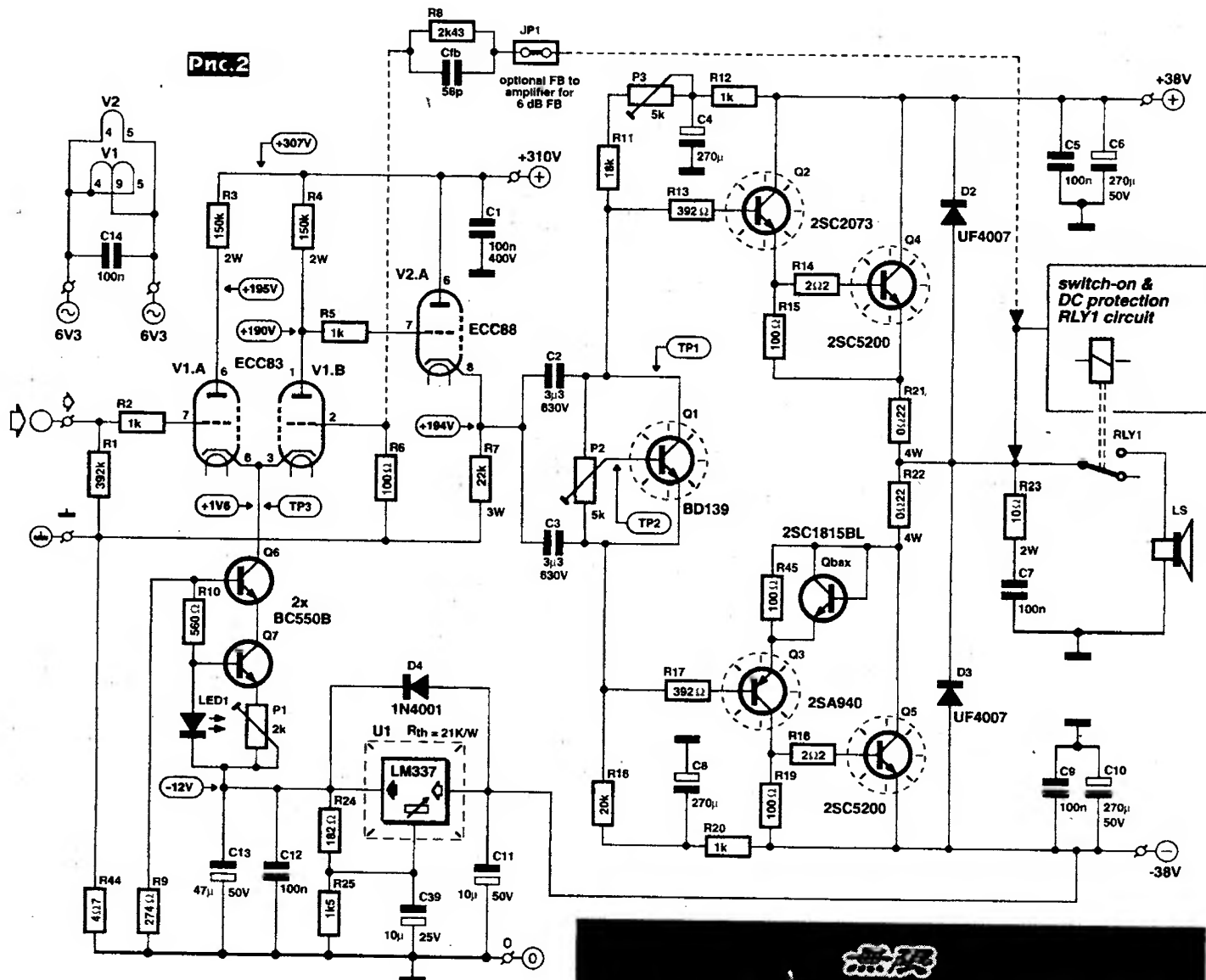


# ДАЙДЖЕСТ

Гибридный лампово-транзисторный УМЗЧ Уим де Хэна назван автором **MuGen**: с одной (философской) стороны, это слово с японской транскрипцией *mu-gen*, означающее «бесконечность»; с другой (техно-английской) точки зрения *mu* отождествляется с коэффициентом усиления вакуумной лампы, а *gen* - генератором (тока). А говоря попросту, эта конструкция - очередная попытка заменить выходной трансформатор в аудио-

ляется не через обычный резистор, а от практически идеального генератора тока на транзисторах Q6, Q7, в свою очередь запитанных от интегрального стабилизатора U1. В связи с тем, что по переменному току катоды ламп V1A, V1B соединены последовательно, входной дифференциальный каскад «автоматически» охвачен местной ООС глубиной 6 дБ, что также благоприятно сказывается на линейности каскада ( $\text{его } K_r < 0,1\%$  при пол-

с анодом V1B не создает дополнительных фазовых искажений на НЧ, а выходное сопротивление снижает примерно до 500 Ом, что обеспечивает идеальную расчатку биполярных транзисторов выходного каскада. Испытав множество схемных решений выходных транзисторных каскадов, автор остановился, во-первых, на биполярных, а не полевых транзисторах, и, во-вторых, - на т.н. квазикомплементарной схеме, в которой



фильском УМЗЧ с входным усилителем напряжения (*mu*) на лампах транзисторным выходным каскадом усилителя тока (*gen*). Входной каскад - дифференциальный (рис.2), выполнен на двойном триоде V1A, V1B и осуществляет все необходимое усиление по напряжению ( $K_u$  около 29 дБ), т.к. остальные каскады - катодный повторитель V2A и выходной двухтактный транзисторный каскад Q2-Q5 являются усилителями тока с  $K_u < 1$ . Первый каскад должен развить достаточно высокое напряжение - 25 В эфф. для полной расчатки выходного до мощности 70 Вт (на 8 Ом), а учитывая отсутствие общей ООС, это означает, что он должен быть высоколинейным сам по себе. С этой целью для максимальной взаимной компенсации четных гармоник ламп V1A и V1B питание их катодов осуществ-

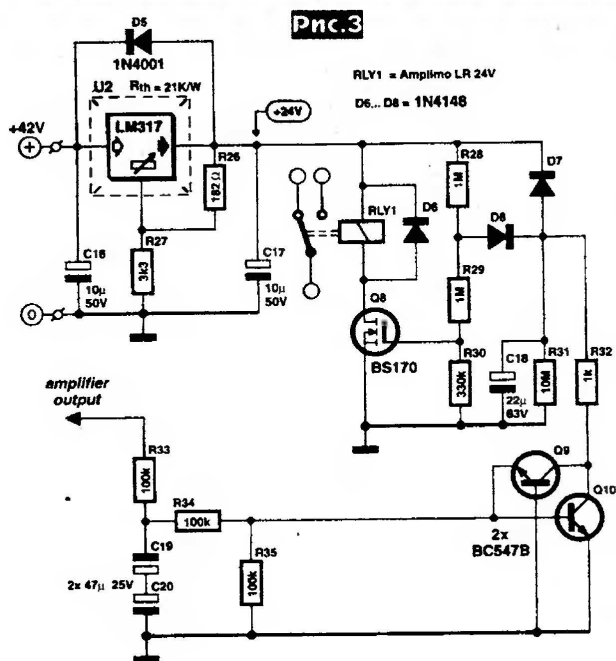
ной выходной мощности). Необходимость катодного повторителя V2A (аналог 6Н23П) вызвана тем, что лампы ECC83 (аналог 6Н2П) имеют сравнительно большое выходное сопротивление (около 50 кОм, ток анода около 0,8 мА, триммер P1), которое создавало бы проблемы при непосредственном подключении к низкоомному и нелинейному входному сопротивлению выходной транзисторной ступени. В данном случае V2A (ток анода около 9 мА) благодаря непосредственной связи



мощные выходные транзисторы имеют один и тот же тип проводимости. Здесь необходимо отметить, что в большинстве современных транзисторных выходных каскадов применяются т.н. комплементарные пары мощных выходных транзисторов, т.е. один - структуры п-р-п, а другой - структуры р-п-р. Автор считает, что

данном усилителе имеются только два конденсатора - C2 и C3. Хотя они и имеют сравнительно небольшую емкость 3,3 мкФ, но должны быть рассчитаны на большое рабочее напряжение, а главное - должны быть очень высокого качества: автор применил ClarityCap SA630 V audiograde, но можно использовать и конденсаторы аудиосерии фирм Wima и

коллектором Q1) и вращать при налаживании плавно. Процедуру подстройки режимов целесообразно повторить после 15-минутного прогрева. На **рис.3** изображена схема узла защиты АС (на **рис.2** он обозначен как switch-on & DC protection). Он выполнен по типовой релейной (RLY1) схеме с задержкой подключения АС на 30 секунд при включении питания, формируемой конденсатором C18, а также цепочкой R33-R35C19C20Q9Q10 отключения АС от выхода усилителя при появлении на его выходе нештатного постоянного напря-



на самом деле «зеркальная симметричность» мощных биполярных комплементарных транзисторов настолько далека от идеальной, что более симметричным получается квазикомплементарный каскад на одинаковых выходных транзисторах, «комплементарность» которых с точки зрения управляющего напряжения достигается схемотехнически маломощными комплементарными транзисторами раскочки Q2, Q3. При этом Q2 и Q4 формируют пару Дарлингтона, а Q3 и Q5 - пару Шиклаи, коэффициенты передачи тока которых почти идентичны, но Q2Q4 работают как п-р-п транзистор, а Q3Q5 - как р-п-р. Слово «почти» в предыдущем предложении можно исключить, если обратить внимание на транзистор Qbax с резистором R45, получившие среди знатоков английской схемотехники название «диод Бэксэндэла (Baxandall diode)» - элемента, впервые введенного в квазикомплементарный выходной каскад Питером Бэксэндэлом, известным среди аудиофилов более как изобретатель активного регулятора тембра НЧ/ВЧ. В данном усилителе диод Бэксэндэла на транзисторе 2SC1815 в диодном включении привел к снижению коэффициента гармоник выходной ступени до 0,08% против 0,2% в «родном» чисто диодном решении Питера Бэксэндэла (УМЗЧ Еква, 1972 г.) или 1,5% при отсутствии диода. Для любителей поэкспериментировать с выхода УМЗЧ через перемычку JP1 и элементы R8R6Cfb можно замкнуть цепь общей ООС глубиной 6 дБ. При этом общий коэффициент усиления УМЗЧ снижается с 29 дБ до 23 дБ, а качество и оттенки звучания каждый может выбрать по своим предпочтениям. Во всяком случае, устойчивость УМЗЧ гарантируется с хорошим запасом как при замкнутой, так и при разомкнутой перемычке JP1 даже без последовательного включения с нагрузкой обычной для транзисторных УМЗЧ с глубокой ООС катушки индуктивности в несколько микрогени. На всем пути звукового сигнала в

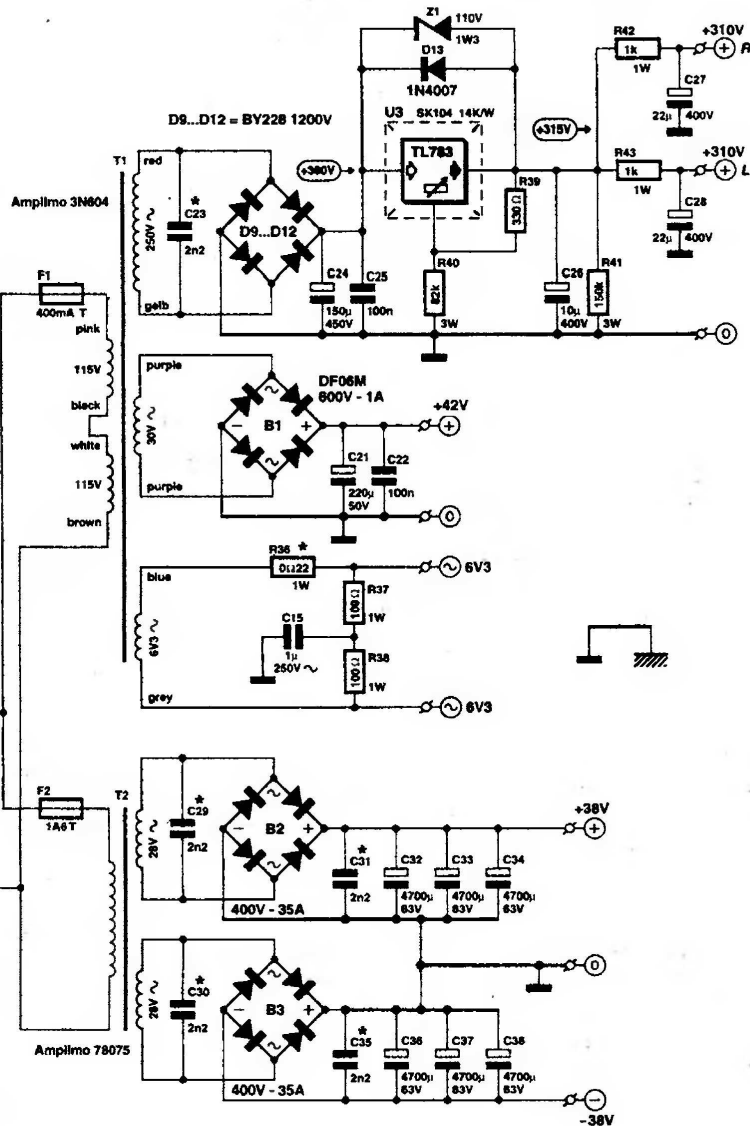


Рис.4

Solen. Транзисторы выходного каскада необходимо разместить на радиаторах с тепловым сопротивлением не более 0,7 °С/Вт, обеспечив тепловый контакт с транзистором-сенсором Q1 термостабилизатора начального тока. При налаживании триммером P1 устанавливают в контрольной точке TP3 напряжение +1,6 В, триммером P3 устанавливают нуль (±50 мВ) на выходе усилителя, а P2 - начальный ток коллекторов 100...150 мА транзисторов выходного каскада (т.е. 22...33 мВ постоянного напряжения на резисторах R21, R22). Чтобы не сжечь выходные транзисторы, перед первым включением движок переменного резистора P2 необходимо установить в верхнее по схеме положение (соединить с

жениа. Пеле RLY1 - на 24 В фирмы Amplimo type LR). Блок питания выполнен по схеме **рис.4**. Анодное напряжение формируется интегральным стабилизатором U3, установленным на небольшой радиатор с тепловым сопротивлением 14 °С/Вт. Выпрямитель +42 В используется для питания схемы защиты АС, обмотка 6,3 В - для накала ламп. Отдельный трансформатор и выпрямители на ±38 В применены для питания мощной транзисторной части усилителя. Параметры усилителя MuGen: Входное сопротивление 300 кОм, чувствительность/выходная мощность/сопротивление нагрузки 825 мВ/70 Вт/8 Ом, 770 мВ/110 Вт/4 Ома, коэффициент гармоник <0,1% @ 1 Вт, <0,15% @ 10 Вт, ко-