

# | Содержание

## | Спецификация

### Резисторы SMD1206

Номинал	Позиция	Кол-во	Кат. номер
10e	R43, R44, R45, R48	4	-
22e	R18, R19, R46, R47, R55, R56	6	-
47e	R41, R42	2	-
68e	R81, R84	2	-
100e	R9, R12, R13, R22, R23, R30, R31, R36, R37	9	-
220e	R15, R16, R24, R26, R27, R29, R54, R57	8	-
390e	R85, R86	2	-
470e	R14, R17, R25, R28	4	-
1k	R1, R3, R50	3	-
1k5	R52	1	-
2k	R4, R5	2	-
2k2	R49, R53	2	-
6k8	R75, R76	2	-
10k	R58, R59	2	-
16k	R10, R11	2	-
33k	R2, R67, R68	3	-
50k	R6, R8 *	2	-
68k	R66, R78, R79	3	-
100k	R113	1	-

### Резисторы выводные

Номинал	Позиция	Кол-во	Кат. номер
0e30 1W	R95-R112 **	12	-
1e 1/4W	R89, R90, R91, R92, R93, R94	6	-
15e 1/4W	R87, R88	4	-
1k1 1/4W	R82, R83	2	-
2k4 1/4W	R20, R21	2	-
3k3 1W	R32-R35 ***	4	-
5k6 1W	R61, R62, R63, R64, R69, R70, R71, R74 ****	8	-
7k2 1/2W	R39	1	-
10k 1/4W	R38, R40	2	-
12k 1/4W	R65	1	-
33k 1/4W	R60	1	-
120k 1/4W	R72, R73	2	-
430k 1/4W	R77, R80	2	-

### Резисторы подстроечные, типа W3296 (многооборотные)

Номинал	Позиция	Кол-во	Кат. номер
2k	R51 ****	1	-
10k	R7*	1	-

## Конденсаторы керамические, SMD1206 (тип диэлектрика NP0)

Номинал	Позиция	Кол-во	Кат. номер
22p 100Vdc	C3	1	65-771-42

## Конденсаторы керамические, выводные (тип диэлектрика NP0)

Номинал	Позиция	Кол-во	Кат. номер
10p 100Vdc	C13, C14*	2	65-861-27

## Конденсаторы полипропиленовые (Wima FKP2, Rifa PHE426, ICEL MPL)

Номинал	Позиция	Кол-во	Кат. номер
220p 100Vdc FKP2	C12	1	65-427-81
1000p 100Vdc FKP2	C2	1	65-428-64
0μ01 63Vdc FKP2	C19, C22	2	65-429-89
0μ1 250Vdc PHE426	C6, C7, C10, C11, C25, C26, C29, C30, C33, C34, C37, C38	12	65-576-07
2μ2 160Vdc MPL	C1	1	65-465-43

## Конденсаторы электролитические (Sanyo MV-AX и MV-WX)

Номинал (LS x D)	Позиция	Кол-во	Кат. номер
22μ 50V (2.5x6.3)	C15, C16	2	67-235-14
100μ 25V (2.5x6.3)	C20, C21	2	67-228-70
470μ 25V (5x10)	C4, C5, C17, C18	4	67-234-49
470μ 63V (5x12.5)	C8, C9, C23, C24	4	67-231-34
1000μ 63V (7.5x16)	C27, C28, C31, C32, C35, C36	6	67-231-59

LS (lead spacing) - расстояние между выводами конденсатора

D (diameter) - диаметр цилиндра конденсатора

## Дроссели

Номинал	Позиция	Кол-во	Кат. номер
100μH	L1, L2	2	-

## Стабилитроны

Тип	Позиция	Кол-во	Кат. номер
1N4744A	D1, D2, D9, D10	4	-

## Диоды

Тип	Позиция	Кол-во	Кат. номер
1N4148	D3, D4, D7, D8, D11, D12	6	-
BAV21	D5, D6, D15, D16, D17, D18	6	-
1N5817	D13, D14	2	-

## Транзисторы

Тип	Позиция	Кол-во	Кат. номер
BC546B	Q1, Q4, Q17, Q19**	4	-
BC556B	Q2, Q5, Q18, Q20**	4	-
MPSA42	Q3, Q8	2	-
MPSA92	Q6, Q9	2	-

## Транзисторы (продолжение)

Тип	Позиция	Кол-во	Кат. номер
2N3904	Q7, Q16	2	-
2N3906	Q10, Q13	2	-
KSE340	Q12	1	-
KSE350	Q11	1	-
BD135	Q14	1	-
BD136	Q15	1	-
2SA1837	Q22	1	-
2SC4793	Q21	1	-
2SA1943	Q24, Q26, Q27	3	-
2SC5200	Q23, Q25, Q27	3	-

## Микросхемы

Номинал	Позиция	Кол-во	Кат. номер
AD843	OP1	1	-

## Прочее

Тип	Описание	Кол-во	Кат. номер
DIP8	Панель цанговая	1	-
10mm M3	Стойка латунная	4	-
HS145-300	Радиатор	1	-

## Предпочитаемые компоненты

### Резисторы

Поскольку SMD резисторы выполняются по металло-пленочной технологии, то об их качестве особо беспокоиться не следует. Желательно, чтобы допуск был 1%, но 5% не критично. В эмиттеры транзисторов выходного каскада (ВК) желательно ставить тоже металло-пленочные резисторы, а в противном случае подойдут угольные (carbon). Из альтернативы металло-пленочным есть мощные резисторы производства фирмы «ARCOL», которые можно приобрести в Эльфе (<http://mega.elfa.se/ru/>).

### Конденсаторы

В шунты питания подойдет любой полипропиленовый конденсатор на 100В, емкостью от 0,01μ до 0,2μ. Rifa PHE426 является наиболее предпочтительным вариантом. Конденсаторы фильтров C2 и C12 должны быть производства Wima, серия FKP2. Все керамические конденсаторы должны иметь тип диэлектрика NP0.

Разделительный конденсатор (C1) должен быть полипропиленовым (либо металлизированным либо фольговым), хорошего качества. Стоит обратить внимание на следующих производителей: ICEL (серии MPWR и MPL), Visaton, Rifa (серия PHE426), Wima (серии FKP и MKP), Audyn Cap (серия KP-SN). Из электролитических конденсаторов наиболее предпочтительны Sanyo, серии MV-WX и MV-AX (у последних немного больше габариты и хуже параметры). Данные конденсаторы по качеству практически соответствуют Black Gate, серии STD, однако имеют в разы меньшую стоимость.

### Активные компоненты

Все маломощные транзисторы должны быть производства Philips или Fairchild (вторые уступают по качеству первым). Транзисторы оконечного каскада усилителя напряжения (УН) либо производства Мотороллы (МЖЕ), либо Fairchild (KSE). Транзисторы термостабилизации (BD135 и BD136) желательно ставить производства Philips.

Операционный усилитель OP1 из следующего ряда: AD843, AD845, AD817, AD825, OPA627. Если тракт, в котором будет работать усилитель, не особо качественный, то влияние ОУ будет вряд ли заметно, поэтому можно временно поставить TL071 - это вполне хороший операционный усилитель. Все одиночные ОУ в корпусе DIP8 как правило взаимозаменяемы.

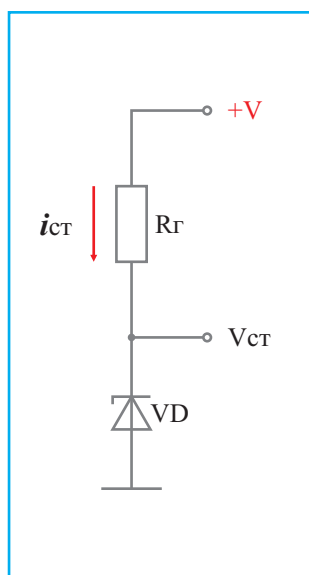
## I Примечания

\* - резисторы калибровки постоянной составляющей на выходе усилителя. Номиналы R6 и R8 стоит брать в пределах от 10кОм до 50кОм. От соотношения номинала этих резисторов и номинала подстроечного R7 будет зависеть диапазон и точность регулировки постоянного напряжения на выходе. R7 и еще три дополнительных резистора (два из которых дублируют R6 и R8, включая с ними последовательно - на схеме это не показано) находятся на дополнительной плате (Addition), которая впаивается при необходимости. Впаивать R7 непосредственно в плату усилителя нельзя, т.к. при малейшем перекосе питания (+/- 100мВ к примеру) выход усилителя будет «прилипнуть» к питанию, в сторону которого есть перекосяк. Перед впаиванием движок резистора R7 следует установить в центральное положение.

\*\* - номинал 0,300 Ом и мощность 1Вт указаны из расчета, что на плату будет установлено параллельно два таких резистора. В этом случае мы получаем указанные на оригинальной схеме Владимира номинал 0,150 Ом и мощность 2Вт.

Эмиттерные резисторы должны быть качественные, например металлопленочные. За неимением таковых годятся и обычные угольные. Из каталога Эльфы можно приобрести мощные резисторы производства фирмы «ARCOL», каталожный номер: 60-639-20 (0,150 Ом 5Вт).

\*\*\* - гасящие резисторы стабилитронов усилителя напряжения (УН). Номинал 3,3кОма выбран из расчета, что на плату будет установлено параллельно два таких резистора, мощностью 1Вт. Номинал рассчитан для питания усилителя +/-50В и тока стабилизации 21мА.



+V - напряжение питания

Vст - стабилизируемое напряжение (для стабилитрона 1N4744A это 15В)

icст - ток стабилизации (для стабилитрона 1N4744A обычно эта величина составляет 15мА, мы будем вести расчет для 21мА. Максимальный ток стабилизации, заявленный производителем, находится на отметке 60мА).

Rr - гасящий резистор, его номинал мы и будем сейчас рассчитывать:

VD - стабилитрон 1N4744A

$$R_r = (+V - V_{ст}) / i_{ст} = (50 - 15) / 0,021 = 1666,6667 \text{ Ом}$$

Полученное значение округляем до 1650 Ом, именно такое сопротивление будет у двух, включенных параллельно, резисторов номиналом 3,3кОм. Так же необходимо посчитать какая мощность будет выделяться на резисторе при заданном токе стабилизации:

$P_p = V_p \times i_{ст} = 35 \times 0,021 = 0,735 \text{ Вт}$ , где  $V_p$  - напряжение, падающее на гасящем резисторе (считается как напряжение питания минус напряжение стабилизации).

\*\*\*\* - гасящие резисторы усилителя тока (УТ). Номинал 5,6кОма выбран из расчета, что на плату будет установлено параллельно четыре таких резистора, мощностью 1Вт. Номинал рассчитан для питания усилителя +/-50В, амплитуды сигнала на выходе усилителя 25В и диапазона тока стабилизации 7-42мА. Расчет проводится аналогично предыдущему пункту (все по тому же закону Ома), только лишь с учетом того, что питание R-VD цепочки «плавает» в пределах изменения амплитуды сигнала на выходе. Расчетная величина 1,4кОм и мощность рассеяния 2,52Вт получены следующим образом:

$V_m$  - амплитуда сигнала на выходе усилителя, принята за 25В. При такой амплитуде сигнала, напряжение, подаваемое на R-VD цепочку, будет меняться в пределах от 25В до 75В (нижний предел определяется как напряжение питания минус амплитуда сигнала, верхний предел - напряжение питания плюс амплитуда сигнала). Вычитаем из полученных значений напряжение на стабилитроне (15В) и получаем диапазон изменения напряжений на гасящем резисторе: 10В - 60В. Падение напряжения в состоянии покоя будет 35В (на выходе усилителя 0В, питание 50В, на стабилитроне падает 15В - на резисторе все остальное, то бишь 50-15=35В). За минимальный ток стабилизации принимаем 7мА. Такой ток будет протекать в цепи при минимальном падении напряжения (10В) на гасящем резисторе; считаем номинал сопротивления:

$R_r = V_{п.мин.} / i_{ст.мин.} = 10 / 0,007 = 1428,57 \text{ Ом}$ , округляем до значения 1,4кОм. Теперь нужно посчитать ток при максимальном падении напряжения на резисторе (60В), чтобы знать, что стабилитрон находится в пределах рабочих режимов:

$i_{ст.макс.} = V_{п.макс.} / R_r = 60 / 1400 = 42,86 \text{ мА}$ , что вполне приемлемо. Далее считаем мощность, рассеиваемую гасящим резистором:

$$P_p = i_{ст.макс.} \times V_{п.макс.} = 0,04286 \times 60 = 2,57 \text{ Вт}$$

**Вывод:** четыре, включенных параллельно резистора, номиналом 5,6кОм и мощностью 1Вт удовлетворяют требованиям.

\*\*\*\* - подстроечный резистор установки тока покоя. Перед впаиванием резистор следует установить в положение максимального сопротивления (согласно плате), т.к. чтобы между движком и одной из ножек было максимальное сопротивление. Зависимость между сопротивлением резистора и током покоя - обратная, т.е. при уменьшении сопротивления резистора, ток покоя оконечного каскада будет увеличиваться.

\* - номинал конденсатора необходимо подобрать опытным путем, чтобы при максимальной амплитуде сигнала на выходе усилитель не генерировал ВЧ колебания. Номинал подбирается в пределах от 5 до 100 пикофарад.

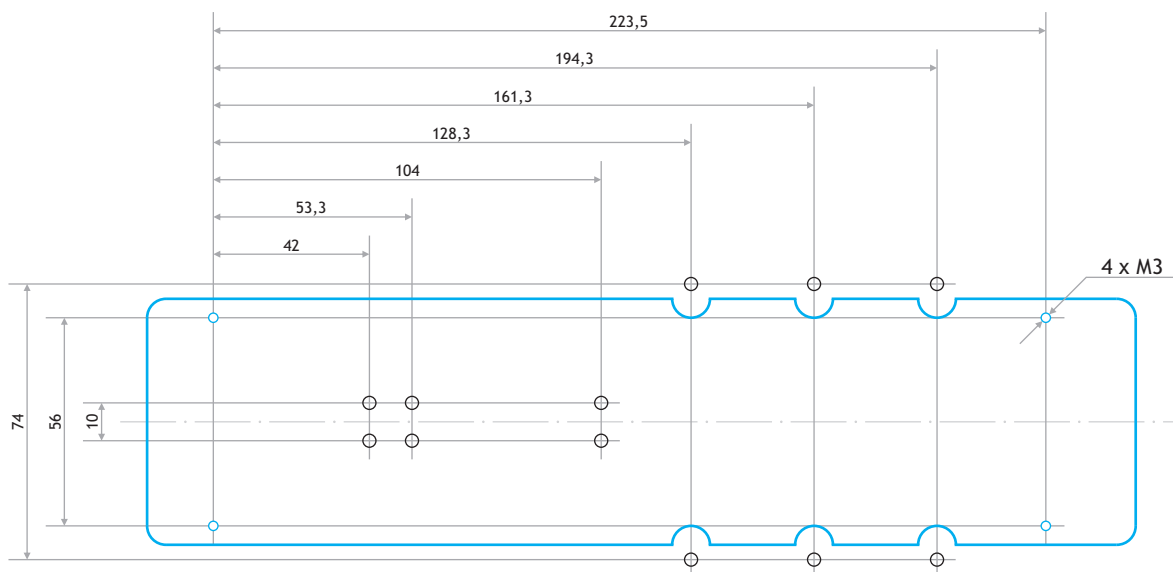
\*\* - транзисторы дифкаскада (Q1, Q2, Q4, Q5) необходимо подобрать по бэте, тестер вполне подойдет для этих целей. Как показала практика, среди 100 штук транзисторов производства Philips можно без проблем подобрать транзисторы на несколько каналов усилителя, благо транзисторы довольно дешевые.

## Плата балансировки постоянной составляющей (Addition)

Плата «Addition» устанавливается в случае необходимости, если постоянная составляющая на выходе усилителя при закороченном входе выше 100мВ. Точность и диапазон регулировки постоянной составляющей зависит от соотношения номиналов резистора R7 и резисторов R6 и R8, чем больше номинал подстроечного резистора по отношению к R6 и R8 - тем больше будет диапазон регулировки и меньше точность.

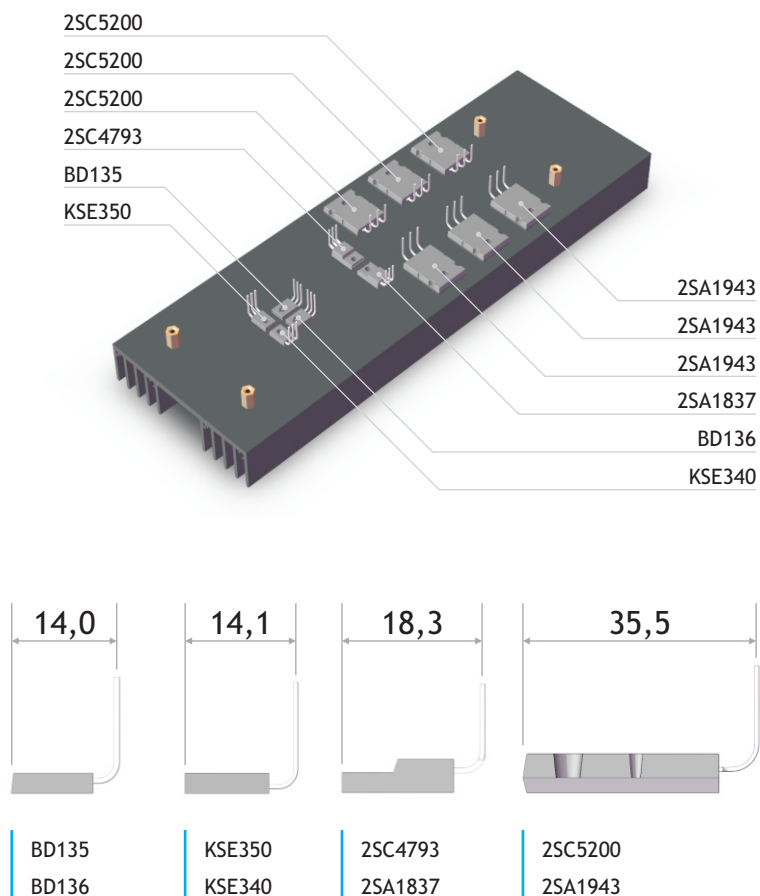
Регулировку стоит производить только при закороченном на землю входе усилителя. Даже при одинаковом номинале резисторов R6, R7 и R8, равно 10кОм, точность регулировки будет +/-1мВ.

## Разметка радиатора



- 4 x M3 - посадочные места для стоек (под резьбу M3 сверлить отверстие диаметром 2.5мм)
- 12 x 3.5мм - отверстия для крепежа

## Расположение транзисторов на радиаторе



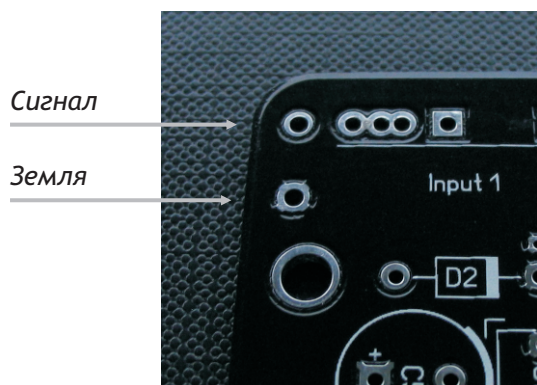
Монтаж транзисторов осуществляется следующим образом: сначала вкручиваем в радиатор все четыре стойки. Затем размещаем на плате все транзисторы и фиксируем их со стороны фланцев картонным листом. На радиатор кладем слюдяные изоляторы в тех местах, где будут крепиться транзисторы с оголенными фланцами. Затем размещаем плату с транзисторами на радиаторе и убираем картонный лист. Все транзисторы аккуратно позиционируем и прикручиваем вплотную к радиатору. В момент затягивания болтов и гаек необходимо следить, чтобы все транзисторы располагались перпендикулярно продольной оси радиатора. При довольно сильном усилии на винт, транзистор может провернуться в след за ним, что может привести к закорачиванию выводов. Когда все транзисторы притянуты к радиатору и плата прикручена к стойкам - можно запаивать транзисторы.

После этого надо провести демонтаж платы с транзисторами, допаять все оставшиеся элементы и поставить плату обратно на радиатор, промазав все теплоотводящие поверхности термопастой (слюдяную прокладку следует смазывать термопастой с обеих сторон).

## Подключения проводов

### Вход

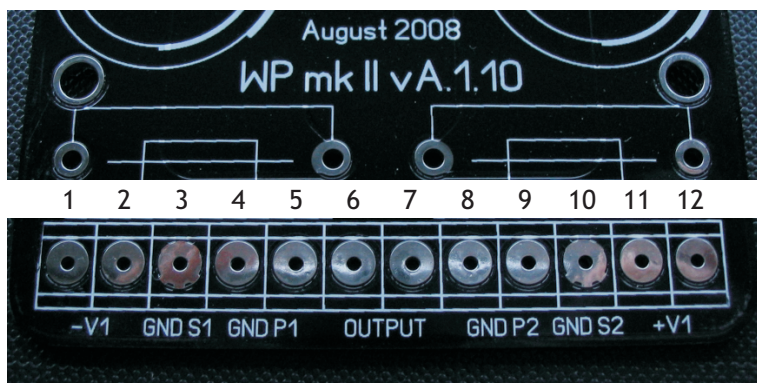
Входной сигнал подается на плату усилителя посредством сигнального провода и сигнальной земли. Если используется разъем, то оба проводника должны идти непосредственно от него на плату усилителя. В случае, когда сигнал берется с предусилителя, расположенного в одном корпусе с усилителем мощности, имеет место быть два варианта: первый - если блоки питания предусилителя и усилителя мощности имеют электрически связанные земли, в таком случае соединение необходимо выполнять только сигнальным проводом, землю подключать не надо, иначе образуется петля. Второй вариант - если блоки питания не имеют электрической связи земли, тогда подключение должно быть выполнено двумя проводами, как и при подключении непосредственно к разъему. Селектор каналов и регулятор громкости должны подключаться так же - двумя проводами. На рисунке слева представлена верхняя левая сторона печатной платы усилителя, на нем обозначены площадки подключения сигнальных проводов источника. На правой стороне платы так же имеются места для подключения сигнальных проводов.





## Клеммная колодка

На клеммной колодке расположены терминалы подключения питания усилителя, сигнальной и силовых земель, а так же выход усилителя. Каждый из разъемов насчитывает как минимум две клеммы для подключения проводов, так например клеммы силовой земли 4, 5, 8 и 9 соединены на плате между собой. Подключение необходимо выполнять следующим образом: Минус и плюс питания усилителя подается на группы клемм 1, 2 и 11, 12 соответственно. В большинстве случаев подключение каждого из полюсов питания будет выполнять одним проводом, но если же задействованы все пары выходных транзисторов и нагрузка усилителя низкоомная, то подключение следует выполнять двумя проводами, для увеличения общего сечения проводника. Так же и со всеми остальными разъемами. Поскольку на плате имеется два полигона земли, сигнальный и силовой и они не имеют электрической связи между собой, то каждый из них надо подключить в блок питания. Для это служат клеммы 3 и 10 - сигнальная земля и клеммы 4 и 9 - силовая земля. Несмотря на то, что клеммы 5 и 8 тоже относятся к силовой земле, их удобнее задействовать при подключении земли от нагрузки, ввиду их расположения рядом с клеммами выхода усилителя. И последнее подключение, которое необходимо выполнить - подключение нагрузки усилителя. Для этого служат клеммы 6 и 7 - выход усилителя и клеммы 5 и 8 - силовая земля усилителя. На рисунке внизу указаны вышеиспользованные номера клемм, а справа дано их описание, в скобках указано



соответствующее обозначение клеммы на плате и схеме.

- 1 - Минус питания (-V1)
- 2 - Минус питания (-V1)
- 3 - Сигнальная земля (GND S1)
- 4 - Силовая земля (GND P1)
- 5 - Силовая земля (GND P1)
- 6 - Выход (Output)
- 7 - Выход (Output)
- 8 - Силовая земля (GND P2)
- 9 - Силовая земля (GND P2)
- 10 - Сигнальная земля (GND S2)
- 11 - Плюс питания (+V1)
- 12 - Плюс питания (+V2)