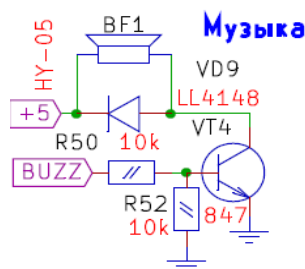
В схеме используется 6 сильных и быстрых полевых транзисторов, две микросхемы драйверов (управляющих полевыми транзисторами), 23 слабых биполярных, 14 двойных транзисторов Дарлингтона (в балансирах).

Применение транзисторов в схеме ЗУ:



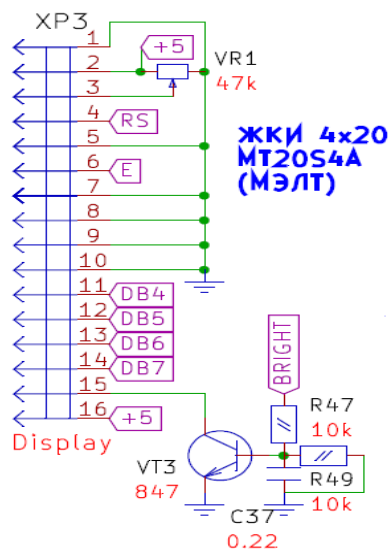
Компьютерный вентилятор (12в) от видео карты соответствующего размера подключен положительным выводом к +12в. В параллель к вентилятору в обратном направлении присоединен диод, чтобы погасить возможные индуктивные выбросы от мотора вентилятора. Далее в сторону земли присоединен стабилитрон, который понижает напряжение на вентиляторе на 5в. Итоговое напряжение на вентиляторе получается $12-5=7$ в. Этого достаточно чтобы вентилятор крутился, не создавая шума. И вся эта конструкция присоединяется к земле через транзистор, база которого подтянута к земле, т. е. он закрыт если управляющая нога COOL висит «в воздухе» или прицеплена к земле. И только при положительном напряжении +5в на COOL транзистор открывается, и вентилятор включается.

В данном подключении есть неприятный момент. Напряжение +12в (или реальное напряжение питания ЗУ) гальванически может поступать на управляющую ножку COOL, которая является выводом процессора. Это очень плохо для процессора. Но так как у нас соединение с COOL через 10 кОм, а на ножках процессора стоят встроенные защитные диоды то это допускается.

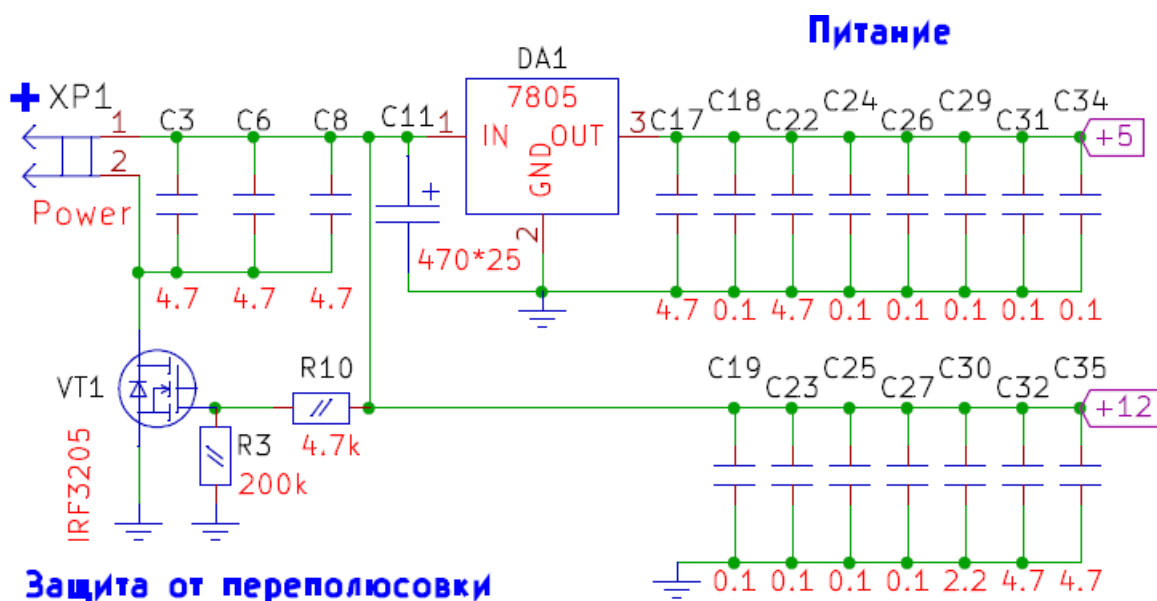


Управление биппером происходит с использованием транзистора. Плюсое напряжение с процессора оттягивает мембрану динамика, а нулевое отпускает. Диод защищает от индуктивных выбросов, если у вас динамик настоящий, а не пьезо. База

притянута к земле, чтобы транзистор был закрыт при отсутствии сигнала на управляющей ноге BUZZ.

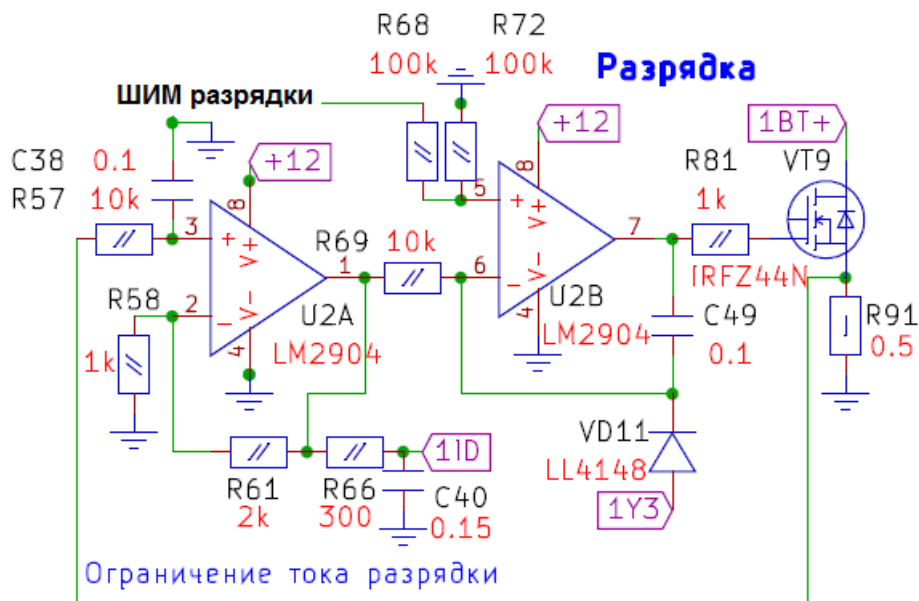


Транзистор VT3 используется для регулировки яркости подсветки ЖКИ (15 и 16 нога ЖКИ питание светодиодной подсветки). На управляющую ножку BRIGT поступает 8-ми битный ШИМ с процессора, что позволяет выставить на базе транзистора напряжение от 0 до 5в с шагом 0.04в. Сам процессор не может зажечь подсветку, не хватает мощности вывода. Но вот транзистор с этим справится. Резисторы и конденсатор играют роль фильтра низких частот, чтобы сгладить ШИМ. Хотя это и необязательно. Сами светодиоды могли бы загораться и гаснуть с разным ШИМ и тем самым регулировать яркость.



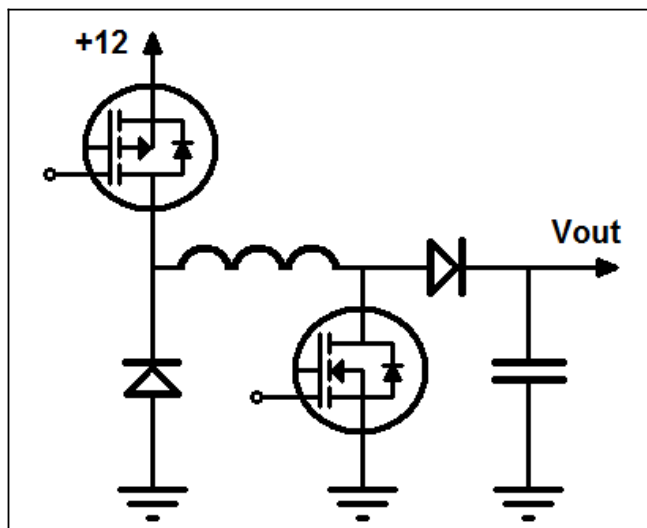
В данном фрагменте схемы полевой транзистор защищает ЗУ от неправильной полярности источника питания. Если полярность перепутана, то транзистор не откроется, потому что на затворе будет отрицательное напряжение по отношению к истоку, и минус источника питания не будет присоединен к земле схемы ЗУ. При правильном соединении на затворе будет +12в и транзистор откроется.

Микросхема 7805 преобразует +12в в +5в. Конденсаторы сглаживают шумы на шинах питания +12в и +5в. Наше ЗУ это очень сильный импульсный потребитель. Когда оба канала заработают на полную мощность, +12в и земля будут сильно зашумлены. К счастью, в это время нет необходимости делать точные измерения (это как правило начало заряда). Все точные измерения будем делать при выключенном или при малом токе в конце заряда.



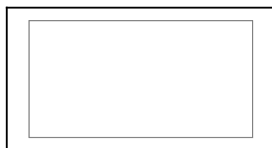
В схеме разрядки полевой транзистор работает в линейном режиме. Схема на ОУ подбирает такое управляющее напряжение на затворе, чтобы транзистор открылся ровно на столько чтобы обеспечить нужный ток разрядки. При этом транзистор на себе будет рассеивать разряжаемую энергию.

Силовая часть



Этот маленький кусочек схемы — мышцы зарядного устройства. Когда-то давно было решено питать зарядное устройство от 12в. Так удобно заряжать и в поле и дома. Но этот выбор повлек за собой проблему: необходимо выбрать силовую схему для получения любого напряжения (0-30в) и любого тока от 0-5А из имеющихся 12в 30А.

В предыдущем ЗУ v1.7 была сделана попытка использовать схему SEPIC (смотрите описание ЗУ v1.7).



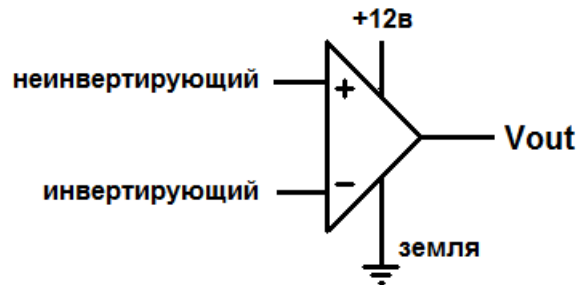
В новой силовой части один дроссель вместо двух, но два диода вместо одного. Поменяли шило на мыло. В новой схеме нет среднего конденсатора. В новой схеме два транзистора. Но главное: в новой схеме частота преобразования всего 10 000 — 20 000 Гц (в старой было 250 000 Гц). Такое понижение частоты даст нам выигрыш в КПД на переключениях транзисторов и повысит эффективность выравнивающих электролитов. Напомним, что при каждом переключении транзисторов и диодов в момент переключения происходит утечка энергии в виде тепловыделения. А в новой схеме количество переключений в 10-20 раз меньше.

Наша новая силовая часть может работать в двух режимах: понижающем и повышающем. В режиме понижения нижний транзистор закрыт, а верхний транзистор управляется ШИМом. В режиме повышения верхний транзистор всегда открыт, а нижний управляется ШИМом.

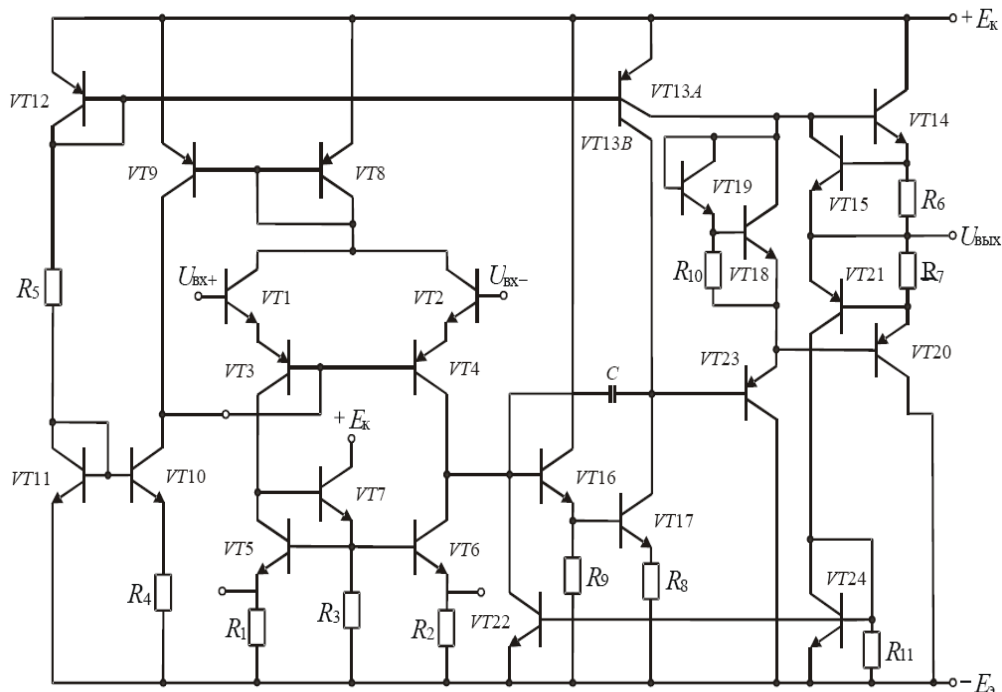
Важным элементом силовой схемы является дроссель. Он работает как накопитель энергии. В режиме понижения он сглаживает выходное напряжение сопротивляясь открытию и закрытию верхнего транзистора. В режиме повышения он накапливает энергию, когда нижний транзистор замкнут и выплескивает ее на выход когда транзистор размыкается. Правый диод обеспечивает режим повышения. Левый диод защищает транзисторы от пробоя при их размыкании, т.к. дроссель в этот момент реагирует выбросом энергии и ему необходимо обеими концами быть к чему-нибудь прицепленным, иначе будет искра как в катушке зажигания в автомашине.

Операционные усилители

В схеме ЗУ v2.0 используется 16 операционных усилителей. Они объединены по 2 штуки в каждой микросхеме LM2904. Это обозначение операционного усилителя (кратко ОУ):



А это принципиальная схема ОУ. Не пугайтесь она нам не понадобится. Просто посмотрите какое сложное устройство этого маленького треугольничка.



В нашей схеме все операционные усилители однополярные. Это значит, что нет отрицательного питания. Есть только +12в и земля. Поэтому ниже описаны только однополярные ОУ.

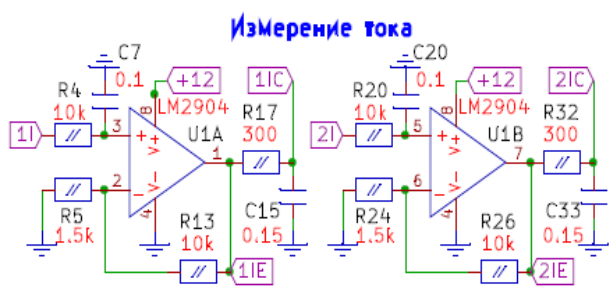
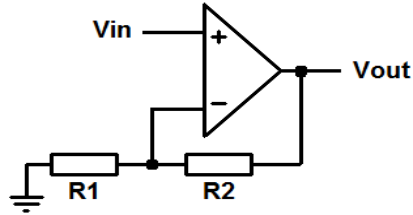
Однополярный ОУ это:

1. Устройство с 5 ножками. Две ножки питания: +12в и земля, 2 ножки входы (инвертирующий «-» и неинвертирующий «+») и одна ножка выход.
2. Если напряжение на «-» больше чем на «+», то на выходе будет земля.
3. Если напряжение на «+» больше чем на «-», то на выходе будет +12в.
4. Если ОУ обвешан резисторами и конденсаторами, то на выходе будет такое напряжение, чтобы на входах «+» и «-» напряжения сравнялись (как правило мы устанавливаем жесткое напряжение либо на «+» либо на «-», а потом ждем что получится на выходе: при этом нежесткий вход зависит от выхода через резисторы и конденсаторы. Согласно 4-го правила: ОУ будет стараться так изменить выход, чтобы напряжения на «+» и на «-» сравнялись).

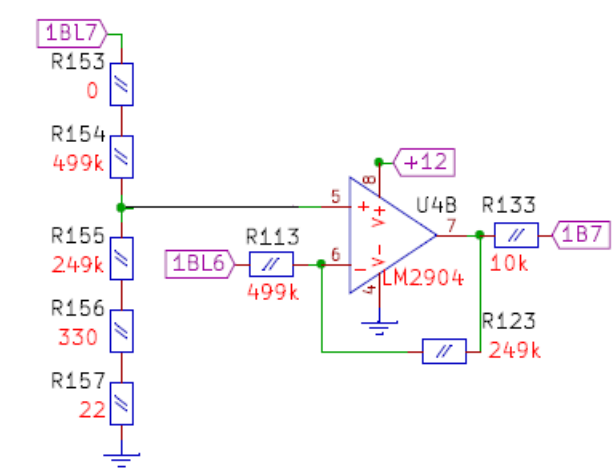
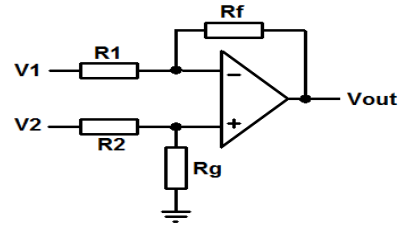
Идеальный ОУ работает мгновенно. Идеальный ОУ не потребляет ток на входах, а выход ОУ бесконечно сильный и к тому же RailToRail (от рельсы до рельсы, т. е. выдает напряжения ровно от земли до напряжения питания +12В). К сожалению, наша микросхема LM2904 совсем не идеальный ОУ, но параметры из описания на микросхему были проверены и они нас устраивают по скорости и точности.

Операционный усилитель относится к аналоговой части схемы. Мы будем применять ОУ для решения следующих задач:

1. Усилитель напряжения. Напряжение упавшее на шунте 0.05 Ом (для измерения тока в режиме зарядки) очень мало (приблизительно 0.25В), а нам надо 2 - 2.5В, т. е. надо умножить приблизительно на 8-10. Напомним, что процессор тем точнее измеряет напряжение чем ближе это напряжение к 2.5в снизу.

В схеме ЗУ	Теория
 <p>(R4, C7) (R17, C15) (R20, C20) (R32, C33) – сглаживающие RC-фильтры.</p>	 $V_{out} = V_{in} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$

2. Дифференциальный вычитатель. Процессор измеряет все напряжения относительно земли, а в нашем балансира 7 банок по 4.2в, и точность нужна ±0.01в. Такую точность наш 1024-уровневый АЦП на 30 вольтах дать не может. Поэтому мы отнимем от напряжения 7 банки (7*4.2в) напряжение на 6 банке (6*4.2в) (эти напряжения измеряются относительно земли) балансира и получим только напряжение на 7 банке 4.2в. Потом это напряжение приведем к диапазону до 2.5в, а потом будем его измерять на АЦП.

В схеме ЗУ	Теория
	 $V_{out} = V_2 \left(\frac{(R_f + R_1) R_g}{(R_g + R_2) R_1} \right) - V_1 \left(\frac{R_f}{R_1} \right)$ <p>если $R_1 = R_2$ и $R_f = R_g$, то:</p> $V_{out} = \frac{R_f}{R_1} (V_2 - V_1)$

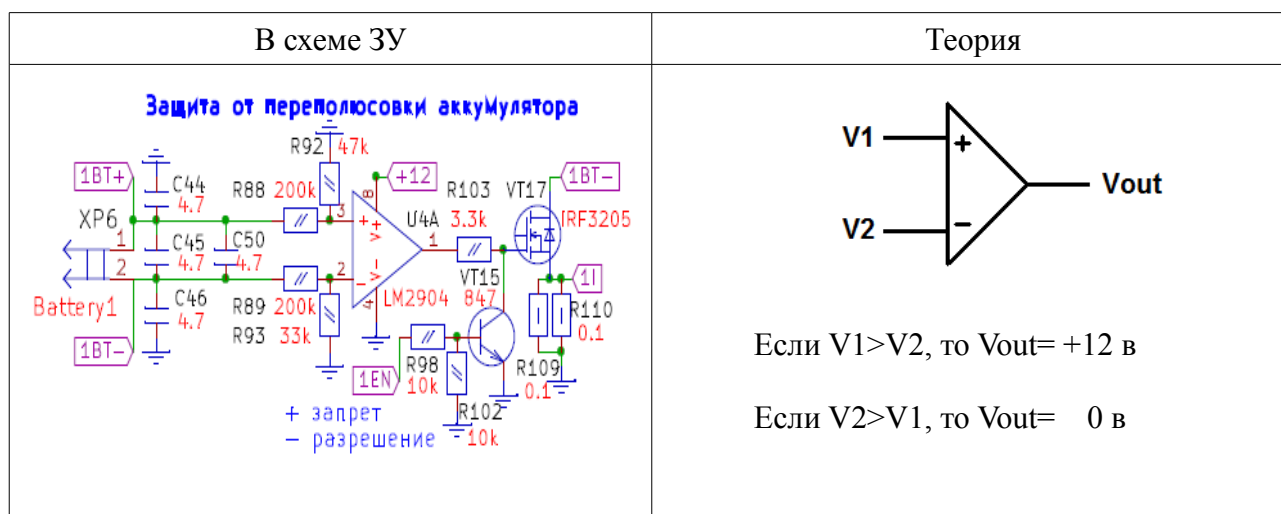
Формула вычитателя имеет нелинейную особенность: для ее компенсации понадобилось добавлять малые резисторы в R_g для получения одинаковых V_{out} . Эту схему я позаимствовал, не поняв суть. И, поэтому, неверно рассчитал номиналы: поставил 249620, а надо было 249750; поставил 249330, а надо было 249680. Тогда V_{out} был бы поровнее. Но т.к. большинство собранных ЗУ будет с 5% резисторами, коэффициенты (kV_b) придется программно корректировать или перепаявать резисторы.

Банка	V1	V2	R1	Rf	R2	Rg	Vout	(V2-V1)/Vout	kVb
3	8,4	12,6	499000	249000	499000	250500	2,1210	1,9802	0,00060431
4	12,6	16,8	499000	249000	499000	250200	2,1227	1,9786	0,00060382
5	16,8	21	499000	249000	499000	249910	2,1213	1,9799	0,00060422
6	21	25,2	499000	249000	499000	249620	2,1167	1,9843	0,00060555
7	25,2	29,4	499000	249000	499000	249330	2,1088	1,9917	0,00060782

3	4	6	499000	249000	499000	250500	1,0100	1,9802	0,00060431
4	6	8	499000	249000	499000	250200	1,0108	1,9786	0,00060382
5	8	10	499000	249000	499000	249910	1,0101	1,9799	0,00060422
6	10	12	499000	249000	499000	249620	1,0079	1,9843	0,00060555
7	12	14	499000	249000	499000	249330	1,0042	1,9917	0,00060782

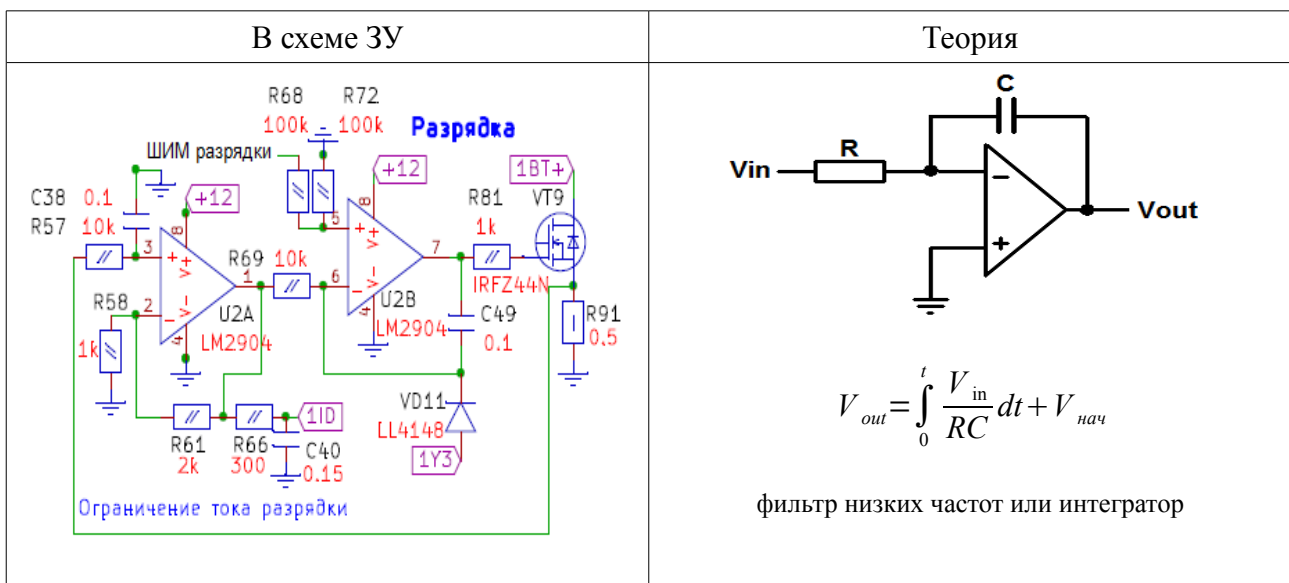
3. Компаратор («сравниватель» напряжений). Используется в защите от нарушения полярности аккумулятора. Эта схема не дает полноценно прицепить аккумулятор к схеме ЗУ, если полярность нарушена. Компаратор сравнивает напряжения на клемме «минус» и на клемме «плюс» и если минус больше плюса, то клемма «минус» (1BT-) аккумулятора не соединяется с землей схемы и дальнейшая работа с аккумулятором невозможна.

U4A – ОУ в режиме компаратора. Сравниваются поделенные напряжения на плюсовой и минусовой клемме аккумулятора. Делители подобраны таким образом, чтобы напряжения не превысили напряжение питания ОУ и для обеспечения правильной работы компаратора даже при малом напряжении на аккумуляторе. C44, C45, C46, C50 шумоподавляющие конденсаторы. R98, R102, VT15 управляющая схема отсоединения аккумулятора от земли — используется при окончании заряда для недопущения разряда аккумулятора в режиме ожидания, имеет более высокий приоритет чем компаратор. VT17 непосредственно ключ для отсоединения аккумулятора. R109 и R110 главный измерительный шунт в режиме заряда.

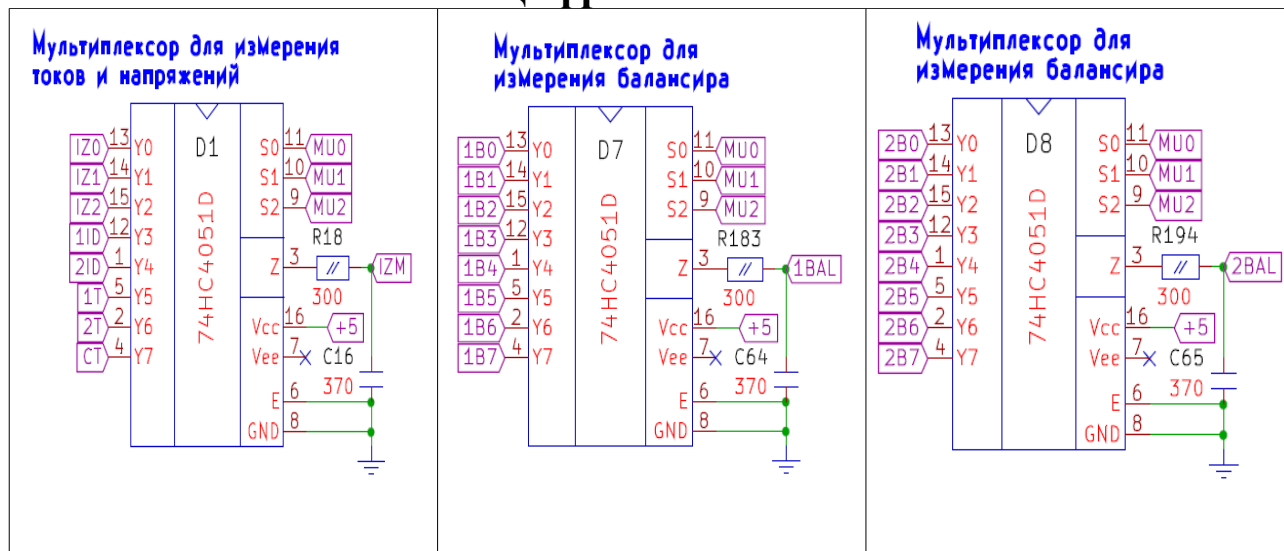


4. Интегратор (сумматор). Используется в разрядной части силовой схемы (правый ОУ), чтобы получить управляющий сигнал для разрядного полевого транзистора такой величины, чтобы транзистор разряжал на себя аккумулятор, обеспечивая заданное значение разрядного тока. При этом энергия аккумулятора будет нагревать транзистор.

Ток разрядки регулируется ШИМом разрядки. Но если ток через R91 превысит определенное значение, то напряжение упавшее на R91 усилится на левом ОУ в 3 раза и запретит дальнейшее увеличение тока. +5в на 1Y3 запрещает разрядку. Напряжение 1D является «током разрядки» и идет на АЦП для измерения.

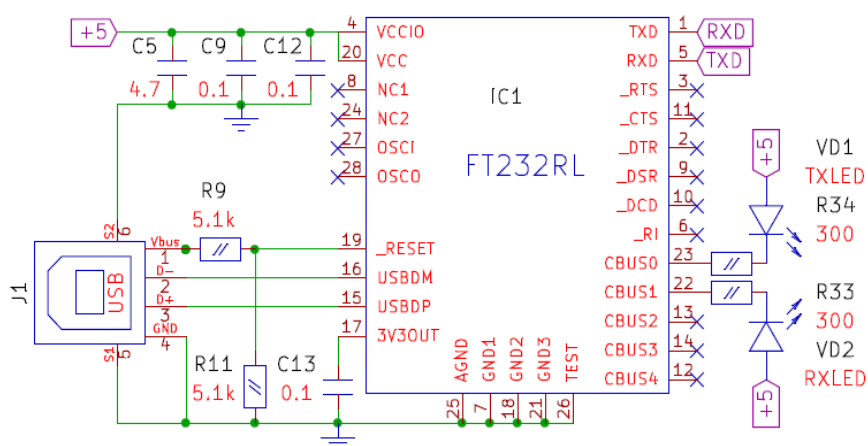


Цифровая часть

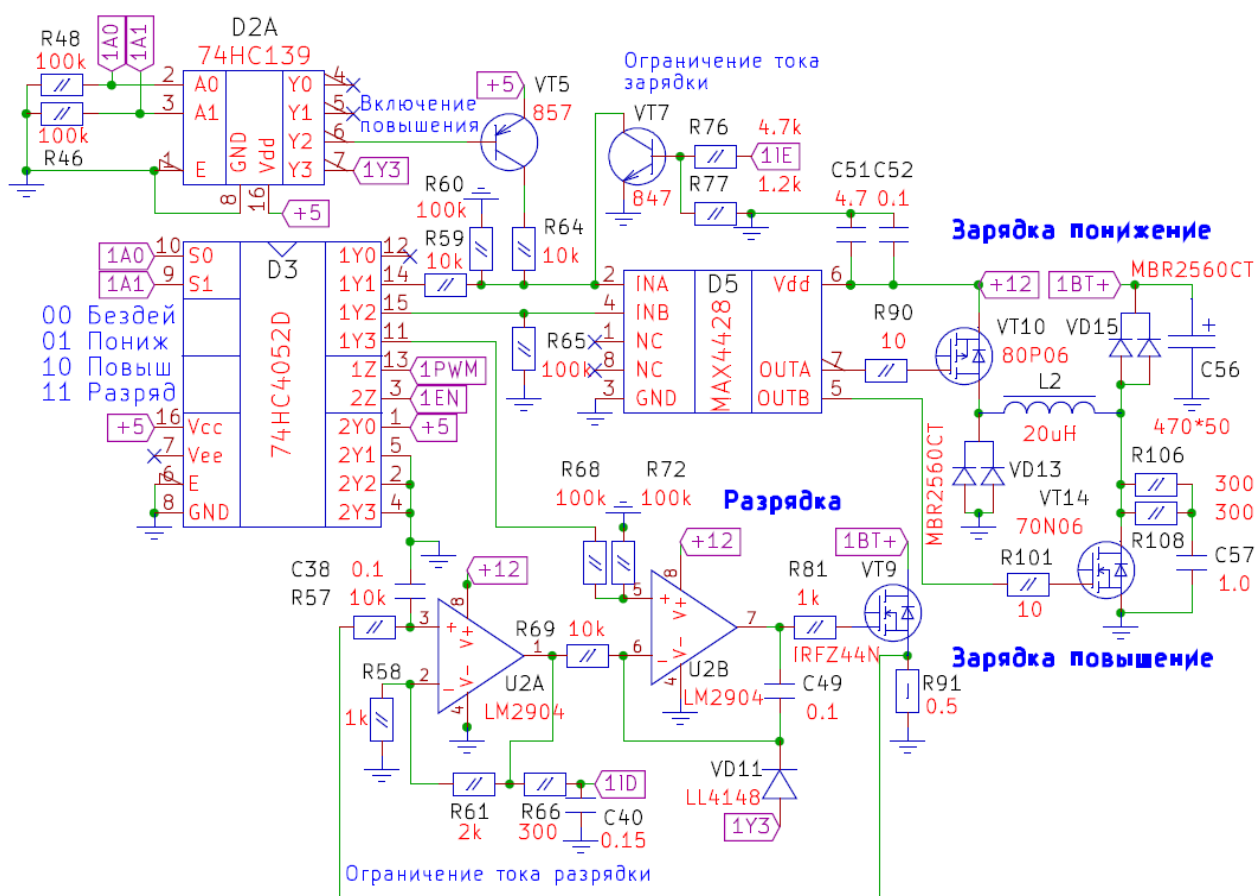


В нашей схеме катастрофически не хватает ножек АЦП на процессоре, поэтому мы используем микросхему мультиплексора — коммутатора для соединения по очереди необходимых нам сигналов с АЦП процессора. 9,10,11 ноги коммутатора определяют какая из входных ножек (Y0-Y7) будет соединена с ножкой выхода (Z), которая идет на АЦП процессора. На выходе стоит небольшой RC фильтр, чтобы сгладить переключения и убрать шумы.

Как видите все три микросхемы работают одновременно, т.к. на адрес идут одинаковые сигналы MU0, MU1, MU2. Это просто очень огромная экономия ног процессора.



Для соединения ЗУ с большим компьютером через USB используем микросхему FTDI FT232RL. При установке драйверов с сайта изготовителя у нас будет полноценная связь посредством виртуального COM-порта поверх USB. Светодиоды будут показывать передачу данных в обоих направлениях.



Казалось бы сложный кусок схемы, но это не так. В правой части изображена силовая — зарядная часть, внизу разрядная часть. Слева и сверху коммутатор, который определяет куда направить ШИМ с процессора: на понижающую зарядку ($V_{out} < 12\text{В}$), на повышающую зарядку ($V_{out} > 12\text{В}$) или на разрядку.

1A0, 1A1 определяет выбор режима:

Сигналы	Режим	74HC4052D двухнаправленный коммутатор	74HC139D дешифратор с инвертированием
1A0=0 1A1=0	бездействие	1PWM → 1Y0 (в никуда)	Y0=0; Y1=1; Y2=1; Y3=1 Y3 – запрещает разрядку
1A0=1 1A1=0	понижение зарядка	1PWM → 1Y1 VT10 управляется ШИМ VT14 разомкнут	Y0=1; Y1=0; Y2=1; Y3=1 Y3 – запрещает разрядку
1A0=0 1A1=1	повышение зарядка	1PWM → 1Y2 VT10 замкнут VT14 управляется ШИМ	Y0=1; Y1=1; Y2=0; Y3=1 Y2 — замыкает VT10 Y3 – запрещает разрядку
1A0=1 1A1=1	разрядка	1PWM → 1Y3 VT10 разомкнут VT14 разомкнут VT9 управляется ШИМ	Y0=1; Y1=1; Y2=1; Y3=0 Y3 – разрешает разрядку

74HC4052D – обеспечивает коммутацию (переключение) ШИМ от процессора в соответствующую часть силовой схемы.

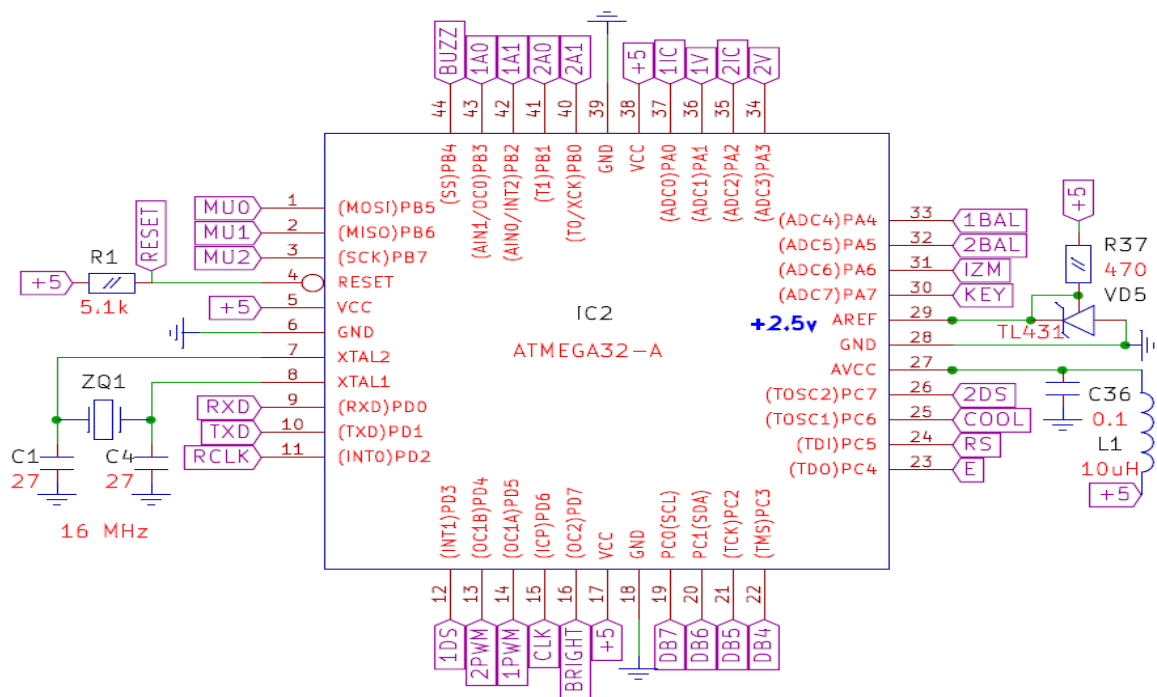
74HC139D – дешифрует режим работы в управляющий сигнал обратной полярности. Это означает, что если ножка активная, то на ней 0. Используются только ножки Y2 и Y3.

Драйвер MAX4428 обеспечивает быстрое переключение силовых транзисторов.

R106, R108, C57 (снаббер) – обеспечивает более четкое переключение силового транзистора.

U2B – интегратор (фильтр низких частот) — превращает ШИМ (размах поделен на 2 = 2.5в) в постоянное напряжение такого уровня чтобы разрядный транзистор полуоткрылся и начал разряжать на себя аккумулятор.

U2A – усилитель напряжения на шунте R91 в $\frac{R58 + R61}{R58} = 3$ раза . Фактически это ток разрядки. Если ток разрядки (напряжение на выходе 1) превысит 2.5в, то U2B отключит разрядку. Разрядку также запрещает +5в на 1Y3, которое проходит через диод VD11.



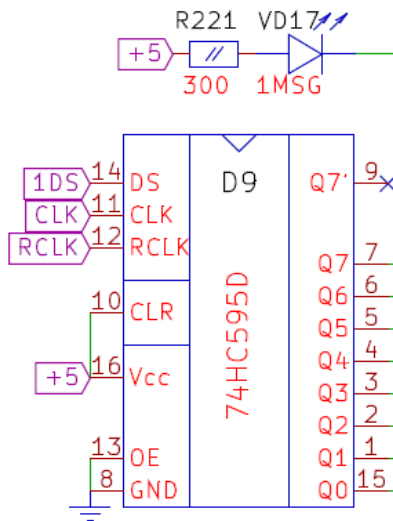
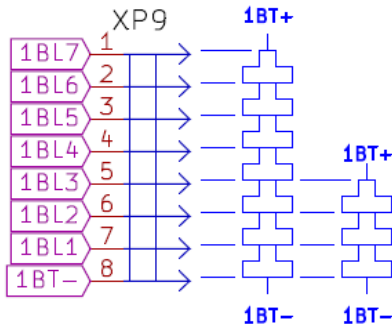
Центральный процессор. C1, C4, ZQ1 задают частоту 16 МГц.

VD5, R37 – задают референсное напряжение 2.5в относительно которого происходит измерение АЦП.

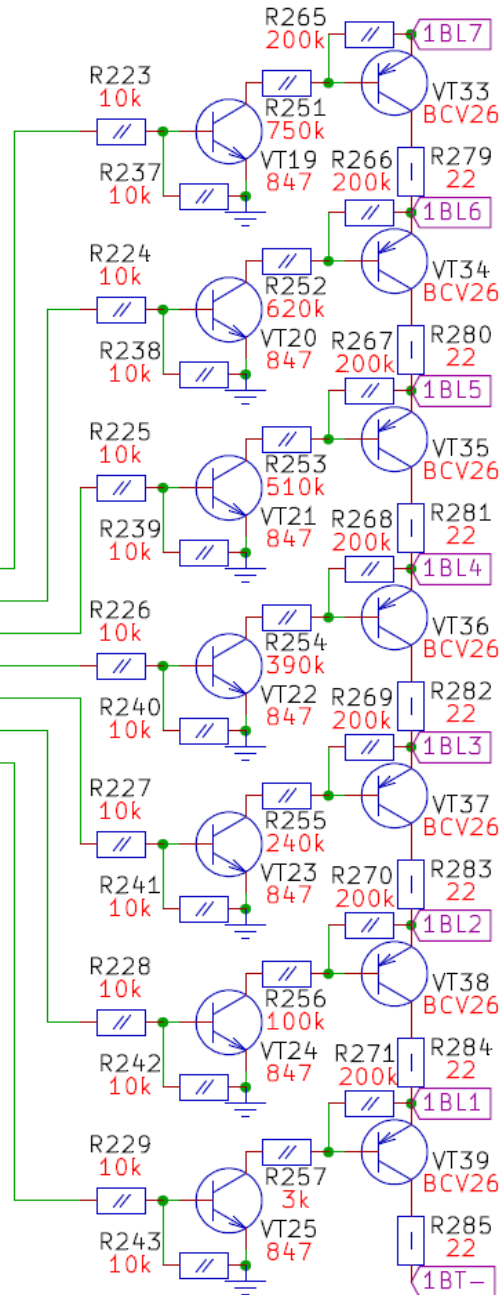
ADC0-ADC7 – измеряют 1024 уровня относительно 2.5в

C36, L1 – повышают точность измерения АЦП.

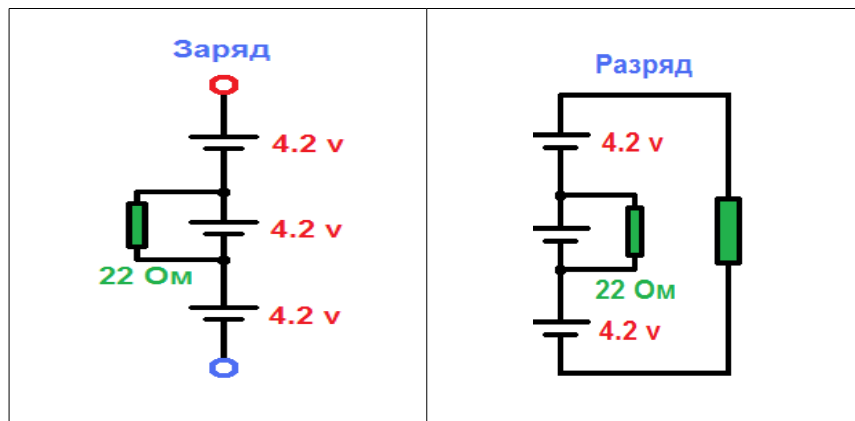
Разъем балансира



Управление балансиром (отключение банок)



Немного упростим схему для ее наглядности



Балансир работает следующим образом:

Если при зарядке, одна из банок быстро заряжается, т. е. быстро набирает напряжение, то балансир подключает параллельно ей транзистор и резистор (транзистор умышленно не нарисован в упрощенной схеме). При этом некоторая часть тока заряда начинает течь в обход «быстрой» банки и это затормаживает ее заряд.

Если сопротивление транзистора стремится к нулю, то обходной ток приблизительно равен $I=U/R=4.2\text{В}/22\text{ Ом}=0.2\text{А}$. Для того, чтобы это сработало, транзистор должен быть полевым или составным или Дарлингтоном. Если транзистор имеет большое сопротивление в открытом состоянии, то обходной ток будет очень мал, и это окажет незаметное воздействие на процесс замедления заряда «быстрой» банки.

Тот же эффект и при разрядке. Балансир знает, у какой банки остался большой заряд (большее напряжение) и именно эту банку нагружает дополнительным током 0.2А, и, тем самым, разряжает ее быстрее, чтобы она сровнялась с остальными по напряжению.

Балансир работает все время заряда или разряда. Обходной ток равен 0.2А. Сопротивление обхода вместе с проводами приблизительно 20-30 Ом. Вот почему провода тонкие. Эти самые 0.2А тока превращаются в тепло на обходном резисторе. Его мощность рассеивания тепла должна быть: $P=I*U=0.2\text{А}*4.2\text{В}\approx 1\text{ Ватт}$.

Если аккумулятор сильно разбалансирован, то никакой балансир тут не поможет, надо менять банку. В ней пошли необратимые химические процессы, которые могут привести к воспламенению аккумулятора при его зарядке.

При покупке аккумулятора проверяйте герметичность упаковки, проверяйте дату изготовления, проверяйте количество принятого заряда на каждую банку.