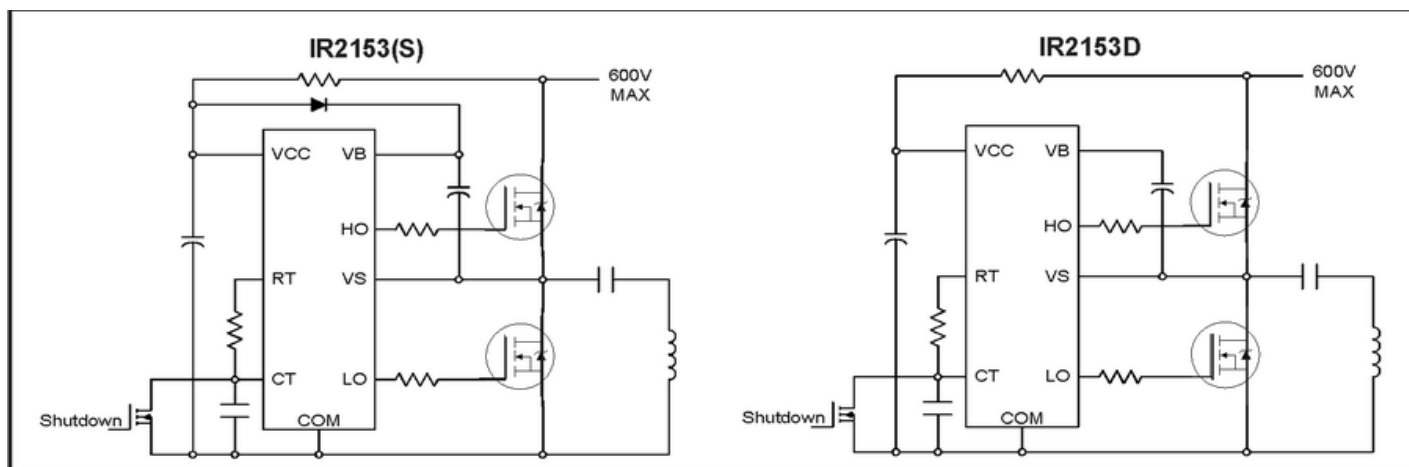


Источник питания на IR2153

Микросхема IR2153 является драйвером управления полевыми и IGBT транзисторами полумоста. Разрабатывалась она для применения в схемах электронного балласта газоразрядных ламп, поэтому её функциональные возможности довольно ограничены. Об этих ограниченных возможностях следует помнить при создании на её основе ИИП. Микросхема позволяет создать простой блок питания, по своей сути это электронный трансформатор с выпрямителем. Не стоит пытаться сделать регулируемый или стабилизированный источник питания со сложными защитами – для этого существуют специализированные микросхемы, и подобные источники питания на них получатся значительно проще.

Типовая схема.



Наличие буквы “D” в названии микросхемы говорит о том, что в неё встроен диод для питания каскада управления верхнего ключа и устанавливать дополнительный диод не надо. Встроенный в микросхему стабилитрон на 15.6 вольт и относительно низкий средний потребляемый ток, обычно в пределах 4...10 мА, позволяют организовать её питание от высокого напряжения через резистор. Организовывать питание другим способом особого смысла не имеет, так как приводит только к неоправданному усложнению схемы. Частота генерации задается резистором и конденсатором подключенным к выходам RT и CT (ножки 2 и 3). Закорачивание выхода CT на минус питания приводит к остановке генерации и запираению ключей. Эту особенность микросхемы можно использовать для организации не сложной защиты. Также следует обратить внимание, что типовая схема включения не требует подключения выхода к мощной средней точке, достаточно развязки по постоянному току через конденсатор.

Частота работы преобразователя

Сама идея создания высокочастотного преобразователя связана с уменьшением массогабаритных характеристик и стоимости. Но при этом возникает ряд новых проблем, с увеличением частоты растут требования к частотным характеристикам применяемых деталей, увеличиваются уровень импульсных помех и переключательные потери.

Более-менее оптимальным решением между двумя крайностями будет выбор частоты преобразователя в районе 40-70 кГц. Поднятие частоты до 100 кГц немного снизит размеры трансформатора, но именно немного. А если учесть, что блок питания состоит не из одного трансформатора, то выигрыш в размере будет совсем не значительным. Также не стоит забывать, что собирая ИИП мы используем сердечник имеющийся в наличии, либо покупаем что-то из доступного. Обычно этот сердечник позволяет сделать трансформатор нужной мощности, не вгоня частоту преобразователя выше 70 кГц.

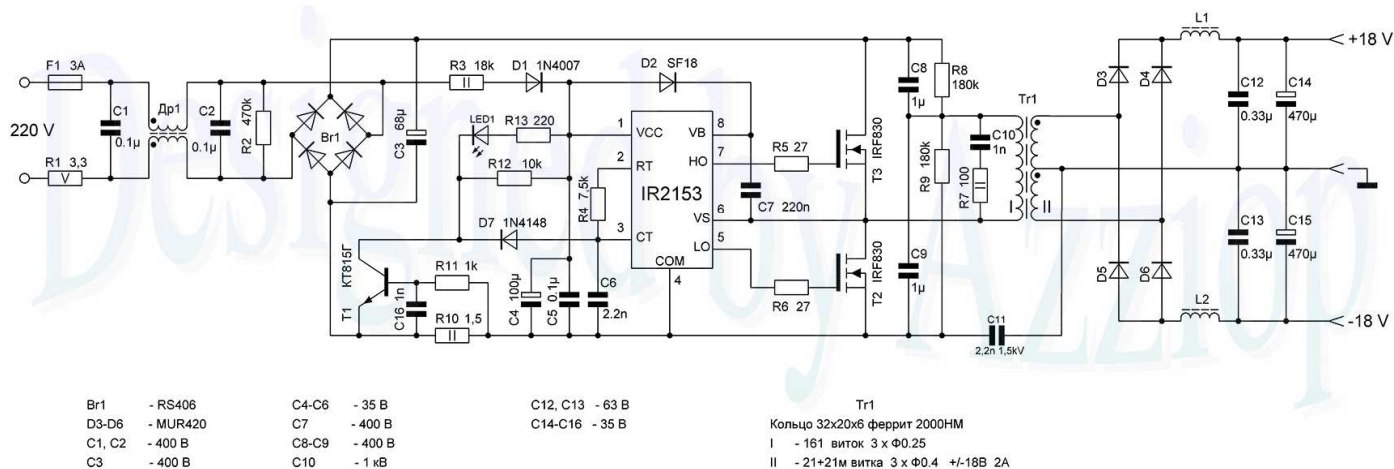
Практическая схема ИИП

В экспериментальных целях был создан источник питания для усилителя на TDA2050. При этом учитывалось, что оптимальное напряжение питания для этих микросхем находится в районе 18В и более 20В на них лучше не подавать.

По ходу описания работы схемы блока питания будут даваться пояснения какие необходимо внести изменения чтоб получить другую мощность (до 400Вт и выше) и другие выходные напряжения.

Изготовление блока питания лучше начинать с расчета и изготовления трансформатора. После этого мы будем знать частоту работы преобразователя и размеры трансформатора.

Блок питания 70 Вт +/-18 В с защитой



Ограничение броска тока при включении.

При включении сети начинается зарядка конденсатора C3. Ток заряда может достигать сотен ампер. Для защиты диодного моста необходимо этот ток ограничить. С этой целью в схему устанавливается либо резистор, либо термистор. Оба решения имеют как свои достоинства, так и свои недостатки. Термистор, имея относительно большое сопротивление при комнатной температуре, ограничивает ток при включении. Затем он нагревается, его сопротивление падает и он на дальнейшую работу схемы практически не влияет. Но для того чтобы он остыл и принял номинальное сопротивление требуется несколько минут. Поэтому, если отключить блок питания и сразу его включить, то горячий термистор не будет ограничивать ток и, при неудачном стечении обстоятельств, возможен пробой диодного моста. Использование обычного резистора имеет другой недостаток – большее тепловыделение при работе схемы.

При мощности ИИП 200...300Вт сопротивление R1 должно быть 1...1.5 ом, либо термистор 3.3...4.7 ом.

Предохранитель также приходится выбирать такой, чтоб он выдерживал первоначальный бросок тока. При мощности до 100 Вт предохранитель должен быть примерно 1.5...2А, при мощности 200...300Вт – 3...5А.

Входной фильтр.

Входной фильтр собран на элементах C1, C2 и Dp1, он защищает блок питания и сеть от взаимных высокочастотных и импульсных помех. В данной схеме решено было ограничить минимумом, но каждому здесь предоставляется полная свобода действий.

Конденсаторы должны выдерживать переменное напряжение не менее 250В, или постоянное не менее 400В. Будет лучше, если брать конденсаторы специально предназначенные для работы в сетевых фильтрах, например типа X2.

Резистор R2 разряжает конденсаторы C1 и C2 после отключения БП от сети.

Выпрямитель.

Силовое питание схемы осуществляется через выпрямитель на диодном мосту Br1 и конденсаторе C3.

Мост должен быть на обратное напряжение не менее 400В. Кроме того, мост должен выдерживать импульсный бросок тока при включении ИИП в сеть. При сопротивлении резистора (или термистора) R1 более 2 ом, возможно применение мостов из серии RS406...RS408. При увеличении мощности ИИП свыше 200Вт и снижении ограничительного резистора менее 2 ом следует выбирать мост с большим допустимым импульсным током, либо делать схему мягкого старта.

Конденсатор C3 также должен быть на 400В или более. Емкость конденсатора выбирается из расчета примерно 1 мкФ на 1 ватт выходной мощности.

Влияние емкости конденсатора на пульсации напряжения рассмотрим на реальных примерах. На входе осциллографа установлен делитель 1:10.

$C_3=68 \text{ мкФ}$, нагрузка на выходе БП отсутствует.



Размах пульсаций напряжения составляет примерно 4 вольт от пика до пика, или $\pm 2\text{В}$ от среднего значения. Частота пульсаций 100 Гц.

$C_3=68 \text{ мкФ}$ под нагрузкой 68 Вт.



Размах пульсаций напряжения увеличился под нагрузкой примерно до 28 вольт от пика до пика, или $\pm 14\text{В}$ от среднего значения.

$C_3=68+220 \text{ мкФ}$ под нагрузкой 68Вт.



В отличие от предыдущих фото с вертикальной разверткой (с учетом делителя) 10В/дел, здесь развертка составляет 2В/дел. Размах пульсаций напряжения на конденсаторе уменьшился пропорционально увеличению емкости и составил примерно 7В от пика до пика, или +/-3.5В от среднего значения.

В некоторых схемах накопительная емкость состоит из двух последовательно включенных конденсаторов. Единственное разумное объяснение такому включению, которое мне удалось найти, это что такая схема позволяет наиболее просто организовать работу блока питания при разных стандартах сетевого напряжения (100...110В и 220...240В). Никаких других достоинств она не имеет.

Если же кто-то решит применить такую схему, то нужно учитывать её особенности. Емкость конденсаторов должна быть в два раза больше, чем при использовании схемы с одним конденсатором. Среднюю точку конденсаторов необходимо стабилизировать резисторами. Подключать трансформатор к средней точке конденсаторов можно только через разделительный пленочный или керамический конденсатор.

Организация питания IR2153.

Как уже было сказано выше, средний ток потребляемый микросхемой обычно находится в диапазоне 4...10 мА. Конкретно он зависит от типа и количества установленных транзисторов (от емкости затвора) и от частоты их переключения. Для уменьшения потребляемого тока следует выбирать ключевые транзисторы с меньшей емкостью затвора и снижать частоту работы преобразователя.

В данной схеме питание IR2153 осуществлено от переменного напряжения через цепь из сопротивления R3 и диода D1. Причем наличие диода не обязательно. Удаление диода из схемы снизит ток выдаваемый цепочкой примерно на 1...3 %, что для большинства случаев не имеет большого значения. Диод можно использовать любой выпрямительный на обратное напряжение не менее 400В.

Изменяя сопротивление R3 от 5.1кОм до 20кОм можно обеспечить питание микросхемы током от 5 мА до 20 мА (в обратной последовательности, больше сопротивление – меньше ток). Вначале рекомендуется установить сопротивление 18...20 кОм и замерить напряжение на выводах 1 и 4 микросхемы. Если напряжение будет более 14.5В, то так и оставляем. Если напряжение будет менее 14.5В, то сопротивление R3 следует уменьшить до ближайшего стандартного значения и вновь замерить напряжение на микросхеме. При использовании сопротивлений 5.1...10 кОм их мощность должна быть не менее 2Вт, если сопротивление R3 более 10 кОм, то достаточно мощности 1Вт. У меня использовалось сопротивление 15 кОм отечественного производства мощностью 2Вт. Такой выбор был сделан для снижения температуры резистора, так как чем больше размер, тем лучше теплоотвод и до меньшей температуры нагревается резистор.

И несколько слов об организации питания микросхемы через резистор (обычно 47 кОм) от плюса входного конденсатора. Среднее действующее напряжение на таком резисторе составляет 260...280 вольт. Среднее действующее напряжение на R3 в этой схеме составляет примерно 100В. Таким образом тепловыделение на сопротивлении в этой схеме будет в 2.6...2.8 раза ниже (при одинаковом токе), что позволяет на резисторе мощностью 2Вт обеспечить питание микросхемы током до 20 мА.

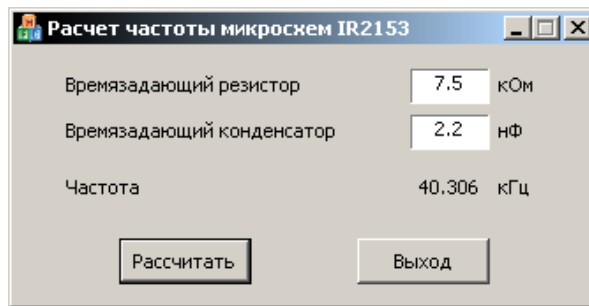
Питание каскадов управления верхним транзистором обеспечивается диодом D2 (для IR2153D не нужен) и конденсатором C7.

Конденсатор C7 пленочный или керамический на напряжение 25В или выше. Емкость не менее 0.22 мкФ при использовании одного транзистора в плече, и не менее 0.47 мкФ при двух транзисторах. Чем больше емкость, тем лучше, но сильно перебарщивать тоже не следует.

Диод D2 должен быть на средний прямой ток 1...2А, обратное напряжение не менее 500В и временем обратного восстановления (reverse recovery time) не менее 100 наносекунд. Под эти параметры подходят SF18, SF28, HER106...108, HER156...158, HER206...208, UF4005...4007, MUR170...1100.

Установка частоты генерации.

Частота работы преобразователя определяется при расчете трансформатора. Здесь нам следует только определить номиналы R4 и C6 для задания частоты генерации микросхемы. Это удобно сделать с помощью программы **Freq2153**.



Емкость конденсатора при этом выбирается из ряда от 330 пикофарад до 10 нанофарад.

Так как детали могут иметь отклонение от номинала, да и программный расчет не гарантирует точного задания частоты, при первых испытательных включениях лучше установить R4 и C6 рассчитанные на частоту превышающую номинальную на 10...15%. В дальнейшем, когда схема будет запущена и будет возможность узнать реальную частоту работы схемы, можно будет заняться подгонкой частоты под необходимое значение. Но без наличия соответствующих измерительных приборов лучше этого не делать. Если реальная частота работы трансформатора окажется ниже расчетной, его сердечник может войти в насыщение что приведет к резкому увеличению тока через ключевые транзисторы и может вывести их из строя.

Полевые транзисторы.

При мощности блока питания до 100Вт возможно применение в схеме транзисторов типа IRF830/ IRF830B.

Применение в схеме транзисторов IRF840/IRF740 (или аналогичных) позволит поднять выходную мощность до 250...300 ватт при использовании одного транзистора на плечо.

Под словом «аналогичные» подразумевается, что напряжение исток-сток будет не менее 400В, сопротивление открытого канала не более 1 ом, емкость затвора не более 1400 пикофарад, допустимый продолжительный ток не менее 8А.

Впрочем, вполне возможно, что на одной паре IRF830/ IRF830B (один транзистор в плечо) можно выжать из ИИП до 500 Вт, а на одной паре IRF840/IRF740 (также один транзистор в плечо) до 1000 Вт.

Управление транзисторами осуществляется через резисторы R5 и R6. Сопротивление этих резисторов может быть от 27 ом до 47 ом

Для увеличения выходной мощности в каждое плечо можно установить параллельно по два транзистора. Затвор каждого транзистора подключается к IR2153 через резистор 47...62 ом.

Обвязка трансформатора.

Конденсаторы C8-C9 выполняют двойную функцию. С одной стороны, дают точку для подключения второго вывода первичной обмотки трансформатора, с другой стороны, подавляют высокочастотные помехи. Сопротивления R8 и R9 служат для разрядки конденсаторов, включая C3. Для уменьшения нагрева резисторов их сопротивление выбрано достаточно большое, из-за чего разряд конденсатора C3 до безопасного напряжения происходит примерно за 30 секунд. После отключения преобразователя от сети не следует прикасаться к высокочастотной части схемы раньше этого времени.

Цепочка R7C10 служит для подавления паразитных колебаний возникающих на трансформаторе вследствие ключевого режима работы транзисторов.

Через трансформатор в выходные цепи могут передаваться помехи. Для их гашения установлен высоковольтный керамический конденсатор C11. Его емкость может быть 2.2...5.1 нанофарад, а допустимое напряжение должно быть не менее 1.5 киловольт.

Посмотрим что происходит в точке соединения конденсаторов C8-C9 при нагрузке 68 Вт..



Мы видим те же самые пульсации 100 Гц, что и на конденсаторе С3, только вдвое меньшей амплитудой. Кроме того, линия получилась широкой.

Попробуем уменьшить развертку и рассмотреть линию в увеличенном виде.



И тут мы видим, что линия пульсаций 100 Гц промодулирована колебаниями 40 кГц, то есть частотой работы трансформатора. Поэтому она и получилась широкой. Размах пульсаций составляет по пикам примерно 4 вольт.

Взглянем на вторичную обмотку трансформатора без нагрузки.



Под нагрузкой.



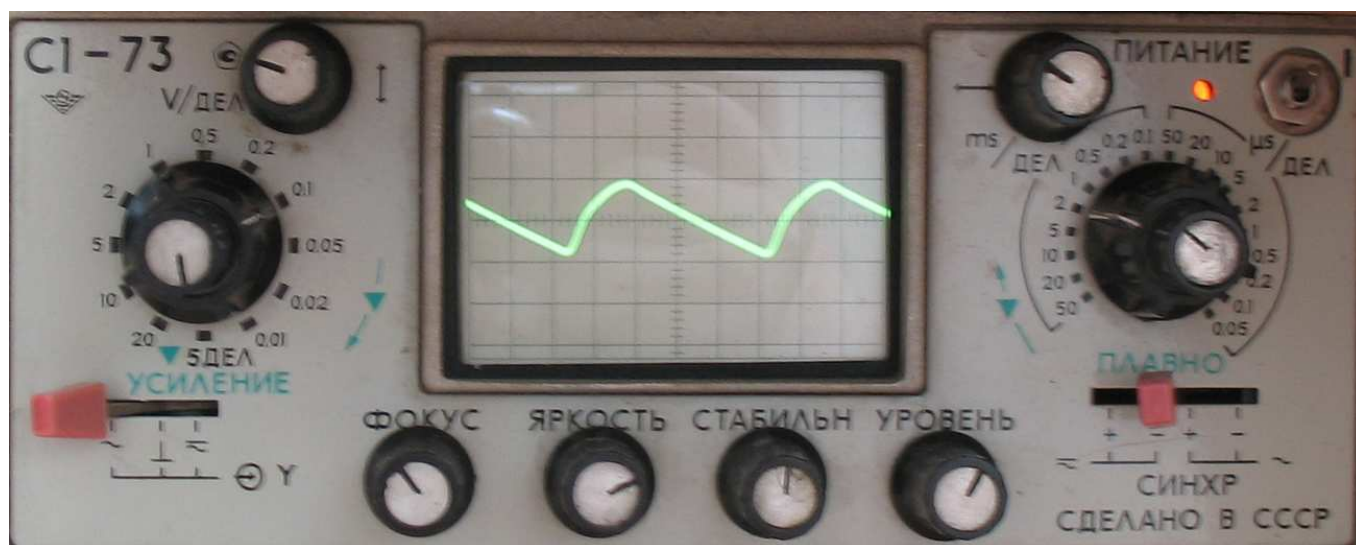
Стала хорошо видна ступенька на центральной линии соответствующая моменту паузы, когда один транзистор уже закрылся, а второй еще не открылся. На предыдущем фото этому моменту примерно соответствует линия спада напряжения в конце импульса.

Выходные цепи.

Диоды выходного выпрямителя должны выдерживать обратное напряжение превышающее выходное не менее чем в 3 раза, а лучше в 6 раз. Время обратного восстановления (reverse recovery time) диодов должно быть не менее 100 наносекунд. Гоняться за диодами Шоттки особого смысла не имеет, так как эти диоды при высоком обратном напряжении имеют потери на прямом токе обычно выше, чем ультрабыстрые диоды. Вполне подходят диоды из серий SF, HER, UF, MUR. Мной были применены BYW29-150.

Дроссели L1 и L2 мотаются на незамкнутом сердечнике (стержень, гантелька), либо на кольце из специального феррита (обычно имеют желто-синий окрас). Мотать на кольце из обычного феррита нельзя. При намотке на одном сердечнике нескольких дросселей необходимо соблюдать фазировку – движение тока вокруг сердечника у всех обмоток должно быть в одном направлении.

Посмотрим напряжение на выходе под нагрузкой 68 Вт.



Мы видим как пульсации 100 Гц с конденсатора С3, пройдя через трансформатор, оказались на выходе блока питания. При среднем напряжении 18В размах пульсаций от пика до пика составил 2В.

Это еще раз подтвердило мысль, что данный ИИП по своей сути является просто заменой сетевого трансформатора и, для снижения пульсаций выходного напряжения, после него необходимо устанавливать конденсаторы большой емкости как это делается в обычных блоках питания. По этой же причине нет особого смысла вставлять в схему самого ИИП на выход конденсаторы более 220-470 мкФ.

Защита.

В схеме применена так называемая “икающая” защита по току потребления. Она собрана на элементах T1, LED1, D7, R10-R13 и C16. Датчиком тока является резистор R10. В случае превышения допустимого тока увеличившееся напряжение на этом резисторе через R11 поступит на базу транзистора T1 и откроет его. При этом через диод D7 будет заземлен вывод 3 IR2153. Это приведет к остановке работы микросхемы и запираению выходных транзисторов. Также загорится светодиод LED1. Прекращение работы выходного каскада приведет к уменьшению потребляемого тока, напряжение на R10 снизится, транзистор T1 закроется, микросхема опять начнет работать. Если причина для повышения потребляемого тока выше допустимого не исчезнет, то процесс повторится снова. ИИП так и будет работать в старт-стопном (икающем) режиме пока причина высокого токопотребления не исчезнет, либо пока он не сгорит.

Конечно, работа данной защиты далека от идеальной. Тем не менее польза от неё есть и это лучше чем ничего. Она обеспечивает плавную зарядку подключенных к выходу ИИП больших емкостей (мягкий старт), чем защищает выходные диоды от перегрузки. По этой причине наблюдается кратковременное срабатывание защиты при включении блока питания. Кроме того, она защищает весь ИИП от короткого замыкания на выходе. И пусть работы защиты хватит всего на 30...60 секунд (а может и на 3 часа, не проверял более 30 секунд), но этого времени достаточно чтоб отключить питание.

Наиболее ответственным элементом защиты является резистор R10. В случае его обрыва сгорят T1, D7, IR2153 и оба выходных транзистора. Без этого резистора схему нельзя включать в сеть.

Резистор перед использованием желательно протестировать. Нужно взять предохранитель, желательно на ток раза в 2 больший, чем предполагаемый для использования в схеме. Резистор подключить через этот предохранитель к мощному источнику тока. Предохранитель должен сгореть раньше резистора. Не имеет значения, если резистор обуглится, главное чтоб он не потерял сопротивление.

Мной был использован импортный резистор мощностью 2 Вт.

Настойка защиты.

В результатах расчета трансформатора в последней строчке (перед **Выходными характеристиками**) есть параметр **Ток потребления** (обозначим его I_p). С помощью этого тока определяем предварительное значение сопротивления R10 по формуле $R_{10}=0.5/I_p$.



К выходу блока питания подключаем цепочки резисторов способные загрузить источник питания расчетной мощностью.

Мной была использована цепочка из резисторов мощностью 5-10 Вт общим сопротивлением примерно 19 ом. При выходном напряжении 36В (2x18В) это обеспечило нагрузочную мощность $P=36 \times 36 / 19 = 68$ Вт. Так как мощность резисторов была значительно ниже мощности подаваемой на них, они были погружены в банку с водой. В дальнейшем это была основная нагрузка при тестировании ИИП

Впаяв расчетный резистор и подключив нагрузку включаем ИИП в сеть. Если защита включилась и не отключается в течении 5 секунд, то отключаем питание и меняем резистор на ближайшее меньшее значение. Так продолжаем до тех пор, пока не подберем резистор при котором защита перестанет срабатывать.

После подбора резистора проверяем срабатывание защиты на короткое замыкание в нагрузке. При работающем ИИП кратковременно, 3...5 секунд, замыкаем плюс с минусом основного выходного напряжения. Кто боится сжечь ИИП (а это возможно) может этого не делать.

А вот что случилось с одним из резисторов после нескольких часов тестирования в банке с водой:



Конструкция и печатная плата

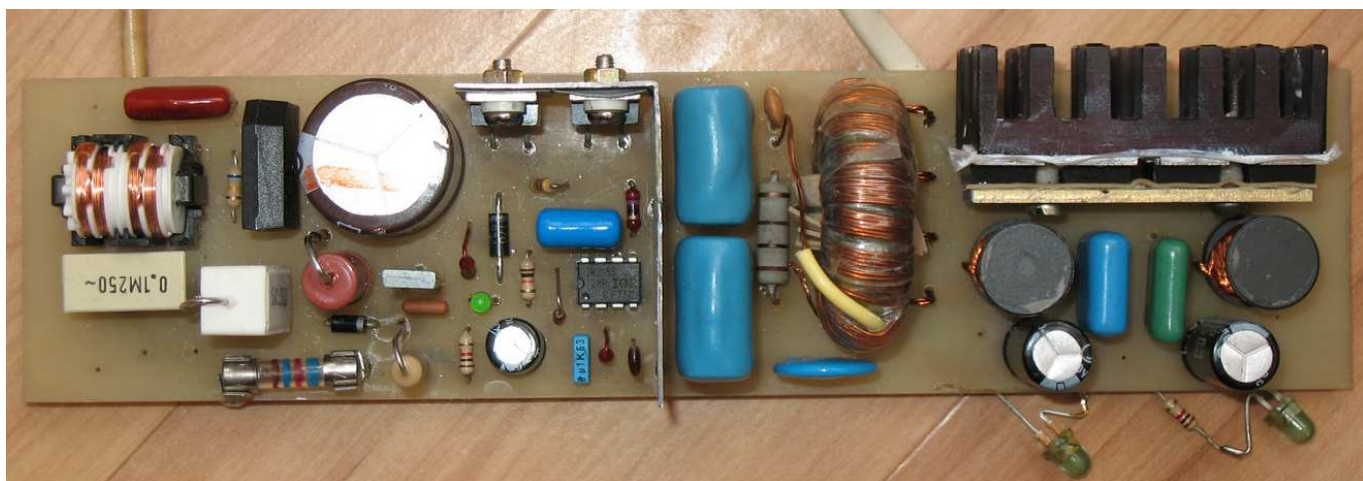
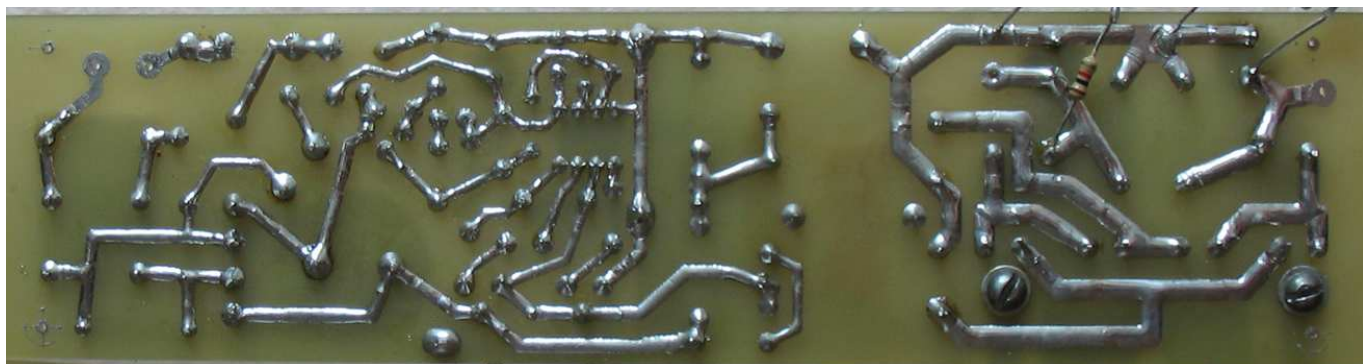
ИИП собирался в основном из деталей имевшихся в наличии. Под них и делалась печатная плата. Впрочем, доработать её под другие размеры деталей особого труда не составляет. При этом необходимо соблюдать некоторые правила.

Для удобства подвода проводников к выводам транзисторов и обеспечения нормального зазора между контактами ножки транзисторов можно немного отогнуть.

Следует стремиться к минимальной длине дорожек от микросхемы до выходных транзисторов, от средней точки транзисторов до трансформатора и от трансформатора до средней точки конденсаторов.

Несоблюдение данных правил может привести как повышенному уровню излучаемых помех, так и к неработоспособности схемы даже при правильном соединении всех деталей между собой.

Кроме того, расстояние между проводниками и деталями высоковольтной и выходной части должно быть не менее 5 мм. Нельзя полевые транзисторы и выходные диоды устанавливать на один радиатор.





Для отвода тепла от транзисторов применен Г-образный радиатор 28x45 мм и высотой 3 см сделанный из железа от корпуса ПК. В нижней части радиатора имеются три ножки для припаивания к плате. Аналогичный радиатор, только из медной пластины толщиной 1-2 мм, можно применить для ИИП с выходной мощностью до 250 Вт.

ИИП при работе излучает помехи в окружающее пространство, поэтому его желательно установить в металлический экран с отверстиями обеспечивающими достаточную вентиляцию. Корпус экрана заземлить. Между экраном и деталями и проводниками высоковольтной части должно быть не менее 5 мм.

Испытания

Первоначально трансформатор был намотан в соответствии с расчетом (вторичка 2x23 витка). Под нагрузкой в 19 ом ИИП выдавал ток 1.9 ампер при выходном напряжении 36В (2x18В), что довольно хорошо соответствовало расчету. Но вот на холостом ходу напряжение поднималось до +/-21В. Так как использование ИИП предполагалось с усилителем на TDA2050, то от каждого плеча вторичной обмотки было отмотано по 2 витка, вторичка при этом стала 2x21 виток. Напряжение на холостом ходу снизилось до +/-19В.

В качестве подопытного кролика были выбраны активные колонки **Microlab B72**. Тестируемый ИИП был подключен к ним вместо штатного питания. При работе от ИИП никаких дополнительных шумов замечено не было. Мощность усилителя выросла, значительно лучше стали звучать низкие частоты. При максимальной громкости напряжение питания практически не проседало ниже +/-18В.

Предупреждения!

При работе с блоком питания следует соблюдать осторожность, так как в схеме присутствуют напряжения опасные для жизни.

Первые включения ИИП в сеть следует производить через последовательно включенную лампу накаливания мощностью 60-100 Вт.

Designed by Azziop 2013

<http://www.tehnari.ru/members/67818.html>