

Цифровой предварительный усилитель «с претензией» на...

(Продолжение. Начало см. «РХ» №1/05, с.53-56, №2/05, с.42-45)

Дмитрий Харций, г.Запорожье

Выходной фильтр

Теперь вернемся к выходным фильтрам. Использование «токовых» выходов в AD1853 - и благо и горе одновременно. Благо в том, что к ним меньше «липнут» внешние помехи (достаточно вспомнить всевозможные компьютерные инструментальные интерфейсы, рассчитанные на передачу данных на большие расстояния, - там нет альтернатив словосочетанию «токовая петля»). Недостаток - в необходимости преобразовать ток в напряжение. Типовым решением является использование для этой цели операционного усилителя в инвертирующем включении. Наглядным примером может служить схема выходного фильтра предложенного в справочных данных на AD1853 (fig.29 в [3]). Собственно преобразование тока в напряжение (например, для правого канала) осуществляют два ОУ - U6A и U6B (нумерация согласно fig.29 в [3]). Стоящая за ними микросхема U8B с «обвеской» фильтрует надтональные составляющие выходного сигнала (частота среза - 75 кГц) и преобразует дифференциальное выходное напряжение ЦАПа в несимметричное для подачи на последующие устройства.

В данной конструкции использован именно такой выходной фильтр. Схема его приведена на **рис.4**. Преобразование тока в напряжение осуществляют микросхемы IC1 и IC2, а суммирующие фильтры выполнены на ИМС IC3 и IC4. Описывать схему подробнее, смысла нет, т.к. отличия от типовой схемы - минимальны. Заключаются они в том, что, во-первых, уменьшено сопротивление резисторов R5-R8 для снижения уровня выходного напряжения усилителя, а также увеличены емкости конденсаторов фильтров для получения частоты среза 50 кГц. Второе отличие - для любителей «нетрадиционных подходов», о нем ниже. Еще немного информации тем, кто будет повторять типовой выходной фильтр - на рисунке fig. 29 в [3] приведены конденсаторы C52-C55. При этом в моей схеме они не изображены. Но место на печатной плате для их установки предусмотрено, там они так и подписаны: C52-C55.

Кроме того, на плате выходного фильтра установлены следующие компоненты. Реле REL1, управляемое ключом на транзисторе T1, по сигналу от процессора управления закорачивает на землю выходы каналов при выключении ПУ, и отпирает их через некоторое время после включения, предотвращая прохождение переходных процессов (щелчков) на последующие устройства. На микросхеме IC5 по схеме неинвертирующего повторителя выполнен усилитель для головных телефонов (ТУ). Но, установка двух дополнительных резисторов R101 и R102, места для которых на плате предусмотрены, позволяет при желании и повысить коэффициент усиления ТУ.

Немного «демагогии» о «нетрадиционных подходах». В приведенной (по сути - типовой) схеме сначала стоит преобразователь ток-напряжение, а затем уже фильтр. О недостатке данного решения, заключающегося в том, что благодаря дискретному характеру выходного сигнала для неискаженного преобразования выходного тока ЦАПа в напряжение необходим ОУ с просто сумасшедшими характеристиками, не писал разве что ленивый. Каждый находит свой собственный вариант решения. Например, в [13] как раз использованы ОУ с «экстремальными» характеристиками (AD8138/AD8132/AD8047 - скорость нарастания выходного напряжения, соответственно, 1150/1200/750 В/мкс: полоса частот 320/350/250 МГц; время установления 16/н.д./30 нс; шумы 5/8/5,2 нВ/√Гц; оптовая цена около 6/2,5/7\$). А вот другой вариант решения: в [14] автор сначала фильтрует выходной сигнал ЦАПа пассивными цепями, а уж потом подает его на «вполне нормальный» ОУ. Идея симпатичная, однако, в чистом виде не подходит: дело в том, что у использованного в [14] ЦАПа выходным является напряжение, а не ток, как в случае с AD1853. Здесь же сначала нужно получить это самое напряжение, а потом уж его фильтровать. Альтернативная (схема с ОУ) идея по поводу преобразования тока в напряжение - вспомнить закон Ома - предложена в [15]. Действительно, лучший преобразователь,

без собственных шумов и искажений (если не думать о High End) - резистор. Кстати, сторонники «лампового ренессанса» могут в данном усилителе использовать выходные цепи из [15] (там буфер - ламповый). Придется, правда, самостоятельно разобраться с токами и напряжениями... Хотя, перед этим, возможно, стоит ознакомиться с некоторыми материалами [16, 17], а потом уже решать - «быть или не быть»...

Печатная плата выходного фильтра выполнена двухсторонней и представлена на **рис.5** (вид со стороны дорожек) и **рис.6** (вид со стороны деталей). Со стороны установки деталей основная площадь фольги оставлена в качестве экрана. Расположение элементов показано на **рис.7**. Микросхема IC5 установлена со стороны дорожек. Также, уже впоследствии, со стороны дорожек параллельно конденсаторам C9, C10, C14, C18-C22, блокирующим питание ОУ, были припаяны танталовые SMD конденсаторы 10 мкФ x 16 В...

Разработанная мной печатная плата позволяет собрать два варианта выходного фильтра: во-первых, согласно типовой схеме от Analog Devices, использованной и мной. Второй вариант - как раз возможность реализовать преобразование тока в напряжение резистором, профильтровать полученный сигнал и т.д. При сборке первого варианта устанавливаем все детали, изображенные на схеме фильтра плюс конденсаторы C52-C55.

А теперь про ВТОРУЮ «ФИШКУ», ПРЕДНАЗНАЧЕННУЮ ДЛЯ ВАРИАНТА, КОГДА ТОК ПРЕОБРАЗУЕТСЯ В НАПРЯЖЕНИЕ РЕЗИСТОРАМИ. Во первых, в моей схеме, в отличие от схемы из [3], разделены резисторы, подающие смещение на неинвертирующие входы ОУ (R1-R4 в моей схеме против R52, R53 на рис.29 в [3]). Во вторых, на плате предусмотрено место для установки конденсаторов C101-C104 (которые в варианте с использованием ОУ НИ В КОЕМ СЛУЧАЕ НЕ ВПАИВАТЬ!). Итак, что это все нам дает? Нужно всего лишь:

- Не устанавливать ОУ IC1 и IC2 и конденсаторы C5-C8;
- Вместо конденсаторов C52-C55 впаять перемычки.
- Установить конденсаторы C101-C104.

Теперь посмотрим на то, что мы получили. Резисторы R1-R4 теперь включены между выходом источника опорного напряжения ЦАПа и его токовыми сигнальными выходами. И ПРИ ЭТОМ ИМЕННО ОНИ ПРЕОБРАЗУЮТ ВЫХОДНОЙ ТОК AD1853 В НАПРЯЖЕНИЕ! Идем дальше, теперь резисторы R5-R8 совместно с конденсаторами C101-C104 образуют первое звено фильтра, а резисторы R9-R12 и конденсаторы C11, C12, C15, C16 - второе. И уже после этих фильтров установлен еще и суммирующий фильтр на ОУ IC3 и IC4. Номиналы этих цепей считайте, увы, сами. Единственное - резисторы R1-R4 при этом рекомендуют использовать номиналом в десятый Ом. С другой стороны, выходной ток ЦАПа равен 1 мА. Следовательно, напряжение на резисторах составит также всего лишь десятки милливольт, и, как следствие, обвеску суммирующих фильтров также придется изменить с тем, чтобы они еще и усиливали выходной сигнал до требуемого уровня.

Блок питания

На **рис.8** приведена схема использованного блока питания. С трансформатора Tr1 начинается канал, который выдает напряжения для питания реле и цифровых цепей усилителя. Стабилизатор IC2 формирует напряжение +5 В, которое подается на процессор управления постоянно. При включении усилителя, на контакт PS_CTRL поступает логическая «1». При этом транзистор T3 открывается, включая реле Rel2 и открывая транзистор T2. Напряжение с T2 поступает на стабилизатор IC1, а с его выхода стабилизированные +7,5 В поступают на плату предварительного усилителя. Кроме того, при включении усилителя на вход PA_CTRL поступает логическая «1», открывающая транзистор T1, управляющий реле Rel1. Контакты данного реле (контакты 3 и 4 платы БП) управляют подачей напряжения 220 В на трансформатор усилителя мощности (если таковой установлен в одном корпусе с предварительным усилителем) или на розетку на задней стенке ПУ, в кото-

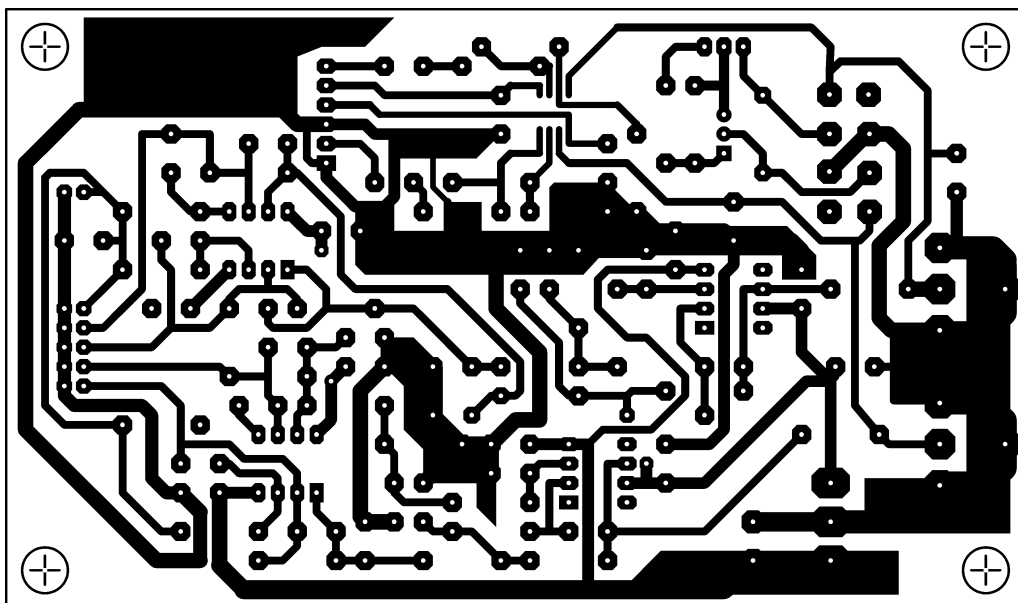
- C1 - 10mKF x 16V
- C2, C9, C10, C11, C12, C15, C16 - 1n0
- C3, C4 - 220 pF
- C5-C8, C11, C12, C15, C16 - 1n0
- C13, C17, C29, C30 - 470 mKF X 16V
- C23-C26 - 330 pF

- IC3, IC4 - AD797
- IC5a, IC5b - OP279
- T1 - KT973A
- R1-R4 - K39
- R5-R8 - 1K0
- R9-R15, R18 - 2K74
- R16, R17, R19, R20 - 2K94
- R21 - K62
- R22 - K62
- R23 - 2K0
- R24 - 2K0
- R25 - 2K7
- R26 - 5K1
- R27 - 33R
- R28 - 33R

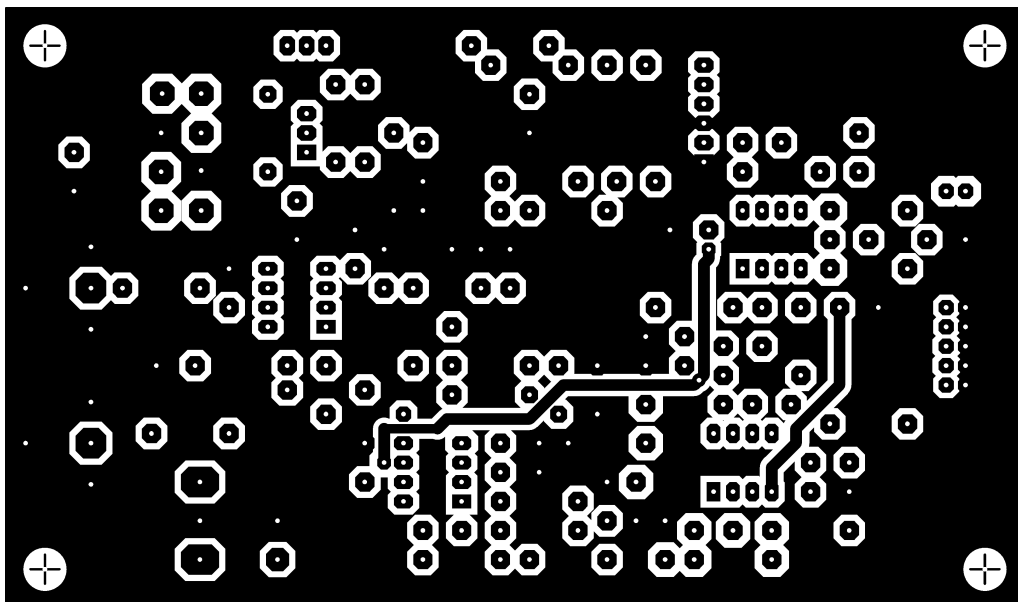
- D1 - 1N4148
- R011 - 10K
- R012 - 10K
- R013 - 10K
- R014 - 10K
- R015 - 10K
- R016 - 10K
- R017 - 10K
- R018 - 10K
- R019 - 10K
- R020 - 10K
- R021 - 10K
- R022 - 10K
- R023 - 10K
- R024 - 10K
- R025 - 10K
- R026 - 10K
- R027 - 10K
- R028 - 10K
- R029 - 10K
- R030 - 10K
- R031 - 10K
- R032 - 10K
- R033 - 10K
- R034 - 10K
- R035 - 10K
- R036 - 10K
- R037 - 10K
- R038 - 10K
- R039 - 10K
- R040 - 10K
- R041 - 10K
- R042 - 10K
- R043 - 10K
- R044 - 10K
- R045 - 10K
- R046 - 10K
- R047 - 10K
- R048 - 10K
- R049 - 10K
- R050 - 10K
- R051 - 10K
- R052 - 10K
- R053 - 10K
- R054 - 10K
- R055 - 10K
- R056 - 10K
- R057 - 10K
- R058 - 10K
- R059 - 10K
- R060 - 10K
- R061 - 10K
- R062 - 10K
- R063 - 10K
- R064 - 10K
- R065 - 10K
- R066 - 10K
- R067 - 10K
- R068 - 10K
- R069 - 10K
- R070 - 10K
- R071 - 10K
- R072 - 10K
- R073 - 10K
- R074 - 10K
- R075 - 10K
- R076 - 10K
- R077 - 10K
- R078 - 10K
- R079 - 10K
- R080 - 10K
- R081 - 10K
- R082 - 10K
- R083 - 10K
- R084 - 10K
- R085 - 10K
- R086 - 10K
- R087 - 10K
- R088 - 10K
- R089 - 10K
- R090 - 10K
- R091 - 10K
- R092 - 10K
- R093 - 10K
- R094 - 10K
- R095 - 10K
- R096 - 10K
- R097 - 10K
- R098 - 10K
- R099 - 10K
- R100 - 10K
- R101 - 10K
- R102 - 10K
- R103 - 10K
- R104 - 10K
- R105 - 10K
- R106 - 10K
- R107 - 10K
- R108 - 10K
- R109 - 10K
- R110 - 10K
- R111 - 10K
- R112 - 10K
- R113 - 10K
- R114 - 10K
- R115 - 10K
- R116 - 10K
- R117 - 10K
- R118 - 10K
- R119 - 10K
- R120 - 10K
- R121 - 10K
- R122 - 10K
- R123 - 10K
- R124 - 10K
- R125 - 10K
- R126 - 10K
- R127 - 10K
- R128 - 10K
- R129 - 10K
- R130 - 10K
- R131 - 10K
- R132 - 10K
- R133 - 10K
- R134 - 10K
- R135 - 10K
- R136 - 10K
- R137 - 10K
- R138 - 10K
- R139 - 10K
- R140 - 10K
- R141 - 10K
- R142 - 10K
- R143 - 10K
- R144 - 10K
- R145 - 10K
- R146 - 10K
- R147 - 10K
- R148 - 10K
- R149 - 10K
- R150 - 10K
- R151 - 10K
- R152 - 10K
- R153 - 10K
- R154 - 10K
- R155 - 10K
- R156 - 10K
- R157 - 10K
- R158 - 10K
- R159 - 10K
- R160 - 10K
- R161 - 10K
- R162 - 10K
- R163 - 10K
- R164 - 10K
- R165 - 10K
- R166 - 10K
- R167 - 10K
- R168 - 10K
- R169 - 10K
- R170 - 10K
- R171 - 10K
- R172 - 10K
- R173 - 10K
- R174 - 10K
- R175 - 10K
- R176 - 10K
- R177 - 10K
- R178 - 10K
- R179 - 10K
- R180 - 10K
- R181 - 10K
- R182 - 10K
- R183 - 10K
- R184 - 10K
- R185 - 10K
- R186 - 10K
- R187 - 10K
- R188 - 10K
- R189 - 10K
- R190 - 10K
- R191 - 10K
- R192 - 10K
- R193 - 10K
- R194 - 10K
- R195 - 10K
- R196 - 10K
- R197 - 10K
- R198 - 10K
- R199 - 10K
- R200 - 10K
- R201 - 10K
- R202 - 10K
- R203 - 10K
- R204 - 10K
- R205 - 10K
- R206 - 10K
- R207 - 10K
- R208 - 10K
- R209 - 10K
- R210 - 10K
- R211 - 10K
- R212 - 10K
- R213 - 10K
- R214 - 10K
- R215 - 10K
- R216 - 10K
- R217 - 10K
- R218 - 10K
- R219 - 10K
- R220 - 10K
- R221 - 10K
- R222 - 10K
- R223 - 10K
- R224 - 10K
- R225 - 10K
- R226 - 10K
- R227 - 10K
- R228 - 10K
- R229 - 10K
- R230 - 10K
- R231 - 10K
- R232 - 10K
- R233 - 10K
- R234 - 10K
- R235 - 10K
- R236 - 10K
- R237 - 10K
- R238 - 10K
- R239 - 10K
- R240 - 10K
- R241 - 10K
- R242 - 10K
- R243 - 10K
- R244 - 10K
- R245 - 10K
- R246 - 10K
- R247 - 10K
- R248 - 10K
- R249 - 10K
- R250 - 10K
- R251 - 10K
- R252 - 10K
- R253 - 10K
- R254 - 10K
- R255 - 10K
- R256 - 10K
- R257 - 10K
- R258 - 10K
- R259 - 10K
- R260 - 10K
- R261 - 10K
- R262 - 10K
- R263 - 10K
- R264 - 10K
- R265 - 10K
- R266 - 10K
- R267 - 10K
- R268 - 10K
- R269 - 10K
- R270 - 10K
- R271 - 10K
- R272 - 10K
- R273 - 10K
- R274 - 10K
- R275 - 10K
- R276 - 10K
- R277 - 10K
- R278 - 10K
- R279 - 10K
- R280 - 10K
- R281 - 10K
- R282 - 10K
- R283 - 10K
- R284 - 10K
- R285 - 10K
- R286 - 10K
- R287 - 10K
- R288 - 10K
- R289 - 10K
- R290 - 10K
- R291 - 10K
- R292 - 10K
- R293 - 10K
- R294 - 10K
- R295 - 10K
- R296 - 10K
- R297 - 10K
- R298 - 10K
- R299 - 10K
- R300 - 10K



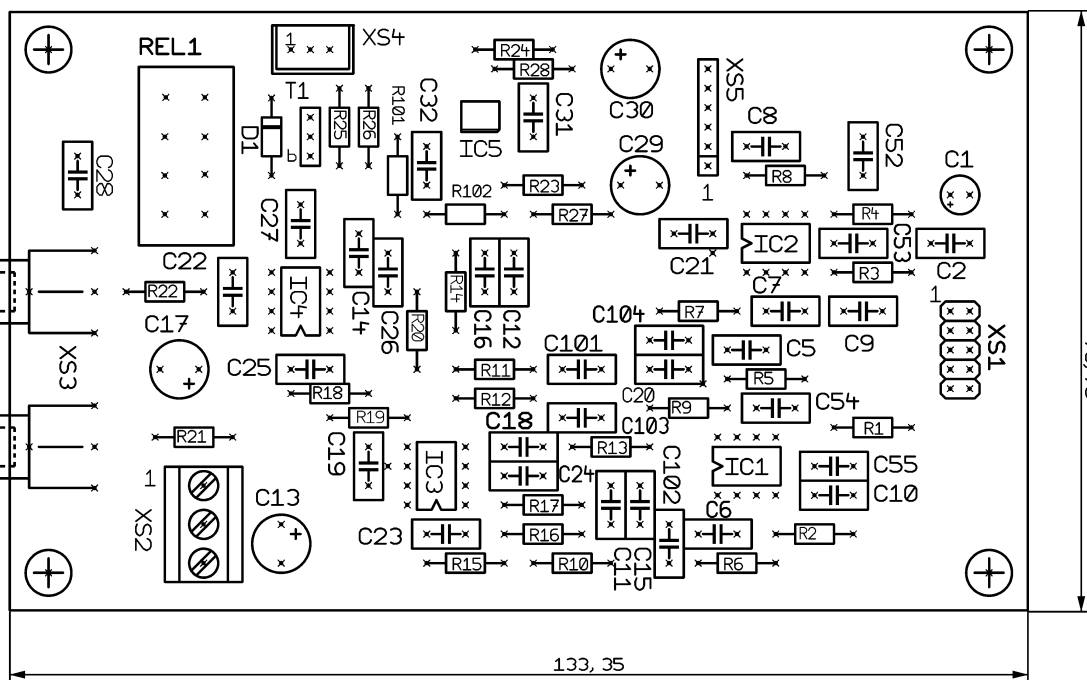
Prnc.5

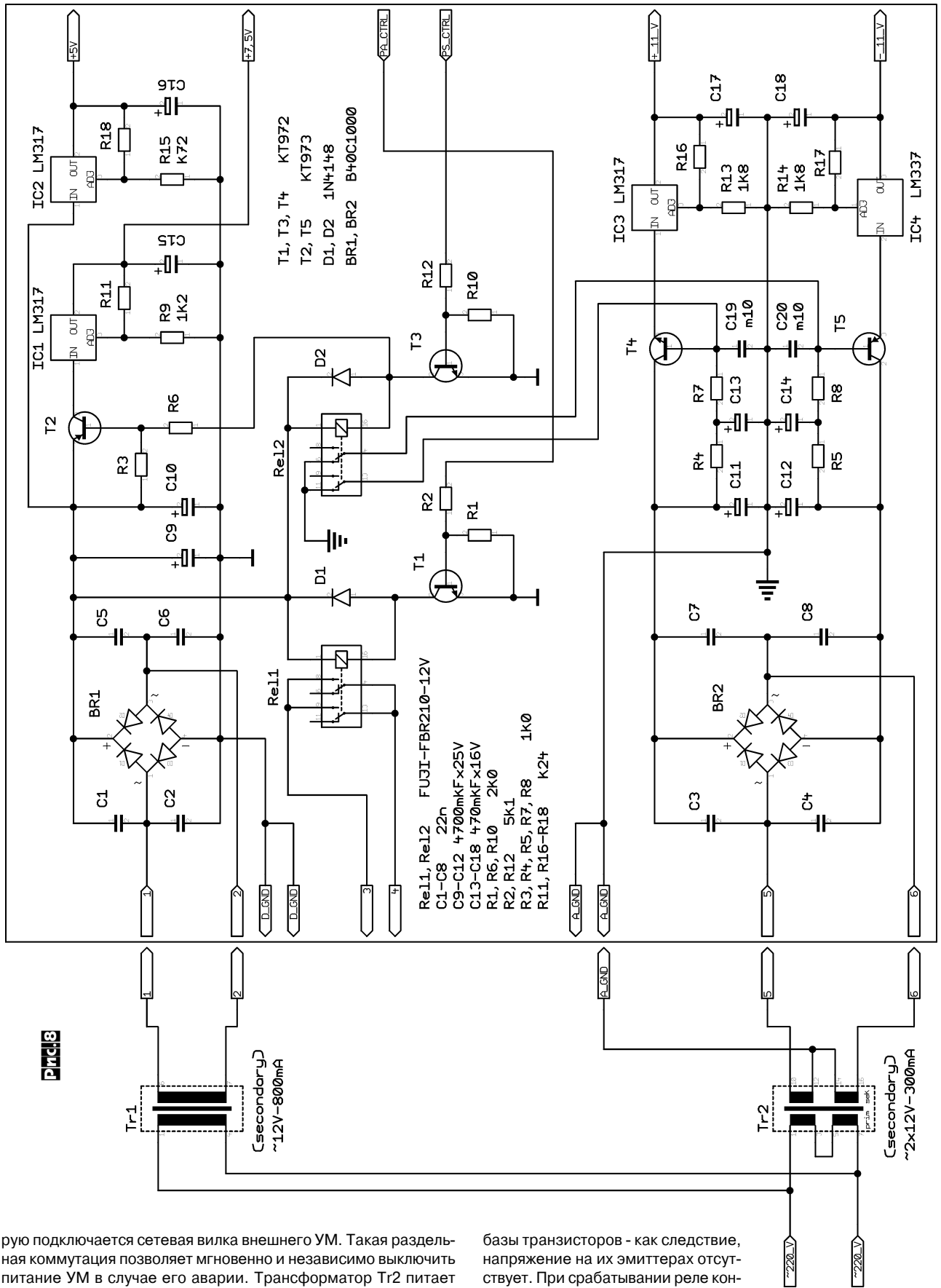


Prnc.6



Prnc.7





рую подключается сетевая вилка внешнего УМ. Такая раздельная коммутация позволяет мгновенно и независимо выключить питание УМ в случае его аварии. Трансформатор Tr2 питает аналоговую часть предварительного усилителя. Его выходное напряжение выпрямляется мостом BR2 и подается на транзисторные фильтры, выполненные на T4 и T5, одновременно являющиеся элементами коммутации. Пока усилитель выключен (в дежурном режиме), контакты реле Rel2 замыкают на землю

базы транзисторов - как следствие, напряжение на их эмиттерах отсутствует. При срабатывании реле контактные замыкаются - профильтрованное напряжение поступает на стабилизаторы IC3 и IC4, а с их выходов на усилитель.

(Окончание следует)