

Лист данных для усилителя AV400.

Вступление:

Схема, предлагаемая Вашему вниманию, неоднократно публиковалась в сети. К данной топологии в нашей стране «прилипло» название Усилитель Холтона. Который опубликовал свой вариант схемы в июньском номере журнала Silicon Chip в 1994 году.

Мною, с помощью товарищей (спасибо [25602](#), [Vjumajlo](#), [.Васильев](#)) на форуме к схеме были «прикручены» и (или) доработаны следующие функции:

1. Защита от короткого замыкания в нагрузке.
2. Клиппинг детектор, или детектор ошибки каскада усиления напряжения, по классификации Эрика Холтона.
3. Владом (WP) внесен транзистор T17, вместо RC цепочки схемы-предшественницы.

Инструменты:

1. Стабилизированный источник +15 В для подборки мосфет транзисторов.
2. Мультиметр. Нам понадобится шкала напряжений от 10 мВ до 200 Вольт. Измерение сопротивлений от долей Ома до 200 кОм.
3. Паяльник или паяльная станция. 25 Вт для пайки компонентов. 40-60 Вт для подпайки проводов питания к усилителю.
4. Бокорезы.
5. Пинцет.
6. Миниатюрный плоский напильник (надфиль).
7. Отвёртка для используемых винтов.
8. Дрель со сверлом 3,2 мм. Либо комплект: сверло 2,5 мм + набор мечиков для резьбы 3 мм. Иногда это удобнее применения гаек М3.
9. Спиртоканифоль.

Так же понадобится алюминиевая радиаторная пластина для каскада УН, размером 60x40 мм. Пластина из алюминия для установки мощных транзисторов 250x100x5 мм. Её поверхность должна быть ровной и гладкой. Лист для сверловки радиатора УН и пластины-основания прилагается.

Усилитель ошибки (клиппдетектор):

Он собран на следующих элементах:

T22 - транзистор детектор клиппинга, T23 - согласующий усилитель для светодиода LED1.

К этому узлу, так же относятся R60-63.

Усилитель напряжения:

T2, T3 — транзисторы первого диффкаскада (далее ДК). Они образуют каскад предварительного усиления. Основное усиление по напряжению обеспечивает T6-T9, T17.

T4, T5, R4, D7 — схема понижения питающего напряжения для первого ДК (максимальное напряжение КЭ применённых транзисторов 65 В). Для музыкального сигнала является усилителем по схеме с ОБ (каскад). Усиление по току отсутствует, присутствует только усиление по напряжению. Формирует напряжение 14,4 В, для транзисторов T2, T3.

T1, T21 — каскад генератор стабильного тока для первого ДК. R10, C7, C14 — цепочка интегратора.

Подаёт на инвертирующий вход постоянное напряжение с выхода. Следит за тем, чтобы на выходе постоянное напряжение стремилось к нулю. Поддерживает на выходе напряжение в пределах 3-7 мВ (практические данные, получаемые от усилителя к усилителю).

От номиналов резистора R10 и конденсатора C7 зависит нижняя граничная частота усиления. Наряду с входной RC цепочкой C2 R2. Причем, частота среза входной цепочки C2, R2 всегда должна быть выше частоты среза R10, C7. Это гарантирует собранный, неразмазанный бас.

T18 — источник опорного напряжения для выходных транзисторов, он же — термодатчик, который, обязательно, должен находиться в тепловом контакте с радиатором выходных транзисторов. Переменный резистор P1 — регулирует ток покоя выходных транзисторов. Увеличение его сопротивления открывает T18, тем самым, уменьшая ток через стоки выходных транзисторов.

Усилитель напряжения (УН):

Как уже говорилось выше, этот каскад вносит основное усиление по напряжению. В каскад УН входят следующие элементы:

Транзисторы T6-T9, T17. Резисторы R12, R13, R15, R38, R37. C11, C22, C4, C24, C23 — элементы частотной коррекции. C12 шунтирует T18 по переменному току.

T7, T9 образуют токовое зеркало. T7 выступает в роли диода. От номинала R15 зависит ток покоя каскада УН. Установка транзисторов УН на общий теплоотвод обязательна. Особенно важны для усилителя тепловой контакт между транзисторами T7 и T9. Это повышает стабильность тока покоя выходных транзисторов.

Защита выходного каскада от КЗ:

D3-4, T10, Q1 — запирающие ЗИ выходных транзисторов. D5-6 и R31, R39 — элементы для обеспечения ОБР выходных транзисторов. R14, R22, R23, R30 — делители входного напряжения детектора тока. R40-45, R56-57 — сумматор с токовых шунтов.

Транзисторы выбраны с максимальным коэффициентом усиления. Поэтому это DC547C BC557C, они обладают большим коэффициентом усиления.

Работает защита таким образом. При закорачивании выхода, в присутствии нарастающего сигнала на входе, ток на выходе усилителя растёт до тока 3,6 А. Такой ток вызывает открытие ключей токовой защиты.

Дальнейший рост тока не происходит. На каждый транзистор приходится по 0,9

А. Умножив этот ток на питающее напряжение получим мощность на транзисторе в этот момент 67,5 Вт. Что менее номинальной мощности рассеивания транзистора в корпусе TO247 при температуре 75 градусов. Это значит, что транзистор не выйдет за область безопасной работы.

Чтобы защита не срабатывала всегда при токе 3,6 А предназначена цепочка R31 D5 и аналогичная D6 R39. Они повышают ток срабатывания защиты с ростом напряжения на выходе усилителя.

Выходной каскад:

T11-16, T19, T20. Это могут быть транзисторы от Тошиба, как указано в схеме, так и другие, например широкодоступные пары IRFP9240 IRFP240. Стоит отметить, что порог напряжения, при котором появляется ток стока, между затвором и истоком у этих транзисторов разный. Например, для Тошиба это напряжение укладывается в пределах 1,6-2,2 В. Для ИРФ, в пределах 3,6-4,3 В. R37 или R38 в этих случаях будет разным (нужно подбирать).

Выходной каскад является усилителем тока. Четыре транзистора могут отдать в нагрузку до 360(!!!) Ампер импульсного тока и 48 А продолжительного при температуре 100 градусов цельсия.

Выходной каскад только повторяет напряжение, которое поступает на него с УН. УН — это маломощный усилитель мощности. А совместно с выходным каскадом образует мощный усилитель, способный отдать в нагрузку огромные токи, необходимые для удержания даже очень тяжелых динамиков в линейной зависимости перемещения диффузора от входного напряжения на усилителе.

Блок питания для 400 Ватт усилителя:

Для двухканального усилителя необходим один 625 Ватт трансформатор. Первичная обмотка рассчитана на напряжение сети 220-240 В на ток 3 А, и две (четыре) обмотки для питания выпрямителя по 52 В на ток 6 А.

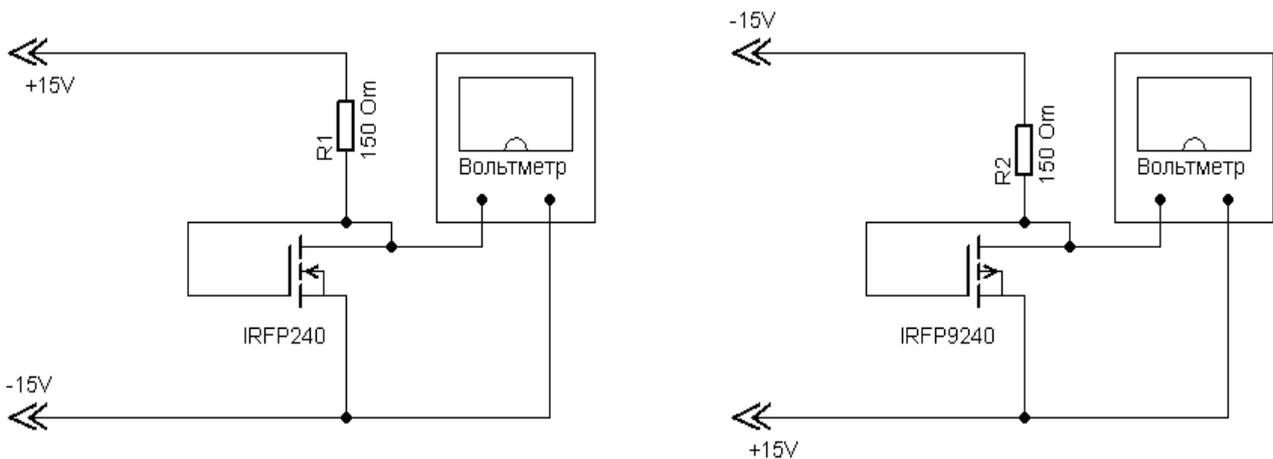
Два (четыре) выпрямительных моста на 400 В 25-35 Ампер. 2 пятиваттных резистора (можно проволочные) по 4,7 кОм.

Минимальная расчетная ёмкость конденсаторов фильтра для каждого канала составляет 6800 мкФ в каждом плече блока питания.

Для блока питания стереоусилителя Вам понадобится 13600 мкФ в плюсовом и 13600 мкФ в минусовом плече БП. При двухкратном запасе ёмкости уже можно не беспокоиться о том, что еще «маловато».

Как подбирать транзисторы в выходной каскад:

Транзисторы подбираются по напряжению ЗИ при токе 100 мА (примерно, на самом деле меньше, но точность достаточная). Т. е., мы выбираем транзисторы, которые дадут одинаковое падение напряжения на истоковых резисторах при одинаковом токе. Самая простая схема предложена Энтони Эриком Холтоном. Для неё нужен вольтметр, источник 15 В и резистор 100-150 Ом.



У транзисторов закорачивается Сток с Затвором. В таком виде подключают к источнику 15 В. Причём, - можно не опасаться переплюсовки. Напряжение 15 В, приложенное через резистор 100-150 Ом не опасно для мощного мосфет транзистора в любой полярности.

В каждое плечо подбираются транзисторы с максимально близким падением напряжения ИС. Подбираются 4 IRFP9240 и 4IRFP240. Подбирать IRFP9240 и IRFP240 между собой не имеет смысла.

Сборка и пайка деталей:

На печатную плату сначала нужно установить все СМД компоненты. Такие как резисторы, чип конденсаторы, диоды, транзисторы. Я делаю это при помощи пинцета. Флюс нужно использовать неактивированный. Например ФКСп (спиртоканифоль).

Теперь запаиваем выводные резисторы. Впаиваем конденсаторы.

Выходные и транзисторы УН нужно, предварительно отформовать. Для этого нужно использовать какую либо оправку нужного размера. Старайтесь не изгибать ножки транзисторов ближе 3 мм от корпуса. Это сохранит ваш усилитель и другие устройства работоспособным несколько десятилетий.

К моменту пайки у вас должна быть приготовлена пластина-основание толщиной 5-10 мм с просверленными отверстиями. Шаблон размещен ниже, в дополнительных материалах. Два листа, для варианте в корпусе ТО-247 и ТО-263, которые нужно распечатать в масштабе 1:1, приложите печатную плату к распечатке, прежде чем начать сверлить. Размеры должны совпадать. Если это не так — измените настройки печати принтера до совпадения размеров.

Вставляем ножки транзисторов в места, где они должны стоять по схеме. Затем, используя специальные стойки для плат, устанавливаем плату с транзисторами на пластину. Закручиваем винты крепления платы и прикручиваем каждый транзистор. Не прикладывайте чрезмерных усилий при монтаже транзисторов. Достаточно просто зафиксировать их на этом этапе. Обрезаем излишнюю длину выводов мощных транзисторов над печатной платой.

Для уверенной пропайки металлизированного отверстия нужно использовать паяльник 40-60 Вт, припой ПОС-61, ПОС-63 и спиртоканифольный флюс. Паять нужно с верхней стороны платы.

Для удобства настройки, все компоненты расположены на верхнем слое печатной платы. Чт позволяет менять некоторые резисторы не снимая ТПП с радиатора.

После окончания пайки всех компонентов печатную плату следует промыть спиртом, с помощью кисточки. Необязательно использовать большую ёмкость и много спирта. Достаточно плату смочить, подождать минутку и промыть кисточкой повторно, давая стекать спирту с печатной платы в ёмкость.

Плату высушить на воздухе.

Тестирование:

Будте внимательны с сетевым напряжением и напряжением питания усилителя. Напряжение, используемое в данном усилителе может быть опасно для жизни. Напряжения во вторичной цепи могут достигать 160-ти В. Опасным для человека считаются напряжения выше 40 В. Не работайте с такими напряжениями в одиночку. Рядом должен находиться человек, который сможет обесточить устройство и оказать помощь. Все провода должны быть надёжно присоединены и иметь надёжную и целую изоляцию.

Плата должна быть высушена после промывки. При первом включении не нужно устанавливать предохранители в разъёмы печатной платы. Сначала будет проверена часть УН.

Убедитесь, что в вашем блоке питания установлены резисторы 4,7 кОм, 5 Вт. Подключите блок питания к плате усилителя в правильной полярности.

Кратковременно включите блок питания в сеть. Если отсутствует дым от перегрева компонентов, то всё в порядке. Можно проверять дальше.

R3 = ~1,45 В

R5 = ~1,45 В

R8 = ~0,6 В

D7 = напряжению стабилизации стабилитрона

R15= ~0,85 В

R12=R13=450 мВ

К этому желательно добавить еще одну проверку. Устанавливаем щупы прибора на затворы мосфетов. Берём отвёртку. В пределы изменения напряжения между затворами транзисторов при вращении движка переменного резистора R1 должны входить интервал от 3,6 до 4,5 В для выходных транзисторов Тошиба и от 7,5 до 8,5 В для транзисторов IRFP. Если всё в нужных нам пределах, - ставим напряжение на минимум потенциометром P1.

Устанавливаем предохранители на места. Первым делом нужно измерить напряжение на выходе усилителя. Оно должно быть менее 10 мВ. Теперь ставим щупы на любой из истоковых резисторов, например R25. Мерить будем напряжение. Вращением потенциометра добиваемся появления напряжения на этом резисторе. Ставим 40 мВ (0,04 В) на этом резисторе. Это и будет примерно 100 мА на пару транзисторов.

Всё. Можно слушать.

Характеристики от данного усилителя можно ожидать следующие:

Мощность на нагрузку 8 Ом - 200 Вт

4 Ом - 400 Вт

THD - 0,005%

Демпинг фактор для нагрузки 8 Ом более 200,

Сигнал/шум взвешенный - 126 dB,

Входное напряжение - 1,2 В, для получения максимальной мощности.

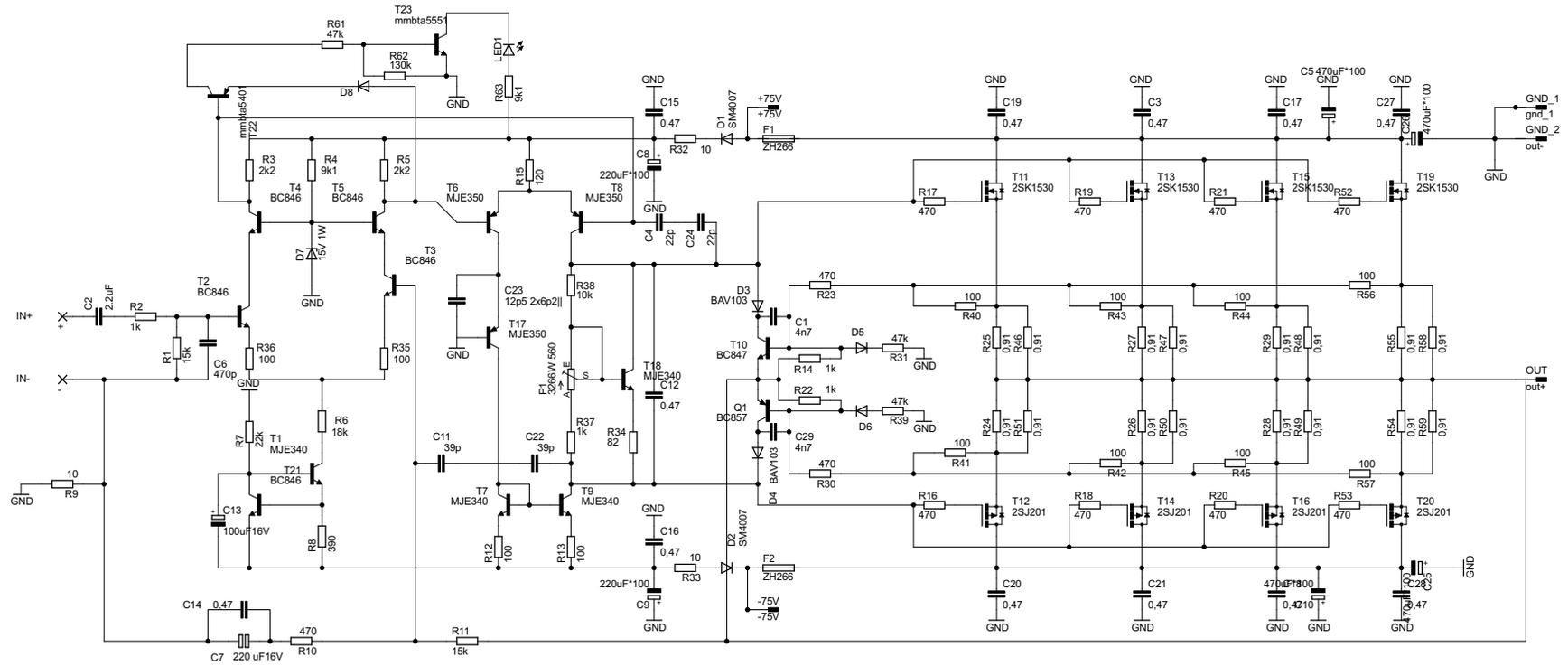
С уважением. Николай.

За дополнительными сведениями можно обратиться тему форума [AV400 шаг вверх от Холтона](#).

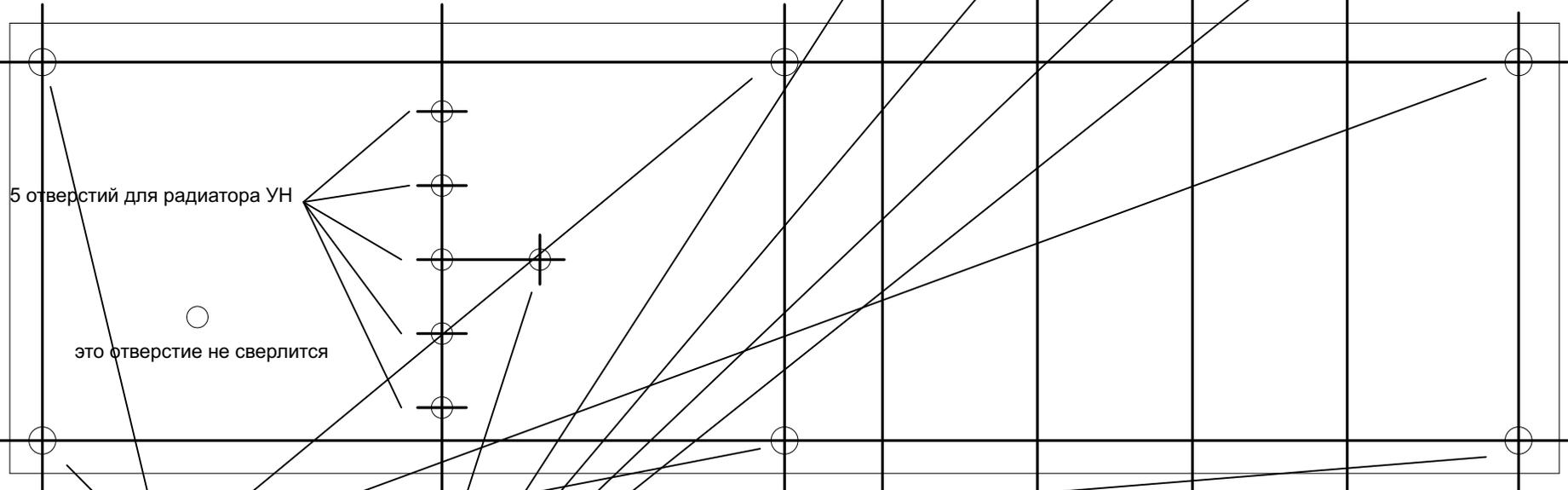
и

nikolayms@yandex.ru.

Так же, некоторая информация имеется на моём сайте Nikolayms.ru



Сверловка отверстий

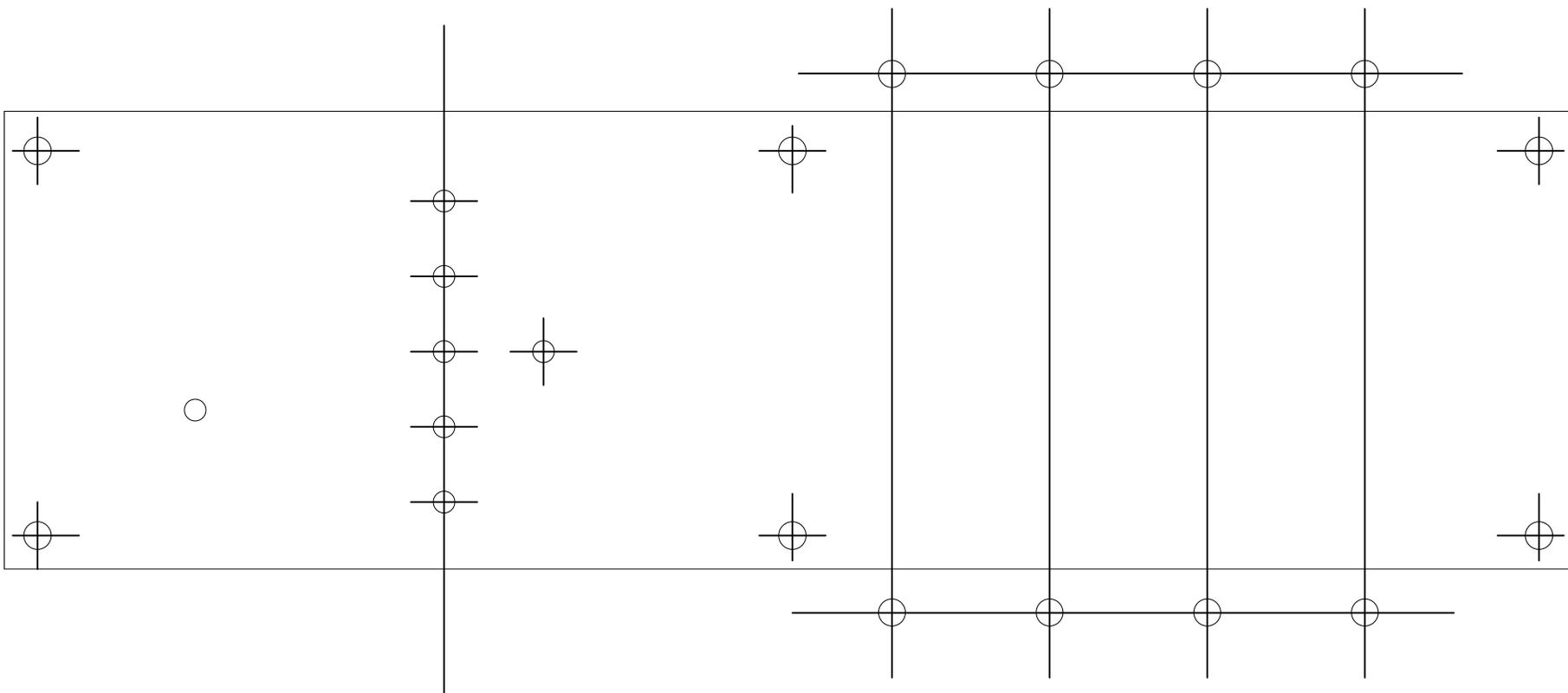


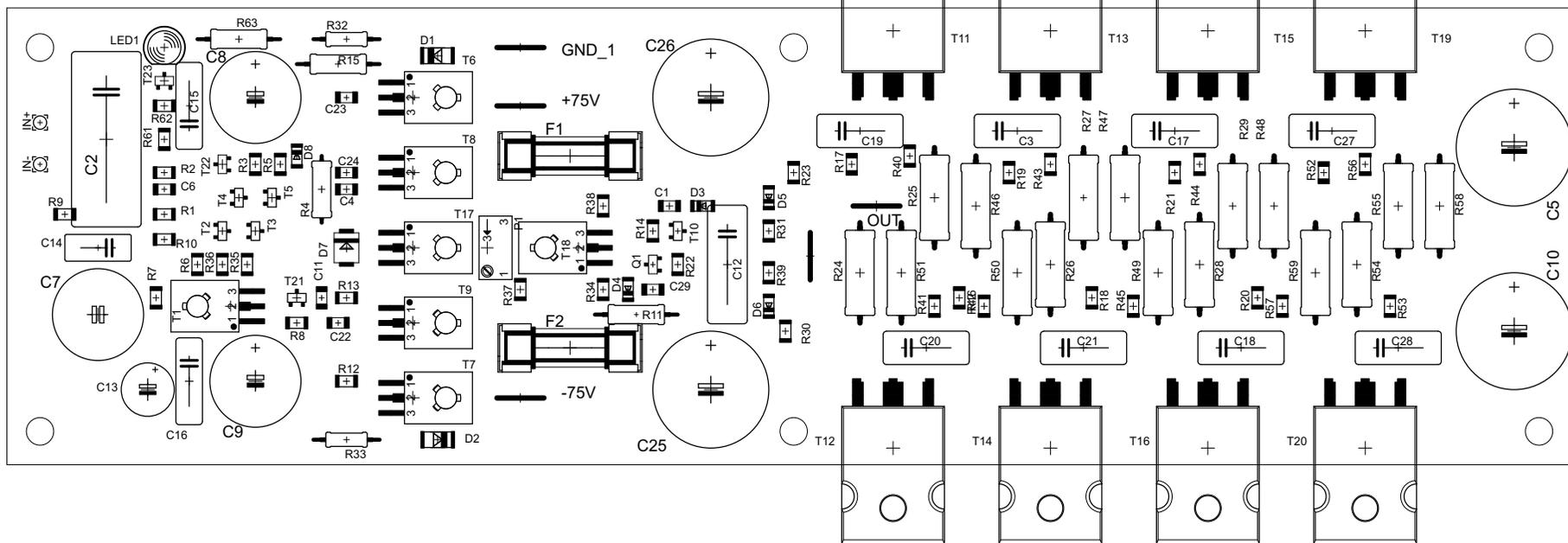
5 отверстий для радиатора УН

это отверстие не сверлится

6 крепёжных отверстий, М3 или d3.2 мм

9 отверстий 3,2 мм или 2,5 мм под резьбу М3





№	Наименование	Кол-во
1	SM4007 Melf/DO-213AB "/Диод 1A/ 1000В"	2
	FDLL4148 Minimelf/DO-213AA/SO "/100В/200 мА/4	
2	нс" FAI/QTC	5
3	ZMM5246B (ZMM55C-16V) (Minimelf/DO-213AA/SO)	1
4	IRFP240	4
5	IRFP9240	4
6	BC846A SOT23	5
7	BC847C SOT23 Galaxy	1
8	BC857C SOT23 Galaxy	1
9	MJE340 TO126 "ONS+FAIR" ONS	4
10	MJE350 TO126 "ONS+FAIR" ONS	3
11	MMBT5401LT1 SOT23 ONS	1
12	MMBT5551LT1 SOT23 ONS	1
	K73-17-100-0.47 10% имп. "TS02 MER/MEF"	
13	SUNTAN	2
14	K73-17-100-3.3 10% имп. "TS02 MER/MEF" SUNTAN	1
15	K73-17-250-0.47 10% '	10
16	SH-16-100 "5*11/105" YAGEO	1
17	CD263-100-220 "16*25 20% -40 +105°" SD	2
18	CD263-100-470 "16*30 20% -40 +105°" SD	4
19	CD263-16-220 "8*12 (20% -40 +105°C)" SD	1
	чип конд. 1206 NP0 22pF 5% 50V CC1206	
20	"CC1206JRNPO9BN220B" YAGEO	10
21	чип конд. 1206 NP0 39pF 5% 50V CC1206	10
22	чип конд. 1206 NP0 120pF 5% 50V CC1206 SAM	10
	чип конд. 1206 NP0 470pF 5% 50V CC1206	
23	"CC1206JRNPO9BN471B" YAGEO	10
	чип конд. 1206 X7R 4700pF 10% 50V CC1206	
24	"CC1206KRX7R9BB472" YAGEO	10
25	MF-1 0.91 5% MF-1	16
26	MFR-50FTF52- 10R MF-0.5 YAGEO	2
27	MFR100 120R MF-1 "1%" Uni-Ohm	1
28	3266W-1-501 "500 Ом"	1
29	чип 1206 10.0 5% чип 1206 "55 / +155°C" UniOhm	10
30	чип 1206 82.0 5% чип 1206 "55 / +155°C" UniOhm	10
31	чип 1206 100.0 5% чип 1206 "55 / +155°C" UniOhm	20
32	чип 1206 390 5% чип 1206 "RC-06-391JT" КОМЕ	10
	чип 1206 470 5% чип 1206 "RC1206JR-07470RL"	
33	YAGEO	20

чип 1206 1.0К 1% чип 1206 "RC1206FR-071KL"	
34 YAGEO	10
35 чип 1206 2.2К 5% чип 1206 "-55 / +155°C" UniOhm	10
36 чип 1206 10.0К 5% чип 1206 "-55 / +155°C" UniOhm	10
чип 1206 15.0К 5% чип 1206 "RC1206JR-0715KL"	
37 YAGEO	10
38 чип 1206 18.0К 5% чип 1206 "-55 / +155°C" UniOhm	10
чип 1206 22.0К 5% чип 1206 "RC1206JR-0722KL"	
39 YAGEO	10
чип 1206 47К 5% чип 1206 "RC1206JR-0747KL"	
40 YAGEO	10
41 чип 1206 130.0К 5% чип 1206 "-55 / +155°C" UniOhm	10
42 MFR100 9К1 MF-1 "1%" Uni-Ohm	2
43 MFR100 15К MF-1 "1%" Uni-Ohm	1
44 Клемма на плату под фастон 6.3мм (K12) Den	5
45 Держ.пред. ZH266/на плату (5*20) ' Zhenhui	4
46 FYL-3014ED FORYARD	1