



## 1) Сборка и монтаж.

При сборке компоненты монтируются "по росту":

1. Компоненты поверхностного монтажа, кроме резистора ППК, R3 .
2. Выводные резисторы малой мощности, выводные диоды, светодиоды и стабилитроны, кроме стабилитронов D11, D18 и светодиодов LED2, LED 3.
3. Мощные выводные резисторы, кроме эмиттерных резисторов первой пары ВК, R63, R64 .
4. Выводные пленочные и керамические конденсаторы, электролитические конденсаторы в питании ОУ и панелька ОУ, кроме конденсатора ФНЧ С2.
5. Маломощные и средней мощности транзисторы, тиристор.
6. Электролитические конденсаторы на шинах тройки повторителей и ФНЧ питания УН.
7. Выходная тройка повторителей, кроме транзисторов Т31, Т32.

При сборке важно не превышать температуру жала паяльника. 300-320°C для пайки вне полигонов и 370-380°C для пайки на полигонах. Оптимально иметь регулятор температуры жала паяльника или паяльную станцию. Все smd элементы важно проверять на соответствие номиналам и функционалу как ДО припаивания их на плату, так и СРАЗУ ПОСЛЕ, дабы исключить их возможный обрыв или пробой элемента и предупредить неприятные последствия. Переходные металлизированные отверстия, в том числе и через ножки выводных элементов, перед монтажом желательно проверить мультиметром в режиме прозвонки, чтобы исключить дефекты платы. Переходные металлизированные отверстия через ножки переходов необходимо пропаявать с обеих сторон монтажа.

Опытным радиолюбителям это все известно и так, но напомнить считаю не лишним.

Монтаж тройки выходных повторителей под платой у многих вызывает трудности, поэтому немного поясню, как делаю я. Есть 2 варианта.

Первый- монтаж по сверильному шаблону. Т.е на бумаге печатается проекция центров крепежных отверстий платы в ее контуре и транзисторов тройки повторителей, включая отверстие под транзистор термодатчика. Далее из плотного картона или оргалита вырезается прямоугольник в размер основания будущего радиатора, размечается линейкой или штангелем в соответствие с симметричным расположением платы на нем. По нескольким точкам рисуется контур платы. Далее контур платы с проекциями отверстий транзисторов вырезается из бумаги и приклеивается к плотной заготовке из оргалита или картона, который является шаблоном основания радиатора с размеченным контуром платы.

Дальше нужно просверлить сверлом 1.5 мм центры крепежных отверстий платы и транзисторов в

шаблоне.

Теперь останется только приложить шаблон к радиатору и разметить по нему все крепежные отверстия и отверстие под термодатчик. Далее сверлим и нарезаем резьбу М3 под стойки платы и крепление транзисторов.

Изготавливаем из обрезков текстолита кондуктор для сгибания ног транзисторов. Для этого измеряем расстояние от края платы до центра посадочных пятачков на плате. Это расстояние будет базисом, от которого вычислим необходимую длину ножек транзистора до изгиба и необходимый отступ от центра крепежного отверстия до края платы. Для этого положим транзистор на бумагу и очертим его контур для наглядности, обозначив длину корпуса и ножек.

Вокруг крепежного отверстия начертим пояс, обозначающий шляпку крепящего болтика. Диаметр ее можно измерить или очертить болтик по месту. От края платы до крепежного болтика я обычно беру припуск в 2 мм. Итого от пояска болтика на контуре транзистора отступаем 2 мм к нижнему краю корпуса и ставим риску, которая будет обозначать край платы. Этого достаточно для удобного монтажа транзисторов. Теперь на отрисованном контуре откладываем измеренное базисное расстояние, подразумевая, что риска- это край платы, а противоположный конец отрезка- точка изгиба ножек. Теперь остается измерить расстояние на базисном отрезке от нижнего края корпуса до места изгиба и вырезать из кусочка текстолита кондуктор, с произвольной длиной и необходимой измеренной шириной. Полученной точности в 99% случаев достаточно для качественного монтажа транзисторов под платой. Остается дело техники: кондуктор упираем в нижний край корпуса транзистора, ножки плотно прижимаем к кондуктору и гнем по одной, стараясь получить минимальный радиус изгиба. Теперь вкручиваем в радиатор стойки и транзисторы наживляем болтами к радиатору, не затягивая их. При этом, если планируется применение толстых прокладок из керамики, их необходимо проложить сразу. Дальше "одеваем" плату на ножки транзисторов, просовывая их в соотв. посадочные места на плате, максимально выравниваем плату относительно радиатора и фиксируем ее на стойках болтиками, притягиваем хорошо.

Припоем фиксируем по одной ножке каждого транзистора. Т.к. плата двухсторонняя, сделать это просто, припаиваем сверху к металлизации Посадочных пятачков. Потом притягиваем с нормальным усилием все транзисторы к радиатору и пропаиваем остальные ножки так же, сверху. Потом откручиваем плату и транзисторы и пропаиваем их ножки снизу. Монтаж закончен.

Второй способ исключает изготовление шаблона для разметки сверловки, а делается сразу кондуктор, гнутся ноги транзисторов. Отверстия под стойки разметить можно сразу на радиаторе, просто приложив к нему пустую плату. Сверлим отверстия под стойки и нарезаем резьбу. Вставляем транзисторы в посадочные места и чуть расклиниваем крайние ножки, чтобы они не выпадали. Ставим плату на стойки и прикручиваем, под транзисторы не забываем заранее положить прокладки, чтобы компенсировать их толщину при запайке. Прихватываем припоем, также сверху, по две ножки транзисторов. Затем максимально выравниваем транзисторы на глаз и запаиваем третью ножку. Теперь можно прямо по месту разметить все отверстия для крепления транзисторов. Дальше понятно.

Этот способ более быстрый, для ленивых. :)

## 2) Настройка.

### а) Подбор светодиодов и стабилитронов.

К сожалению, из-за неидеальности полупроводников, в особенности стабилитронов, имеется существенный разброс напряжения стабилизации, особенно при малых токах стабилизации и нагрузке.

Параметры применяемых в опорах стабилитронов очень критичны в этой схеме. Поэтому купить их необходимо штук 20 или больше или подобрать прямо в магазине. :) Подбор осуществлять обязательно на токе 4-4.4 мА. Для этого собираем простейшую схему из источника питания и балластного резистора. Рассчитываем балластный резистор по закону Ома. Включаем, проверяем расчетный ток и подбираем стабилитроны в пары по падению на них. Для удобства можно разграфить лист бумаги и, после проверки, помещать измеренные приборы в графы и подписывать напряжения на них. Все, что ниже 3.55 и выше 3.67 В отсеиваем.

Дальше подбираем светодиоды, которых тоже желательно купить штук 10. Тут проще, т.к. разброс у них намного меньше. Обеспечиваем ток схемы балластником в пределах 2-2.2 мА, включаем светодиод в схему и меряем падение. Светодиод должен светиться. Падение на светодиодах нам требуется 1.77-1.82 Вольта и тоже по возможности максимально близкое в парах/четверках. Дальше впаиваем их в схему и переходим к проверке и настройке.

### б) Первое включение и проверка режимов.

Итак, предполагаем, что плата спаяна аккуратно и без ошибок.

Тогда первым делом нужно проверить режимные токи и напряжения. Т.к. питание двухуровневое, то запитывать сразу УН и УТ не обязательно. Поэтому, предварительно повернув резистор настройки тока покоя R37 до упора против часовой стрелки, а резистор настройки порога защиты R50 до упора по часовой стрелке, и включив в разрыв первички трансформатора лампу накаливания мощностью 100 Вт, подаем питание только на клеммы УН. Напряжение желательно не ниже 45 В и не выше 55 В.

Если лампа не горит, то все в норме и ее можно пока исключить. Измерения начинаем с питания ОУ. Отклонения в 5-7% это нормальное явление из-за разброса стабилитронов.

Дальше нас интересует плавающий ГСТ, который дает ток опорным стабилитронам УН. В нем обязательно применение красных светодиодов с падением 1.75- 1.8 В. Первым делом проверяем падение на светодиодах HL1 и HL2, которое мы подбирали при токе 2- 2.2 мА, при этом они должны светиться. Если падение в норме, то, для контроля, необходимо измерить падение на резисторах R29 и R33. По закону Ома вычисляем ток через резисторы. Должно получиться 2.1-2.2 мА. Если ток соответствует, то теперь обязательно проверяем напряжение на наших подобранных стабилитронах. 3.6 В +- 5% допустимо. Измеряем постоянное напряжение на выходе ОУ. При хорошей точности подбора опорных стабилитронов должно получиться не более 40 мВ. Дальше измеряем падение на

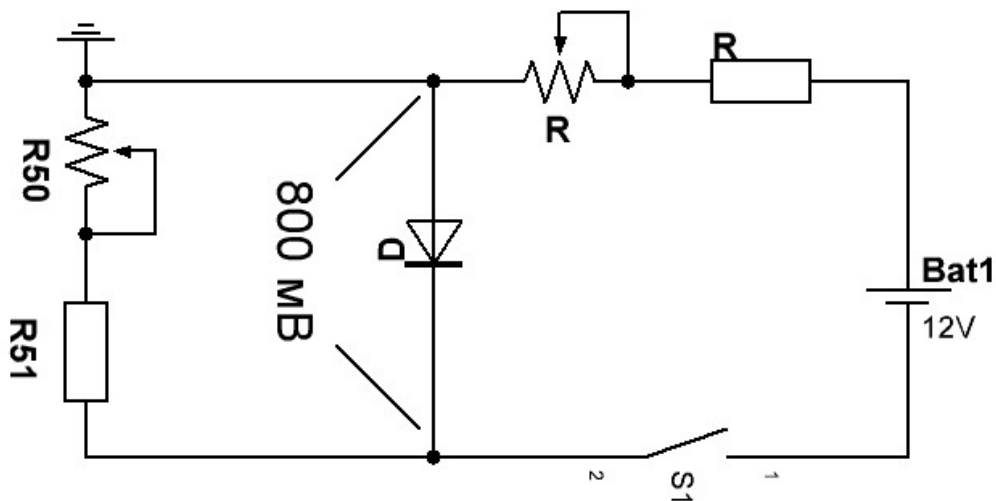
эмиттерных резисторах троек Аконова и вычисляем ток. Должен быть в пределах 17,5-18 мА. Еще можно проверить токи ДК и ГСТ. Тут может быть разброс до 10%.

б) Настройка порога защиты.

(!) Перед настройкой порога необходимо запаять проводки цепи сброса тиристора.

Порог срабатывания защиты удобно настраивать, имея опорное напряжение. Проще всего опорное напряжение необходимого уровня получить с диода.

Собираем схему ИОН на диоде.



Здесь R50 и 51 - это резисторы в схеме усилителя. Верхний по схеме вывод R50 необходимо заземлить на землю платы усилителя, просто кинув перемычку изолированным проводком.

Напряжения источника может быть любым, главное подобрать такой ток через диод, чтобы падение составило расчетные 800 мВ. При необходимости подстраиваем опорное напряжение до необходимого уровня потенциометром. Итак, если мы теперь подадим полученное напряжение на делитель датчика тока защиты, то 800 мВ опорного напряжения будут имитировать ток через транзистор равный  $0.8 \cdot 0.22 = 3.64$  Ампера. Далее подаем питание УН и крутим R50 против часовой стрелки, добиваясь срабатывания тиристора защиты. О том, что тиристор сработал, сообщит свечение красного светодиода LED1. после каждой сработки тиристор можно сбрасывать, замыкая проводки цепи сброса или припаяв к ним временно тактовую кнопку, кому как удобнее. Порог срабатывания тиристора имеет разброс, поэтому светодиод сначала будет тлеть, говоря о том, что небольшой ток через тиристор уже идет и лишь при достижении порога СД загорится с нормальной яркостью. При приближении к порогу сработки будет разогреваться транзистор датчика тока, потому что порог сработки уйдет немного вниз. Чтобы максимально точно его настроить, нужно делать так: крутим сначала до первого срабатывания тиристора, потом откручиваем немного назад, закручивая защиту, пробуем сбросить тиристор. Как только тиристор сбросится и СД потухнет, пробуем заставить защиту

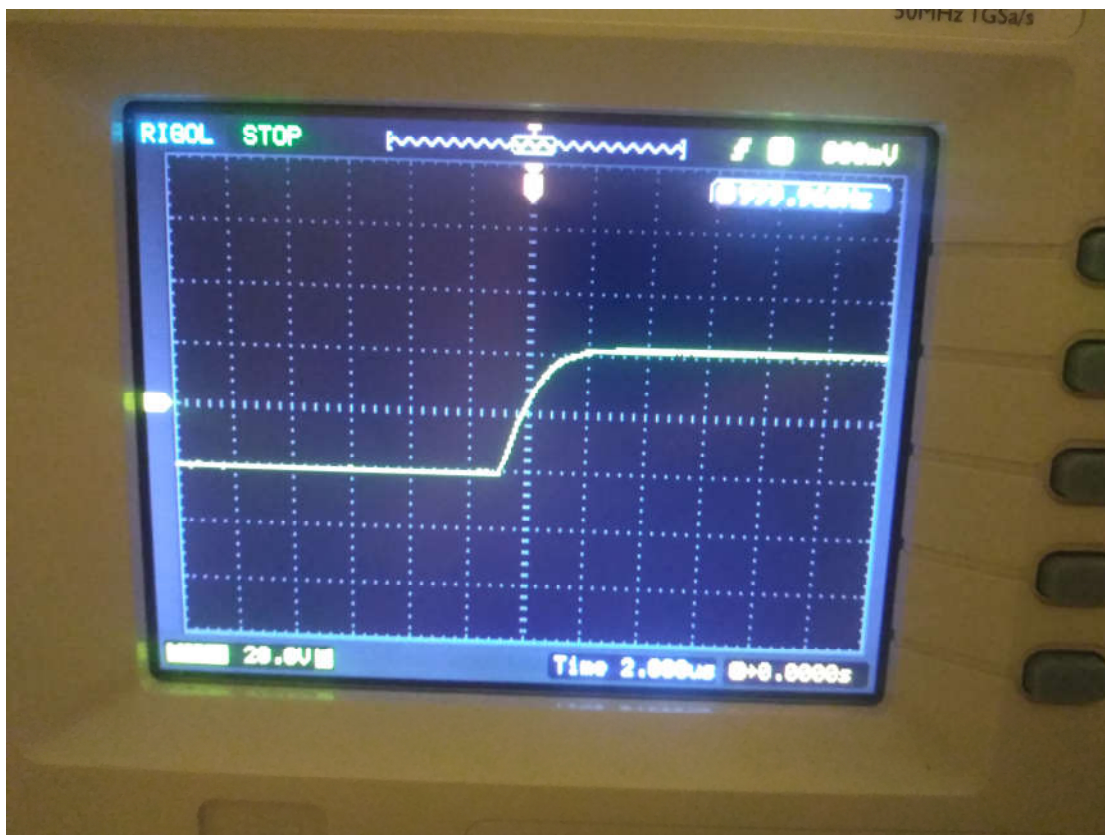
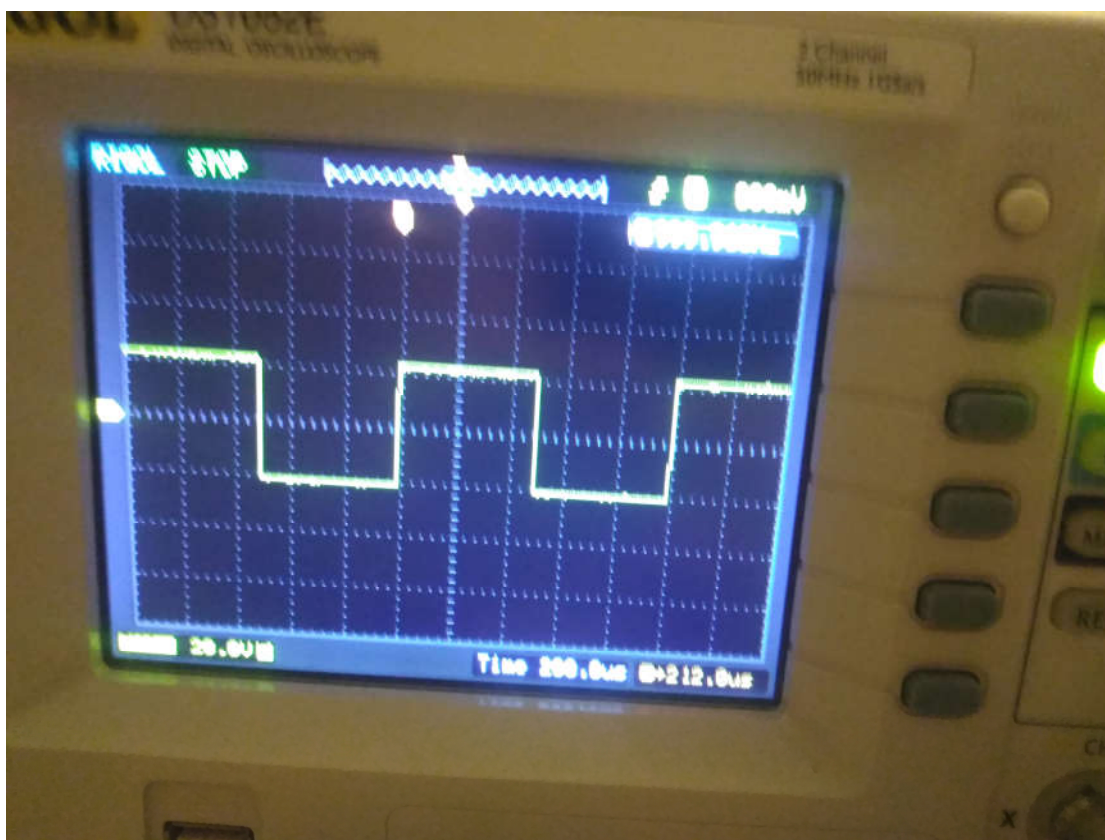
сработать, замыкая S1 на схеме выше (могут быть просто проводки). Вращением подстроечника добиваемся уверенной мгновенной сработки от любой длительности замыкания S1. Все, порог можно считать настроенным. Отпаиваем схему опорного напряжения от делителя защиты и не забываем убрать заземление эмиттера T24, т.е. верхнего вывода R50. Запаиваем транзисторы первой пары ВК и их эмиттерные резисторы.

в) Включение ВК и проверка сигналов.

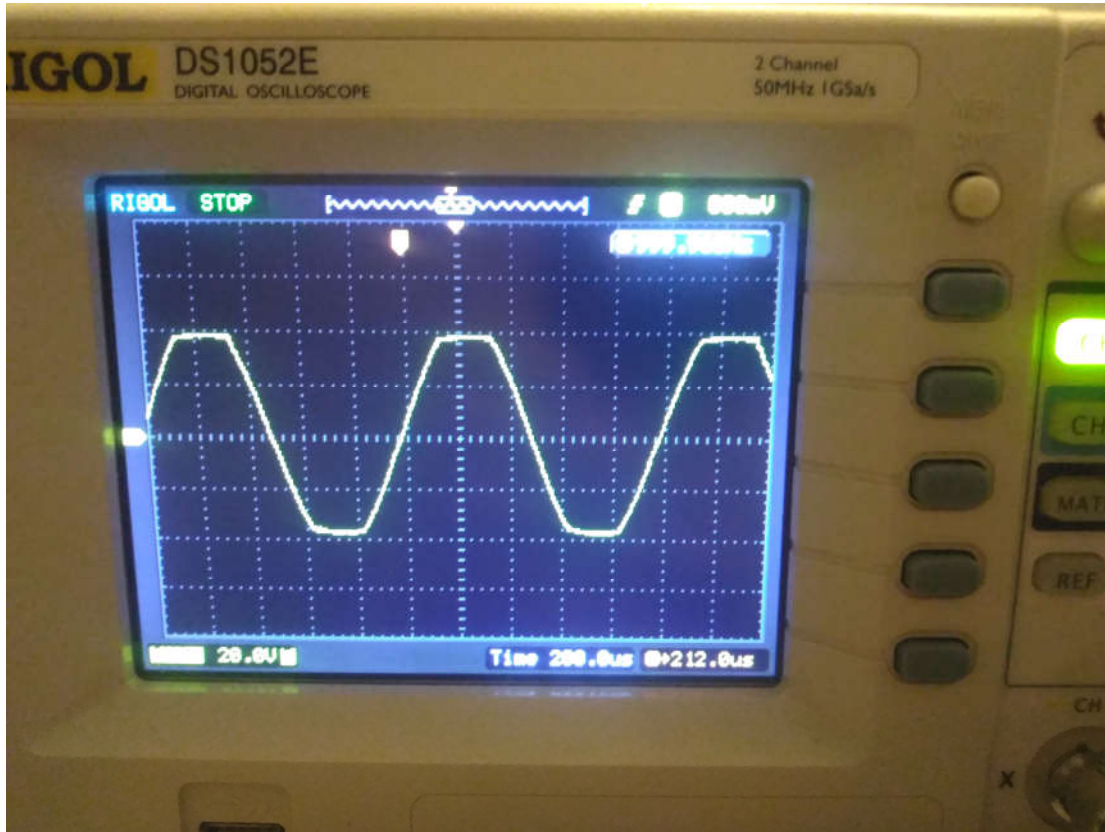
(!)Перед включением ВК к посадочным пятячкам резистора R3 припаиваем отрезки проводков такой длины, чтобы слегка торчали из-под платы, если положить ее деталями вверх. Такие же отрезки припаиваем к посадочным пятячкам резистора R42

После настройки порога защиты можно попробовать подключить ВК. Для этого перемыкаем пятячки питания УН с пятяками питания ВК, временно делая общее питание, замыкаем проводки от резистора R42, а к проводкам от резистора R3 подключаем многооборотный подстроечный резистор 1кОм, включенный реостатом и выставляем на нем сопротивление 240-270 Ом. В первичку включаем лампу и подаем питание на схему. Эти манипуляции можно проводить без радиатора, если делать все быстро и правильно, потому как конструктив предполагает затрудненный доступ к некоторым критичным деталям схемы. Питание подавать не более, чем на 20 секунд, т.к. даже при нулевом ТП ВК через транзисторы драйверов течет ток и они будут разогреваться. После подачи питания первым делом проверяем постоянное напряжение на выходе усилителя. оно дб не более 15 мВ, в зависимости от типа и экземпляра ОУ. Если постоянное напряжение на выходе превышает 100 мВ и выше, то это говорит о неправильной работе схемы и нужно искать причину. Если постоянка в норме, то двигаемся дальше.

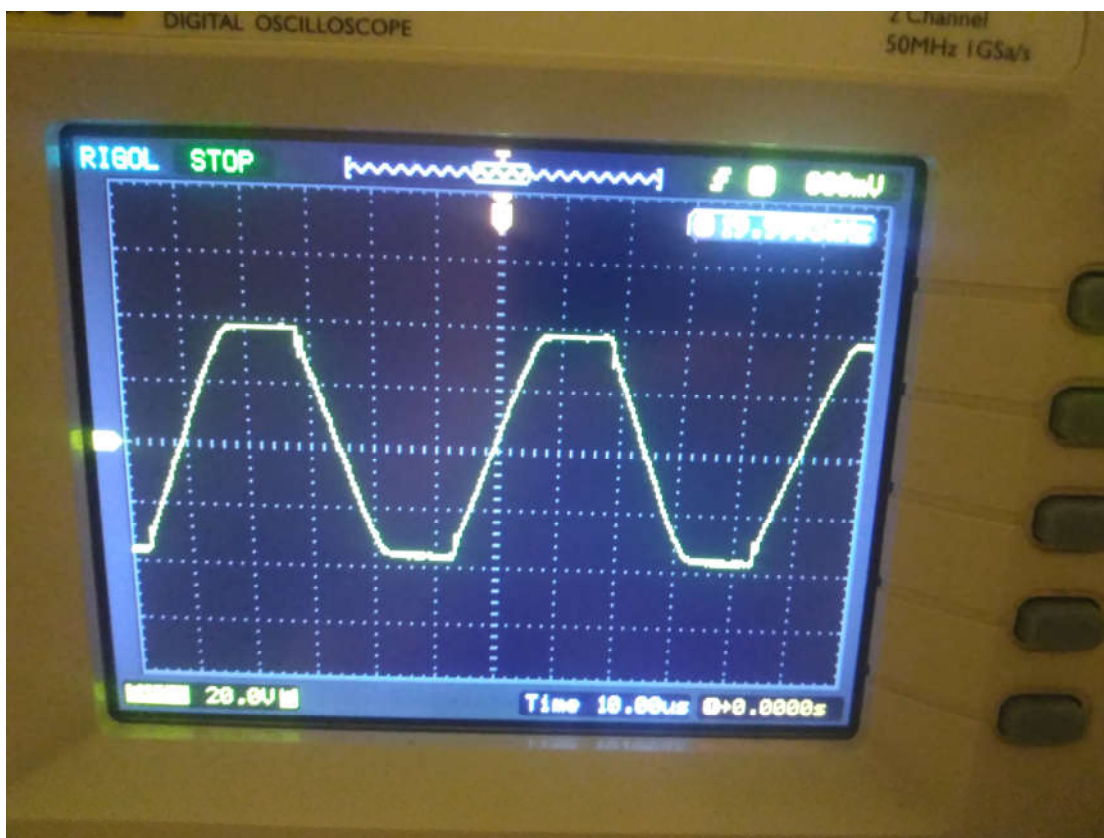
Для второго шага подключаем на вход усилителя генератор, а на выход осциллограф БЕЗ НАГРУЗКИ И ЦОБЕЛЯ! Подаем питание на схему (все через лампу!) , на вход квадрат 1 кГц амплитудой около 1.2 В. Смотрим ПХ, растягивая передний и задний фронты меандра на предмет периодических колебаний или других артефактов.



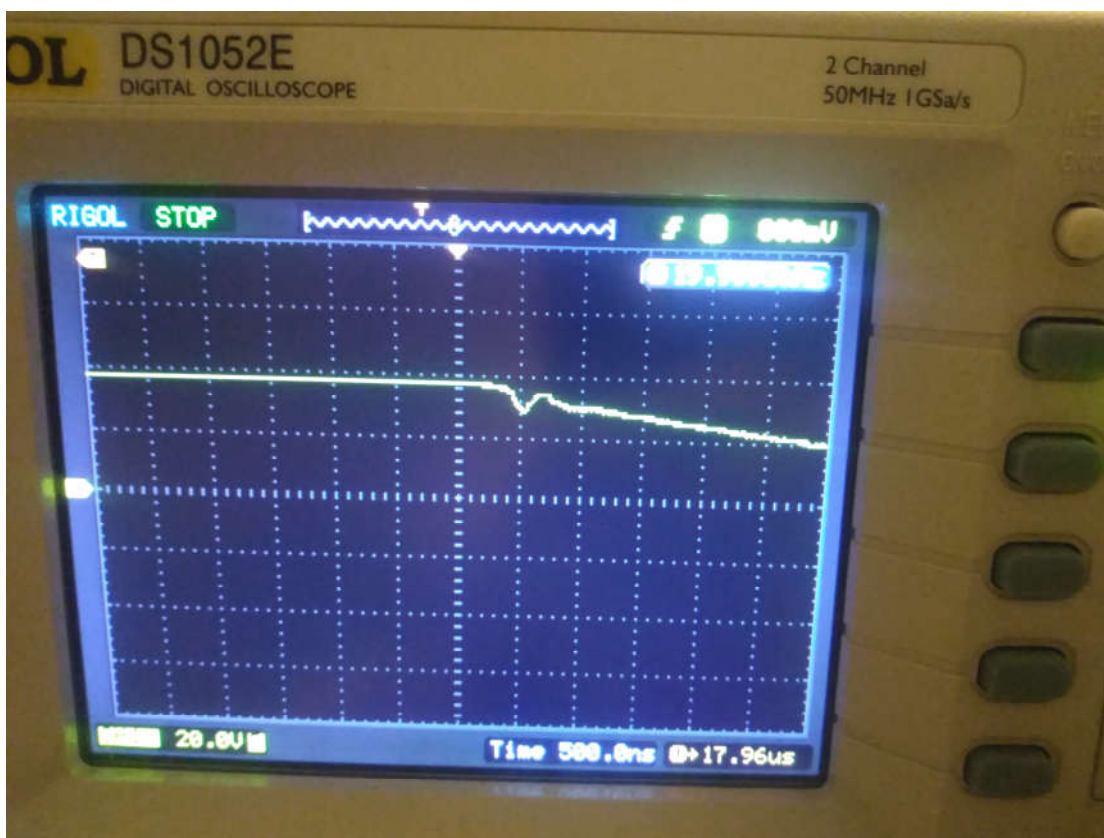
Если оных не обнаружено, то выключаем питание, даем остыть драйверам, потом подаем на вход синус 1 кГц и плавно наращиваем амплитуду на входе до наступления ограничения на выходе. Ограничение должно быть "мягким", без признаков возбуждения или звона на входе и выходе из него.



Опять остужаем драйвера и подаем уже синус 20 кГц, который также плавно доводим до клипа ( все через лампу!) . На 20 кГц в ограничении будут видны следы срыва слежения в петле ООС, которые выражаются в зазубринах на выходе из ограничения в положительной и отрицательной полуволнах.



Это нормально, но здесь нам нужно настроить ограничение так, чтобы после всплеска (зазубрины) не было колебательного процесса. Для этого растягиваем и синхронизируем изображение с зазубриной, чтобы можно было отчетливо наблюдать изменения в процессе настройки.



Для настройки используем R3. Вращаем его винт сначала по часовой стрелке, наблюдая за изменением зазубрины, потом против часовой. Замечаем, вращение в какую сторону приводит к лучшему виду зазубрины и нивелированию колебательного процесса после нее. После того, как наилучший результат был достигнут, измеряем получившееся сопротивление подстроечного резистора. Округляем в ближайшую сторону из стандартного ряда и запаиваем на место R3 постоянный резистор. Также подбираем конденсатор ППК C4 в соответствие с табличкой.

R, Ом	C, пФ
430	750
470	680
510	620
560	560
620	510
680	470
750	430
820	390
910	360
1000	330
1100	300
1200	270
1300	240
1500	220
1600	200
1800	180
2000	160

Таким образом можно настроить усилитель со многими ОУ, имеющими такое же или сходное усиление Кухх на 20 кГц. В схеме работает даже 544уд1, правда параметры усилителя при этом будут на пару порядков хуже.

г) Регулировка тока покоя и настройка термостабилизации.

(!) Перед регулировкой тока покоя и настройкой термостабилизации тока ВК необходимо установить усилитель на штатный радиатор, на котором он будет работать и через штатные диэлектрические изоляционные прокладки. Питание усилителя тоже должно быть штатное, двухуровневое. Площадь радиатора на один канал дб минимум 3000 кв см для нагрузки 8 Ом и 4500 кв см для нагрузки 4 Ома.

Все манипуляции по настройке тока покоя производить с замкнутым на землю входом и БЕЗ нагрузки на выходе!

Регулировка тока покоя трудностей у людей, решивших повторить этот усилитель, вызывать не должна.

Первым делом нужно посмотреть саму возможность регулировки ТП. Для этого в разрыв первички включаем лампу и начинаем крутить подстроечник R37 по часовой стрелке. При достижении определенного смещения транзистора термо он начнет закрываться и лампа в первичке начнет тлеть. Это будет означать, что делитель в термо выбран верно и регулировка попадает в диапазон. Дальше лампу убираем и выставляем НА ХОЛОДНУЮ 150 мА на произвольном выходнике. Контролировать падение удобно, припаяв на эмиттерный вывод произвольного выходника провод, а второй провод для контроля будет горячий провод АС. Цепляемся к проводам щупами-крокодилами и наблюдаем все изменения ТП онлайн. Нагрузку к выходу НЕ ПОДКЛЮЧАТЬ! При указанном на схеме КТ503Е должна наблюдаться перекompенсация, т.е ток с прогревом должен падать, примерно на 40 мА от 25 до 50 градусов температуры радиатора. Хорошим результатом можно считать падение тока покоя на 15 мА в том же интервале температуры радиатора. Если это не выполняется, то необходима настройка ТК. Для настройки отклика термокомпенсации служит резистор R42. К проводникам, которые припаяны к его посадочному месту будем припаивать постоянные резисторы. Начнем с 2.2 Ом и выполняем последовательность действий с нагретым до 40-45 градусов радиатором.

-подстраиваем ток покоя до 150 мА и смотрим, насколько уплывет ТП с повышением температуры. В идеале на горячем радиаторе ТП должен либо не меняться, либо немного снижаться.

-охлаждаем радиатор (удобно использовать вентиляторы от комповых процессоров или БП) и запускаем на холодную. Смотрим, на сколько больше ток с холодным радиатором.

-выставляем ТП на холодную: 150 мА + получившаяся разница после остывания со 150 мА. Греем радиатор током покоя до той же температуры, что и была до этого, можно контролировать термпарой. Сравниваем показания на горячую и на горячую после вторичного нагрева.

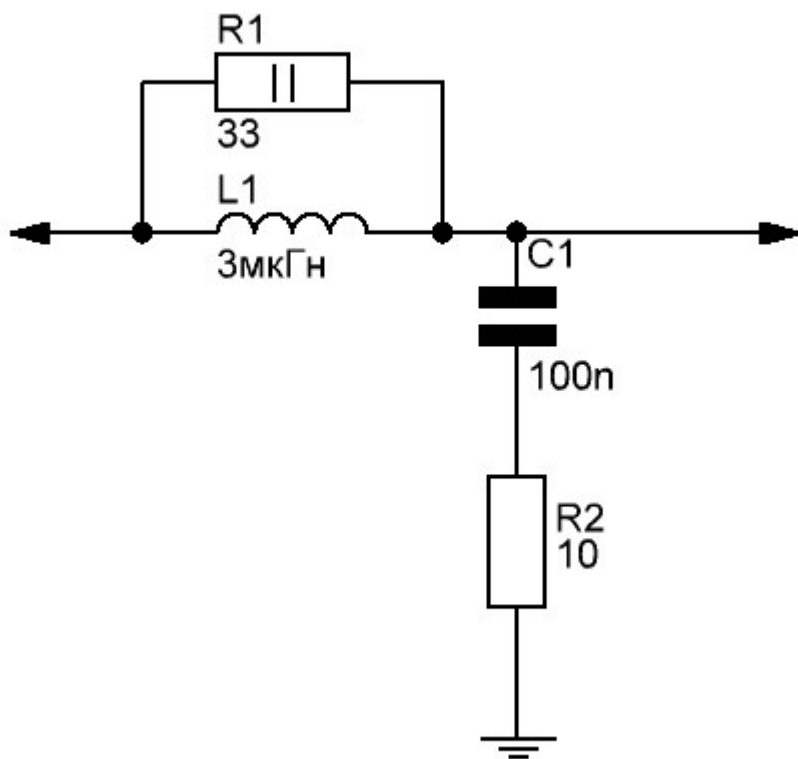
Резисторы перебираем с шагом по E24, действия повторяем с каждым. Когда будет достигнуто снижение ТП на 15 мА с 25 до 45 градусов радиатора, то настройку термостабилизации можно считать законченной.

д) Окончательная проверка и завершение настройки.

Усилитель уже почти настроен, осталось только посмотреть сигналы под нагрузкой и измерить еще раз постоянное смещение на выходе. Оно не должно измениться более, чем на  $\pm 0.5-0.7$  мВ

Для проверки сигналов повторяем манипуляции из пункта в), только под нагрузкой. Если все нормально, то сигналы на ХХ и под нагрузкой отличаться не должны.

Перед тем, как подключать к усилителю акустику, необходимо подключить к выходу защиту от постоянного напряжения и цепь Цобеля-Бушера.



Теперь можно подключить АС и послушать звук.