

Составитель *Анатолий Владимирович Гороховский*

РАДИОЕЖЕГОДНИК-84

© Издательство ДОСААФ СССР, 1984 г.

ТРАНСИВЕР «ТОРС-160»

Перед теми, кто решил посвятить свой досуг любительской радиосвязи, неизменно встает вопрос — какую конструкцию передатчика или приемопередатчика (трансивера) выбрать для первого шага в увлекательный мир коротких волн. Радиолюбители, как известно, могут проводить связи как телеграфом, так и телефоном, причем при работе телефоном разрешается использовать две разновидности модуляции: обычную амплитудную (АМ) и так называемую однополосную (SSB). Достаточно лишь несколько часов послушать работу телефонных любительских радиостанций, чтобы убедиться в неоспоримых преимуществах SSB перед АМ, основным из которых является (при прочих равных условиях) существенно большая «дальнобойность» SSB радиостанций.

Широко распространенное мнение о повышенной сложности в изготовлении и налаживании аппаратуры для однополосной связи нередко определяет выбор начинающего радиолюбителя — начать с АМ радиостанции. Однако это мнение в корне неверно. Например, для изготовления АМ радиостанции (приемника и передатчика) на диапазон 160 метров, отведенный для начинающих радиолюбителей, необходимы примерно полтора десятка транзисторов и одна-две радиолампы. Используя практически все те же самые детали, можно создать SSB радиостанцию на диапазон 160 метров. Основные ее характеристики при этом будут весьма высокими, а сама радиостанция еще долго будет служить радиолюбителю как базовый блок для последующих конструкций. Не будет SSB радиостанция и заметно дороже. Ведь необходимый для ее изготовления электромеханический фильтр (он, кстати, имеется в широкой продаже и посылочной торговле) стоит немногим больше пьезоэлектрического фильтра, который используется обычно в тракте ПЧ АМ приемника. Несложно, на самом деле, и налаживание однополосной радиостанции. Для этого нужны те же самые приборы, что и для отладки АМ приемников и передатчиков.

Есть и еще одно преимущество у SSB аппаратуры. При определенных схемных решениях SSB приемник нетрудно превратить в трансивер, и перед радиолюбителем, освоившим азы радиолучительской связи по наблюдениям в эфире и получившим разрешение на постройку радиостанции, не возникнет проблемы изготовления дополнительных сложных блоков и узлов. С использованием именно таких схемных решений и разработан описываемый здесь трансивер «ТОРС-160» [«ТОРС-160». — трансивер однополосный радиолучительский самодельный на диапазон 160 метров.].

Этот трансивер предназначен для проведения радиолучительских связей однополосной модуляцией в диапазоне 1850... 1950 кГц. Он имеет следующие основные технические характеристики.

Приемный тракт:

чувствительность при соотношении сигнал/шум 10 дБ не хуже 2,7 мкВ (при входном сопротивлении 75 Ом);
селективность по зеркальному каналу приема не хуже 40 дБ, динамический диапазон при испытании по двухсигнальной методике не хуже 80 дБ;

полоса пропускания по уровню — 6 дБ и коэффициент прямоугольности по уровням — 61 — 60 дБ определяется используемым ЭМФ (типичные значения соответственно 3 и 1,7 кГц);

глубина ручной регулировки усиления по промежуточной частоте около 70 дБ;

максимальное выходное напряжение около 3 В при сопротивлении нагрузки 2 кОм.

Передающий тракт:

пиковая выходная мощность около 5 Вт при уровне интермодуляционных составляющих не хуже — 30 дБ;

сопротивление нагрузки (волновое сопротивление фидера) 50...75 Ом;

подавление несущей частоты сигнала не хуже 50 дБ;

подавление нерабочей боковой полосы определяется используемым ЭМФ (типичное значение — около 50 дБ при частоте модуляции 1 кГц);

подавление зеркального канала при передаче около 60 дБ;

подавление сигнала гетеродина в выходном спектре передатчика не хуже 50 дБ.

Принципиальная схема трансивера показана на рис. 1 — 4. Далее по тексту позиционные обозначения деталей основного узла (рис. 1) и узла гетеродинов (рис. 2) будут иметь дополнительную индексацию (соответственно 1 и 2 — *IC1*, *IC2* и т. п.), которая условно на этих рисунках не приведена. Позиционные обозначения деталей на рис. 3 и 4 не повторяются, поэтому ссылки на них даны без дополнительных индексов.

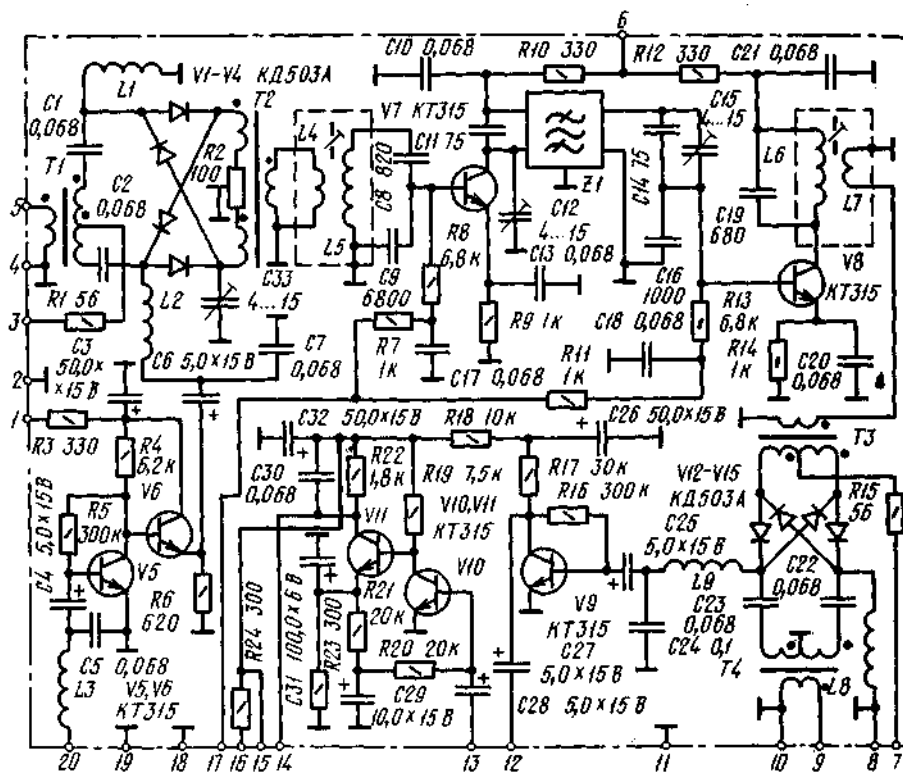


Рис. 1. Принципиальная схема трансивера (основной узел)

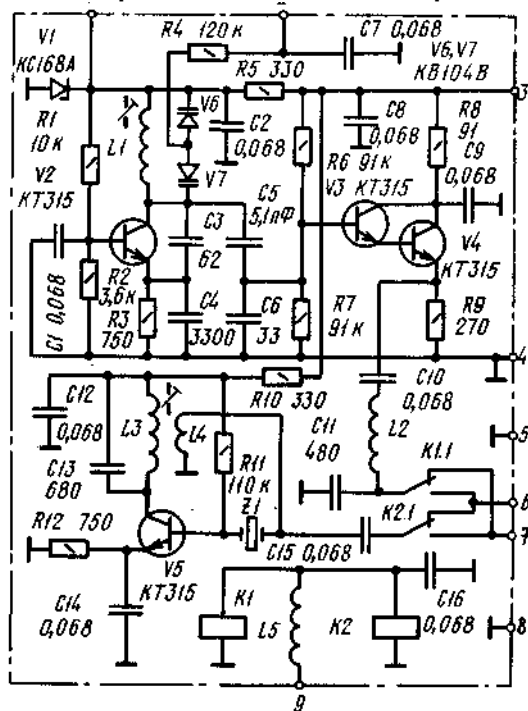


Рис. 2. Принципиальная схема трансивера (узел гетеродинов)

Приемный тракт трансивера представляет собой супергетеродин с одним преобразованием частоты. Он выполнен на 9 транзисторах, шесть из которых используются также и в передающем тракте.

Сигнал с антенны подается на входной разъем X3 (рис. 4) и через контакты K3. 1 антенного реле K3 и полосовой фильтр C1, C2, L1, C3, L2, C4, C5, который пропускает сигналы, лежащие в пределах любительского диапазона, поступает на смеситель приемника (вывод 5 основного узла). Смеситель собран по кольцевой схеме на диодах IV1 — IV4. Отсутствие усилителя высокой частоты и пассивный (без усиления) балансный смеситель позволяют без особого труда получить хорошие динамические характеристики приемного тракта. Из-за заметных потерь в полосовом фильтре (8... 10 дБ) и в самом смесителе (6...8 дБ) чувствительность приемника составляет единицы микровольт, но этого вполне достаточно для работы в диапазоне 160 метров, где уровень атмосферных и промышленных помех может составлять десятки микровольт.

Сигнал ПЧ выделяется контуром $IL5, IC8, IC9$ и поступает на первый усилитель промежуточной частоты на транзисторе $IV7$, в коллекторной цепи которого включен электромеханический фильтр $IZ1$, осуществляющий основную селекцию сигнала. Далее сигнал усиливается вторым УПЧ (транзистор $IV8$) и подается на второй кольцевой смеситель, на диодах $IV12 - IV15$, который в режиме приема используется как детектор SSB сигнала. Изменяя переменным резистором $R3$ (рис. 3) напряжение смещения на базах транзисторов УПЧ, устанавливают необходимое усиление в тракте промежуточной частоты при приеме.

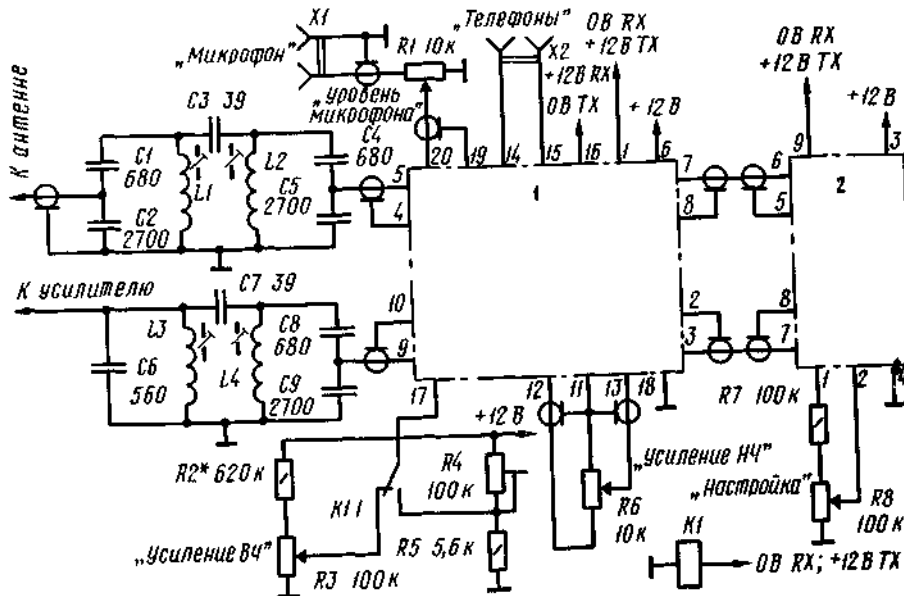


Рис. 3. Принципиальная схема трансивера

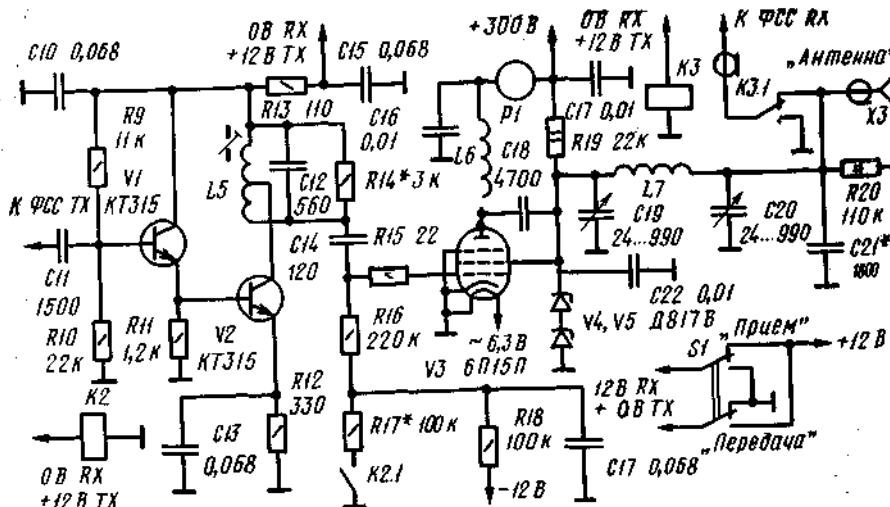


Рис. 4. Принципиальная схема трансивера (узел УВЧ)

Низкочастотный сигнал со смесительного детектора поступает на трехкаскадный УНЧ (транзисторы $IV9 - IV11$). Выходной каскад усилителя низкой частоты рассчитан на работу с модифицированными головными телефонами ТОН-2 или с любыми им аналогичными, имеющими сопротивление излучателей (указывается на их корпусе) около 1600 Ом. Необходимость некоторой модификации головных телефонов вызвана тем, что подобные высокоомные телефоны (а именно они получили наибольшее распространение и имеются в широкой продаже) мало пригодны для использования в транзисторных устройствах. Дело в том, что сопротивление, которое указывается на излучателях головных телефонов, — это сопротивление их обмоток постоянному току. Между тем обмотки излучателей имеют значительную индуктивность (около 1 Гн), поэтому полное их сопротивление переменному току, во-первых, заметно больше 1600 Ом, а во-вторых, существенно изменяется в рабочем диапазоне частот. Так, у излучателей телефонов ТОН-2 оно возрастает с 2,8 кОм до 40 кОм при повышении частоты с 300 Гц до 3 кГц. Поскольку в стандартных телефонах излучатели включены последовательно, то на частоте 3 кГц их полное сопротивление будет около 80 кОм. При реальных выходных напряжениях транзисторных усилителей (единицы вольт) мощность, отдаваемая в нагрузку, в этом случае будет очень маленькой. Если же излучатели включить параллельно, то полное сопротивление будет уже лежать в пределах 1,4...20 кОм. Более того, наличие значительной индуктивности у излучателей наталкивает на мысль использовать ее для дополнительной фильтрации НЧ сигнала. Это и сделано в данном трансивере. Излучатели

модифицированных головных телефонов вместе с конденсатором $IC30$ образуют колебательный контур, настроенный на частоту примерно 1 кГц. Добротность этого контура относительно высокая, и для расширения полосы пропускания до требуемых пределов (200 Гц...4 кГц по уровню — 6 дБ) он зашунтирован резистором $Щ22$. При переделке головных телефонов имеющийся у них регулятор громкости удаляют. Подключение излучателей следует производить с учетом полярности (она указывается на корпусе излучателя). Поскольку в данной конструкции через обмотки излучателей протекает постоянный ток, подключение головных телефонов к усилителю низкой частоты следует также производить с учетом полярности.

Генератор плавного диапазона (ГПД) собран на трех транзисторах, один из них ($2V2$) используется непосредственно в генераторе, а два других ($2V3$, $2V4$) — в составном эмиттерном повторителе. Генератор выполнен по схеме «емкостной трехточки» с настройкой на рабочую частоту варикапами $2V6$, $2V7$. Для уменьшения влияния нелинейности вольт-фарадной характеристики варикапов на работу генератора они включены встречно-последовательно. Напряжение питания генератора стабилизировано стабилизатором $2V1$. Часть этого стабилизированного напряжения с движка переменного резистора $R8$ (рис. 3), которым осуществляют настройку трансивера на рабочую частоту, подается на варикапы. Через эмиттерный повторитель на «составном транзисторе» ($2V3$, $2V4$), Г-образный фильтр нижних частот, $2L2$, $2C11$ и контакты $2K1.1$ реле $2K1$ напряжение ГПД подается при приеме на первый кольцевой смеситель основного узла (вывод 3). Фильтр низших частот ослабляет гармоники напряжения гетеродина и повышает тем самым реальную избирательность приемника.

Генератор плавного диапазона перекрывает (с некоторым запасом по краям) участок 2350...2450 кГц. При использовании в приемнике стандартного электромеханического фильтра на верхнюю боковую полосу (относительно частоты 500 кГц) это обеспечивает прием станций в диапазоне 160 метров, работающих на нижней боковой полосе.

В цепях управления трансивером при переходе с приема на передачу и обратно используются две шины, на которых переключателем $S1$ (рис. 4) формируют управляющие напряжения: на одной — +12 В при приеме (RX) и 0 В при передаче (TX); а на другой — 0 В при приеме и +12 В при передаче. На каскады трансивера, работающие как в приемном, так и в передающем тракте (усилители ПЧ, гетеродины), напряжение питания подано постоянно.

В режиме передачи сигнал с микрофона, который подключают к разъему $X1$ (рис. 3), через регулятор уровня (переменный резистор $R1$) поступает на двухкаскадный микрофонный усилитель, находящийся в основном узле (транзисторы $IV5$ и $IV6$). Кольцевой смеситель на диодах $IV1$ — $IV4$ при передаче выполняет функции балансного модулятора. На него в этом случае подается модулирующий НЧ сигнал, а вместо напряжения ГПД — напряжение от кварцевого гетеродина. Сформированный балансным модулятором двухполосный (DSB) сигнал усиливается каскадом УПЧ на транзисторе $IV7$. Электромеханический фильтр $IZ1$ выделяет из DSB сигнала рабочую боковую полосу, и получившийся при этом SSB сигнал усиливается вторым каскадом УПЧ ($IV8$). Перенос SSB сигнала с частоты 500 кГц на частоты любительского диапазона 160 метров осуществляет второй смеситель на диодах $IV12$ — $IV15$, на который теперь подают напряжение ГПД.

Пройдя через полосовой фильтр $C6$, $L3$, $C7$, $L4$, $C8$, $C9$ (он подавляет зеркальный канал при передаче), SSB сигнал усиливается двухкаскадным УВЧ на транзисторах $V1$ и $V2$ (рис. 4). Первый транзистор работает в эмиттерном повторителе, а второй — в резонансном усилителе высокой частоты. Колебательный контур в коллекторной цепи транзистора $V2$ зашунтирован резистором $R14$ для расширения его полосы пропускания до требуемых пределов. Усиление сигнала по мощности до необходимого уровня осуществляет каскад на лампе $V3$. В режиме приема она закрыта напряжением — 12 В, поступающим на управляющую сетку, а при передаче замыкаются контакты $K2.1$ реле $K2$ и это напряжение понижается примерно до — 6 В, обеспечивая тем самым режим класса АВ. Выходной контур усилителя мощности — так называемый П-фильтр. Он обеспечивает согласование выходного сопротивления усилителя мощности с низкоомной нагрузкой, какую обычно представляет собой передающая антенна.

При переводе переключателя $S1$ в положение «*Передача*» подается напряжение на все реле трансивера, что обеспечивает:

перекоммутацию в блоке гетеродинов направлений для напряжений ГПД и кварцевого генератора (реле $2K1$ и $2K2$);

фиксацию на необходимом уровне напряжения смещения на базах транзисторов $IV7$ и $IV8$ усилителя промежуточной частоты (реле $K1$);

перевод лампы выходного каскада передающего тракта трансивера из закрытого состояния в режим класса АВ (реле $K2$);

отключение входа приемного тракта от антенны и замыкание его на общий провод (реле $K3$).

Кроме того, при переводе переключателя $S1$ в положение «*Передача*» снимается напряжение питания с усилителя низкой частоты приемного тракта и подается напряжение питания на микрофонный усилитель, а также на усилитель высокой частоты в передающем тракте.

Блок питания трансивера можно выполнить по любой известной схеме. Он должен обеспечить следующие напряжения: +12 В (0,5 А, стабилизированное), — 12 В (1 мА), +300 В (80 мА), -6,3 В (0,5 А).

Возможный вариант конструктивного выполнения трансивера показан на рис. 5, а, б. Трансивер (без блока питания) размещают в корпусе размерами 290X100x170 мм. В корпусе имеются две перегородки — горизонтальная и вертикальная (субшасси узла оконечного усилителя мощности). Они показаны на рис. 5, а пунктирными линиями. Панелька лампы оконечного каскада размещена на вертикальной перегородке (сама

лампа расположена горизонтально). На этой же перегородке со стороны отсека, в котором находятся основной узел и узел гетеродинов, размещают контуры полосовых фильтров, реле $K1$ и $K2$, подстроечный резистор $R4$, усилитель высокой частоты передающего тракта. В левом отсеке трансивера (над субшасси) находятся лишь детали, относящиеся к анодной цепи выходного каскада (кроме миллиамперметра $P1$), и антенное реле $K3$, которое размещают непосредственно у разъема $X3$.

Основной узел и узел гетеродинов собраны на платах из стеклотекстолита или гетинакса (размеры соответственно 140X X100 мм и 140X50 мм). Детали устанавливаются с одной стороны платы, а с другой они соединяются между собой отрезками проводов в изоляции. Если имеется фольгированный материал, то фольгу удобно использовать как общий провод.

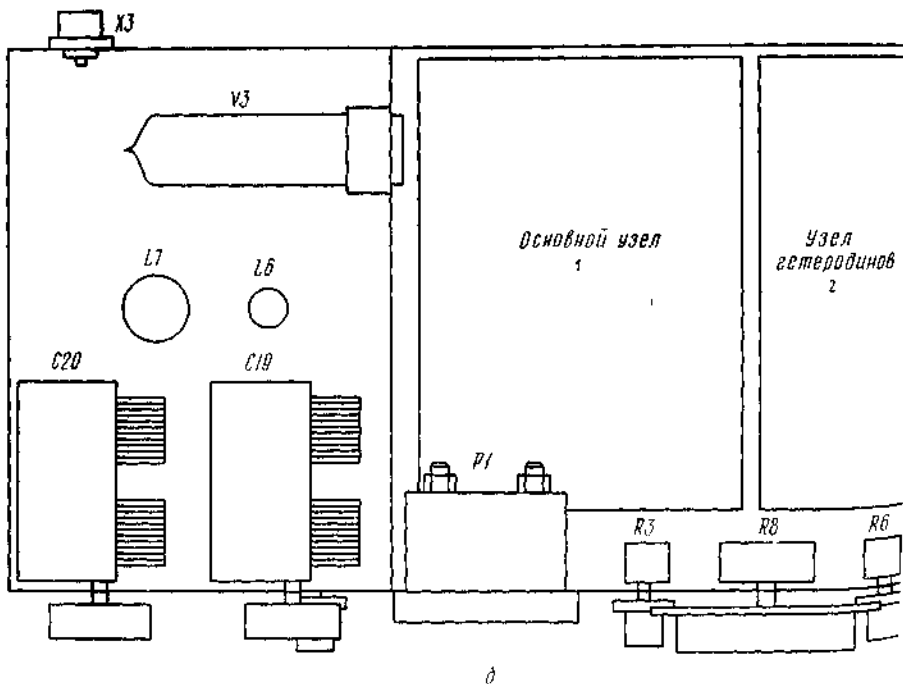
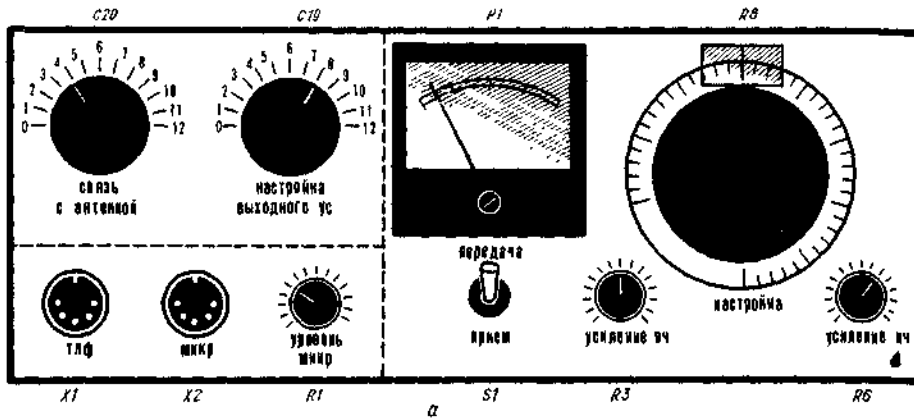


Рис. 5. Конструкция трансивера: а — передняя панель; б — схема размещения узлов и деталей

Как видно из принципиальной схемы, в трансивере применены лишь транзисторы серии КТ315. Буквенный индекс, вообще говоря, может быть любым, но транзисторы должны иметь статический коэффициент передачи тока h_{21c} , по крайней мере 50. Имеющиеся транзисторы целесообразно перед монтажом разделить на группы по этому параметру, а имеющие наибольшее значение параметра h_{21c} использовать как $1V6$, $1V9$, $1V11$, $2V2$ и $2V3$. Транзисторы $1V7$ и $1V8$ должны иметь близкие значения статического коэффициента передачи тока, а для транзисторов $2V4$, $2V5$ и VI допустимы, вообще говоря, значения h_{21a} и меньше 50 (не менее 30).

Вместо транзисторов серии КТ315 можно использовать практически любые современные высокочастотные

транзисторы структуры *n-p-n*: КТ301, КТ306, КТ312, КТ316, КТ342 и т. д. Если у радиолюбителя имеется возможность хотя бы часть транзисторов КТ315 заменить на КТ312, КТ342 и им подобные, то параметры трансивера могут улучшиться. В первую очередь подлежат замене транзисторы усилителя промежуточной частоты (*IV7*, *IV8*) и транзистор *IV9* усилителя низкой частоты приемного тракта. Транзистор *2V4* в узле гетеродинов работает при сравнительно большом токе коллектора, и рассеиваемая на нем мощность близка к предельной для транзисторов малой мощности. Здесь целесообразно использовать транзистор с металлическим корпусом, к которому припаять легкоплавким припоем радиатор — пластинку из меди или латуни. Из этих соображений при возможности в качестве *2V4* следует применить транзистор средней мощности (КТ601 — КТ605, КТ608), который будет хорошо работать и без радиатора.

Диоды в кольцевых смесителях (*IV1* — *IV4*, *IV12* — *IV15*) могут быть любые современные кремниевые высокочастотные с обратной емкостью перехода не более 1 пФ (при обратном напряжении на переходе 3... 5 В). С германиевыми диодами характеристики трансивера будут примерно такими же, но они, как показала практика, требуют подбора четверок диодов для каждого кольцевого смесителя (хотя бы по прямому и обратному току при фиксированных напряжениях смещения). Неплохие результаты можно получить с германиевыми диодами Д18 (из старых типов) и с ГД402, ГД403, ГД407.

Варикапы *2V6* и *2V7* можно использовать только серии КВ 104, поскольку подавляющее большинство распространенных варикапов имеет небольшую емкость и не обеспечивает требуемого перекрытия по частоте. При отсутствии варикапов серии КВ 104 придется отказаться от электронной настройки и ввести в трансивер обычный конденсатор переменной емкости с воздушным диэлектриком от радиовещательного приемника.

Вместо стабилитронов *V4* и *V5* можно применить один газонаполненный стабилитрон СПП, а в качестве *2V1* подойдет любой стабилитрон малой мощности с напряжением стабилизации 5,6... 8 В.

Постоянные резисторы в трансивере могут быть МЛТ-0,25 или МЛТ-0,125 (за исключением *R19* и *R20* — МЛТ-2). Подстроенные и переменные резисторы — СП4-1а или им подобные, но резистор *R8* лучше взять СП-1. Резистор *IR2* обязательно должен быть малогабаритным (использовать проволочные переменные резисторы здесь нельзя).

Все неэлектролитические конденсаторы постоянной емкости (кроме *C16* — *C18* и *C22*) могут быть типа КМ, причем для часто-тозадающих цепей ГПД (*2C3* — *2C6*) следует использовать конденсаторы с малым температурным коэффициентом емкости. Здесь подойдут и конденсаторы КСО-2. Конденсаторы *C16* — *C18* и *C22* в ламповом усилителе мощности — КСО-5. Электролитические конденсаторы могут быть любого типа (К50-6, К53-1 и т. д.), Подстроенные конденсаторы — КПК-М,

В выходном усилителе мощности следует использовать переменные конденсаторы от ламповых радиоприемников, соединив две секции параллельно так, чтобы максимальная емкость была бы около 1000 пФ (например, широко распространенный КПЕ-1, который имеет две секции с максимальной емкостью 495 пФ).

Электромеханический фильтр *III* на верхнюю боковую полосу и кварцевый резонатор *2II* на частоту 500 кГц используются из набора «Кварц-17».

Реле могут быть любые с рабочим напряжением 12 В и одной группой контактов на переключение (например, РЭС-15, паспорт РС4.591.004). Переключатель *S1* — любого типа, с контактами на ток до 0,3 А. Разъемы для подключения микрофона и телефонов лучше всего использовать типа СГ-3 или СГ-5, а для подключения антенны какой-либо коаксиальный разъем типа СР-50 или СР-75. Однако здесь вполне подойдут и обычные двухполюсные гнезда и антенный разъем от телевизора.

Трансформаторы *IT1* — *IT4* наматывают на кольцевых маг-нитопроводах типоразмера К7Х4Х2 из феррита с магнитной проницаемостью 400...1000. Величина магнитной проницаемости, равно как и типоразмер магнитопровода, не критична для этих трансформаторов. Намотку трансформаторов производят одновременно тремя проводами ПЭВ-2 0,1 ...0,3 мм, свитыми в жгут. Таким жгутом наматывают 15...30 витков, равномерно распределяя их по магни-топроводу. Обмотки с выводами от средней точки у трансформаторов *IT1*, *IT3* и *IT4* получают соединением начала одной из обмоток с концом другой.

Катушки контуров ПЧ и контура кварцевого генератора наматывают на магнитопроводах СБ-12а проводом ПЭВ-2 015. Число витков у *IL5*, *IL6* и *2L3* — 75, а у *IL4*, *IL7* и *2L4* — 7. Индуктивность катушек — около 120 мкГ. Эти катушки следует поместить в экраны из дюралюминия или латуни. Здесь можно использовать контура ПЧ от радиовещательных приемников (из числа тех, что имеют отношение витков контурной катушки и катушки связи примерно 10). В этом случае, возможно, потребуется установить конденсаторы *IC8*, *IC9* и *IC19* с иными номиналами, так чтобы резонансная частота контуров была 500 кГц. Хорошие результаты получаются с контурами диапазона СВ от гетеродинов транзисторных приемников, которые также обычно имеют индуктивность примерно 120 мкГ.

Дроссели *IL1* — *IL3*, *IL9* и *IL8* могут быть любого типа. Их индуктивность должна быть не менее 250 мкГ. Подойдут стандартные дроссели Д-0,1 или корректирующие дроссели ламповых телевизоров. Для того чтобы не нарушилась заметно балансировка в кольцевых модуляторах, дроссели *IL1* и *IL2*, *IL9* и *IL8* должны попарно иметь возможно близкие параметры.

Катушки контура ГПД *2L1*, *L1* — *L4* полосовых фильтров и катушку *L5* усилителя высокой частоты наматывают на магнито-проводе СБ-12а (25 витков проводом ПЭВ-2 0,15). Их индуктивность — около 12 мкГ. Катушка *L5* имеет отвод от середины. Расчетное значение индуктивности катушки *2L2* — 8,2 мкГ, но оно не критично, и, в частности, здесь можно использовать стандартный дроссель Д-0,1 индуктивностью 5... 10 мкГ,

Дроссель *L6* намотан проводом ПЭВ-2 0,15 на семисекционном диэлектрическом каркасе длиной 20 мм и

внешним диаметром 10 мм. Число витков некритично (в пределах 300...600), Каркас можно изготовить из диэлектрического стержня (тефлон, оргстекло и т. п.) диаметром 7 мм, на котором клеим БФ-2, «Суперцемент» или аналогичным им закрепляют щечки из картона. Намотку в секциях производят внавал.

Катушка $L7$ выходного П-контура содержит 60 витков провода ПЭВ-2 0,6, намотанных виток к витку на каркасе диаметром 16 мм из хорошего диэлектрика (оргстекло, керамика). Выводы обмотки закрепляют полосками лакоткани и клеим БФ-2,

Измерительный прибор $P1$ — любого типа. Он должен иметь ток полного отклонения 50 мА. Если в распоряжении радиолюбителя имеется прибор на меньший ток, то необходимо параллельно ему включить шунт, сопротивление которого рассчитывают по известным формулам.

Налаживание трансивера следует начинать с узла гетеродинов, который на период настройки отключают от основного узла. К выходу ГПД (вывод 7 при обесточенных реле $2K1$ и $2K2$) подключают резистор сопротивлением 200...300 Ом и высокочастотный вольтметр (можно простейший самодельный — на базе микроамперметра и любого высокочастотного германиевого диода). Если генератор не возбуждается и ВЧ вольтметр не регистрирует наличие напряжения на его выходе, то следует установить в ГПД конденсатор $2C4$ несколько меньшей емкости (но максимально возможной для устойчивой работы ГПД во всем диапазоне частот). Затем подбирают резистор $R7$ (см. рис. 3) таким, чтобы напряжение на верхнем по схеме выводе резистора $R8$ было примерно на 3...3,5 В меньше напряжения стабилизации стабилитрона $2V1$. Переведя движок резистора $R8$ в верхнее по схеме положение, подстроечником катушки $2L1$ устанавливают частоту генерации чуть ниже 2350 кГц (на 5... 10 кГц). Затем движок резистора $R8$ переводят в нижнее по схеме положение. Рабочая частота при этом должна быть чуть выше 2450 кГц. Если это не удастся сделать и перекрытие получается меньше ПО...120 кГц, то следует установить конденсаторы $2C3$ и $2C4$ несколько меньшей емкости (сохранив прежним соотношение емкостей этих конденсаторов). Можно также несколько увеличить максимальное управляющее напряжение, но делать его таким, чтобы разница между напряжением стабилизации стабилитрона $2V1$ и этим напряжением была бы меньше 2...2,5 В, не рекомендуется. Иначе при максимальном управляющем напряжении (что соответствует в данном гетеродине минимальному смещению на варикапах) варикапы будут открываться на пиках высокочастотного напряжения гетеродина, и стабильность частоты в низкочастотном участке уменьшится. На последнем этапе налаживания ГПД подбирают конденсатор $2C5$ такой емкости, чтобы напряжение ВЧ на выходе ГПД было 0,7...0,9 В (эффективное значение). Поскольку емкость этого конденсатора несколько влияет на частоту ГПД, после установки выходного напряжения следует еще раз проверить перекрытие ГПД по частоте и при необходимости подстроить катушку $2L1$.

При настройке кварцевого генератора подстроечником катушки $2L3$ добиваются максимальной амплитуды колебаний на выходе (вывод 6 при обесточенных реле $2K1$ и $2K2$). Если генератор не возбуждается, то следует изменить порядок подключения выводов катушки $2L4$.

Подавая напряжение +12 В на вывод 9 узла гетеродинов, необходимо убедиться, что происходит четкое переключение выходов ГПД и кварцевого генератора.

В основном узле первым налаживают усилитель низкой частоты приемного тракта. Постоянные напряжения на коллекторных выводах транзисторов $IV9$ и $IV10$ должны быть примерно +2 В. При необходимости их устанавливают подбором резисторов $IR16$ и $IR21$ соответственно. Подключив к правому по схеме выводу конденсатора $IC25$ генератор звуковых частот, а к коллекторной цепи транзистора $IV11$ милливольтметр переменного тока или осциллограф, проверяют амплитудно-частотную характеристику УНЧ с подключенными головными телефонами. Она должна иметь колоколообразный вид с максимумом в районе частоты 1 кГц и с завалом на — 6 дБ на частотах примерно 200 Гц и 4 кГц. Если она «сдвинута» в ту или иную сторону по частоте, то надо подобрать точнее конденсатор $IC30$. Коэффициент усиления УНЧ на частоте 1 кГц составляет 5000 (движок переменного резистора $R6$ при этом находится в нижнем по схеме положении). Ограничение выходного сигнала должно наступать при напряжении не менее 3 В (эффективное значение).

Наладив УНЧ, к основному узлу подключают узел гетеродинов, а на вход смесителя (вывод 5 основного узла) подают сигнал частотой 1900 кГц от генератора стандартных сигналов. Первоначальный уровень этого сигнала устанавливают большим (милливольты), а настроив (резистором $R8$) приемный тракт на эту частоту, уменьшают уровень до таких значений, чтобы не было перегрузки приемника. После этого последовательно подстраивают катушки $IL5$, $IL6$, а также конденсаторы $IC12$, $IC15$ по максимальному выходному сигналу. При этом необходимо постоянно следить, чтобы не перегружался приемный тракт, а при необходимости уменьшать уровень сигнала, поступающего с ГСС. Если максимальный уровень сигнала на выходе приемного тракта достигается в крайних положениях роторов подстроечных конденсаторов и подстроечников контуров, то следует установить соответствующие конденсаторы ($IC8$, $IC11$, $IC14$, $IC19$) с большим или меньшим номиналом и вновь произвести подстройку тракта ПЧ.

Напряжение на выводе 17 основного узла при настройке тракта ПЧ должно быть + 1 ... 1,5 В.

Настройку полосового фильтра приемного тракта производят в такой последовательности. Сначала сигнал от ГСС подают непосредственно на верхний по схеме вывод конденсатора $C1$ (т. е. шунтируют контур $L1C1C2$ выходным сопротивлением генератора) и настраивают контур $L2C4C5$ подстроечником на частоту 1900 кГц по максимальному выходному напряжению приемника. Затем ГСС подключают к точке соединения конденсаторов $C1$ и $C2$, а коаксиальный кабель, идущий от основного узла к полосовому фильтру, подключают к верхнему по схеме выводу конденсатора $C4$ (т. е. шунтируют контур $L2C4C5$ входным сопротивлением смесителя). Контур $L1C2C1$ настраивают также на частоту 1900 кГц и восстанавливают первоначальные

соединения. Результирующая характеристика настроенного таким образом полосового фильтра будет иметь «двугорбый» вид с небольшим (около 0,5 дБ) провалом посередине. Полоса пропускания фильтра по уровню — 3 дБ составляет 130 кГц (1840... 1960 кГц), а по уровню — 1 дБ — 90 кГц. Вносимые потери в полосе прозрачности около 8 дБ.

Последний этап в налаживании приемного тракта трансивера — установка пределов регулировки усиления по промежуточной частоте. Для этого движок резистора $R3$ (см. рис. 3) устанавливают в верхнее по схеме положение, а резистор $R2$ временно заменяют на переменный сопротивлением 1...1,5 МОм. При перемещении движка этого резистора должен наблюдаться максимум усиления сигнала и максимум шумов, на выходе приемника — при больших и малых токах коэффициент усиления каскадов на транзисторах $1V7$ и $1V8$ падает. Найдя этот максимум, следует несколько увеличить сопротивление переменного резистора так, чтобы коэффициент усиления УПЧ только-только начал уменьшаться. Затем переменный резистор выпаивают, а на его место устанавливают постоянный того же сопротивления. Ориентировочное значение напряжения на верхнем по схеме выводе резистора $R3$ — +2 В. При напряжениях на движке этого резистора, меньших +0,6 В, транзисторы УПЧ закрыты, и дальнейшее снижение управляющего напряжения практически не влияет на коэффициент усиления. Для увеличения плавности регулировки усиления по ПЧ между нижним по схеме выводом резистора $R3$ и общим проводом целесообразно включить дополнительный резистор. Его подбирают таким, чтобы напряжение на нижнем выводе резистора $R3$ было +0,5...0,6 В. Для налаживания передающего тракта трансивер переводят в режим «Передача» (до самого последнего этапа из соображений техники безопасности подключать высоковольтные цепи питания + 300 В не следует). Милливольтметр переменного тока подключают к катушке связи $1L7$ тракта ПЧ, а напряжение питания с микрофонного усилителя и ГПД временно снимают. Резистором $1R2$ добиваются минимальных показаний милливольтметра, затем подстраивают по минимуму выходного напряжения конденсатор $1C33$. Эту процедуру последовательно повторяют несколько раз. Усиление тракта ПЧ устанавливают подстроенным резистором $R4$ (см. рис. 3) таким, чтобы напряжение на выходе усилителя промежуточной частоты четко регистрировалось. Если у радиолюбителя нет милливольтметра ВЧ с низшими пределами измерения 5...10 мВ, то операцию балансировки можно провести «на слух», контролируя подавление несущей по вспомогательному приемнику.

Подключив питание микрофонного усилителя, проверяют напряжение на эмиттерном выводе транзистора $1V6$ (+2,5 В). Если оно заметно отличается от указанного значения, подбирают резистор $1R5$. Для нормальной работы балансного модулятора пиковое напряжение низкой частоты на выходе микрофонного усилителя не должно превышать 150 мВ. Коэффициент усиления микрофонного усилителя составляет примерно 150. Такое относительно небольшое его значение выбрано специально, чтобы при использовании широко распространенных динамических микрофонов от бытовой аппаратуры (МД-200 и др.) у оператора были ограничены возможности «перекачать» балансный модулятор НЧ сигналом, даже если движок резистора $R1$ (см. рис. 3) находится в верхнем по схеме положении. В том случае, если у оператора есть привычка говорить так, что микрофон находится на расстоянии 3 ... 5 см от рта, следует проверить поступающий на микрофонный усилитель уровень сигнала (он может быть в несколько раз больше допустимого) и при необходимости ограничить его дополнительным делителем на входе или точной установкой движка резистора $R1$.

Налаживание основного узла в режиме передачи завершает установка усиления по промежуточной частоте. Его осуществляют подстроечным резистором $R4$. Подав на вход микрофонного усилителя от звукового генератора сигнал с максимально допустимым уровнем, регулировкой этого резистора добиваются, чтобы пиковое значение напряжения на катушке связи $1L7$ было примерно 150 мВ. После этого восстанавливают цепи питания ГПД и переходят на налаживание полосового фильтра $C6, L3, C7, L4, C5, C9$ передающего тракта. Его настраивают по той же методике, что и полосовой фильтр передающего тракта, причем в качестве источника измерительного сигнала здесь можно использовать основной узел трансивера.

Контур $L5$ в усилителе высокой частоты передающего тракта настраивают на среднюю частоту диапазона 160 метров (1900 кГц). Подключив к цепи управляющей сетки лампы $1V3$ вольтметр ВЧ, проверяют уровень напряжения возбуждения по диапазону. Если на краях диапазона он падает больше чем на 1...1,5 дБ, следует установить резистор $R14$ с меньшим сопротивлением. Амплитуда напряжения на управляющей сетке лампы $1V3$ должна быть примерно 5 В.

Подав на оконечный каскад высокое напряжение +300 В, подбором резистора $R17$ устанавливают анодный ток лампы $1V3$ в пределах 10... 15 мА. После этого переходят к настройке выходного П-контура. К разъему $X3$ подключают эквивалент антенны с допустимой мощностью рассеивания около 5 Вт и сопротивлением 75 Ом (три включенных параллельно резистора МЛТ-2 сопротивлением 220 Ом), а параллельно ему ВЧ вольтметр, имеющий верхний предел измерения 20...30 В. В качестве эквивалента можно использовать и лампу накаливания на напряжение 26 В и мощность 10 Вт (когда такая лампа ярко светится, ее сопротивление близко к 50 Ом). По свечению лампы в первом приближении можно судить об отдаваемой мощности.

Первоначально ротор-конденсатора $C20$ устанавливают в положение, соответствующее максимальной емкости, ротор конденсатора $C19$ — в среднее положение. Включив режим «Передача» и подав на микрофонный вход сигнал от звукового генератора, вращением ротора конденсатора $C19$ добиваются максимального выходного ВЧ напряжения на эквиваленте антенны (или максимального свечения нити лампы). Затем подстраивают по максимальному выходному напряжению конденсатор $C20$ и вновь подстраивают конденсатор $C19$. Эту процедуру повторяют до тех пор, пока дальнейшие подстройки уже не будут увеличивать напряжение на эквиваленте антенны. Оно должно составлять 15...20 В (эффективное значение).

Одним из критериев правильной настройки оконечного каскада является изменение анодного тока лампы I_3 при расстройке П-контура (ротор конденсатора $C19$ устанавливают в любое крайнее положение). Анодный ток при этом должен увеличиться примерно на 10...15 %. После этого вновь подстраивают конденсатор $C19$ и выключают звуковой генератор. Если ВЧ напряжение на выходе передатчика не исчезает, то это свидетельствует о наличии паразитного возбуждения усилителя мощности, для устранения которого необходима более тщательная экранировка его каскадов.

П-контур усилителя мощности позволяет оптимально согласовывать передатчик лишь с нагрузками, полные сопротивления которых незначительно отличаются от 75 Ом. Если же используемая антенна имеет иное входное сопротивление, то для согласования ее с передатчиком следует применить отдельный согласующий блок.

ПРЕДУСИЛИТЕЛИ-КОРРЕКТОРЫ ДЛЯ МАГНИТНОГО ЗВУКОСНИМАТЕЛЯ

До недавнего времени предусилители-корректоры для магнитных звукоснимателей строили, как правило, на основе охваченного частотно-зависимой отрицательной обратной связью (ООС) двух-трехкаскадного транзисторного усилителя. Однако сегодня такой предусилитель-корректор уже не отвечает требованиям к звуковоспроизводящей аппаратуре действительно высокого класса. Из-за относительно небольшого коэффициента усиления напряжения K_n при разомкнутой цепи ООС (даже при использовании транзисторов с большими статическими коэффициентами передачи тока β он не превышает 60...70 дБ) такой усилитель не может обеспечить высококачественного звучания в области низких частот. В самом деле, если, например, коэффициент усиления корректора на частоте 1 кГц выбран равным 30 дБ, то на частоте 30 Гц он в соответствии со стандартной АЧХ должен составлять 48 дБ (+ 18 дБ по отношению к значению на частоте 1 кГц). При исходном (без ООС) коэффициенте $K_n = 60$ дБ глубина ООС на низших частотах рабочего диапазона составит всего 12 дБ, а это значит, что коэффициент гармоник на этих частотах возрастает как минимум до 1 %. Кроме того, уменьшение глубины ООС (вернее, нарушение неравенства $K_{np} > 1$, где p — коэффициент передачи цепи ООС) приводит к заметному спаду АЧХ на низких частотах.

Избежать этих неприятностей можно, взяв за основу предусилителя-корректора интегральный операционный усилитель (ОУ). Правда, не все из них позволяют получить большое отношение сигнал/шум, однако во многих случаях оно при использовании ОУ общего применения получается примерно таким же, что и в классическом предусилителе-корректоре на транзисторах.

Принципиальная схема одного из вариантов предусилителя-корректора ОУ общего применения 153УД2 (предложен московскими радиолюбителями Д. Атаевым и В. Болотниковым) показана на рис. 1. Его основные технические характеристики следующие:

Коэффициент усиления, дБ, на частоте 1 кГц.....	38
Отношение сигнал/шум (невзвешенное), дБ, при входном сигнале 2,5 мВ и сопротивлении головки $Z_p = 2,2$ кОм.....	61
Коэффициент гармоник, %, при выходном напряжении 1 В в диапазоне частот 20...20 000 Гц.....	0,06
Входное сопротивление, кОм.....	47
Выходное сопротивление, кОм.....	0,5

Требуемая АЧХ устройства формируется охватывающей ОУ $A1$ цепью частотно-зависимой ООС, состоящей из резисторов $R3, R4', R4'', R5', R5''$ и конденсаторов $C2, C3$. При необходимости номиналы этих элементов с достаточной для любительских целей точностью можно рассчитать, пользуясь следующими простыми соотношениями: $R5 = (K_0 - 1)R3/1,2$; $C2 = 1/2nf_0R5$; $C3 = 1/2,4nf_cR5$; $R4 = 3180/C3$; $C1 > 159 \cdot 10^3/f_n R3$. Здесь K_0 — требуемый коэффициент усиления на частоте 1 кГц, f_0 , f_c и f_n — частоты сопряжения со стандартной АЧХ, соответственно равные 20, 500 и 2120 Гц. При расчете задаются значением K_0 и сопротивлением резистора $R3$. Резисторы $R4$ и $R5$ либо подбирают с помощью омметра из резисторов ближайших номиналов, либо составляют из двух резисторов с допуском отклонения от номиналов ± 5 %, как это сделали Д. Атаев и В. Болотников. При использовании в предусилителе-корректоре резисторов и конденсаторов с допуском на номиналы ± 5 % отклонение АЧХ от стандартной не превышает ± 1 дБ.

В устройстве можно использовать резисторы МЛТ, конденсаторы К50-6 ($C1, C5$), КМ-5, КМ-6. С целью уменьшения деформации АЧХ при изменении температуры окружающего воздуха в частотоподающей цепи необходимо использовать конденсаторы с нормируемым ТКЕ (групп М47, М75, М750, М1500).

Предусилитель-корректор желательно смонтировать на печатной плате (рис. 2) из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1... 1,5 мм и поместить в экран из латуни или алюминиевого сплава толщиной 0,5...0,8 мм. Конденсаторы $C6, C7$ устанавливают со стороны печатных проводников в точках распайки проводов питания. С головкой звукоснимателя и входом усилителя НЧ предусилитель-корректор соединяют экранированными проводами.

При использовании рекомендованных деталей и отсутствии ошибок в монтаже корректор в каком-либо налаживании не нуждается.

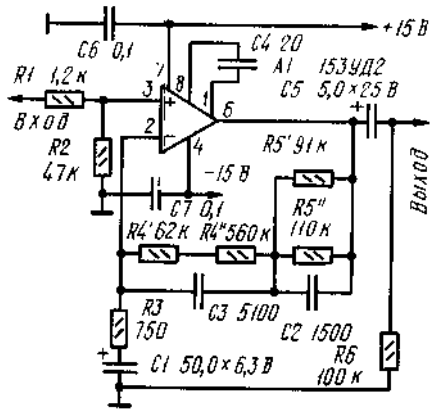


Рис. 1. Принципиальная схема пред-усилителя-корректора на ОУ общего применения 153УД2

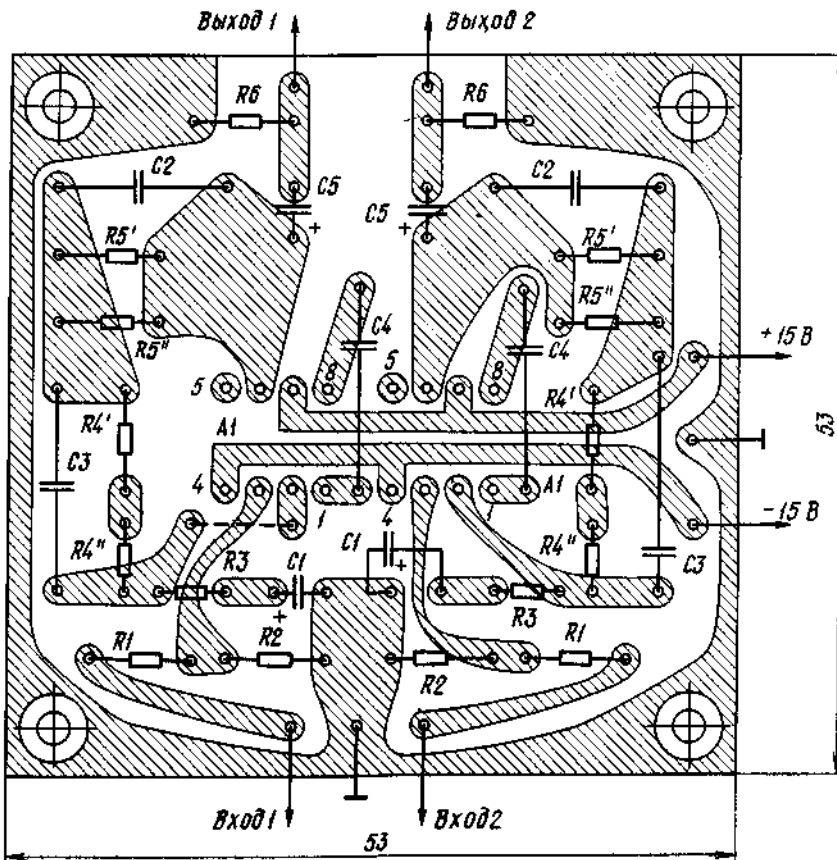


Рис. 2. Печатная плата предусилителя-корректора на ОУ 153УД2

Хорошей основой для предусилителя-корректора может служить микросхема К548УН1А. Применение в ее входных каскадах малошумящих транзисторов обеспечивает довольно большое отношение сигнал/шум, а наличие встроенного стабилизатора напряжения позволяет использовать для питания источник с относительно большими пульсациями.

Принципиальная схема одного из каналов стереофонического предусилителя-корректора на этой микросхеме (предложен москвичом Л. Галченковым) изображена на рис. 3 (в скобках указаны номера выводов интегрального усилителя другого канала микросхемы),

- Основные технические характеристики
- Коэффициент усиления, дБ, на частоте 1 кГц..... 40
 - Отношение сигнал/шум (невзвешенное), дБ, не менее..... 70
 - Коэффициент гармоник, %..... 0,05
 - Входное сопротивление, кОм..... Около 300
 - Сопротивление нагрузки, кОм, не менее..... 10

С целью снижения собственных шумов из каждой пары транзисторов входных дифференциальных каскадов использован только один. Базы неиспользуемых транзисторов этих каскадов (выводы микросхемы 2 и 13)

соединены с общим проводом. АЧХ предусилителя-корректора формируется цепью ООС $R3R4C5C3C2R1$. Резистор $R2$ (устанавливается по необходимости) позволяет изменять режим усилителя по постоянному току, резистор $R5$ предотвращает самовозбуждение устройства. Подстроечными резисторами $R6$ и $R6'$ (в другом канале) устанавливают требуемое выходное напряжение и балансируют каналы предусилителя при налаживании.

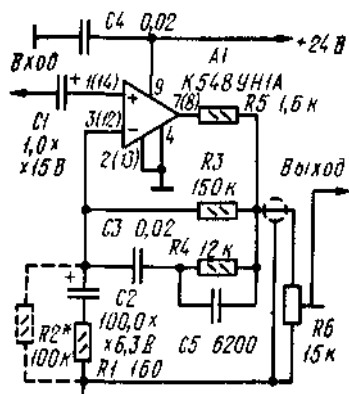


Рис. 3. Принципиальная схема одного канала стереофонического предусилителя-корректора на микросхеме МС К548УН1А

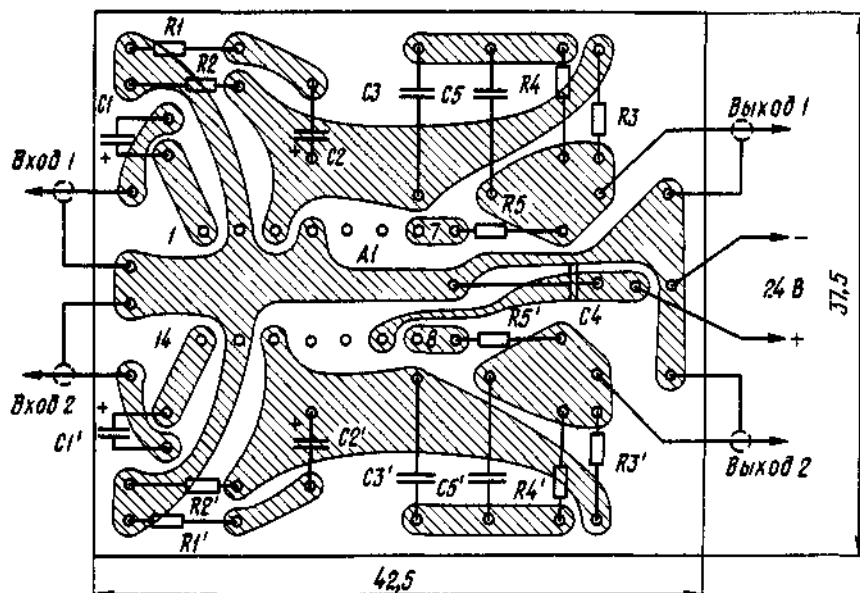


Рис. 4. Печатная плата предусилителя-корректора на микросхеме МС К548УН1А

Как уже указывалось, входное сопротивление данного предусилителя составляет около 300 кОм. Это позволяет использовать его практически с любой магнитной головкой звукоснимателя. В частности, головку, в паспортных данных которой оговорены входная емкость (с ней обмотка головки образует резонансный контур, компенсирующий спад АЧХ в области высших частот) и сопротивление предусилителя-корректора, подключают к его входу вместе с соответствующими конденсатором и резистором. Высококачественные головки (с малыми потерями на высших частотах рабочего диапазона) используют без дополнительной коррекции.

При отсутствии деталей с указанными на схеме номиналами в частотоподающих цепях можно применять и другие, рассчитав их номиналы по формулам, связывающим постоянные времени τ_1 , τ_2 и τ_3 стандартной АЧХ с параметрами элементов цепи частотно-зависимой ООС: $\tau_1 = R4C5 = 75$ мкс; $\tau_2 = R4(C3 + C5) = 318$ мкс; $\tau_3 = (R3 + R4)C3 = 3180$ мкс. Для получения в этом случае требуемого коэффициента усиления на частоте 1 кГц сопротивление резистора $R1$ необходимо изменить пропорционально новым значениям сопротивлений резисторов $R3$ и $R4$. Следует, однако, учесть, что увеличивать их более чем в 1,5 раза нежелательно, так как резистор $R3$ влияет на режим работы микросхемы по постоянному току.

Малое число деталей этого предусилителя-корректора позволяет смонтировать его на печатной плате (рис. 4) размерами всего 42,5 X 37,5 мм. Такую плату нетрудно разместить в непосредственной близости от ножки тонарма, отказавшись от экранирования не только ее самой, но и соединяющих ее с головкой звукоснимателя проводов. Для питания предусилителя пригоден любой двух-полупериодный выпрямитель с выходным напряжением 24...26 В и фильтрующими конденсаторами емкостью 500... 1000 мкФ.

При использовании в частотоподающих цепях деталей с допуском отклонения от указанных на схеме

номиналов не более $\pm 5\%$ налаживание устройства сводится к проверке режима работы микросхемы по постоянному току (если необходимо, подбирают резисторы R_2 и R_2' до получения на выходе постоянного напряжения в пределах $+7...+17$ В и установке номинальных выходных напряжений каналов при воспроизведении измерительной грампластинки (например, ИЗМЗЗС-0202/4 — 1).

Наряду с предусилителями-корректорами на ОУ в высококачественных проигрывателях в последние годы начали применять специально разработанные для этой цели транзисторные усилители с коэффициентом усиления без ООС 100 и более децибел. Примером такого устройства может служить стереофонический предусилитель-корректор, разработанный киевлянами Н. Суховым и В. Байло (за основу они взяли схему соответствующего узла стереофонического усилителя КА9100 японской фирмы «Кенвуд»).

Принципиальная схема одного из каналов этого предусилителя-корректора приведена на рис. 5. С целью существенного уменьшения собственных шумов его входной каскад выполнен на полевых транзисторах с $p-n$ переходом, шумы которых, как показали исследования, имеют меньшую по сравнению с биполярными спектральную плотность в области частот до 1000 Гц и практически не зависят от сопротивления источника сигнала.

Основные технические характеристики

- Коэффициент усиления, дБ, на частоте 1 кГц..... 42
- Отношение сигнал/шум, дБ, (измерено при входном напряжении 5 мВ на частоте 1 кГц со взвешивающим фильтром, имеющим АЧХ вида МЭК-А) 82
- Коэффициент гармоник, %, не более, при номинальном выходном напряжении 0,01
- Перегрузочная способность, дБ..... 30
- Модуль полного входного сопротивления, кОм, на частоте 1 кГц 48
- Входная емкость, пФ..... 26
- Минимальное сопротивление нагрузки, кОм 5
- Максимальная емкость нагрузки, пФ..... 200 0

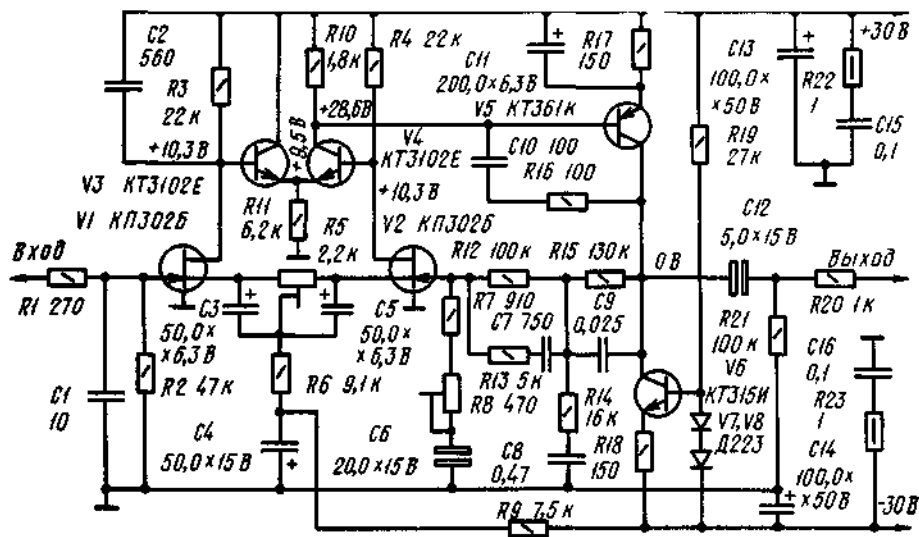


Рис. 5. Принципиальная схема одного канала стереофонического предусилителя-корректора на транзисторах

Усилитель содержит два дифференциальных каскада (V_1 , V_2 и V_3 , V_4) и оконечный каскад (V_5), нагруженный на источник тока (V_6 — V_8). Коэффициент усиления устройства без ООС — около 40 дБ. Линейность усилителя столь высока, что даже при выходном напряжении 20 В коэффициент гармоник не превышает 0,03 %.

АЧХ этого предусилителя-корректора несколько отличается от АЧХ предыдущих устройств. Она формируется не тремя, а пятью RC-цепями с постоянными времени $\tau_1 = R_1 C_7 = 75$, $\tau_2 = (R_{12} + R_{14}) C_9 = 318$, $\tau_3 = R_{15} C_9 = 3180$, $\tau_4 = R_{14} C_8 = 7950$ мкс и $\tau_5 = R_{13} C_7 = R_{Bx} - L_r / R_{Bx} (L_r$ — индуктивность головки звукоснимателя, R_{Bx} — модуль полного входного сопротивления предусилителя-корректора). Цепь $R_{14} C_8$ формирует спад АЧХ на самых низких частотах (начиная с частоты 31 Гц), ослабляя уровень помех от вибраций механизма привода проигрывателя. Такая форма АЧХ в области низших частот установлена принятым во многих странах стандартом RIAA (по начальным буквам названия ассоциации «Record Industry Association of America»), который в 1978 году был пересмотрен в связи с широким распространением высококачественных головок звукоснимателей.

Что же касается цепи $R_{13} C_7$ с постоянной времени τ_5 , то она, по существу, выполняет те же функции, что и контур $L_r C_{Bx} R_r$ СС_{ВХ} — входная емкость усилителя и емкость соединительного кабеля, R_r — активное сопротивление обмотки головки, обычно используемый для формирования АЧХ системы головка — предусилитель в области высших частот, но в отличие от него не создает нежелательных побочных явлений. (Как и

всякая колебательная система, контур $L_T C_{вх} R_T$ ухудшает переходную характеристику тракта в области малых времен, что проявляется в искажении тембра звучания музыкальных инструментов, для которых характерны «жесткие» атака и затухание звука.) В описываемом устройстве резонанс входной цепи благодаря малой емкости $C_{вх}$ вынесен далеко за пределы рабочего диапазона, а влияние разброса сопротивления R_T (у головок разных типов) практически не сказывается ни на форме АЧХ, ни на уровне шумов. Это позволяет получить требуемую форму АЧХ в области высших частот простым согласованием постоянных времени t_s и $t_{вх}$ или, что то же самое, выбрать сопротивление резистора $R13$ (в омах) из соотношения $R13 = L_T / R_{вх} C7 = 2,8 \cdot 10^4 L_T$. Индуктивность наиболее распространенных головок звукоснимателей приведена в таблице.

Головка звукоснимателя	Индуктивность, Гн
ГЗМ-003, ГЗМ-103	0,74...0,78
ГЗМ-005, ГЗМ-105	0,48...0,55
ГЗМ-008 «Корвет»	0,5...0,55
ГЗУМ-73С	0,35... 0,4
A DC QLM30	1,3...1,35
Empire 2000	0,25...0,28
Shure M44MB	0,67... 0,72
Shure M95EJ	0,7...0,74
Shure V-15-IV	0,7...0,72
Tenorel MF-100	1,2...1,28

Несколько слов о назначении других деталей предусилителя-корректора. Фильтр нижних частот $R1C1$ устраняет проникание в него сигналов, наводимых на тонарм и соединительные провода полями местных мощных радиостанций, конденсатор $C2$ и цепь $R16C10$ предотвращают самовозбуждение на высоких частотах, цепи $R22C15$ и $R23C16$ компенсируют индуктивность проводов питания и конденсаторов $C13$, $C14$, улучшая переходную характеристику усилителя в области малых времен и переходное затухание между каналами на высших частотах рабочего диапазона. Улучшение переходной характеристики в области больших времен достигнуто применением непосредственной связи как с головкой звукоснимателя, так и между каскадами предусилителя.

Чертеж печатной платы устройства показан на рис. 6. Она рассчитана на установку резисторов СПЗ-16 ($R5$, $R8$), МОН-0,5 ($R22$, $R23$), МЛТ (остальные), конденсаторов К50-6, КМ-5, КМ-6, КСО, КТ. Допустимое отклонение от номиналов резисторов $R2 - R4$, $R12 - R15$ и конденсаторов $C7 - C9$ — не более $\pm 5\%$, остальных элементов $\pm 20\%$ (электролитических конденсаторов — $20\% + 80\%$).

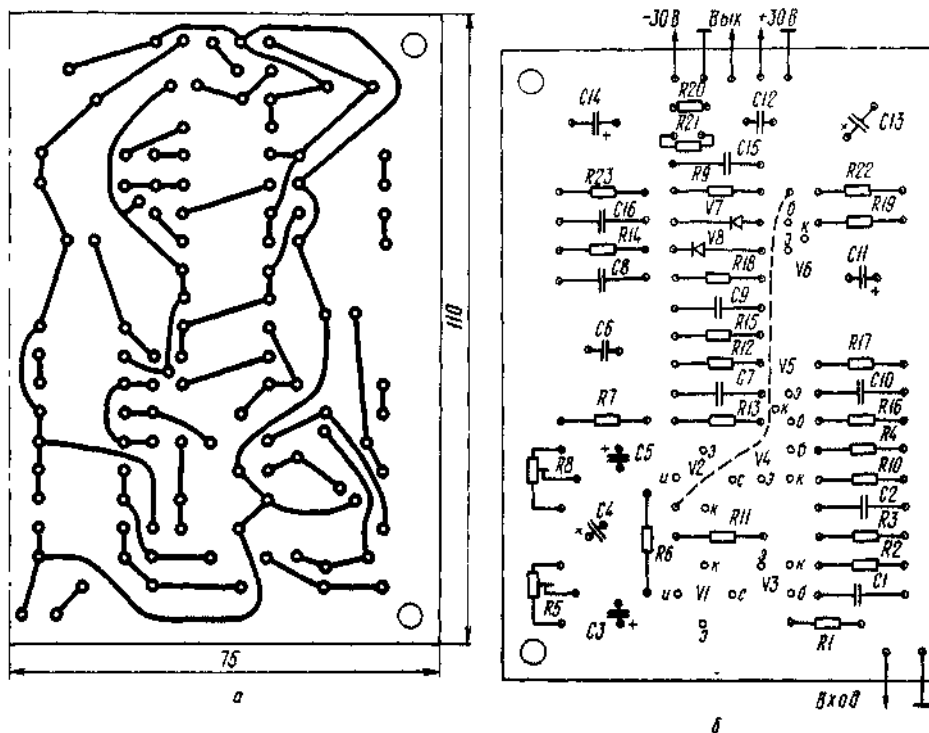


Рис. 6. Печатная плата предусилителя-корректора на транзисторах:
 а — размещение проводников; б — размещение деталей

Вместо указанных на схеме в первом каскаде предусилителя-корректора можно использовать другие

транзисторы серии КП302, а также транзисторы серий КП303, КП307, подобрав из них пару экземпляров с начальными токами стока, различающимися не более чем на 25%, и напряжениями отсечки, отличающимися не более чем на 0,5 В. Для подбора транзисторов удобно воспользоваться схемой измерений, приведенной на рис. 7. Начальный ток стока измеряют миллиамперметром *РА1*, установив движок переменного резистора *RI* в верхнее по схеме положение. Затем его перемещают вниз до тех пор, пока ток стока не уменьшится до 10 мкА, и вольтметром *PUI* измеряют напряжение отсечки.

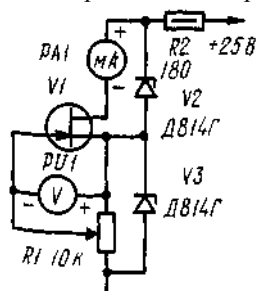


Рис. 7. Схема измерений для подбора транзисторов

Во втором каскаде устройства можно применить транзисторы КТ342, КТ373 с буквенными индексами А, Б, Г, в третьем — КТ203А, КТ502Г — КТ502Е, КТ361В — КТ361Е (*V5*) и КТ601А, КТ503Г — КТ503Е, КТ315В — КТ315Е (*V6*). При использовании транзисторов серий КТ315, КТ361 напряжение питания необходимо снизить до ± 20 В. Диоды *V7*, *V8* — любые кремниевые маломощные (например, серий Д219, Д220, Д223, КД503, КД514 и т. п.). Для питания предусилителя-корректора необходим двухполярный источник с выходным напряжением $\pm 25 \dots 30$ В и напряжением пульсаций не более 5 мВ.

Собранный предусилитель-корректор необходимо поместить в экран из листовой латуни или жести толщиной 0,5...0,8 мм. Для соединения с головкой можно использовать любой тонкий гибкий провод, причем во избежание наводок и перекрестных (из канала в канал) помех общий проводник, идущий от каждой секции головки, следует свить с соответствующим сигнальным проводом и соединить с общим проводом предусилителя на монтажной плате. Тонарм соединяют с общим проводом платы отдельным проводником.

Налаживание предусилителя-корректора сводится к установке (подстроечным резистором *R5*) нулевого (по отношению к общему проводу) напряжения на коллекторах транзисторов *V5*, *V6* и балансировке каналов (подстроенными резисторами *R8* и *R8'* — в другом канале) при проигрывании измерительной или любой монофонической грампластинки.

Технические характеристики описанного предусилителя-корректора отвечают самым высоким требованиям к современной аппаратуре воспроизведения механической записи. Однако радиолюбителям, заинтересовавшимся им, следует учесть, что ощутить даваемый им выигрыш в качестве звучания по сравнению с более простыми устройствами подобного назначения можно только при условии, что и все остальные узлы звуковоспроизводящего тракта (проигрыватель, темброблок, усилитель мощности, громкоговорители) отвечают самым высоким требованиям к звуковоспроизводящей аппаратуре. Ну, а если это не так (или не совсем так), то есть смысл остановить выбор на менее сложном предусилителе-корректоре, поступившись, например, не столь необходимым в большинстве случаев сверхбольшим запасом по перегрузке. Это позволит использовать в предусилителе современные малощумящие ОУ с большим коэффициентом подавления пульсаций питающих напряжений и снизить требования к источнику питания.

Примером такого устройства может служить предусилитель-корректор на сдвоенном малощумящем ОУ К157УД2, разработанный москвичами Валентином и Виктором Лексиними. По основным техническим характеристикам, кроме перегрузочной способности, он почти не уступает рассмотренному транзисторному варианту, но выгодно отличается от него простотой схемы и значительно меньшим числом деталей. Запас по перегрузке относительно сигналов, записанных с номинальной колебательной скоростью, равной согласно ГОСТ 5289 — 73 для стереофонических грампластинок 7 см/с, составляет 20 дБ, с максимальной (согласно тому же ГОСТу — 10 см/с) — 17 дБ. При проигрывании некоторых зарубежных пластинок, на которых отдельные пики сигнала записаны с максимальной колебательной скоростью 50 см/с (впрочем, такие записи встречаются крайне редко), запас по перегрузке уменьшается до 2,5 дБ.

Принципиальная схема предусилителя-корректора на ОУ К157УД2 приведена на рис. 8. АЧХ его каналов формируется неделями с такими же постоянными времени, что и в предусилителе по схеме на рис. 5. В данном случае $\tau_1 = R4C5$; $\tau_2 = R4R7(C6 + C7 + C8) / (R4 + R7)$; $\tau_3 = R6(C6 + C7 + C8)$; $\tau_4 = R7C9$; $\tau_5 = R5C5 = -\tau_{вх} = L_r / R_{вх}$, где $R_{вх} = 47$ кОм. Последнее соотношение не учитывает подъема на высших частотах вследствие механического резонанса подвижной системы большинства магнитных головок (у головок ГЗМ-103, ГЗМ-105 он может достигать 6...8 дБ), поэтому на практике сопротивление резистора *R5* приходится нередко существенно уменьшать.

Назначение фильтров нижних частот *RI* и *RI'* — то же, что и в транзисторном предусилителе, подстроенные резисторы *R3* и *R3'* служат для установки номинального выходного напряжения и балансировки каналов. Применение трех конденсаторов (*C6* — *C8*, *C6'* — *C8'*) вместо одного обусловлено отсутствием конденсатора нужного номинала с нормированным ТКЕ (использованные в устройстве конденсаторы КМ-66

выпускаются с нормированным ТКЕ лишь емкостью менее 0,015 мкФ).

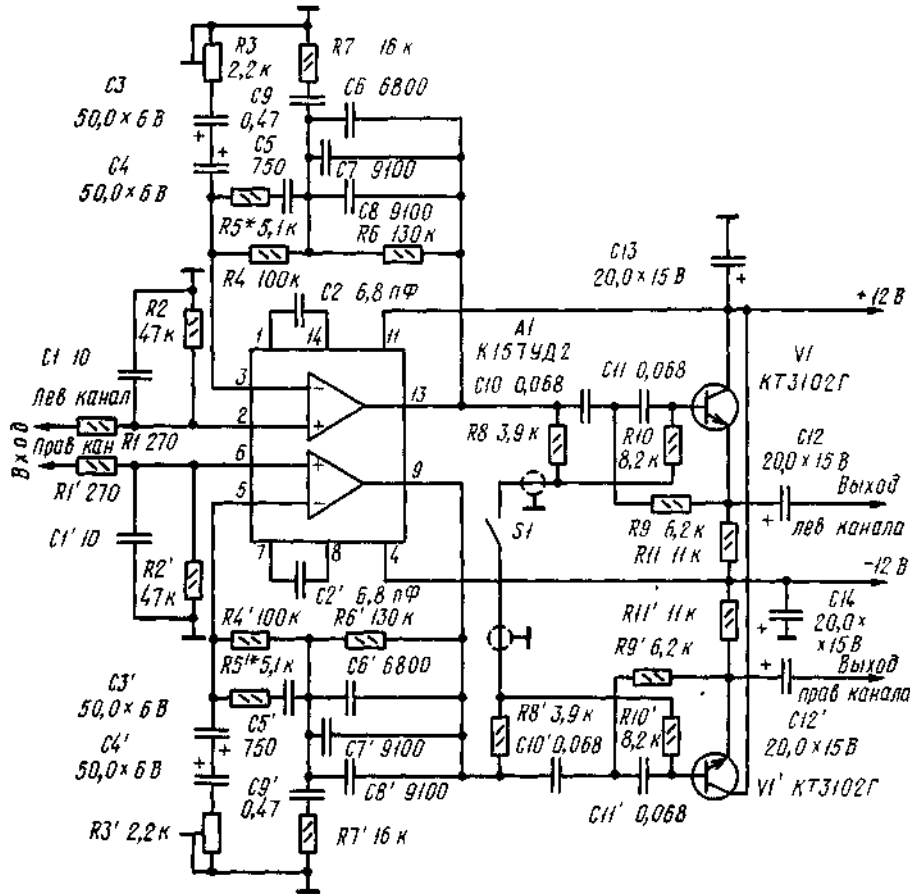
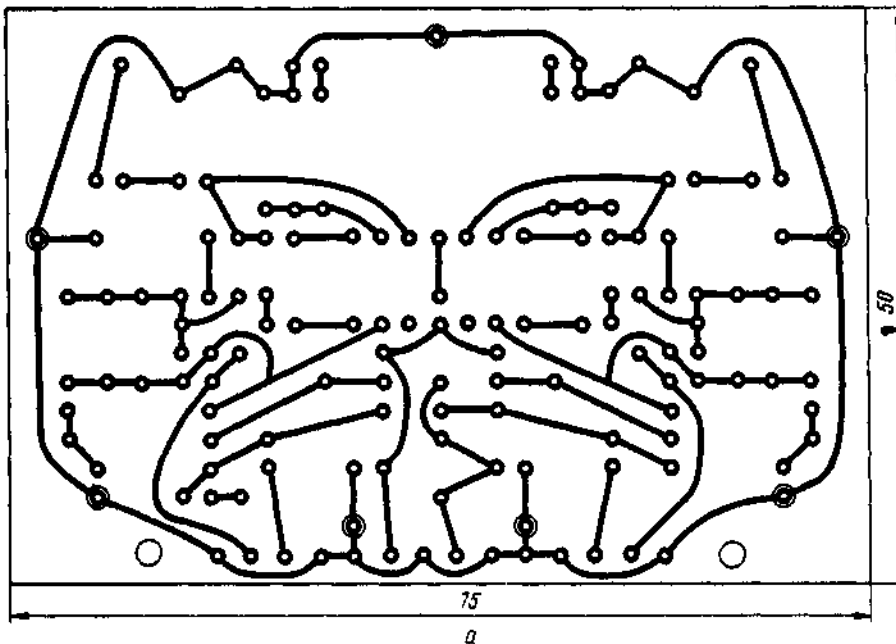
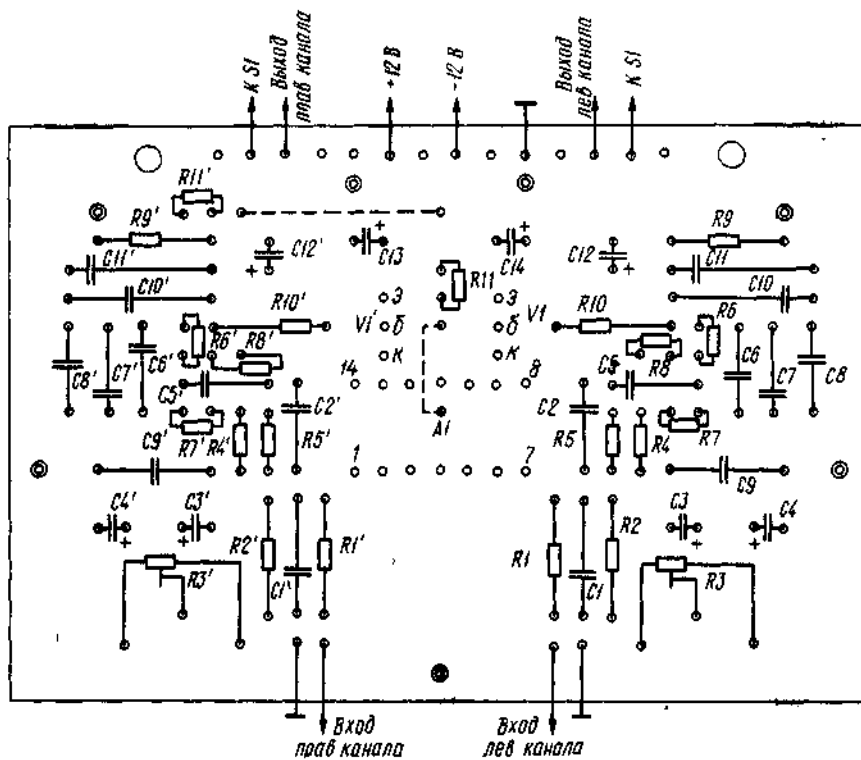


Рис. 8. Принципиальная схема предусилителя-корректора на ОУ К157УД2

Помимо предусилителя-корректора в описываемое устройство входит подавитель помех от вибраций механизма привода диска проигрывателя. Принцип действия подавителя основан на том известном факте, что амплитуда вертикальной составляющей от этих помех значительно превышает амплитуду горизонтальной составляющей. При проигрывании стереофонической грампластинки горизонтальные колебания иглы звукоснимателя преобразуются в синфазные сигналы на выводах головки, а вертикальные — в противофазные. Поскольку частоты вибраций обычно не превышают 100 Гц, а стереоэффект начинает проявляться на частотах выше 400 Гц, ослабить помехи от вибраций можно, подавив противофазные составляющие сигнала на частотах ниже 200 Гц. Это и делает двухканальный фильтр, выполненный на транзисторах V1 и V1'.





б

Рис. 9. Печатная плата предусилителя-корректора на ОУ К157УД2:
а — размещение проводников; б — размещение деталей

Каждый из каналов фильтра представляет собой активный фильтр верхних частот с частотой среза 200 Гц. При замкнутых контактах выключателя *S1* противофазные составляющие сигнала, частота которых ниже 200 Гц, компенсируют одна другую, и помехи от механизма привода значительно ослабляются. Подавление противофазных составляющих на частотах 25, 50 и 100 Гц соответственно равно 32, 20 и 10 дБ. Компенсация противофазных средне- и высокочастотных составляющих стереосигнала исключена благодаря использованию фильтров верхних частот. Если же контакты этого выключателя разомкнуты, что целесообразно сделать при работе с высококачественным проигрывателем, элементы фильтров *C10*, *C11*, *R9* и *C10'*, *C11'*, *R9'* шунтируются соответственно резисторами *R8*, *R10* и *R8'*, *R10'* и каскады на транзисторах *VI* и *VI'* превращаются в обычные эмиттерные повторители, не влияющие, по существу, на АЧХ тракта.

Детали предусилителя-корректора смонтированы на печатной плате (рис. 9), изготовленной из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Фольга одной из сторон платы использована в качестве общего провода-экрана. Двумя concentрическими окружностями на чертеже обозначены отверстия, через которые пропущены проволочные перемычки, соединяющие печатные проводники с общим проводом-экраном. Плата рассчитана на установку деталей тех же типов, что и в рассмотренных ранее конструкциях. Вместо указанных на схеме в подавителе помех можно использовать транзисторы КТ3102Е, КТ342Г. При использовании в частотозадающих цепях предусилителя и подавителя помех резисторов и конденсаторов с допуском отклонения от номиналов не более $\pm 5\%$ налаживание устройства сводится к установке (подстроенными резисторами *R3* и *R3'*) на выходах каналов номинальных напряжений, равных 630 мВ (соответствуют амплитуде колебательной скорости 7 см/с, чувствительности головки звукоснимателя 1,2 мВ-с/см и коэффициенту усиления на частоте 1 кГц, равному 38 дБ). Если же для этой цели используется измерительная пластинка ЭЗЗД-2088/3 — 1 (ГОСТ 14761 — 0 — 69), на которой запись сигнала частотой 1 кГц выполнена с колебательной скоростью 5 см/с, выходные напряжения устанавливают равным 460 мВ.

ТЕРМОСТАБИЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ

С целью уменьшения нелинейных искажений при малой громкости режим работы транзисторов выходного каскада усилителя мощности обычно выбирают таким, чтобы в отсутствие сигнала через них протекал довольно большой ток (нередко до сотен миллиампер). Во избежание теплового пробоя, обусловленного нагреванием переходов из-за большой рассеиваемой на них мощности, транзисторы выходного каскада приходится устанавливать на массивные теплоотводы, а для ограничения роста тока покоя с повышением температуры — принимать специальные меры по его термостабилизации. Как показывает практика, не

каждому радиолюбителю эта задача оказывается по плечу, поэтому любительские усилители нередко перегреваются даже при небольшом повышении температуры окружающего воздуха. В этом свете понятен интерес радиолюбителей к усилителям мощности с выходным каскадом, работающим в классе В, с другими схмотехническими и конструктивными решениями, обеспечивающими высокую термостабильность.

Оригинально решил проблему термостабилизации москвич А. Агеев, использовав для этой цели тепловую связь между транзисторами выходного каскада. Благодаря такой связи режим транзисторов остается практически неизменным вплоть до температуры окружающего воздуха +35...50°C (ток покоя увеличивается не более чем на 15%).

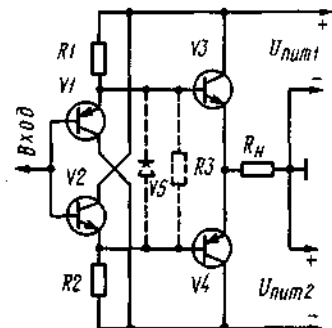


Рис. 1. Принципиальная схема линейного «параллельного» усилителя

За основу выходного каскада А. Агеев взял так называемый линейный «параллельный» усилитель, схема которого показана на рис. 1. Как видно из схемы, усилитель симметричен для обеих полуволн усиливаемого сигнала и питается от двуполярного источника. Транзисторы $V1, V3$ образуют один канал усиления сигнала по току, транзисторы $V2, V4$ — другой. Сопротивления резисторов $R1, R2$ и напряжений питания $U_{пит1}$ и $U_{пит2}$ одинаковы. В процессе исследований такого усилителя оказалось, что для обеспечения его термостабильности достаточно создать хорошую тепловую связь между транзисторами $V1$ и $V3, V2$ и $V4$ или, что гораздо удобнее из конструктивных соображений, между транзисторами $V1$ и $V4, V2$ и $V3$ (подлежащая охлаждению металлическая поверхность корпуса транзистора обычно соединена с коллектором).

Недостатком «параллельного» усилителя является неудовлетворительная амплитудная характеристика при работе на низко-омную нагрузку: ограничение выходного напряжения в таком усилителе наступает при напряжениях, значительно меньших напряжения питания. Причина этого в преждевременном закрывании транзисторов $V1$ и $V2$ при увеличении входного сигнала соответственно в положительную и отрицательную стороны. Существенно улучшить амплитудную характеристику удалось введением диода $V5$ (изображен штриховыми линиями). При уровнях сигнала, меньших уровня ограничения, этот диод закрыт приложенным к нему напряжением обратной полярности. В момент же ограничения сигнала происходит следующее: если, например, сигнал нарастает в положительную сторону, приложенное к диоду закрывающее напряжение начинает уменьшаться, так как транзистор $V2$ открыт, и сигнал на его эмиттере продолжает увеличиваться. Очень скоро напряжение на диоде меняет знак, и он открывается. В результате вместо канала усиления $V1 — V3$ образуется канал $V2 — V5 — V3$. При нарастании сигнала в отрицательную сторону аналогичным образом образуется канал $V1 — V5 — V4$. Резкие изломы сигнала в моменты его ограничения и открывания диода $V5$ устраняет резистор $R3$.

Для радиолюбителей, по-видимому, представит интерес и такая особенность параллельного усилителя, как очень небольшая (несколько десятков милливольт даже без подбора транзисторов) Разность входного и выходного напряжений покоя, что обусловлено симметрией плеч и большим числом однотипных транзисторов. Это дает возможность наращивать выходную мощность усилителя простым соединением нескольких таких каскадов в параллель: их входы соединяют друг с другом непосредственно, а выходы — через уравнивающие резисторы сопротивлением 0,5 Ом. Принципиальная схема термостабильного усилителя мощности на основе усовершенствованного «параллельного» усилителя приведена на рис. 2. Его основные технические характеристики:

Номинальный диапазон частот, Гц.....20... 150000

Номинальная выходная мощность, Вт, на нагрузке сопротивлением 4 Ом 25

Номинальное входное напряжение, В..... 1

Коэффициент гармоник, %, на частоте, Гц:

1000 0,1

2000..... 0,14

10 000..... 0,2

20 000..... 0,35

Коэффициент интермодуляционных искажений, %, при подаче сигналов, частотой 160 и 1400 Гц с соотношением амплитуд 4:1..... 0,3

Максимальная скорость нарастания выходного напряжения, В/мкс 8

Входное сопротивление, кОм..... 150

Ток покоя выходного каскада, мА..... 50
 Интервал температур окружающего воздуха, °С..... — 10...+35

Усилитель очень прост: кроме выходного каскада на транзисторах $V1 - V4$ он содержит лишь один каскад усиления напряжения на ОУ $A1$. Это стало возможным благодаря использованию так называемого «плавающего» питания, позволившего получить требуемое для раскачки выходного каскада напряжение непосредственно от ОУ. «Плавающее» питание создается путем подачи в цепь питания ОУ (через цепь $R4 - R6C3C4$) части выходного сигнала. В результате напряжения на выводах питания ОУ при максимальном сигнале смещаются (относительно потенциала общего провода) в соответствующую сторону, и размах сигнала на входе выходного каскада значительно увеличивается. Возникающие при этом на входах ОУ большие синфазные напряжения не опасны, так как ОУ их хорошо подавляет.

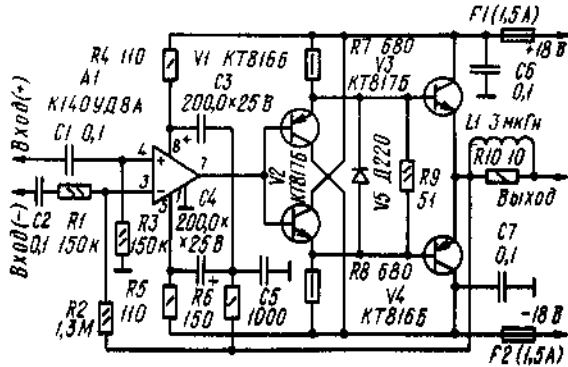


Рис. 2. Принципиальная схема термостабильного усилителя мощности

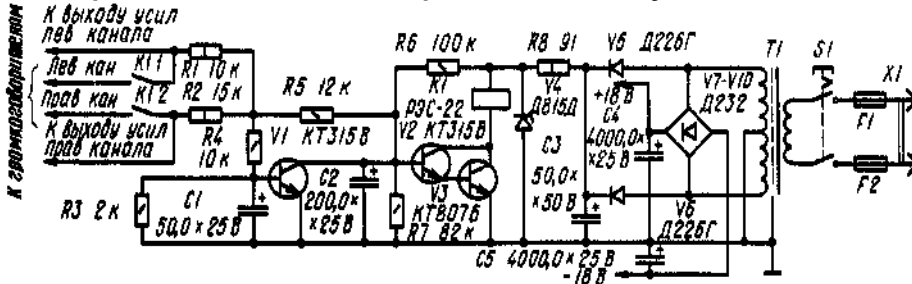


Рис. 3. Принципиальная схема нестабилизированного блока питания

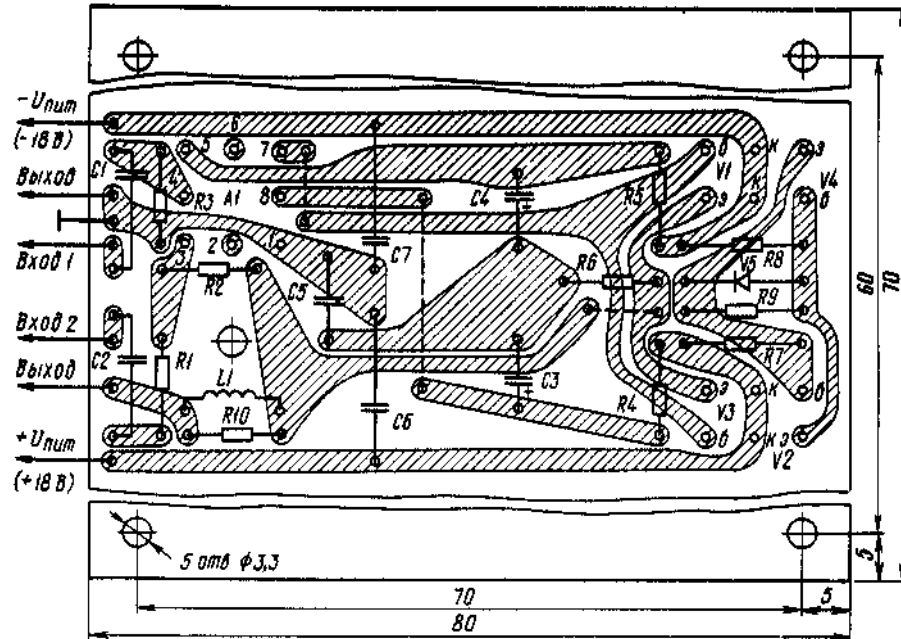


Рис. 4. Печатная плата усилителя

Наличие двух входов — инвертирующего (указанные выше технические характеристики получены при подаче сигнала на этот вход) и неинвертирующего расширяет возможности описываемого усилителя, в частности, упрощает создание на его основе многополосных трактов с разделением сигнала на входе. Так,

например, для того чтобы разделить сигнал на две полосы, достаточно между входами одного из усилителей мощности включить фильтр верхних частот. Низкочастотный сигнал в этом случае будет выделяться в результате вычитания выходного сигнала фильтра из входного. Следует, однако, учесть, что коэффициент передачи усилителя с инвертирующего входа равен отношению $R2/R1$, а с неинвертирующего — сумме $1 + R2/R1$. Кроме того, при использовании инвертирующего входа необходимо помнить, что выходное сопротивление предварительного усилителя, предназначенного для работы с описываемым усилителем мощности, входит в цепь ООС, охватывающей ОУ $A1$, поэтому оно должно быть не более 15 кОм. Неиспользуемый вход в любом случае не обходимо соединить с общим проводом.

Для питания усилителя желательно использовать стабилизированный источник, обеспечивающий при указанном на схеме напряжении питания ток 2,5...3 А. Если же предполагается питание от нестабилизированного источника, то во избежание опасных перенапряжений в цепях питания ОУ значения напряжений, указанные на схеме, необходимо уменьшить примерно на 20% (при номинальной нагрузке они не должны превышать $\pm 14... 14,5$ В). Выходная мощность при этом уменьшится до 16...17 Вт; однако для работы на бытовые громкоговорители мощностью 10...25 Вт этого достаточно.

Принципиальная схема нестабилизированного блока питания стереофонического варианта усилителя с устройством защиты громкоговорителей и реле времени, обеспечивающим задержку их подключения на время завершения переходных процессов после подачи питания, показана на рис. 3.

Устройство защиты громкоговорителей и реле времени выполнены на транзисторах $V1 - V3$ по схеме, примененной в отечественном стереоусилителе «Бриг-001». При включении питания кнопкой $S1$ начинает заряжаться конденсатор $C2$, поэтому электронный ключ на составном транзисторе $V2V3$ закрыт. По мере зарядки напряжение на конденсаторе увеличивается и в момент, когда оно достигает 1,3... 1,4 В, составной транзистор открывается, и реле $K1$ срабатывает, подключая громкоговорители к выходам усилителей. Поскольку на базу транзистора $V1$ поступает лишь малая часть напряжения с конденсатора $C2$, он остается закрытым. Время задержки подключения громкоговорителей определяется номиналами конденсатора $C2$ и резистора $R6$. При появлении на выходе любого из усилителей постоянного напряжения положительной полярности транзистор $V1$ открывается, напряжение на его коллекторе резко уменьшается и составной транзистор $V2V3$ закрывается. В результате реле $K1$ отпускает и отключает громкоговорители от усилителей. То же самое происходит и при появлении на выходе усилителей напряжения отрицательной полярности (оно поступает на базу составного транзистора через резистор $R5$ и закрывает его), а также в том случае, если напряжения на выходах усилителей одинаковы, но имеют разную полярность (сопротивления резисторов $R1, R2$ выбраны разными). Конденсатор $C1$ предотвращает срабатывание устройства защиты от напряжения усиливаемого сигнала.

Конструкции и детали. Кроме ОУ К140УД8А в усилителе мощности можно применить ОУ К140УД8Б, К140УД6, К140УДП, К544УД1, К140УД7 (с несколько худшими результатами). ОУ К140УД1Б, К140УД2А, К140УД2Б, К153УД1 использовать не рекомендуется. В устройстве защиты громкоговорителей применено реле РЭС-22 (паспорт РФ4.500.129), из четырех контактных групп которого путем параллельного соединения сделано две.

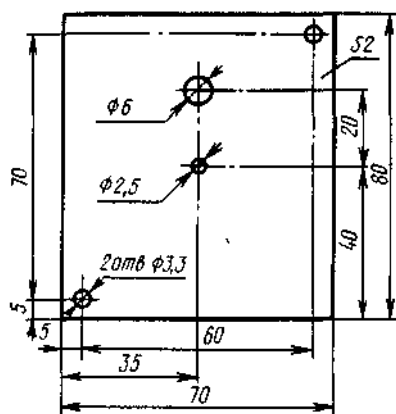


Рис. 5. Пластина-теплоотвод

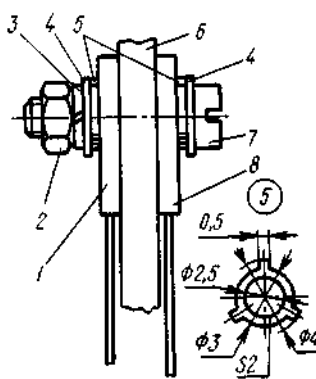


Рис. 6. Крепление транзисторов на теплоотводе

Усилитель смонтирован на печатной плате (рис. 4), изготовленной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Она рассчитана на установку резисторов МЛТ, конденсаторов К50-6 (К50-12), КМ и К73-9. Катушка $L1$ содержит 24 витка провода ПЭВ-1 0,51, намотанного виток к витку на текстолитовом каркасе диаметром 10 и длиной 15 мм. Для крепления к плате в нем предусмотрено отверстие с резьбой М3.

Транзисторы $V1 - V4$ закреплены попарно ($V1, V4$ и $V2, V3$) на пластинах-теплоотводах размерами 70X80 мм (рис. 5), изготовленных из листового алюминиевого сплава толщиной 2 мм и анодированных в черный цвет. Перед установкой на теплоотвод 6 (рис. 6) металлические площадки транзисторов 1 ($V1, V2$) и 8 ($V3, V4$) смазаны тонким слоем смазки ЦИАТИМ-201, а в отверстия корпусов вставлены ребристые латунные шайбы 5. Для обеспечения надежности теплового контакта под гайку 2 помимо плоской шайбы 4 подложена стопорная разрезная шайба 3. На плате усилителя пластины-теплоотводы закреплены (с разных сторон) с помощью

трубчатых стоек и винтов с гайками М3 (рис. 7).

Для охлаждения транзисторов можно использовать и готовые теплоотводы, например имеющиеся в продаже литые теплоотводы 8.650.022 с площадью охлаждающей поверхности около 300 см^2 . На таких теплоотводах их крепят с одной стороны (той, где сделана зачистка поверхности) вплотную друг к другу. При монтаже теплоотводов в корпусе усилителя следует помнить, что они находятся под напряжением, поэтому от металлических деталей, соединенных с общим проводом, их необходимо изолировать.

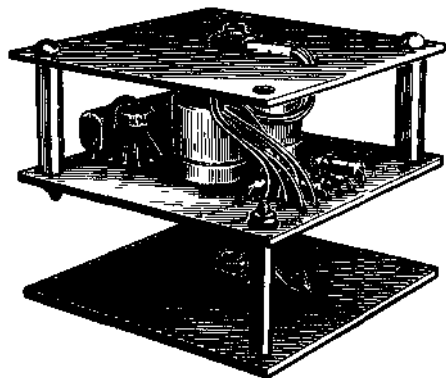


Рис. 7. Конструкция усилителя

Трансформатор питания $T1$ можно намотать на магнитопроводе сечением $6...8 \text{ см}^2$ (например, УШ26 х 26, УШ26 Х 39, УШ30 Х 30 и т. п.). Сетевую обмотку (1100 витков) наматывают проводом ПЭВ-2 0,41, вторичную (150 витков с отводом от середины) — - сложенным вдвое (для увеличения сечения) проводом ПЭВ-2 0,8, с целью более точной подгонки выпрямленного напряжения под нагрузкой (+14...14,5 В) рекомендуется число витков сетевой обмотки увеличить до 1300 и сделать отводы от 1000, 1050, 1100, 1150 и 1200-го витков. Электростатический экран наматывают проводом ПЭВ-2 0,41.

В устройстве защиты громкоговорителей и выпрямителях можно использовать электролитические конденсаторы К50-6, К50-12 и т. п.

При использовании исправных деталей и отсутствии ошибок в монтаже усилитель не нуждается в налаживании. Единственное, что необходимо сделать, — это измерить ток покоя транзисторов $V3$, $V4$, который должен быть около 50 мА, и проверить форму выходного сигнала при подаче на вход синусоидального напряжения 1 В. Подключать осциллограф к цепям усилителя следует через резистор сопротивлением 1 кОм, в противном случае его входная емкость и емкость соединительного кабеля могут вызвать самовозбуждение.

В заключение необходимо отметить, что указанные в начале статьи значения коэффициента гармоник, видимо, не предел. Дальнейшего уменьшения вносимых усилителем нелинейных искажений можно достичь применением более совершенных ОУ (например, К544УД2, К574УД1 и т. п), увеличением глубины, охватывающей усилитель ООС, и тока покоя выходного каскада и, естественно, улучшением линейности исходного «параллельного» усилителя.

Глубину ООС увеличивают уменьшением сопротивления резистора $R3$, связанное с этим снижение чувствительности усилителя мощности компенсируют увеличением выходного напряжения предварительного усилителя. Следует, однако, учесть, что при коэффициенте усиления меньше 3 усилитель мощности может самовозбудиться. Чтобы этого не случилось, между инвертирующим входом ОУ $A1$ и общим проводом необходимо включить корректирующую цепь из соединенных последовательно резистора (36 кОм) и конденсатора (39 пФ).

Что касается тока покоя транзисторов $V3$, $V4$, то его увеличивают (но не более чем до 500 мА), уменьшая сопротивления резисторов $R7$, $R8$. Нелинейные искажения минимизируют подбором резистора $R9$ на частоте 20 кГц.

КАССЕТНЫЙ ПРОИГРЫВАТЕЛЬ

Предлагаемый вниманию читателей переносный кассетный проигрыватель собран на базе лентопротяжного механизма 1S35 — 113Z (производства ВНР) и предназначен для воспроизведения магнитофильмов, записанных на кассеты МК-60 и МК-90. Наличие стереофонического (до линейного выхода) канала позволяет использовать его для прослушивания стереофонических фонограмм через внешний электроакустический тракт, а также для перезаписи их на другой стереофонический магнитофон. При работе в этом режиме предусмотрены контроль уровня воспроизводимого сигнала и включение в тракт активного регулятора тембра, позволяющего при необходимости скорректировать частотные искажения фонограммы на низших и высших частотах звукового диапазона. Отключаемый усилитель НЧ и динамическую головку можно использовать для прослушивания любой из дорожек фонограммы как во время перезаписи, так и при работе проигрывателя в качестве самостоятельного аппарата.

Питается проигрыватель от батареи, составленной из шести элементов 373 и одной батареи 3336Л (суммарное напряжение — около 13,5 В). Для контроля напряжения обеих батарей используется стрелочный прибор индикатора уровня сигнала. Предусмотрена возможность питания от внешнего источника, для чего в аппарате имеются соответствующий переключатель и розетка.

Примененная в проигрывателе система автостопа выключает лентопротяжный механизм через 3 с после остановки приемного узла, что полностью исключает повреждение магнитной ленты при ее заедании в кассете.

Основные технические характеристики

Скорость ленты, см/с..... 4,76

Коэффициент детонации, %..... $\pm 0,3$

Время перемотки ленты в кассете МК-60, с..... 90 ,

Рабочий диапазон частот на линейном выходе, Гц 31,5...12 500

Относительный уровень собственных шумов усилителя воспроизведения, измеренный с фильтром МЭК-А, дБ..... — 61

Пределы регулирования тембра по низшим и высшим частотам, дБ, не менее..... ± 16

Номинальная выходная мощность, Вт, при коэффициенте гармоник, не более 2 %..... 2

Габариты, мм..... 312x270x78

Масса (с источником питания), кг..... 3,5

Структурная схема проигрывателя показана на рис. 1. Он состоит из универсальной магнитной головки *B1*, стереофонического усилителя воспроизведения *A1*, стереофонического активного регулятора тембра *A2*, одноканального усилителя мощности *A3*, нагруженного на динамическую головку громкоговорителя *B2*, индикатора уровня воспроизведенного сигнала *A5* с подключаемым к нему стрелочным прибором *P1* и автостопа с фотодатчиком (*H1*, *V1*) и электромагнитом *Y1*, механически связанным с планкой-фиксатором переключателя рода работы лентопротяжного механизма (ЛПМ). Тембр регулируют сдвоенными переменными резисторами *R1* и *R2* (в скобках указаны их позиционные обозначения на приводимой далее принципиальной схеме блока *A2*), громкость — переменным резистором *R5*. С помощью переключателя *S1* гнездо *X1* («Линейный выход») можно подключить к выходу усилителя воспроизведения *A1* либо непосредственно, либо через блок регуляторов тембра *A2*. Нужную для прослушивания и *вне-ци* зуального контроля уровня дорожку фонограммы выбирают переключателем *S4*, а контролируемую стрелочным прибором *P1* цепь — переключателем *S5*. В положении последнего, показанном на схеме, прибор подключен к выходу индикатора уровня *A5*. При установке переключателя в положение «13,5» прибор через добавочный резистор *R3* подключается ко всей батарее питания (*GB1* + *GB2*), в положение «9» — к батарее *GB1* (через резистор *R4*). Резисторы *R3* и *R4* подобраны так, что при снижении напряжения батареи *GB1* до 7 В, а суммарного (*GB1* + *GB2*) до 11 В стрелка прибора *P1* устанавливается на границу зеленого и красного секторов.

Как видно из схемы, при нажатии на кнопку *S3* («Вкл.» — включение питания) напряжения питания подаются только на ЛПМ, усилитель воспроизведения *A1* и индикатор *A5*. Это сделано для того, чтобы исключить ненужное при воспроизведении через внешний электроакустический тракт потребление энергии блоками *A2*, *A3*.

С включением ЛПМ питание подается и на узел автостопа *A4* (через контакты, подключающие к батарее питания стабилизатор частоты вращения электродвигателя), в результате чего зажигается лампа *H1* датчика автостопа.

На блок регуляторов тембра *A2* питание поступает при нажатии на кнопку *S1*, а также при включении встроенного усилителя мощности *A3* кнопкой *S6*. Подключение последнего индицирует светодиод *V2*.

Переключателем *S2* цепь питания магнитофона соединяют с гнездом *X2*, к которому подключают внешний источник, обеспечивающий напряжения 9...10 и 13,5...15 В (с общим «минусом») при потребляемом токе 250...300 мА. Конденсатор *C2*, шунтирующий стабилизатор частоты вращения электродвигателя ЛПМ, ослабляет создаваемые им помехи в цепи питания. О назначении конденсатора *C1* будет сказано при описании работы автостопа.

Усилитель воспроизведения описываемого аппарата (за основу взята схема, описанная Валентином и Виктором Лексинными в «Радио», 1983, № 8, с изменениями, предложенными А. Богданом) отличается низким уровнем собственных шумов (с головкой ЗД24Н.21.О — около — 61 дБ), малыми нелинейными искажениями, хорошей повторяемостью АЧХ. Принципиальная схема одного из каналов усилителя приведена на рис. 2. Он состоит из оптимизированного по шумам входного каскада на транзисторах *V1*, *V2* и корректирующего каскада на одном из ОУ микросхемы *A1* (в скобках указаны номера выводов второго ОУ микросхемы). Снижение шумов достигнуто выведением входного каскада за пределы петли частотно-зависимой ООС, формирующей АЧХ усилителя в целом, применением в нем двух параллельно включенных малошумящих транзисторов, работающих в микротоковом режиме. Режим работы транзисторов *V1*, *V2* стабилизирован параллельной ООС по постоянному напряжению (с коллекторов на базы), с целью выравнивания режимов в их эмиттерные цепи включены резисторы *R6*, *R7*. Коэффициент усиления входного каскада около 20.

АЧХ усилителя воспроизведения целиком определяется параметрами элементов частотно-зависимой ООС, охватывающей ОУ *A1*. Постоянная времени $n = (R9 + R10) C5 = 120$ мкс, $\tau_2 = R/2C8 = 3180$ мкс. Дополнительная коррекция АЧХ в области высших частот осуществляется настройкой контура, образованного обмоткой магнитной головки *B1* и конденсатором *C1*, на частоту 14...15 кГц.

Питаются оба канала усилителя воспроизведения через параметрический стабилизатор напряжения на

стабилитроне V3. Подстроечный резистор R13 служит для установки номинального напряжения на выходе усилителя и балансировки каналов при налаживании.

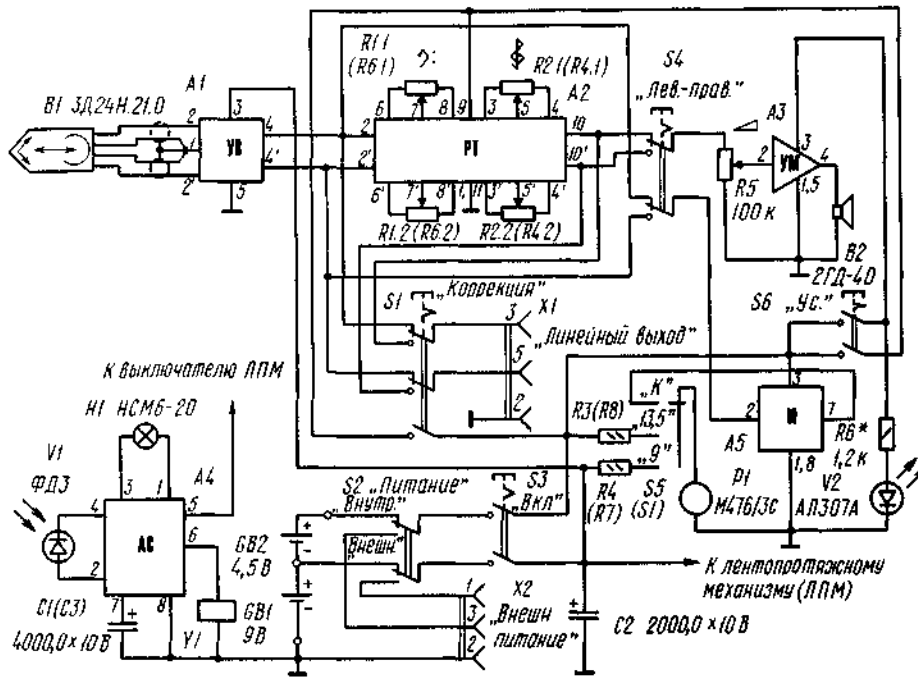


Рис. 1. Структурная схема проигрывателя

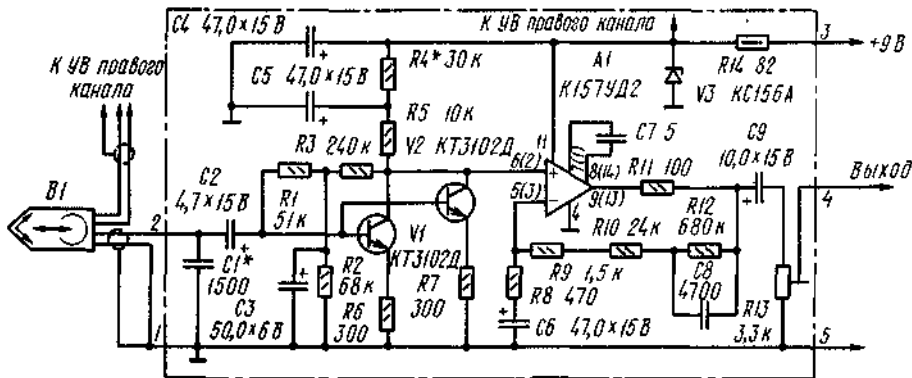


Рис. 2. Принципиальная схема усилителя воспроизведения

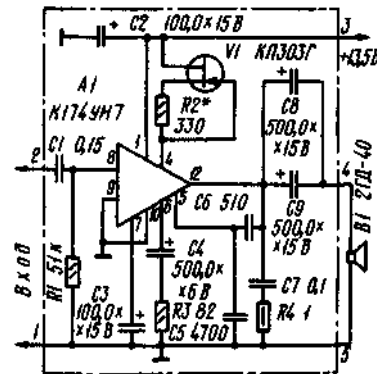
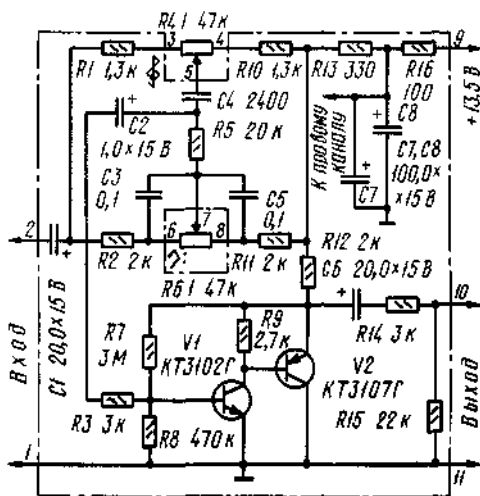


Рис. 3. Принципиальная схема блока активных регуляторов тембра

Рис. 4. Принципиальная схема усилителя мощности

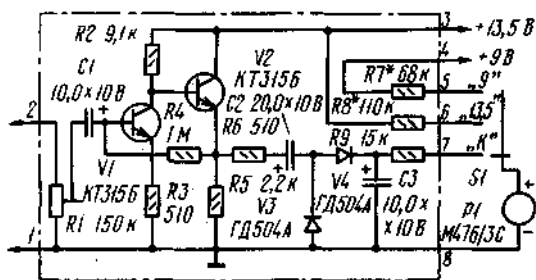


Рис. 5. Принципиальная схема индикатора уровня сигнала

Блок активных регуляторов тембра (рис. 3) выполнен по схеме, предложенной Л. Галченковым. Каждый из каналов блока (на схеме показан один из них) представляет собой двухкаскад-ный усилитель на транзисторах разной структуры $V1$, $V2$ с включенным в цепь охватывающей его ООС мостовым регулятором тембра. На низших частотах тембр регулируют двоянным переменным резистором $R6$, на высших — резистором $R4$.

Благодаря применению транзисторов с большими статическими коэффициентами передачи тока β_{21} коэффициент усиления усилителя ($V1$, $V2$) без ООС достигает 1500. Это позволило уменьшить коэффициент гармоник примерно на порядок по сравнению с регуляторами, выполненными по традиционной схеме (пассивный регулятор плюс необходимые для его нормальной работы согласующие каскады).

Питается блок регуляторов тембра через развязывающий фильтр $R16C7C8$.

Усилитель мощности проигрывателя (рис. 4) собран на интегральной микросхеме $K174УН7$. Включена она несколько необычно: отсутствует цепь так называемой вольтодобавки, предоконечный каскад микросхемы питается через стабилизатор тока на полевом транзисторе $V1$. Как показали исследования ленинградского радиолюбителя С. Филина, предложившего такую схему включения микросхемы $K174УН7$, это позволяет снизить коэффициент гармоник усилителя до 1,5...2% во всем интервале выходных мощностей, вплоть до максимальной (при выходном напряжении, уменьшенном на 10% по отношению к его значению, соответствующему началу ограничения).

Индикатор уровня сигнала (рис. 5) содержит двухкаскадный усилитель на транзисторах $V1$, $V2$, выпрямитель по схеме удвоения выпрямленного напряжения на диодах $V3$, $V4$ и стрелочный прибор $P1$, подключаемый к выходу выпрямителя контактами переключателя $S1$. Время интеграции индикатора зависит от параметров элементов цепи $R6C3$.

Подстроечный резистор $R1$ служит для калибровки индикатора при воспроизведении сигнала, записанного с номинальным уровнем. Резисторы $R7$ и $R8$ — добавочные, вместе с ними стрелочный прибор $P1$ образует двухпредельный вольтметр постоянного тока, что в соответствующих положениях переключателя $S1$ позволяет контролировать напряжение как всей батареи питания (13,5 В), так и ее части (9 В), от которой питаются электродвигатель, усилитель воспроизведения и узел автостопа.

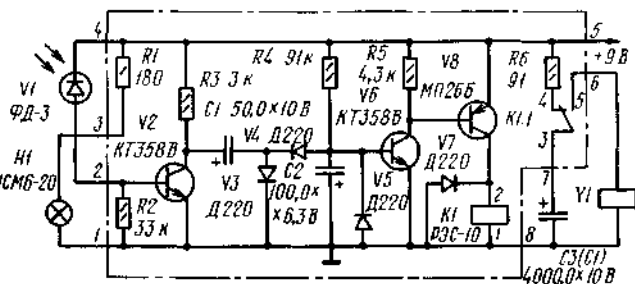


Рис. 6. Принципиальная схема автостопа

Узел автостопа (рис. 6) состоит из фотоэлектрического датчика вращения приемного узла ЛПМ (HI , $V1$), усилителя импульсов датчика ($V2$), выпрямителя по схеме удвоения выпрямленного напряжения ($V3$, $V4$), электронного реле времени ($V6$, $V8$, $K1$), электромагнита $Y1$, механически связанного с планкой-фиксатором кнопочного переключателя рода работы ЛПМ, и конденсатора $C3$, аккумулирующего энергию батареи питания для последующего привода в действие электромагнита.

Как уже говорилось, напряжение питания подается на узел автостопа только с включением ЛПМ в режим рабочего хода (воспроизведения) или перемотки ленты. В момент подачи питания начинает заряжаться (через резистор $R4$) конденсатор $C2$, напряжение на эмиттерном переходе транзистора $V6$ близко к нулю, поэтому он, а следовательно, и транзистор $V8$ закрыты. Ток через обмотку реле $K1$ в это время очень мал, контакты $K.11$ находятся в положении, показанном на схеме, и конденсатор $C3$ заряжается от источника питания через резистор $R6$.

С началом вращения приемного узла приводится в движение перфорированная шторка датчика вращения, периодически прерывающая световой поток от миниатюрной лампы накаливания HI к фотодиоду $V1$. В результате напряжение на коллекторе транзистора $V2$ начинает пульсировать: в моменты, когда фотодиод за-

темнен, оно близко к напряжению источника питания, а когда освещен, не превышает 1 В. Переменная составляющая этого пульсирующего напряжения выпрямляется диодами $V3$, $V4$ и поступает на конденсатор $C2$. Иначе говоря, после подачи питания этот конденсатор, не успев зарядиться через резистор $R4$ от источника питания (положительной по отношению к общему проводу полярности), тут же начинает перезарядаться выпрямленными диодами $V3$, $V4$ напряжением отрицательной полярности, поэтому транзистор $V6$ при нормальной работе ЛПМ надежно закрыт, и реле $K1$ обесточено.

При остановке приемного узла (кончилась лента в кассете или из-за возросшего трения о стенки ее корпуса остановилась одна из бобышек) модуляция светового потока лампы $H1$ прекращается, напряжение на выходе выпрямителя исчезает, и конденсатор $C2$ начинает перезарядаться через резистор $R4$. Примерно через 3 с напряжение на нем становится достаточным для открывания транзистора $V6$. Вслед за ним открывается транзистор $V8$. В результате срабатывает реле $K1$ и своими контактами $K1-1$ подключает заряженный до напряжения источника питания конденсатор большой емкости $C3$ к обмотке электромагнита $Y1$. Срабатывая, он сдвигает планку-фиксатор переключателя рода работы ЛПМ, и тот переходит в положение «Стоп», отключая электродвигатель и устройство автостопа от источника питания.

Использование конденсатора $C3$ в качестве источника питания электромагнита $Y1$ исключает опасность быстрой разрядки батареи питания в случае, если усилия, развиваемого электромагнитом, не хватит для смещения планки-фиксатора. Такое может произойти из-за чрезмерного увеличения внутреннего сопротивления бывшей в эксплуатации батареи. Если бы для питания электромагнита использовалась сама батарея, он ее в этом случае быстро разрядил бы (сопротивление обмотки постоянному току всего около 7 Ом). Применение конденсатора полностью исключает такую опасность. При отказе автостопа батарея питания (причем не вся, а только ее часть) остается нагруженной только на электродвигатель ЛПМ, лампу фотодатчика и реле $K1$. Во избежание подобных случаев разряжать батарею питания электродвигателя до напряжения, меньшего 7 В, не рекомендуется (как показала трехлетняя эксплуатация магнитофона, автостоп при таком напряжении работает безотказно).

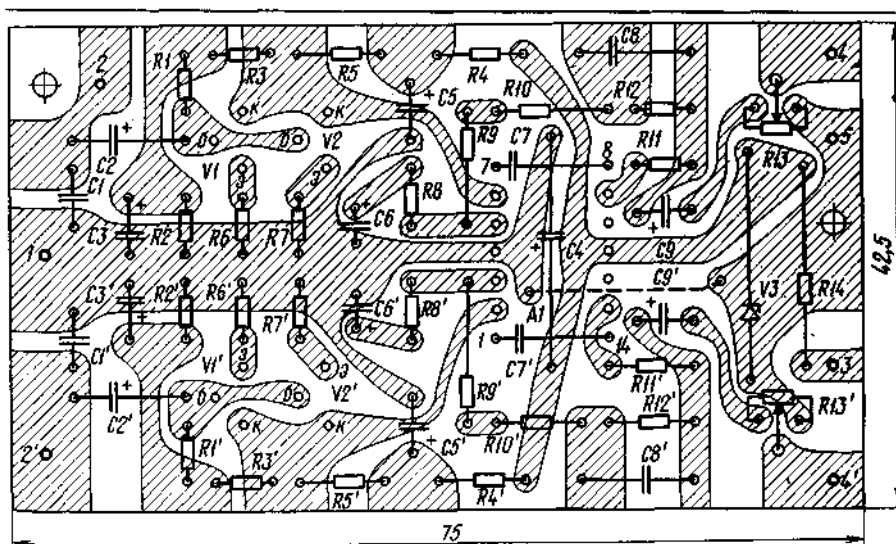


Рис. 7. Печатная плата усилителя воспроизведения

Конструкция и детали. Основная масса деталей электрической части проигрывателя смонтирована на пяти печатных платах, изготовленных из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Чертежи плат и схемы соединений деталей показаны на рис. 7, 8, 9, 10 и 11. Платы рассчитаны на установку постоянных резисторов МЛТ (резистор $R4$ в усилителе мощности — МОН-0,5 или проволочный), подстроечных резисторов СПО-0,15, электролитических конденсаторов К53-1 ($C2$, $C2'$, $C4$, $C5$, $C5'$, $C6$, $C6'$, $C9$, $C9'$ в усилителе воспроизведения) и К50-6 (остальные), керамических конденсаторов КМ. В тех случаях, когда расстояние между отверстиями в плате меньше 7,5 мм, элемент (резистор, конденсатор) устанавливают вертикально. Переменный резистор регулятора громкости (см. рис. 1, $R5$) — СПЗ-23а группы В, резисторы регуляторов тембра (см. рис. 3, $R4$ и $R6$) — СПЗ-236 группы А. При отсутствии резисторов сопротивлением 47 кОм для регулирования тембра можно использовать резисторы сопротивлением 68 или 33 кОм. В последнем случае необходимо сопротивление резисторов $R1$, $R10$ и $R2$, $R11$ уменьшить соответственно до 1 и 1,5 кОм, а емкость конденсаторов $C3$ и $C5$ увеличить до 0,15 мкФ.

В магнитофоне применены переключатели П2К с независимой фиксацией ($S1$, $S3$, $S4$, $S6$), МПН-1 ($S5$) и ПД-2 ($S2$). Реле $K1$ автостопа — РЭС-10 (паспорт РС4.524.303). Его можно заменить любым другим реле с напряжением и током срабатывания соответственно не более 6 В и 100 мА и с контактами, допускающими коммутацию тока силой до 1,5 А.

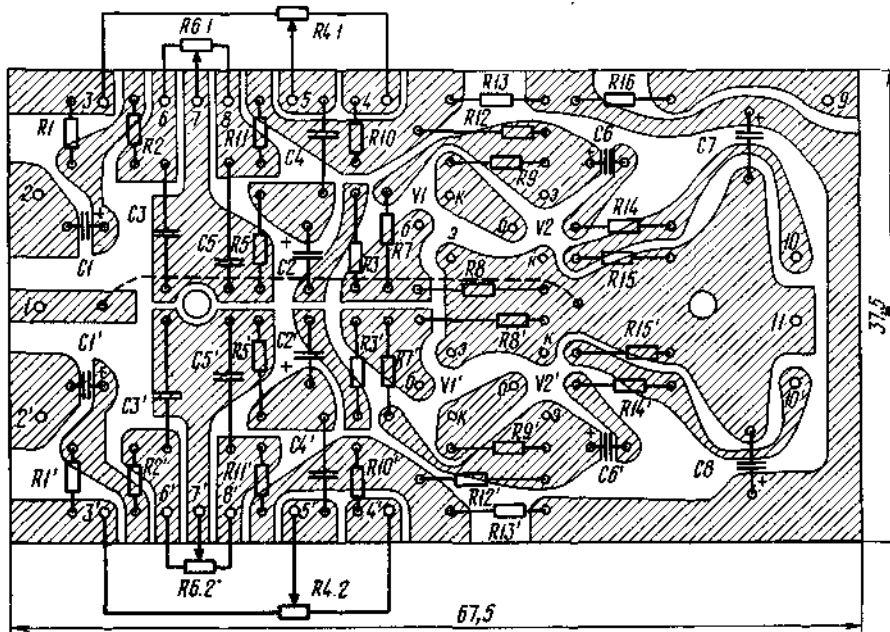


Рис. 8. Печатная плата блока регуляторов тембра

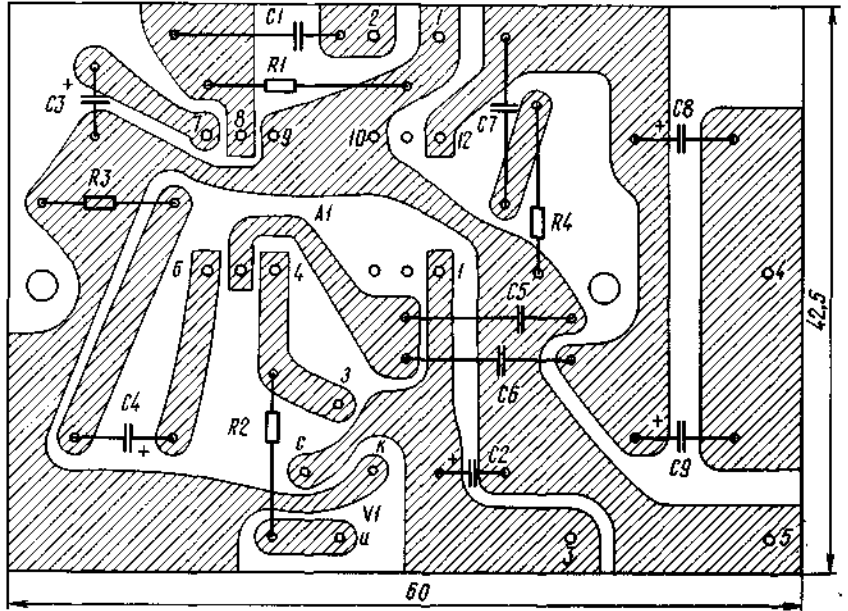


Рис. 9. Печатная плата усилителя мощности

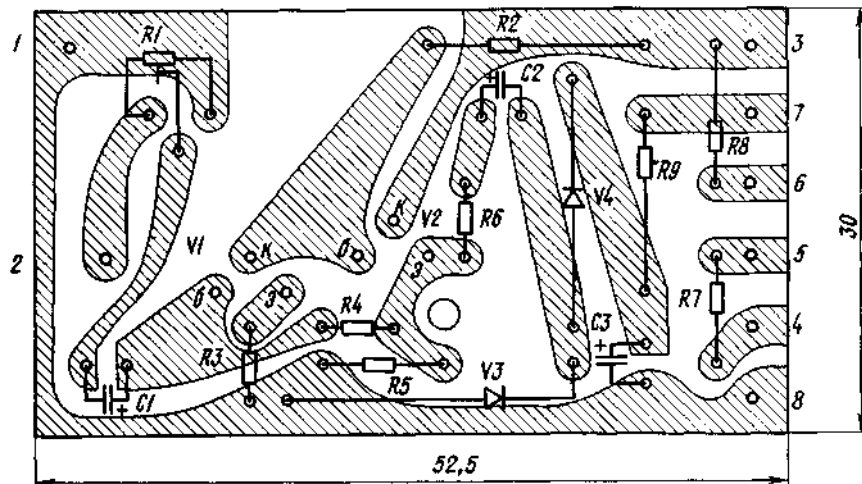


Рис. 10. Печатная плата индикатора уровня сигнала

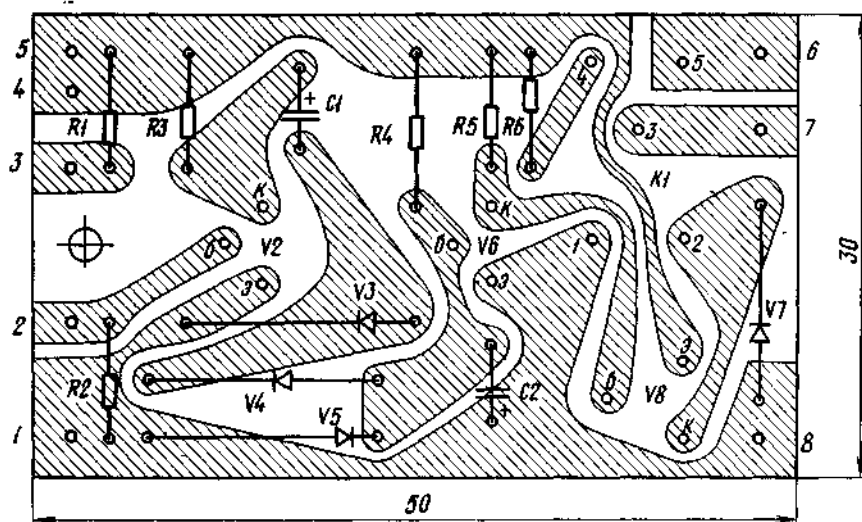


Рис. 11. Печатная плата автостопа

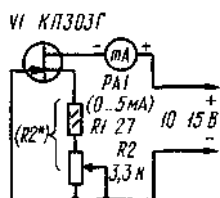


Рис. 12. Схема для подбора транзисторов

Вместо указанных на схемах в блоках проигрывателя можно использовать следующие резисторы: в усилителе воспроизведения (см. рис. 2) — КТ3102Е или транзисторные сборки серии К159НТ1 с индексами В, Г, Д; в регуляторе тембра (см. рис.3) — любые кремниевые высокочастотные транзисторы соответствующей структуры со статическим коэффициентом передачи тока h_{213} не менее 300 (*V1*) и 100 (*V2*); в усилителе мощности (см. рис. 4) — полевые транзисторы КП303А — КП303В, в усилителе индикатора уровня сигнала (см. рис. 5) и в узле автостопа (см. рис. 6) — любые кремниевые транзисторы с коэффициентом $Y_{2,3}$ не менее 50. Германиевый транзистор МП26Б (см. рис. 6, *V8*) можно заменить транзистором МП25Б. При отсутствии транзисторов с коэффициентом $h_{213} > 300$ в регуляторе тембра можно использовать транзисторы с меньшим значением этого параметра, подобрав в этом случае резистор *R8* до получения на эмиттере транзистора *V2* напряжения, равного половине напряжения на конденсаторах *C7*, *C8*. Следует, однако, иметь в виду, что такая замена приведет к некоторому увеличению шума и нелинейных искажений, вносимых этим блоком.

Диоды ГД504А в индикаторе уровня сигнала (см. рис. 5) можно заменить диодами серии Д9; Д220 в узле автостопа (см. рис. 6) — другими диодами этой серии (*V3* — *V5*) и диодами серий Д7, Д226 (*V7*). Допустима замена светодиода АЛ307А (см. рис. 1) любым другим.

Для облегчения налаживания в частотозадающих цепях усилителя воспроизведения (см. рис. 2) желательно использовать резисторы и конденсаторы с допускаемым отклонением от номиналов не более $\pm 5\%$, причем конденсаторы следует взять с нормируемым ТКЕ (групп М47, М75, М750, М1500). С этой же целью рекомендуется до установки на плату усилителя мощности подобрать транзистор *VI* и резистор *R2*. Транзистор включают по схеме, приведенной на рис. 12, и, медленно перемещая движок переменного резистора *R2* из нижнего по схеме положения вверх, устанавливают (по миллиамперметру *PA1*) ток через канал полевого транзистора, равный 2...2,5 мА. Измерив омметром общее сопротивление в цепи истока, подбирают постоянный резистор близкого сопротивления, который и устанавливают на печатную плату усилителя мощности.

Внешний вид кассетного проигрывателя показан на рис. 13, а размещение печатных плат и других узлов и деталей внутри его корпуса — на рис. 14. (Нумерация деталей на этом и следующих рисунках продолжает начатую на рис. 13.)

Корпус проигрывателя склеен из листового полистирола толщиной 5 мм (передняя, нижняя и накладные боковые стенки) и 2,5 мм (остальные детали). Для наружной отделки использована самоклеящаяся поливинилхлоридная пленка с предварительно смытым (ацетоном) декоративным рисунком, имитирующим древесину ценных пород. Надписи, поясняющие назначение органов управления, нанесены переводным шрифтом белого цвета.

Печатные платы автостопа 22 и усилителя воспроизведения 21 закреплены с помощью винтов М2Х8, ввинченных в резьбовые отверстия полистироловых стоек, приклеенных к передней стенке корпуса. Для крепления плат усилителя мощности 11, индикатора уровня сигнала 13, блока регуляторов тембра 12, а также батареи питания *GB2* (16) применена промежуточная панель 10 (на рис. 14 она выделена штриховкой). В

корпусе эта панель закреплена аналогично платам 21% и 22 (головки винтов 8 ее крепления зачернены), а для винтов, крепящих платы, в ней имеются 5 отверстий с резьбой М2. Между печатными платами и промежуточной панелью на винты надеты пластмассовые (текстолит, органическое стекло и т. п.) трубки внешним диаметром 4, внутренним 2,2 и длиной 3 мм (к панели их желательно приклеить клеем БФ-2 или «Момент»). Батарея 16 закреплена с помощью резинового кольца 17, надетого на изогнутые в виде скоб монтажные лепестки 19 (рис. 15), подложенные под головки винтов 8 крепления промежуточной панели (еще один лепесток установлен в ее нижней части).

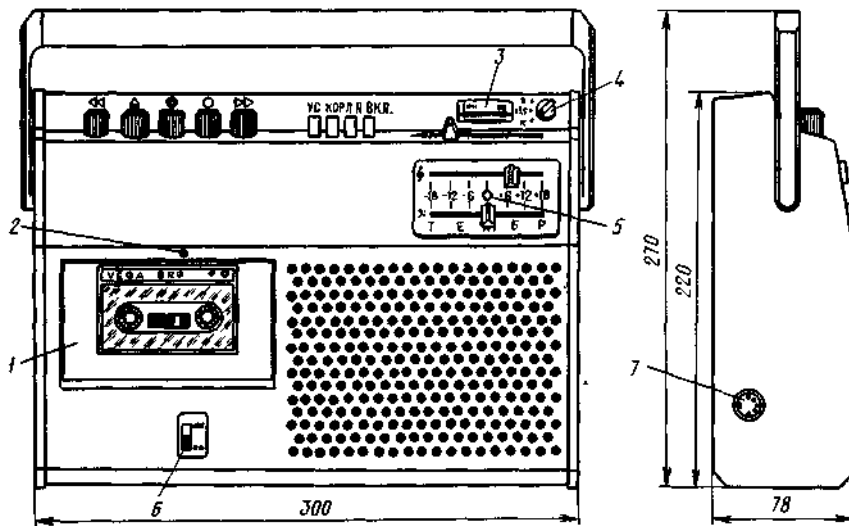


Рис. 13. Внешний вид кассетного проигрывателя:

1 — кассетоприемник; 2 — отверстие для регулировки угла наклона рабочего зазора универсальной магнитной головки; 3 — стрелочный прибор $P1$; 4 — ручка переключателя $S5$ (по схеме на рис. 1); 5 — светодиод — индикатор включения усилителя мощности; 6 — переключатель $S2$; 7 — розетка для подключения внешнего источника питания

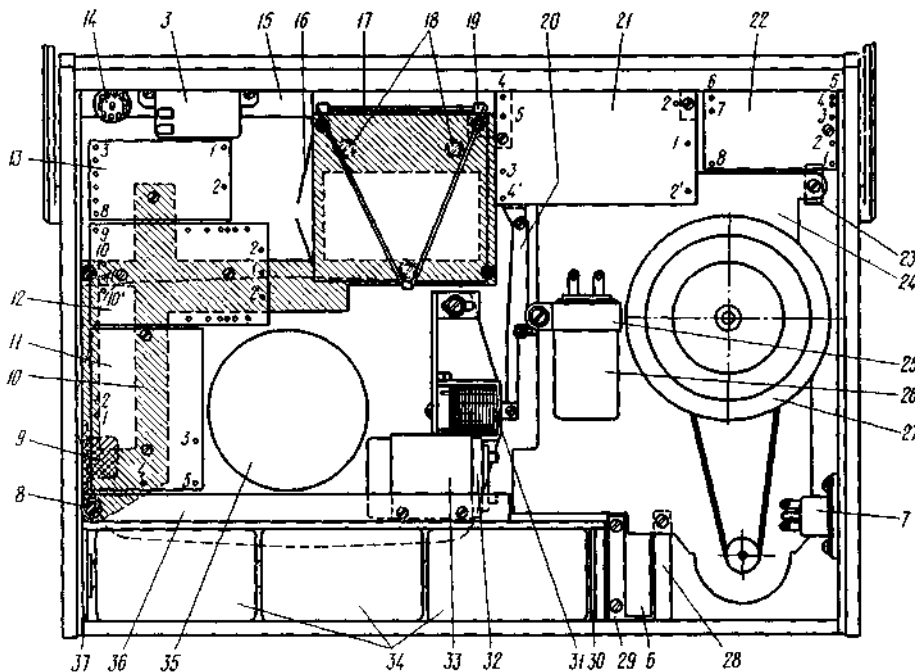


Рис. 14. Размещение узлов и деталей внутри корпуса:

3 — стрелочный прибор $P1$; 6 — переключатель $S2$; 7 — розетка $X2$; 8 — винт $M3 \times 8$, 5 шт.; 9 — розетка $X1$; 10 — промежуточная панель, Д16-Т толщиной 2 мм; 11 — печатная плата усилителя мощности; 12 — печатная плата блока регуляторов тембра; 13 — печатная плата индикатора уровня сигнала; 14 — переключатель $S5$; 15 — кронштейн, Ст. 10кп толщиной 0,8 мм; 16 — батарея $GB2$ (3336Л); 17 — резиновое кольцо; 18 — винты крепления кронштейна с переключателями $S1, S3, S4, S6$; 19 — лепестки-держатели резинового кольца 17, 3 шт.; 20 —

Готовую катушку вставляют в деталь 75, закрывают деталью 73 и винчивают на место винты 74. Затем внутрь катушки вставляют деталь 86 и, придерживая ее вставленным туда же якорем 70, крепят электромагнит винтом М3 X 10 к кронштейну 76.

Отверстие под винт 89 в планке-фиксаторе 57 сверлят в ее верхнем (если смотреть на ЛПМ со стороны касетоприемника) правом углу. Делают это при снятом касетоприемнике и зафиксированных каким-либо образом соответственно в крайнем правом и крайнем нижнем положениях планке-фиксаторе и планке кнопки перемотки назад. Просверлив отверстие сверлом диаметром 1,6 мм, нарезают в нем резьбу неполного профиля с тем, чтобы винт 89 винчивался без заметного люфта. Головку винта необходимо доработать (иначе она будет мешать планке кнопки перемотки назад): уменьшить диаметр до 3, а высоту до 0,5 мм, аккуратно пропилить новый шлиц. Винт необходимо укоротить до 1,3 мм.

Для крепления магнитных головок производства КНПО «Маяк» в планке блока головок необходимо сделать новые отверстия с резьбой М2. При разметке центров отверстий следует руководствоваться рис. 19, на котором приведены границы ввода головок, установленные ГОСТ 20492 — 75.

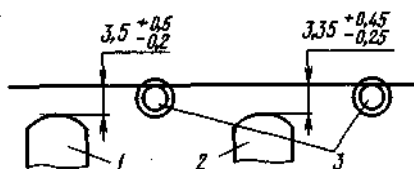


Рис. 19. Границы ввода головок

ЛПМ с установленными на место головками, серьгой планки-фиксатора и датчиком автостопа закрепляют в корпусе, руководствуясь рис. 14 и 18. Кронштейн 81 с рычагом 20 закрепляют винтом 82, вставив предварительно штифт 84 в отверстие серьги 79. Затем кронштейн 76 с электромагнитом и вставленным внутрь его катушки якорем 70 ставят на диффузордержатель динамической головки 35 и, введя рычаг 20 в прорезь якоря 70, соединяют их винтом 69. После этого закрепляют кронштейн 76 винтами 78. Требуемое его положение находят при регулировке механизма. Для этого к обмотке электромагнита через выключатель подсоединяют батарею из четырех элементов 373 (примерно 6 В) и, перемещая в небольших пределах кронштейн 76 относительно винтов 78, добиваются того, чтобы ЛПМ возвращался в исходное положение из любого режима работы.

Налаживание электрической части проигрывателя начинают с проверки автостопа. Включив ЛПМ в режим рабочего хода (воспроизведения), останавливают рукой приемный узел. Через 2,5... 3 с должен сработать электромагнит, и кнопка рабочего хода должна вернуться в исходное положение. Если этого не происходит, еще раз уточняют положение кронштейна 76, добиваясь четкого срабатывания системы при каждой остановке приемного узла.

Для налаживания усилителя воспроизведения понадобятся вольтметр постоянного тока, милливольтметр переменного тока, генератор сигналов звуковой частоты и кассета с фонограммой сигналов частотой 400 и 10 000 Гц, записанных соответственно с номинальным и на 20 дБ меньшим уровнями на исправном монофоническом магнитофоне.

Вначале проверяют режим работы транзисторов $V1$, $V2$ (см. рис. 2) по постоянному току. Напряжение на коллекторах транзисторов должно быть равно половине напряжения питания. При необходимости этого добиваются подбором резистора $R4$. Далее, установив движки подстроечных резисторов $R13$ в обоих каналах в верхнее по схеме положение, воспроизводят фонограмму сигнала частотой 10 кГц и вращением регулировочного винта крепления универсальной магнитной головки добиваются максимальных напряжений на выходах усилителя. В случае если эти напряжения получаются при разных положениях регулировочного винта, его оставляют в среднем положении.

Затем воспроизводят фонограмму сигнала частотой 400 Гц и подстроечными резисторами $R13$ устанавливают на выходах усилителя одинаковые напряжения, равные 0,25...0,3 В.

В последнюю очередь настраивают контуры, образованные секциями головки $B1$ и конденсаторами $C1$, на частоту 14...15 кГц. Для этого в точки соединения выводов головки с конденсаторами $C1$, $C2$ поочередно подают (через резистор сопротивлением 150... 200 кОм) сигнал частотой 14... 15 кГц и подбором конденсаторов $C1$ добиваются максимума напряжения на выходах усилителя. При использовании в частотоподающих цепях резисторов и конденсаторов с отклонением от номиналов не более $\pm 5\%$ какой-либо подстройки АЧХ на средних и низких частотах не требуется.

Блок активных регуляторов тембра и усилитель мощности при исправных деталях и отсутствии ошибок в монтаже в налаживании не нуждаются.

Регулировка индикатора уровня сигнала сводится к установке (подстроечным резистором $R1$) стрелки прибора $P1$ на границу зеленого и красного секторов при воспроизведении сигнала частотой 400 Гц. Резисторы $R7$ и $R8$ подбирают до установки на плату; первым калибруют стрелочный прибор (устанавливают его стрелку на границу секторов) при напряжении 7 В, вторым — при напряжении 10,5...11 В.

Завершают налаживание подбором резистора $R6$ (см. рис. 1). Его сопротивление должно быть таким, чтобы при минимальном напряжении питания усилителя мощности (10,5 В) светодиод еще заметно светился.

АВТОСТОП В КАССЕТНОМ МАГНИТОФОНЕ

В наши дни вряд ли нужно убеждать кого-либо в необходимости автостопа в магнитофоне (такое название получили устройства, автоматически останавливающие лентопротяжный механизм при обрыве или окончании ленты). Тем не менее многие промышленные модели магнитофонов подобными устройствами по-прежнему не оснащаются. И если в катушечном магнитофоне с этим еще как-то можно мириться (современные магнитные ленты на лавсановой основе практически не рвутся), то в кассетном отсутствие автостопа нередко оборачивается бедой: из-за возросшего по какой-либо причине трения рулона ленты о стенки кассеты приемный узел останавливается, и лента набивается в свободное пространство кассеты до тех пор, пока не заклинит ведущий вал. Плотность набивки бывает столь велика, что извлечь кассету из механизма, не повредив ленту, иногда не удается. В тех же случаях, когда это удается относительно легко, приходится мириться с потерей качества фонограммы: деформированная в «гармошку» лента уже не восстанавливает своей прежней формы, рабочий слой в местах перегибов осыпается.

Из сказанного ясно, что в отличие от катушечных аппаратов кассетные должны оснащаться автостопами, реагирующими на остановку приемного узла, т. е. имеющими в своем составе датчик его вращения.

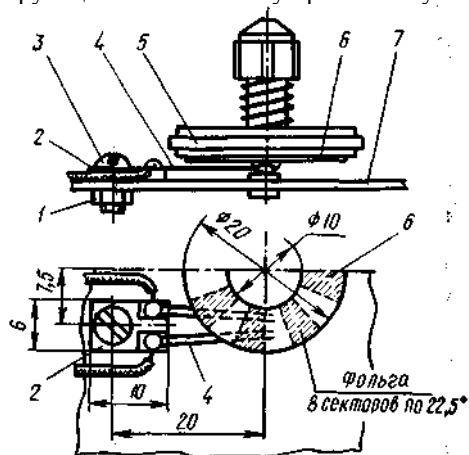


Рис. 1. Датчик вращения на основе механических контактов

Наиболее часто используются датчики вращения на основе механических контактов. Один из вариантов конструкции такого датчика (предложен радиолюбителем В. Стрюковым из Рыбинска Ярославской области) показан на рис. 1. Он предназначен для носимых магнитофонов марки «Электроника» (модели 301, 302) и им подобных. Датчик состоит из диска 6 (фольгированный стеклотекстолит толщиной 0,5 мм), приклеенного клеем БФ-2 к под-кассетнику 5 приемного узла, и скользящих по его печатным проводникам (в виде узких секторов) изолированных одна от другой проволочных щеток 4. Щетки изготовлены из токосъемников не бывших в употреблении переменных резисторов СП и припаяны к фольгированным площадкам планки 2. Последняя закреплена на шасси лентопротяжного механизма 7 винтом 3 (М2Х4) с гайкой 1 (М2).

Принципиальная схема электрической части автостопа с контактным датчиком приведена на рис. 2. С началом вращения приемного узла контакты датчика $S1$ начинают периодически замыкаться и размыкаться, создавая последовательность прямоугольных импульсов положительной полярности (по отношению к общему, «минусовому» проводу). Переменная составляющая этих импульсов выпрямляется диодами $V1$, $V2$, и на конденсаторе $C3$ появляется отрицательное напряжение. В результате транзистор $V5$, а за ним и $V6$ закрываются, и через обмотку реле $K1$ течет лишь небольшой начальный ток транзистора $V6$.

При остановке приемного узла поступление импульсов от датчика на вход выпрямителя прекращается, поэтому конденсатор $C3$ начинает перезаряжаться через резистор $R3$. Спустя 1,5...3 с напряжение на нем (теперь уже положительной полярности) достигает значения, при котором транзистор $V5$ открывается. Возрастающий коллекторный ток этого транзистора создает падение напряжения на резисторе $R4$, в результате чего вскоре открывается и транзистор $V6$, заставляя сработать реле $K1$. Контактными $K1.1$ реле замыкает цепь питания электромагнита $Y1$, и тот, воздействуя на механически связанную с ним планку-фиксатор клавишного переключателя рода работы, переводит ЛПМ в состояние «Смон». Цепь питания автостопа при этом разрывается (оно подается через контакты того же выключателя, что и на электродвигатель магнитофона), поэтому реле, электромагнит и планка-фиксатор сразу же возвращаются в исходное положение.

Выключатель $S2$ смонтирован под клавишей временного останова ленты. Замыкаясь, его контакты предотвращают срабатывание автостопа при переводе магнитофона в этот режим. Конденсатор $C1$ уменьшает создаваемые датчиком помехи радиоприему (это важно в магнитоле); диод $V3$ ограничивает напряжение на эмиттерном переходе транзистора $V5$ уровнем 0,7...0,8 В.

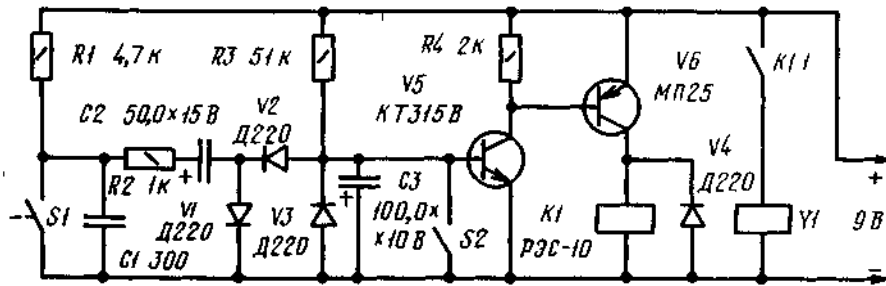


Рис. 2. Принципиальная схема автостопа с контактным датчиком

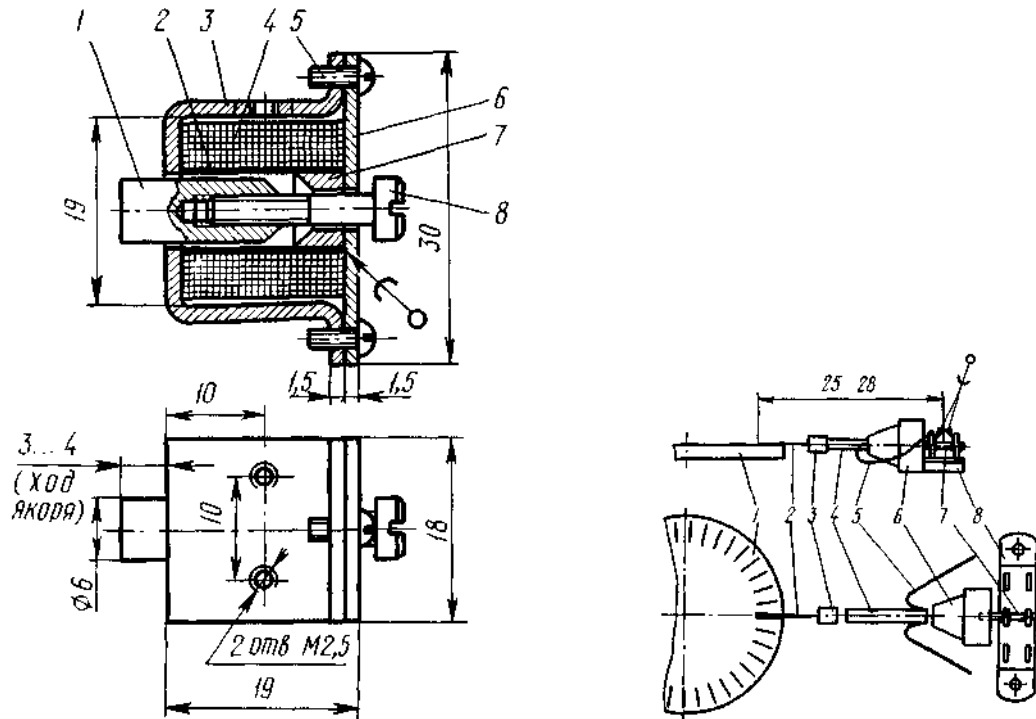


Рис. 3. Конструкция электромагнита

Рис. 4. Датчик вращения на основе пьезоэлемента

Транзисторы могут быть и иных, чем указано на схеме, типов. Пригодны любые маломощные транзисторы соответствующей структуры со статическим коэффициентом передачи тока $h_{21э}$, равный 30...60, и допустимым напряжением между эмиттером и коллектором не менее напряжения питания. Помимо этого, предельный ток коллектора транзистора V_6 должен быть не менее тока срабатывания примененного реле, а напряжение насыщения (между коллектором и эмиттером) при этом токе не должно превышать 0,5 В. Диоды V_1 — V_4 — любые кремниевые маломощные.

В устройстве можно использовать реле РЭС-10 с паспортами РС4.524.304, РС4.524.315, РС4.524.325.

Возможный вариант конструкции самодельного электромагнита показан на рис. 3. Его магнитопровод — ярмо 3 (Ст. 10кп), пластина 6 (Ст. 10кп), kern 7 (Ст. А12), а также яркорь 1 (Ст. А12) изготовляют из отожженной малоуглеродистой стали, гильзу катушки 2 и винт-толкатель 8 (МЗХ16) — из латуни ЛС59-1. При сборке вначале припаивают к пластине 6 kern 7, а затем к ним обоим — гильзу 2. После этого винтом МЗХ40 с гайкой МЗ к свободному торцу гильзы крепят технологическую щечку диаметром 20...25 мм (гетинакс, текстолит толщиной 1,5...2 мм) и, закрепив выступающий конец винта в патроне ручной дрели, зажатой в тиски, наматывают обмотку 4 (до заполнения каркаса) проводом ПЭВ-2 0,3. Аккуратно удалив затем щечку, устанавливают на место деталь 3 и крепят ее к детали 6 двумя винтами 5 (М2х5). Винт-толкатель 8 ввинчивают настолько, чтобы яркорь 1 мог перемещаться в гильзе 2 на длину 3...4 мм.

Доработка магнитофона, оснащаемого описываемым автостопом, сводится к ослаблению пружин, от которых зависит усилие нажатия на клавиши переключателя рода работы, в частности пружины планки-фиксатора. В случае если ее ход, необходимый для освобождения нажатой клавиши, превышает 3 мм, его доводят до этого значения опиливанием всех взаимодействующих с клавишами выступов. На шасси ЛПМ электромагнит устанавливают таким образом, чтобы при срабатывании его винт-толкатель давил на торец планки-фиксатора. Если же из-за особенностей конструкции магнитофона электромагнит приходится устанавливать с другой стороны шасси, к фиксирующей планке необходимо припаять небольшой кронштейн с туго ввинченным в него винтом МЗ. Изменяя расстояние между головками этого винта и винта-толкателя,

добиваются того, чтобы при втянутом якоря не одна из клавиш не касалась выступов планки-фиксатора.

Наладивание автостопа сводится к подбору резистора $R3$ при пониженном на 15...20% напряжении питания. Его сопротивление должно быть таким, чтобы реле $K1$ надежно срабатывало на каждую остановку приемного узла и в то же время не срабатывало раньше, чем придет в движение лента при включении того или иного режима работы.

Контактный датчик вращения, к сожалению, относительно недолговечен. При интенсивной эксплуатации магнитофона его щетки изнашиваются примерно через год, и их необходимо заменять новыми. Более долговечен датчик на основе пьезоэлемента, предложенный Б. Шинкаревым из Оренбурга. Устройство датчика показано на рис. 4. Он состоит из трубчатого пьезоэлемента 4 (от головки звукоснимателя ГЗК-661) и закрепленной в его отверстии клеем 88Н капроновой щетки 2 (2 — 3 отрезка капроновой лески диаметром 0,2...0,3 мм и длиной 8 мм), скользящей по рифленной поверхности подкассетника приемного узла 1. Вместе с проводниками (выводами) 5 пьезоэлемент вставлен в резиновый держатель 6. С другой стороны в него вставлен металлический стержень 7, припаянный к средней паре контактов колодки 8. К крайним контактам колодки припаяны выводы пьезоэлемента 5. Предохранительное кольцо 3 и резиновый держатель 6 взяты от той же головки звукоснимателя.

Свой автостоп Б. Шинкарев установил в магнитофоне «Электроника-322». Колодку 8 он закрепил на выступающих на верхнюю сторону шасси ЛПМ концах винтов М2,5, заменивших при доработке заклепки крепления выключателя питания магнитофона $S2$. С целью увеличения сигнала датчика при малых частотах вращения приемного узла на поверхности подкассетника процарапаны 40 радиальных рисок глубиной 0,1 мм.

Принципиальная схема автостопа с пьезодатчиком приведена на рис. 5. Как видно, контакты реле $K1$ включены в разрыв цепи питания магнитофона, поэтому, чтобы его включить в тот или иной режим работы, необходимо вначале нажать на соответствующую клавишу (при этом через контакты механически связанного с клавишами переключателя $S2$ будет подано питание на автостоп), а затем — на кнопку $S1$. С началом вращения приемного узла на обкладках пьезоэлемента $B1$ появляется переменное напряжение. Через эмиттерный повторитель ($V1$) оно поступает на вход усилительного каскада на транзисторе $V2$. Усиленный сигнал датчика выпрямляется диодами $V3$, $V4$, и постоянная составляющая выпрямленного напряжения заряжает конденсатор $C3$. Когда напряжение на нем достигает примерно 0,7 В, транзистор $V5$ открывается, и реле $K1$ срабатывает, блокируя своими контактами кнопку $S1$, которую теперь можно отпустить. Время задержки срабатывания реле $K1$ после начала вращения приемного узла не превышает 1 с, поэтому для пуска магнитофона достаточно нажать на кнопку $S1$ и практически тут же ее отпустить.

При остановке приемного узла сигнал на выходе датчика $B1$ пропадает, и конденсатор $C3$ быстро разряжается через эмиттерный переход транзистора $V5$. Уменьшение его коллекторного тока приводит к отпусканию реле $K1$ и отключению магнитофона от источника питания.

Автостоп нетрудно приспособить и для управления электромагнитом, воздействующим на планку-фиксатор переключателя рода работы магнитофона. Кнопка $S1$ в этом случае должна иметь две пары контактов. Схема соединения электромагнита с контактами реле и кнопки $S1$ показана на схеме штриховыми линиями.

С целью уменьшения потребляемого при работе тока в автостопае следует использовать реле с возможно меньшим током срабатывания. Подойдет, например, реле РЭС-59 (паспорт ХП4. 500.020) с током срабатывания 2,4 мА и сопротивлением обмотки около 2 кОм. При отсутствии такого реле можно использовать реле РЭС-15 (паспорт РС4.591.001), но его придется доработать: аккуратно сняв алюминиевый кожух, ослабить пружину механизма настолько, чтобы при напряжении 7,5...8 В ток срабатывания снизился примерно до 4 мА.

В автостопае можно использовать любые маломощные диоды (в том числе германиевые) и любые маломощные кремниевые транзисторы структуры $n-p-n$ со статическим коэффициентом передачи тока $h_{21э}$ более 70.

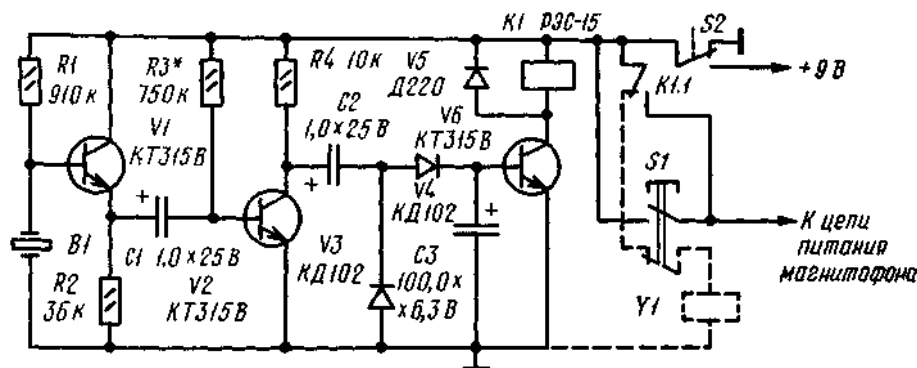


Рис. 5. Принципиальная схема автостопа с пьезодатчиком

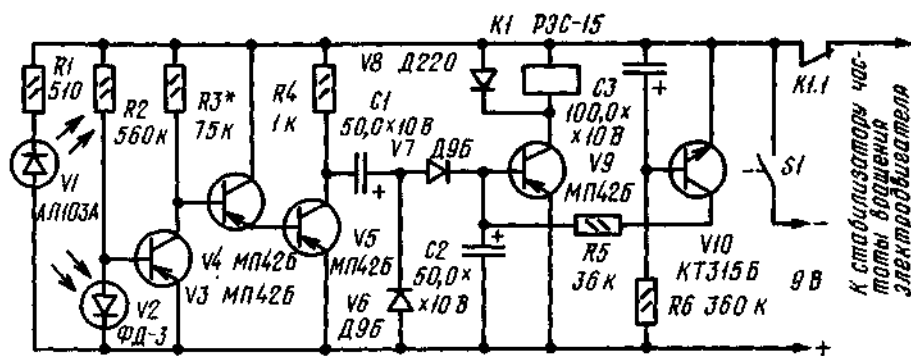


Рис. 6. Принципиальная схема автостопа с фотодатчиком

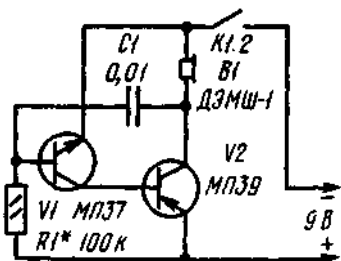


Рис. 7. Принципиальная схема несимметричного мультивибратора

Наладивание автостопа с пьезодатчиком несложно. Надо лишь подбором резистора $R3$ установить коллекторный ток транзистора $V2$ в пределах 0,5...0,6 мА (напряжение на коллекторе 3...4 В) и подобрать минимальное давление капроновой щетки, при котором реле $K1$ еще надежно срабатывает при полном ролоне ленты на приемной бобинке кассеты.

Значительно более высокими надежностью и долговечностью отличаются датчики на основе чувствительных к свету полупроводниковых приборов. Правда, из-за наличия в их составе источника света такие датчики потребляют больший ток, однако это с лихвой окупается указанными их качествами, простотой конструкции, отсутствием нагрузки на приемный узел.

Один из вариантов фотодатчика вращения приемного узла предложил радиолюбитель А. Гринев из Краснодарского края. В качестве источника света он применил светодиод инфракрасного излучения АЛ 103А, а в качестве чувствительного к этому спектру приемника — фотодиод ФД-3, разместив их по разные стороны подкассетника с тремя просверленными в нем отверстиями.

Принципиальная схема автостопа с фотодатчиком (с усовершенствованием, предложенным И. Тормозовым из Смоленска) приведена на рис. 6. Он состоит из усилителя-формирователя импульсов на транзисторах $V3$ — $V5$, выпрямителя на диодах $V6$, $V7$, электронного реле на транзисторе $V9$ и устройства на транзисторе $V10$, предотвращающего срабатывание реле $K1$ в момент пуска магнитофона. Питание на автостоп подается через контакты выключателя $S1$ в цепи питания электродвигателя.

С включением магнитофона в режим рабочего хода или перемотки приемный узел приходит во вращение, и фотодиод $V2$ начинает периодически освещаться светодиодом $V1$. Вызванные этим колебания обратного сопротивления фотодиода преобразуются усилителем-формирователем на транзисторах $V3$ — $V5$ в импульсы напряжения, амплитуда которых близка к напряжению питания (в моменты, когда фотодиод затемнен, напряжение на коллекторе транзистора $V5$ близко к напряжению питания, а когда освещен, падает до нескольких десятых долей вольта). Переменная составляющая этих импульсов выпрямляется диодами $V6$, $V7$, в результате чего на конденсаторе $C2$ появляется напряжение положительной (по отношению к общему проводу) полярности.

Транзистор $V10$ при включении питания автостопа закрыт из-за наличия в цепи его базы конденсатора $C3$. По мере заряда этого конденсатора через резистор $R6$ напряжение на эмиттерном переходе транзистора растет и примерно через 4 с, когда оно достигает примерно 0,7 В, транзистор открывается. Благодаря этому база транзистора $V9$ оказывается соединенной с источником питания через резистор $R5$ и небольшое сопротивление участка эмиттер — коллектор открытого транзистора $V10$.

При остановке приемного узла модуляция светового потока в фотодатчике прекращается, и конденсатор $C2$ начинает перезаряжаться через резистор $R5$ и транзистор $V10$. Спустя 2...3 с напряжение на нем увеличивается настолько, что транзистор $V9$ открывается, и реле $K1$ срабатывает. Своими контактами $K1.1$ оно разрывает цепь питания электродвигателя, и ЛПМ останавливается.

В устройстве можно использовать любые транзисторы из серии МП39 — МП42 со статическим коэффициентом передачи тока $\beta_{ст}$ более 40. Вместо светодиода АЛ 103А можно применить другие светодиоды этой серии, а также светодиоды серий АЛ 109, АЛ301, вместо диодов Д9Б — любые диоды этой серии, вместо Д220 — любой кремниевый или германиевый диод с обратным напряжением не менее 15 В.

Налаживание автостопа сводится к подбору резистора $R3$ до получения на коллекторе транзистора $V5$ импульсов амплитудой, близкой к напряжению питания.

При отсутствии светодиода в фотодатчике можно использовать миниатюрную лампу накаливания, например СМН6,3-20. Ограничительный резистор в цепи ее питания надо подобрать так, чтобы устройство надежно работало при минимальном напряжении питания (6...7 В). Если разместить лампу в зазоре между кассетой и подкассетником невозможно, ее вместе с фотодиодом $V2$ можно смонтировать в стороне от приемного узла, а для прерывания света использовать вращающуюся перфорированную шторку, соединенную с ним резиновым пассиком. Возможный вариант конструкции такого датчика описан в публикуемой в этом выпуске «Радиоежегодника» статье «Кассетный проигрыватель».

В заключение — об автостопах, исполнительным устройством которых является не электромагнит, связанный с планкой-фиксатором переключателя рода работы, а реле, разрывающее цепь питания электродвигателя (к их числу относится и автостоп А. Гринева). Такой автостоп полезно дополнить звуковым сигнализатором, оповещающим после срабатывания устройства о необходимости перевести ЛПМ в состояние «Стоп».

В качестве сигнализатора удобно использовать несимметричный мультивибратор на транзисторах разной структуры (рис. 7). Он содержит минимум деталей и практически не требует налаживания (надо лишь подбором резистора $R1$ установить требуемую частоту следования генерируемых им импульсов). В качестве преобразователя электрических колебаний в звуковые можно использовать микрофонный капсюль ДЭМШ-1. Питание на мультивибратор подается контактами $K1.2$ исполнительного реле (для этого оно должно иметь две группы контактов) в момент срабатывания автостопа. Для того чтобы звуковой сигнал выключался при возврате ЛПМ в положение «Стоп», цепь питания мультивибратора следует соединить с цепью питания автостопа.

ЦИФРОВОЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ РОДА РАБОТЫ

Электронно-логическое устройство, разработанное москвичом А. Солдатовым, предназначено для использования в реверсивном трехдвигательном ЛПМ. Собрано оно на микросхемах серии К155 и управляется десятью нефиксируемыми в нажатом положении кнопками. Включение выбранного режима работы индицируется свечением соответствующего светодиода.

Помимо простого переключения режимов работы магнитофона устройство обеспечивает следующие потребительские удобства. В момент окончания ленты на катушке в режиме воспроизведения оно автоматически переводит магнитофон на воспроизведение в обратном направлении. При включении магнитофона на запись устройство само отмечает начало фонограммы, устанавливая в этом месте счетчик расхода ленты в нулевое состояние. Это позволяет оперативно возвращаться к началу фонограммы при просмотре качества или содержания записываемой программы. При йажатии в режиме записи на кнопку «Возврат» включается пере-и мотка ленты назад. По достижении начала фонограммы, когда счетчик вновь установится в нулевое состояние, перемотка автоматически прекращается, и магнитофон включается в режим «Временный стоп». Если теперь нажать на кнопку с таким же названием, он снова перейдет в режим записи.

Счетчик, установленный в нулевое состояние в каком-либо месте прослушиваемой фонограммы, позволяет автоматически отыскать это место для повторного воспроизведения. Включается автопоиск нажатием на ту же кнопку «Возврат». Перемотка лент-, ты назад в этом случае осуществляется с учетом направления ее движения в прерванном режиме. В момент перехода счетчика в нулевое состояние лента автоматически останавливается, и режим воспроизведения включается вновь.

Обработка команд на перемотку ленты вперед и назад из режима записи или воспроизведения также зависит от направления ее движения в прерываемом режиме. Так, если включено воспроизведение влево, нажатие на кнопку «Перемотка вперед» переведет магнитофон в режим перемотки влево, а на кнопку «Перемотка назад» — в режим перемотки вправо.

Перевод магнитофона из одного режима работы в другой возможен как с предварительным нажатием на кнопку «Стоп», так и без него.

Принципиальная схема цифрового переключателя изображена на рис. 1. Он состоит из следующих основных узлов: трехста-бильного триггера ($D1.1, D1.2, D3.1$), устройства торможения после перемотки ($D2.1, D5.1, D5.3, D6.1$), узла управления электромагнитом прижимного ролика ($D5.2, D5.4, D7.1, D6.2$), устройства перевода магнитофона в режим «Стоп» ($D4.1, D2.2, D4.2, D8.3, D6.3$); устройства автоматического реверсирования рабочего хода ленты ($V4 — V6, D4.4, D9.1, D6.4$), узла выбора направления перемотки в зависимости от направления рабочего хода ($D10.1 — D10.4, D13, D11.2, D12.2$): устройств включения режимов «Возврат» ($D14.1 — D14.4, D7.2$), «Временный стоп» ($D15.1, D15.2, D9.2, D16.1$) и «Запись I», «Запись II» ($D12.4, D15.3, D15.4, D16.2 — D16.4, D17.1 — D17.4$).

При включении питания зарядный ток конденсатора $C1$ создает на соединенном с ним входе элемента $D2.2$ низкий логический потенциал, и на его выходе возникает сигнал логической 1. Появившийся в результате этого на выходе инвертора $D4.2$ сигнал логического 0 поступает на входы элементов $D1.1$ и $D3.1$ трехстабильного триггера и устанавливает его в состояние, в котором уровни напряжений на выходах этих элементов соответствуют логической 1, а на выходе элемента $D1.2$ — логическому 0. Через элементы $D8.3, D6.3$ сигнал 0

воздействует на исполнительное устройство, и магнитофон переходит в режим «Смон».

В такое же состояние трехстабильный триггер устанавливается при нажатии на кнопку $S4$ («Смон»), а также при появлении сигнала логического 0 на выходе элемента совпадения $D4.1$. Происходит это при одновременном поступлении на входы элемента сигналов логической 1 от датчика натяжения ленты (его контакты замыкаются при отсутствии натяжения ленты из-за ее окончания или обрыва) и от устройства автоматического реверсирования ($V4 - V6, D4.4$), вырабатывающего сигнал такого уровня при отсутствии ленты в блоке магнитных головок. Кстати, по этой причине включить магнитофон в какой-либо режим можно, только заправив ленту в ЛПМ, в результате чего она перекроет световой поток к фотодиоду $V16$, и на выходе инвертора $D4.4$ высокий логический уровень сменится низким.

В момент включения питания триггер $D9.1$ устанавливается в состояние, в котором напряжение на его прямом выходе 5 соответствует логическому 0 (вход R соединен через диод $V7$ с тем же конденсатором $C1$). В это же состояние его можно перевести нажатием на кнопку $S6$. Замыкание контактов кнопки $S5$ устанавливает триггер в другое состояние (на выходе 5 — сигнал логической 1). Помимо этого, триггер изменяет свое состояние при поступлении на вход C перепада напряжения положительной полярности. Такой перепад образуется на выходе инвертора $D4.4$ в момент, когда в блок головок входит прозрачный участок ленты и на фотодиод $V16$ попадает свет от расположенной напротив лампы накаливания. Вызванное этим изменение состояния триггера $D9.1$ сопровождается сменой уровней напряжения на инверсном выходе 6. Сигнал нового уровня, проинвертированный элементом $D6.4$, поступает (по проводу K) в исполнительное устройство, и оно переключает ЛПМ в режим рабочего хода в противоположном направлении. Пришедшая в движение лента очень скоро перекрывает свет от лампы к фотодиоду $V16$, и на выходе элемента $D4.4$ возникает перепад напряжения отрицательной полярности. К такому сигналу на входе C триггера $D9.1$ нечувствителен, поэтому он остается в состоянии, в которое был переведен ранее.

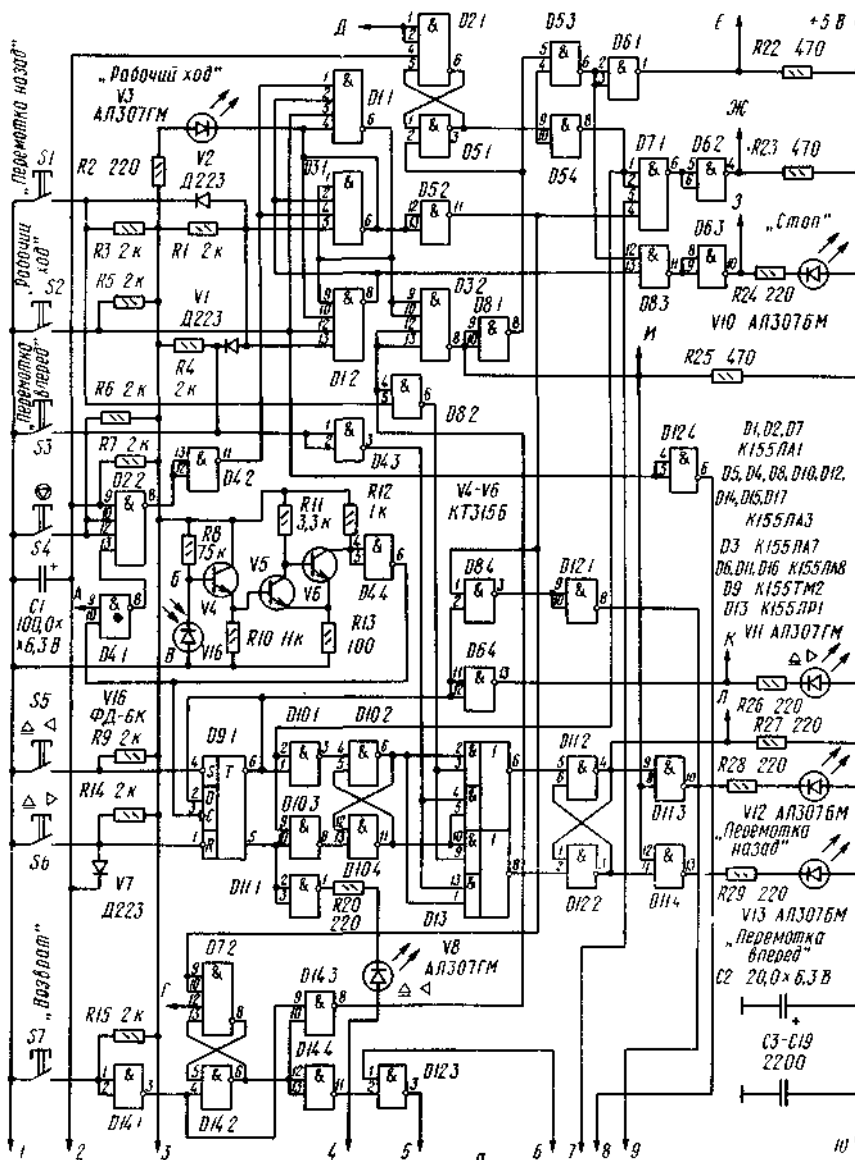
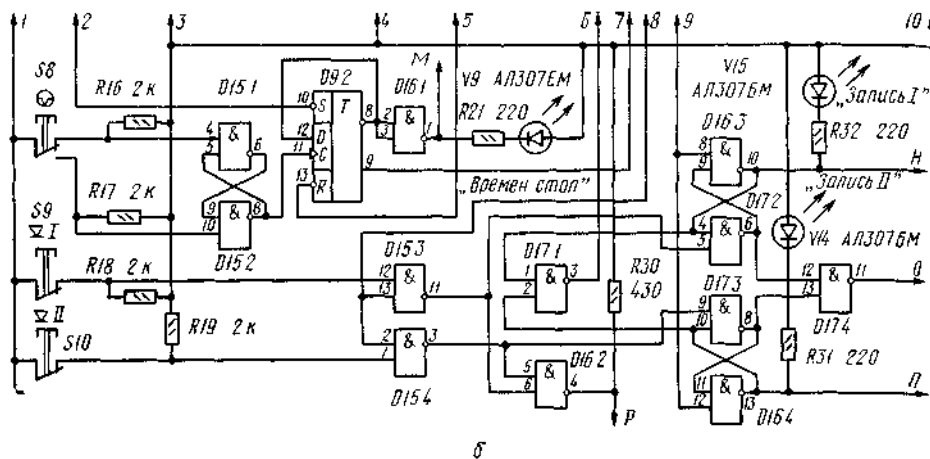


Рис. 1. Принципиальная схема цифрового переключателя рода работы



Продолжение рис. 1

Как видно из схемы, выходы триггера $D9.1$ через элементы совпадения $D10.1$, $D10.3$, на входы которых в режимах перемотки и следующего за ним торможения подается сигнал логического 0 с выхода инвертора $D5.4$, соединены с входами RS-триггера, собранного на элементах $D10.2$, $D10.4$. Это позволяет в названных режимах переводить триггер $D9.1$ из одного состояния в другое, не влияя на включенный режим. RS-триггер хранит информацию о направлении рабочего хода, поддерживая на входах коммутатора $D13$ парафазный сигнал, передаваемый им в одной полярности при перематке вперед и противоположной полярности при перематке назад и в режиме «Возврат». Триггер на элементах $D11.2$, $D12.2$ хранит парафазный сигнал, поступивший с выхода коммутатора $D13$, и по проводу Л выдает исполнительному устройству информацию о том, какой из двигателей должен быть подающим, а какой приемным в режимах перемотки и торможения.

Нажатие на кнопки $S1$ и $S3$ приводит к переходу трехстабильного триггера в состояние, в котором сигнал логического 0 возникает на выходе элемента $D1.1$. В результате изменяется уровень напряжения на выходе элемента совпадения $D3.2$ и по проводу И в исполнительное устройство поступает команда на включение перемотки в выбранном направлении.

В режиме рабочего хода и отличном от нуля показании счетчика расхода ленты уровни напряжений на входах 9, 10, 12 (последний проводом Г соединен со счетчиком) элемента $D7.2$ соответствуют логической 1, поэтому RS-триггер, образованный им и элементом $D14.2$, устанавливается в единичное состояние (уровень логической 1 на выходе $D14.2$). При нажатии на кнопку $S7$ («Возврат») состояние этого триггера не изменяется, но поскольку на обоих входах элемента совпадения $D14.3$ уровни напряжений становятся одинаковыми (1), на его выходе появляется сигнал логического 0, и элемент $D3.2$ включает режим перемотки ленты. Направление перемотки, необходимое для реализации режима «Возврат», определяется уровнем логической 1 на выходе элемента $D8.2$ и коммутатором $D13$.

При появлении сигнала логического 0 на входе 12 элемента $D7.2$, что свидетельствует о нулевом состоянии счетчика расхода ленты, RS-триггер на элементах $D7.2$, $D14.2$ переходит в состояние 0, и режим «Возврат» выключается. Если же в этот режим ЛПМ был переведен из режима записи, сигнал логического 0 с выхода элемента $D14.2$ приводит в действие узел включения режима «Временный стоп»: проинвертированный элементом $D14.4$, он превращается в сигнал логической 1, а поскольку напряжение такого уровня присутствует и на выходе элемента $D17.1$ (это означает, что на одном из его входов есть сигнал логического 0, свидетельствующий о включении режима «Запись I» или «Запись II»), высокий логический уровень на выходе элемента совпадения $D12.3$ сменяется низким, и триггер $D9.2$ переходит в нулевое состояние, включая режим «Временный стоп».

В режимах перемотки ленты подача сигнала логического 0 на вход элемента $D3.2$ приводит к появлению сигнала такого же уровня на выходе элемента $D8.1$ и установке соединенного с ним JRS-триггера ($D2.1$, $D5.1$) в единичное состояние. При выключении перемотки, когда низкий уровень напряжения на выходе элемента $D8.1$ сменяется высоким, состояние триггера не изменяется, однако поскольку в это время уровни напряжений на обоих входах элемента $D5.3$ становятся одинаковыми, его выходной сигнал понижается до уровня логического 0. В результате на выходе инвертора $D6.1$ возникает напряжение логической 1. По проводу Е оно поступает в исполнительное устройство и включает режим торможения. В момент остановки ленты на соединенные параллельно входы 1, 2 элемента $D2.1$ поступает сигнал логического 0, триггер ($D2.1$, $D5.1$) переходит в нулевое состояние, выключая режим торможения, а возникший при этом на выходе инвертора $D5.4$ сигнал логической 1 поступает на входы 1, 2 элемента $D7.1$, разрешая включение электромагнита прижимного ролика.

Электромагнит включается при логической 1 на всех входах этого элемента, т. е. если триггер на элементах $D2.1$, $D5.1$ находится в нулевом состоянии (режимы перемотки и торможения выключены), триггер $D9.1$ — в единичном (выключен режим «Временный стоп»), а трехстабильный триггер — в состоянии 0 на выходе элемента $D3.1$, последовавшем за нажатием на кнопку $S3$.

Каждое нажатие на кнопку $S8$ («Временный стоп») приводит к появлению на входе С триггера $D9.2$

положительного перепада напряжения, и он изменяет свое состояние, подавая (по проводу *M*) команду на включение и выключение этого режима. RS-триггер на элементах *D15.1*, *D15-2* предотвращает ложные срабатывания триггера *D9.2*, вызванные дребезгом контактов кнопки *S8*.

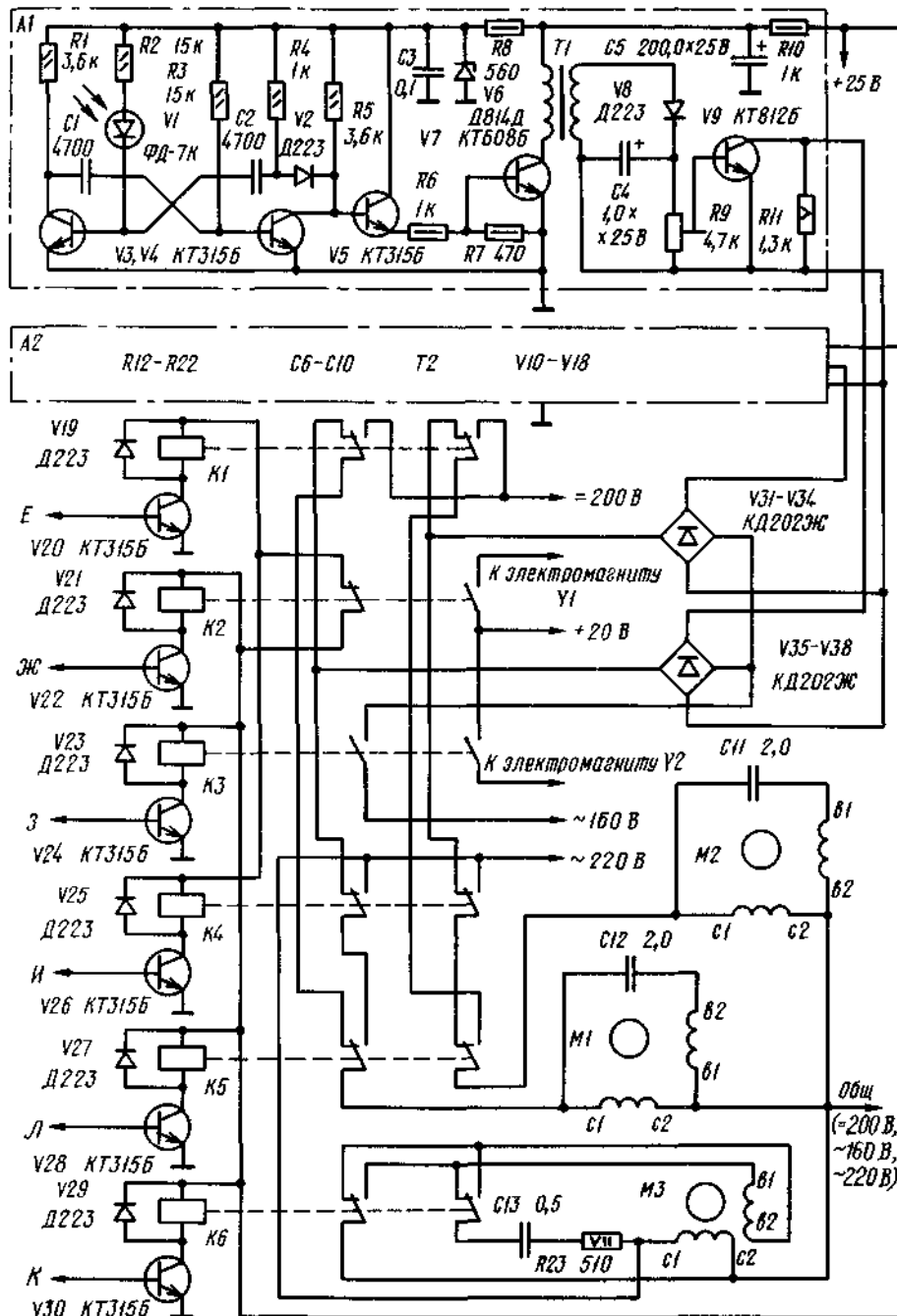


Рис. 2. Принципиальная схема стабилизатора натяжения ленты и исполнительного устройства переключателя

Режимы «Запись I» и «Запись II» включают одновременным нажатием на кнопки *S9*, *S10* и *S2* после установки (нажатием на кнопку *S6*) триггера *D9.1* в состояние, в котором напряжение на его инверсном выходе *b* имеет уровень логической 1. При нажатии на кнопку *S2* сигнал такого же уровня появляется на выходе инвертора *D12.1*, который, как видно из схемы, соединен со входами RS-триггеров на элементах *D16.3*, *D17.2* и *D17.3*, *D16.4*. В момент нажатия на кнопку *S9* или *S10* один из элементов *D15.3*, *D15.4* (или оба, если нажаты обе кнопки) переводит сигналом логического 0 соответствующий триггер в нулевое состояние. По проводам *H* и *П* напряжение низкого логического уровня поступает в исполнительное устройство и включает выбранный режим. В момент включения любого из режимов записи на выходе элемента *D16.2* появляется сигнал логической 1. По проводу *P* он поступает в электронный счетчик расхода ленты и устанавливает его в нулевое состояние. Элемент *D17.4* вырабатывает команду на объединение входов усилителя записи в режиме «Моно» (напряжение на его выходе в этом случае соответствует логической 1).

Следует учесть, что поскольку в магнитофоне, в котором использовано описываемое устройство, предусмотрена запись только в одном направлении, триггер *D9.1* включает этот режим только при рабочем

ходе вправо. Воспроизведение же осуществляется при любом направлении движения ленты.

Логический сигнал с выхода *Ж* переключателя можно использовать для блокировки усилителя воспроизведения в режимах перемотки, а с выхода *М* — для подключения поступающего на запись сигнала к линейному выходу магнитофона, что позволяет контролировать его на слух в режиме «*Временный стоп*».

Для совместной работы с переключателем пригоден электронный счетчик расхода магнитной ленты, описанный В. Юриком и А. Ривкиным в сборнике «В помощь радиолюбителю» (вып. 67, с. 59 — 66). При этом на вход *Г* необходимо подать собранные элементом ИЛИ сигналы логического 0 с выводов *12*, *13* счетчика К155ИЕ6 самого старшего разряда, а вход *Р* соединить с выводами *14* всех четырех счетчиков, предварительно отключив их от общего провода. Датчик движения ленты собран по схеме, приведенной в статье А. Солдатова «Цифровой переключатель рода работы» (Радио, 1981, № 7 — 8, с. 54). Исполнительные цепи включения режимов записи и блокировки усилителей воспроизведения могут быть такими же, что и в магнитофон-приставке «Электроника ТА1-003» (Радио, 1981, № 1, с. 19 — 22;).

Стабилизатор (рис. 2) натяжения ленты *A1* левого двигателя состоит из управляемого мультивибратора (*V3*, *V4*), усилителя вырабатываемых им импульсов (*V5*, *V7*), выпрямителя (*V8*) и регулирующего элемента *{V9}*. Частота следования импульсов мультивибратора зависит от освещенности фотодиода *VI*, включенного в цепь смещения транзистора *V3*. Освещенность фотодиода, в свою очередь, зависит от положения находящейся между ним и лампой накаливания шторки, соединенной с подпружиненным рычагом датчика натяжения ленты. При переводе рычага из одного крайнего положения в другое частота следования импульсов (длительность их постоянна) изменяется от 1 до 10 кГц. Усиленное транзисторами *V5*, *V7* импульсное напряжение через трансформатор *T1* поступает на вход выпрямителя на диоде *V8*. Постоянная составляющая выпрямленного напряжения, уровень которой зависит от положения рычага датчика натяжения ленты, поступает с движка построечного резистора *R9* на базу транзистора *V9*, включенного вместе с резистором *R11* в цепь питания двигателя. Аналогично работает стабилизатор натяжения ленты *A2* правого двигателя. Исполнительное устройство управления электродвигателями и электромагнитами состоит из шести одинаковых электронных реле на транзисторах *V20*, *V22*, *V24*, *V26*, *V28* и *V30*. Как видно из схемы, реле *K1* использовано для подключения к подающему двигателю в режиме торможения постоянного напряжения 200 В. Какой из двигателей (*M1* или *M2*) был подающим в закончившемся режиме перемотки, определяется положением контактов реле *K5*. Они же определяют, на какой двигатель в режиме перемотки поступит полное напряжение питания через контакты реле *K4*.

Реле *K2* одной парой контактов включает электромагнит прижимного ролика *Y1*, другой — размыкает цепь питания реле *K1* и *K4*. Это предотвращает одновременное включение несовместимых режимов и создает временную задержку при включении перемотки (вначале разрывается цепь питания электромагнита прижимного ролика, затем включается перемотка)..

Активными уровнями напряжений на входах *E*, *Ж*, *И*, *Л* являются сигналы логической 1, на входе *З* — логического 0. При поступлении сигнала такого уровня на базу транзистора *V24* (режим «*Стой*») реле *K3* размыкает цепи питания двигателей *M1*, *M2* и электромагнита *Y2*, отводящего фрикционный тормоз приемного и подающего узлов в режимах рабочего хода и перемотки. Этот тормоз необходим для создания небольшого тормозящего момента, препятствующего самопроизвольному сматыванию ленты в режиме «*Стой*», а также дополнительного торможения после перемотки. Реле *K6* переключает обмотки электродвигателя *M3* ведущего узла при смене направления рабочего хода,

В устройстве применены реле РЭС-9 (паспорт РС4.524.200), электродвигатели ЕМ6/4-4У (производства НРБ), трансформаторы ТОТ103. Кнопки *S1* — *S10* переключателя рода работы — микропереключатели МП1-1. Все резисторы в переключателе и в датчике натяжения ленты — МЛТ, электролитические конденсаторы — К50-6, остальные — К10-7В, Конденсаторы *C3* — *C19* (рис. 1) припаяны непосредственно к выводам питания микросхем *D1* — *D17*. В исполнительной части устройства использованы конденсаторы МБГЧ (*C11* — *C13*) и резисторы ПЭВ (*R11*, *R22*, *R23*),

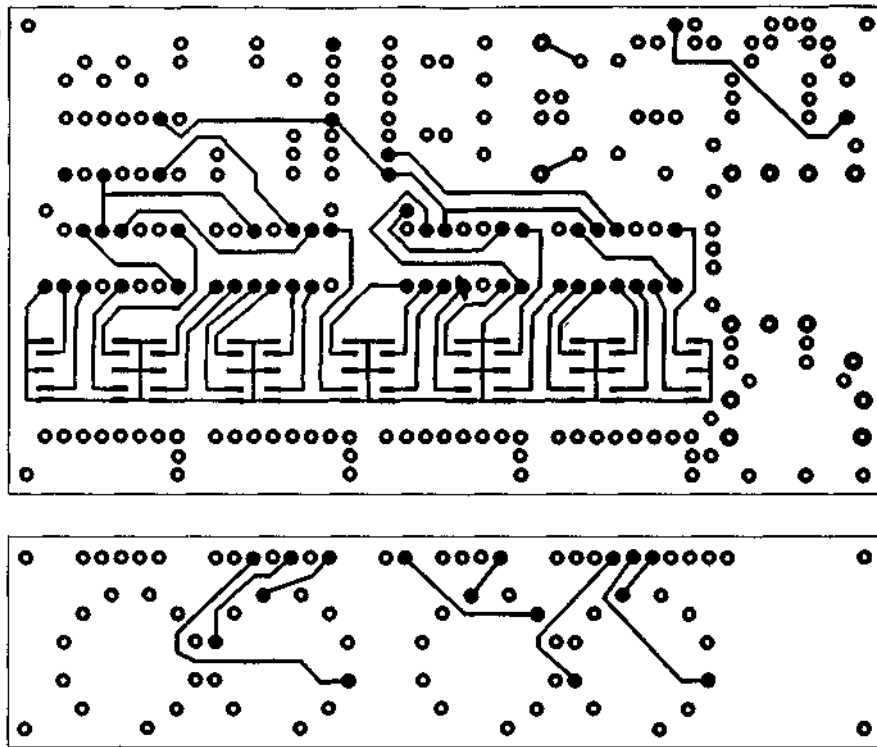
Собранное из исправных деталей и без ошибок в монтаже устройство налаживания не требует.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЧАСЫ

В серию цифровых интегральных микросхем К176 входят микросхемы, специально предназначенные для электронных часов. Это — кварцевые генераторы с делителями частоты до одного импульса в секунду К176ИЕ5 и до одного импульса в минуту — К176ИЕ12, декада и делитель частоты на 6 с выходными сигналами в кодах семисегментных индикаторов — соответственно К176ИЕ4 и К176ИЕ3, декада с выходными сигналами в позиционном десятичном коде К176ИЕ8, многофункциональная микросхема, содержащая счетчик часов и минут, регистр памяти будильника, узлы сравнения времени и выдачи кодов в динамическом режиме — К176ИЕ13, преобразователи кодов 1 — 2 — 4 — 8 в коды семисегментного индикатора К176ИД2 и К176ИД3 и некоторые другие. Эти микросхемы позволяют создать простые и компактные электронные часы, а крайне малая мощность, потребляемая ими, упрощает цепи питания и при использовании резервного источника обеспечивает бесшумность часов как при кратковременных помехах в сети, так и при выключении сетевого напряжения на несколько суток и даже недель.

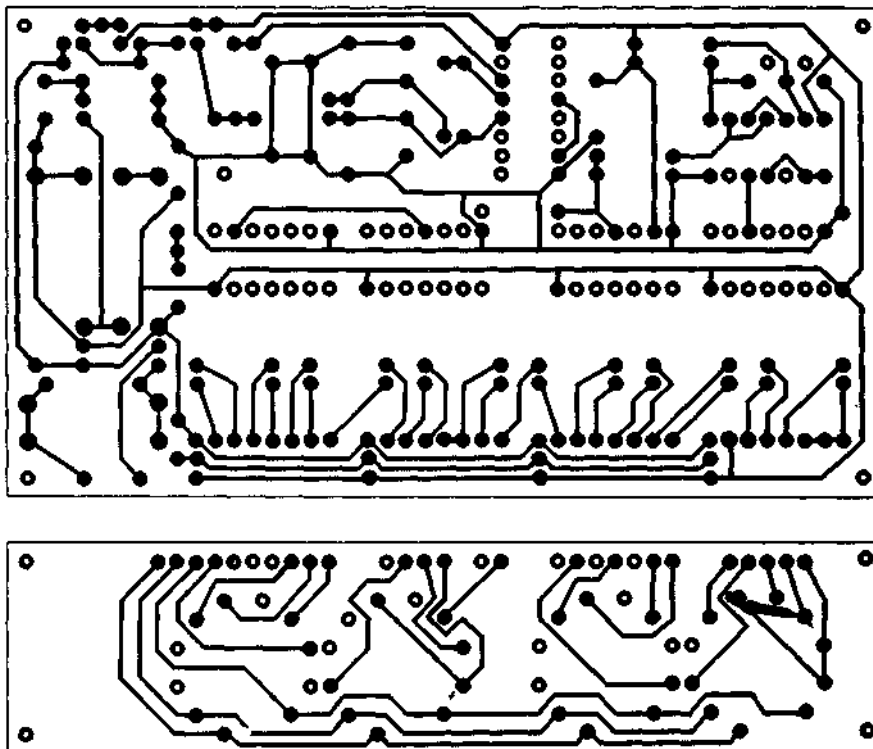
Схема одного из возможных вариантов электронных часов на микросхемах серии К176 приведена на рис. 1.

вход С счетчика *D5* поступает логическая 1 через диод *V2*. После отпущения кнопки на вход С счетчика *D5* поступает логический 0, в результате чего показания счетчика часов увеличиваются на единицу. Нажимая и отпуская кнопку соответствующее число раз, можно установить любое показание счетчика часов. Последний раз следует отпустить кнопку спустя 1 с после шестого сигнала проверки времени. Подача сигнала сброса на выходы *R* микросхемы *D1* обеспечивает переключение счетчика единиц минут в состояние 1 спустя 59 с после отпущения кнопки.



а

Рис. 2. Печатные платы:
а — верхняя сторона;



б

б — нижняя сторона

В часах применено бестрансформаторное питание от сети. Напряжение сети гасится на конденсаторах *C6* и *C7*, выпрямляется мостом *V1*, сглаживается конденсатором *C8* и стабилизируется цепочкой стабилитронов *V4*, *V6*, *V7*. Резистор *R5* служит для ограничения тока через мост *V1* в момент включения часов в сеть, резистор *R6* — для разряда конденсаторов *C6* и *C7* после отключения часов от сети.

Напряжение со стабилитрона *V4* через диод *V5* поступает на выводы питания микросхем (приблизительно +9 В относительно общего провода). Полное напряжение со всей цепочки стабилитронов (около 25 В) подается на преобразователь напряжения, собранный на транзисторах *V10...V12* по схеме с внешним возбуждением.

В качестве входного сигнала преобразователя используется сигнал частотой 32 768 Гц с выхода контроля частоты *K* микросхемы *D1*. На транзисторе *V10* собран каскад, усиливающий входной сигнал до полного напряжения питания, транзисторы *V11* и *V12* — эмит-терный повторитель, пропускающий обе пополюсы входного сигнала на трансформатор *T1*. Напряжение со вторичной обмотки трансформатора подается на нити накала индикаторов *H1* — *H4*. Диод *V9* защищает эмиттерный переход транзистора *V10* от обратного напряжения.

Резервным источником питания часов служит батарея *GB1*, подключенная к цепи + 9 В через параллельно соединенные диод *V8* и резистор *R7*. Пока часы включены в сеть, батарея подзаряжается током порядка 30 мкА, текущим через резистор *R7* и примерно соответствующим току саморазряда батареи. При пропадании напряжения сети напряжение на конденсаторе *C9* снижается и открывается диод *V8*. На выводы питания микросхем питающее напряжение поступает от аккумулятора. Диод *V5* исключает подачу напряжения через *V6* и *V7* на преобразователь, индикаторы гаснут. В таком состоянии часы могут идти в течение

нескольких суток. Даже при отсутствии батареи *GB1* часы допускают отключение от сети на 10...20 с. Многолетняя эксплуатация часов на микросхемах серии *K176* с подобной системой подключения резервного источника питания показала, что они никогда не сбиваются.

В часах применены конденсаторы *K73-17* (*C6*, *C7*), *K52-2* (*C8*, *C9*), *KM-6* (*C11*, *C12*), *KM-5a* (*C5*, *C10*, *C13*), *K10-17* (*C1*, *C4*), *KT4-256* (*C2*, *C3*), резисторы *KИМ* (*R1*) и *МЛТ* (остальные). Кварцевый резонатор *Z1* — от наручных часов. Кнопкой *S1* служит микропереключатель *МП-7*, напротив штока которого в корпусе часов просверлено отверстие. Трансформатор *T1* намотан на кольце из феррита *M600 K10X6X6*. Первичная обмотка содержит 100 витков провода *ПЭЛШО 0,1*, вторичная — 14 витков провода *ПЭВ-2 0,35*.

Часы собраны на двух двусторонних печатных платах (рис. 2), размеры плат 115X65 мм и 115X27,5 мм. Расположение деталей на платах и соединение плат между собой показаны на рис. 3. Отверстия в платах в основном имеют диаметр 0,8 мм, отверстия для установки стабилитронов и конденсаторов *C2*, *C3* и *C8* — 1,2 мм, угловые крепежные отверстия — 2,2 мм.

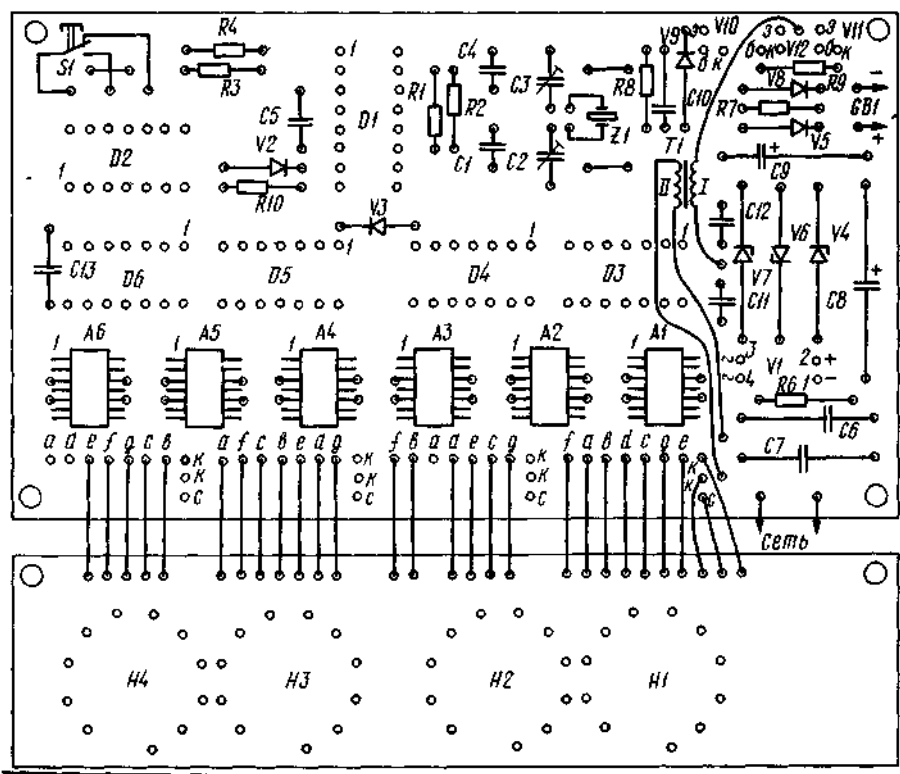


Рис. 3. Расположение деталей и соединение плат

Кварцевый резонатор и микропереключатель закреплены на плате хомутиками из проволоки диаметром 0,6 мм, впаянными в печатную плату, трансформатор установлен при помощи винта *M2* с гайкой.

Конденсаторы *C2* и *C3* для удобства подстройки установлены со стороны, противоположной стороне установки остальных деталей. Если нет возможности изготовить печатные платы с металлизацией отверстий,

выводы конденсаторов необходимо перед установкой сформировать в соответствии с рис. 4. При установке C2 и C3 выводы роторов конденсаторов необходимо соединить с общим проводом платы.

Резистор R5 установлен в сетевой вилке.

Часы собраны в корпусе, склеенном из прозрачного темно-зеленого органического стекла (рис. 5). Печатная плата с основными элементами крепится винтами M2 к двум бобышкам из органического стекла, приклеенным к верхней и боковым стенкам корпуса. Между собой платы соединены двумя уголками из латуни толщиной 1 мм.

Поскольку элементы на платах монтируются довольно плотно, индикаторные лампы рекомендуется устанавливать в последнюю очередь. Печатные платы при установке индикаторов должны быть скреплены между собой.

Налаживание правильно собранных часов несложно. В любом случае первое включение рекомендуется произвести, пользуясь вместо сети регулируемым источником постоянного тока на напряжение 25...30 В. Установив на источнике минимальное выходное напряжение и соединив между собой выводы конденсаторов C6, C7, следует включить сетевую вилку в источник. Полярность включения произвольна. Далее, плавно повышая напряжение питания, следует контролировать потребляемый ток. При напряжении около 25 В ток должен скачком увеличиваться от нуля до 25 мА — это заработают кварцевый генератор и преобразователь напряжения, спустя примерно 0,5 с ток должен увеличиться до 50 мА — прогрелись катоды индикаторов, индикаторы должны засветиться. Если ток повышается плавно лишь при увеличении напряжения свыше 26...27 В (открываются стабилитроны), а индикаторы не светятся, следует проверить подачу напряжения на микросхемы, наличие переменного напряжения на выходе K D1, коллекторе V10, на обмотках T1.

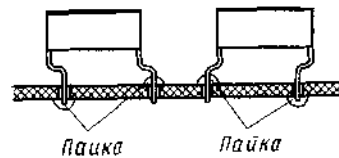
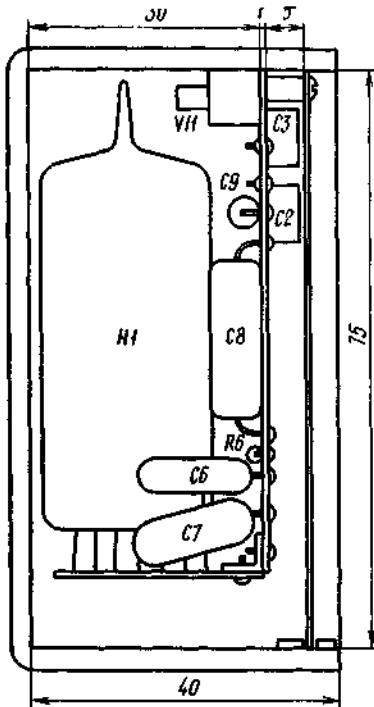


Рис. 5. Размещение узлов и деталей в корпусе

Рис. 4. Установка конденсаторов

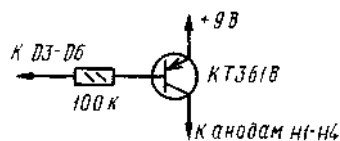
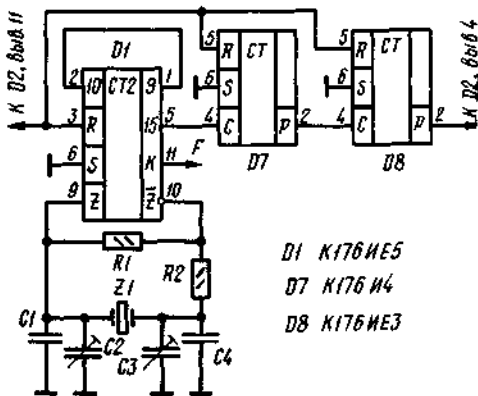


Рис. 6. Схема замены микросхемы K176IE12 на три микросхемы K176IE5, K176IE4, K176IE3

Рис. 7. Схема ключа на кремниевых транзисторах

Если индикаторы засветились, надо проверить правильность работы счетчика часов, для чего многократно нажимают и отпускают кнопку SA. Работу счетчика минут можно проверить, отсоединив вход $C D3$ от выхода $M D1$ и подключив его к выходу S той же микросхемы.

Убедившись в нормальной работе часов, подбирают сопротивление резистора $R7$. Для этого к часам подключают свежезаряженный аккумулятор по схеме рис. 1, часы включают в сеть (конечно, сняв перемычку с $C6$ и $C7$) и измеряют напряжение на диоде $V8$. Оно должно быть запирающим по отношению к диоду и составлять 0,1...1,0 В. Сопротивление резистора $R7$ в килоомах выбирают в 30 раз больше указанного напряжения в вольтах. Можно применить аккумулятор и на меньшее напряжение, например взять пять элементов от той же батареи 7Д-0,1. Такая «укороченная» батарея 5Д-0,1 уместится над стабилизаторами $V4$, $V6$, $V7$, что существенно уменьшает габариты часов. Сопротивление резистора $R7$ определяется таким же образом, в этом случае оно составит около 75 кОм.

Частоту кварцевого генератора устанавливают так. К выводу $Si D1$ и общему проводу часов, работающих от аккумулятора или источника постоянного напряжения, подключают частотомер в режиме измерения периода с частотой заполнения 10 МГц. Установив конденсатор $C2$ в среднее положение, убеждаются, что период колебаний более 1 с при максимальной емкости $C3$ и менее 1 с — при минимальной. Если это не так, подбирают емкость конденсатора $C4$.

Далее устанавливают конденсатор $C3$ в среднее положение и определяют уход показаний часов за неделю (обязательно в корпусе). Часы отключают от сети, вновь подключают цифровой частотомер и оставляют их в положении свободного доступа к роторам подстроечных конденсаторов для установления теплового режима как в часах, работающих от аккумуляторной батареи, так и во включенном частотомере (примерно на 1 ч).

Рассчитывают поправку, на которую необходимо изменить частоту. Если, например, часы отстали на 4 с за одну неделю, относительное отклонение частоты от необходимой составляет $4/7.86400 = 6,6 \cdot 10^{-6}$. Поэтому период, измеряемый по частотомеру (1с), нужно уменьшить на 6,6 мкс. Период следует подстраивать вначале конденсатором $C3$, затем $C2$.

Конечно, часы можно настроить и без частотомера, но это займет значительно больше времени.

При отсутствии микросхемы $K176IE12$ ее можно заменить на три микросхемы $K176IE5$, $K176IE4$, $K176IE3$ (рис. 6). Вместо микросхем $K168KT2B$ можно использовать $K168KT2B$, $K190KT2$, $K190KT1$ или ключи на кремниевых $p-n-p$ транзисторах серий $KT361$, $KT208$, $KT3107$ и других, допускающих напряжение коллектор-эмиттер 30 В (рис. 7).

В преобразователе напряжения возможно применение транзисторов серий $KT361$, $KT313$, $KT3107$, $KT3108$ ($V10$, $V11$), $KT315$, $KT3102$, $KT3117$ ($V12$) и других соответствующей структуры, допускающих напряжение коллектор-эмиттер не менее 30 В. Для транзистора $V11$ $p_21э$ должен иметь значение не менее 100.

В качестве индикаторов $H1$ — $H4$ можно использовать любые люминесцентные индикаторы. Вторичную обмотку трансформатора $T1$ следует пересчитать в соответствии с напряжением накала применяемых индикаторов. Гибкие выводы индикаторов могут быть впаяны непосредственно в специально предназначенные для этого контактные площадки основной печатной платы.

Поскольку при использовании индикаторов других типов изменится потребляемый часами ток, емкость конденсаторов $C6$ и $C7$ следует подобрать так, чтобы ток, проходящий через стабилизаторы $V6$, $V7$ при номинальном напряжении сети и включенных индикаторах, был в диапазоне 10...15 мА.

Хорошо отрегулированные часы обеспечивают точность хода не хуже 2 с в месяц.

ПРОСТОЙ ЧАСТОТОМЕР С ИНДИКАТОРОМ НА ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ

Этот частотомер предназначен для измерения частоты электрических колебаний в диапазоне от 1 Гц до 10 МГц с фиксированным временем счета, равным 1 с. Частотомер содержит 2 корпуса интегральных схем (ИС) серии 155 и 13 корпусов ИС серии 176, из которых 5 входят в состав счетчика. Число декад счетчика определяется числом цифр жидкокристаллического индикатора (ЖКИ), равного в данном варианте 5. Такое малое число декад приводит к тому, что при фиксированном времени счета, равном 1 с, максимальная измеряемая частота равна 99,999 кГц. Для расширения верхнего предела измерения частоты в приборе использованы два декадных делителя частоты. Первый делитель расширяет верхний предел до 999,99 кГц, а оба делителя — до 9999,9 кГц. Питание частотомера батарейное, поэтому интегральные схемы включаются только при использовании обоих делителей. Потребляемый ток при этом достигает 80 мА, а при отключенных ИС не превышает 200 мкА.

Время измерения в частотомере фиксировано, так как для упрощения конструкции в нем применен часовой кварц (32,768 кГц) совместно с 15-разрядным двоичным делителем 176IE5, т. е. в датчике измерения времени используется только один корпус ИС. Такой кварцевый генератор без стабилизации температуры и напряжения питания имеет относительную нестабильность, доходящую до 10^{-5} , поэтому число разрядов индикатора, равное 5, вполне согласуется с его точностью: относительная погрешность, вызванная дискретностью отсчета, в верхнем конце диапазона измерения частоты имеет такой же порядок.

В диапазоне до 1 МГц вход частотомера открытый (потенциальный) с регулируемым порогом срабатывания в пределах от — 2 В до +2 В. Вход декадного делителя на ИС серии 155 закрытый. Чувствительность входа в

любом режиме не хуже 50 мВ.

Счетчик импульсов, состоящий из пяти декад 176ИЕ4, выполнен на отдельной печатной плате. Схема счетчика и индикатора ИЖКЦ2 — 5/12 приведена на рис. 1. Индикатор имеет четыре запятых и символы: М, к, Гц, которые на плате соединены с общим анодом индикатора через резисторы $R1 — R7$. Если выводы 7 — 13 платы индикатора и счетчика оставить свободными, то символы и запятые будут выключены. Для исключения эффекта поляризации на анод ЖКИ подаются прямоугольные импульсы с частотой от десятков герц до десятков килогерц. Увеличение частоты приводит к увеличению потребляемой энергии, которая расходуется в основном на перезаряд монтажных емкостей. Для включения символов, запятых и сегментов цифр на их выводы надо подавать противофазные по сравнению с анодом импульсы,

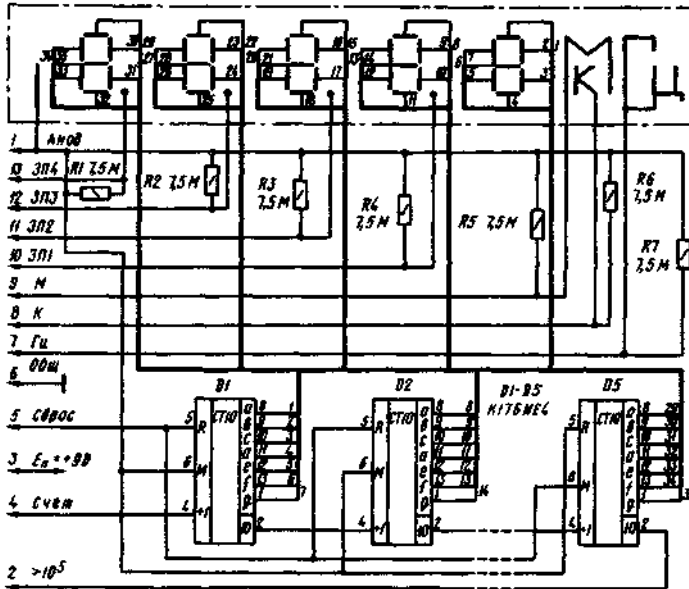


Рис. 1. Схема счетчика и индикатора

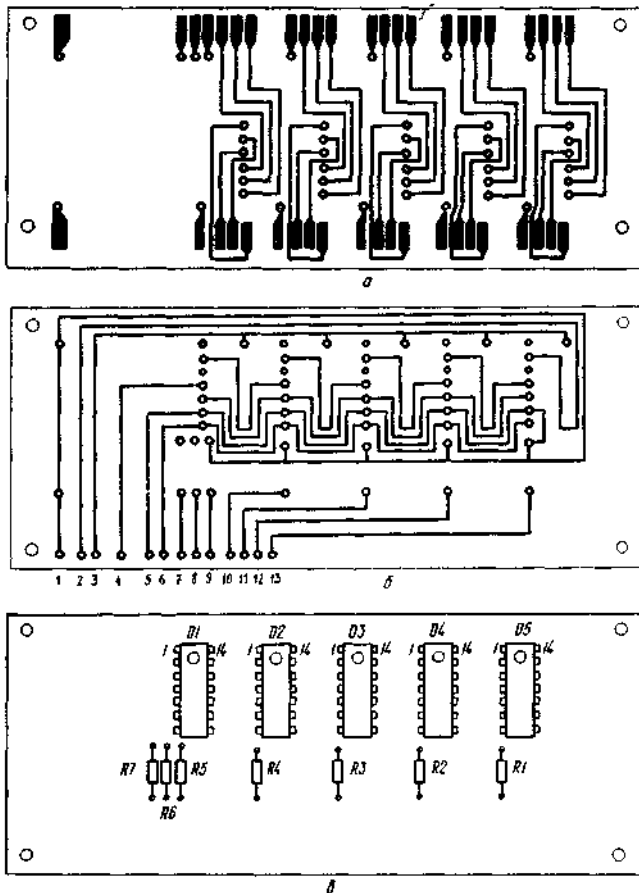


Рис. 2. Печатная плата:
а — верхняя сторона; б — нижняя сторона; в — размещение деталей

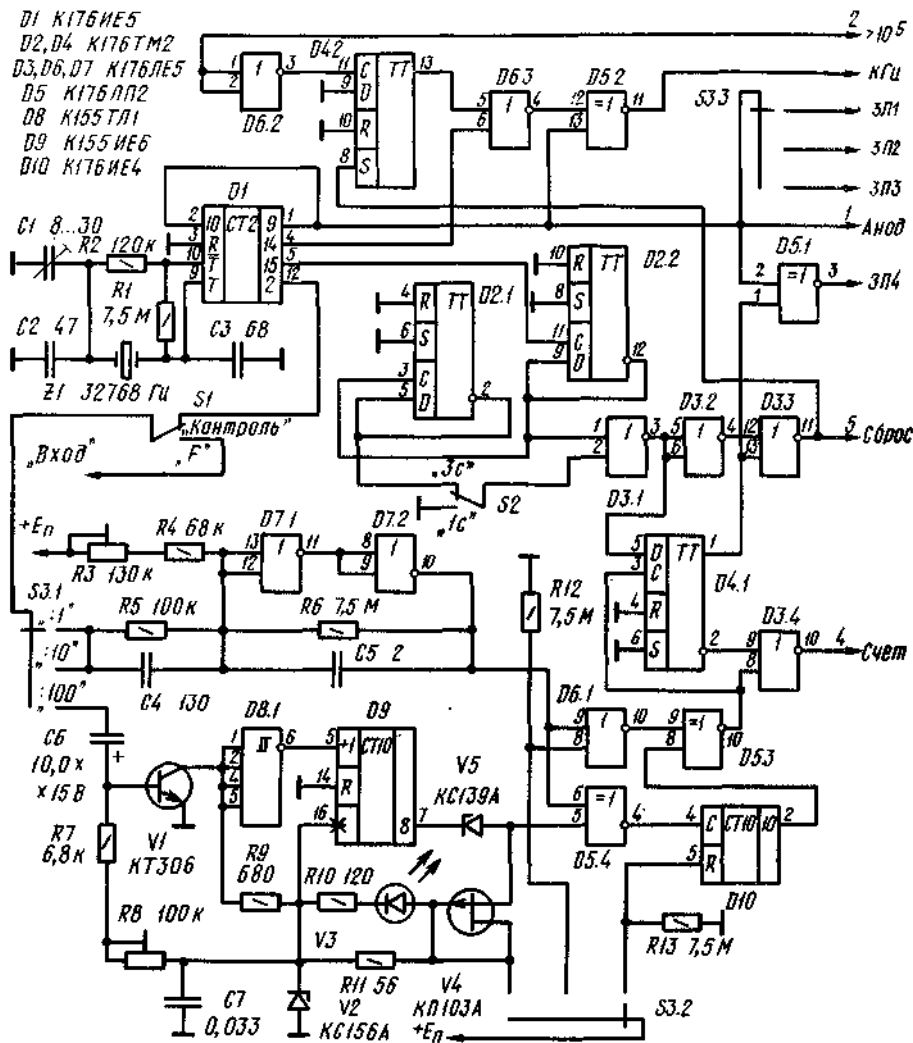


Рис. 3. Схема базового блока частотомера

Выводы 6 декад *D1* — *D5* объединены в шину модуляции, на которую должны подаваться прямоугольные импульсы, такие же, как и на анод индикатора. Выводы 5 объединены в шину сброса, на которой должен быть потенциал логического нуля.

Обе стороны печатной платы счетчика размером 123 X 53 мм и схема расположения деталей на ней приведены на рис. 2. ЖК индикатор соединяется с платой счетчика при помощи пружинящих контактов, припаянных к ее обратной стороне. Но для этой цели можно воспользоваться и проводящей резиной.

Схема базового блока частотомера приведена на рис. 3. Кварцевый генератор собран по стандартной схеме на инверторе, имеющемся в корпусе делителя 176ИЕ5. Резистор *R1* устанавливает инвертор в активную область со средним напряжением на входе 9 и выводе 10, примерно равным половине напряжения питания. Подстройка частоты кварцевого генератора производится изменением емкости конденсатора *C1*, однако при предварительной настройке возможно потребуются изменение и емкости конденсатора *C3*. Прямоугольные колебания с периодом 1 с с выхода 5 делителя *D1* подаются на двухразрядный счетчик, выполненный на триггерах *D2.1* и *D2.2* (176ТМ2). Из колебаний этих триггеров при помощи логического элемента *D3.1* формируются положительные импульсы с длительностью 1 с и с периодом следования 2 с или 4 с — в зависимости от положения переключателя *S1*. Время индикации равно паузе между импульсами и соответственно может иметь два значения: 1 с или 3 с. Отличительная особенность этого частотомера — наличие синхронизатора, выполненного на D-триггере *D4.1* типа 176ТМ2. На информационный D-вход триггера подаются положительные импульсы с длительностью 1 с, а на вход синхронизации — прямоугольные импульсы с выхода формирователя или декадного делителя. Длительность импульсов на выходах триггера *D4.1* отличается от 1 с и равна целому числу периодов сигнала, частота которого измеряется. Это целое число при постоянном периоде измеряемых колебаний может принимать только два значения: первое равно целой части отношения времени измерения (1 с) к периоду, а второе на единицу больше. Для независимого от внутреннего кварцевого генератора сигнала при многократных измерениях относительная частота второго значения этого целого числа равна дробной части отношения времени измерения к периоду измеряемого колебания. Поэтому усреднение результатов многократных измерений позволяет получить более точное значение частоты. Другая положительная особенность синхронизации состоит в том, что все импульсы пачки (включая первый и

последний), подаваемые с выхода логического элемента *D3.4* на вход счетчика, имеют одинаковую длительность, причем нет необходимости дифференцировать (укорачивать) импульсы с выхода формирователя или декадного делителя.

В частотомере имеется два формирователя. Первый выполнен на логических элементах *D7.1*, *D7.2* по схеме триггера Шмитта. Напряжение входного сигнала смещается при помощи резисторов *R3*, *R4* до уровня срабатывания логического элемента, примерно равного половине напряжения питания. Такая схема смещения позволяет при однополярном питании изменением сопротивления *R3* регулировать уровень срабатывания формирователя в пределах не менее чем от -2 В до $+2$ В. Недостаток такой схемы регулировки порога заключается в том, что формирователь задает в источник сигнала постоянный ток от 30 до 70 мкА, в связи с чем этот источник должен иметь достаточно малое выходное сопротивление по постоянному току. Гистерезис формирователя не превышает 0,1 В, поэтому минимальная амплитуда сигнала, при которой он устойчиво срабатывает, равна 0,05 В.

Второй декадный делитель *D9* и второй формирователь *D8.1* выполнены на ИС 155ИЕ6 и 155ТЛ1. Сигнал на вход интегрального триггера Шмитта *D8.1* подается с выхода инвертирующего усилителя (*VI*, *R7*, *R8*, *R9*), который необходим для повышения чувствительности частотомера. Напряжение питания на *D8* и *D9* подается только в режиме деления частоты входного сигнала на 100. Светодиод *V3* сигнализирует о включении ИС, т. е. о повышенном токе разряда батареи питания. Стабилитрон *V4* и полевой транзистор *V5* выполняют функцию преобразователя уровней логических сигналов ТТЛ ИС серии 155 к логическим уровням К-МОП ИС серии 176.

Режим работы частотомера (прямой счет, деление частоты на 10, деление частоты на 100) определяется переключателем *S3* на три положения и три направления. Первое направление переключает входы формирователей, второе — декадные делители, а третье — запятую индикатора.

Для того чтобы счетчик не переполнялся, частота сигнала, подаваемого на вход первого формирователя, не должна достигать 1 МГц, однако формирователь, синхронизатор и счетчик сохраняют работоспособность при существенно больших частотах (до 3 МГц). Эту особенность можно использовать для повышения точности отсчета частоты в пределах от 1 до 3 МГц, работая с переполнением счетчика в режиме деления частоты на 10, предварительно определив старший разряд (число мегагерц) в режиме деления частоты на 100.

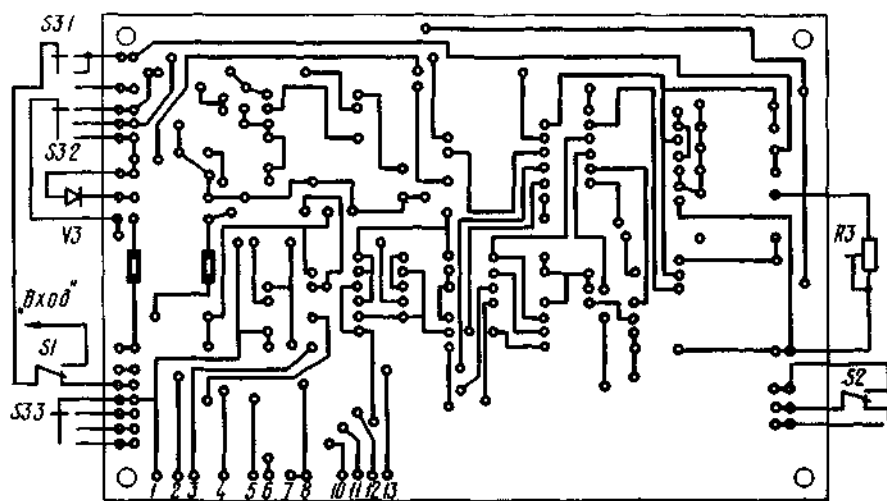
Коммутация декадных делителей, в том числе и включение питания второго из них, осуществляется одним направлением *S3.2* переключателя *S3*. Это достигается благодаря применению логических элементов *D5*, реализующих функцию «ИСКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ ИЛИ». При прямом счете работы декадного делителя *D10* блокируется по *R* входу потенциалом логической единицы (равным напряжению питания), а прямоугольные импульсы с выхода первого формирователя подаются через элементы *D6.1* и *D5.3* на вход синхронизатора *D4.1*. В режиме деления на 10 разрешается работа делителя *D10*, а передача сигнала с выхода формирователя на вход синхронизатора блокируется потенциалом логической единицы по входу элемента *D6.1*. В режиме деления на 100 измеряемый сигнал подключается ко входу второго формирователя, включается питание ИС *D8* и *D9*, и сигнал с выхода формирователя уровня *V4*, *V5* через *D5.4* подается на вход делителя *D10*, а с его выхода через *D5.3* — на вход синхронизатора. Причем эта передача осуществляется независимо от постоянного потенциала на выходе первого формирователя.

Импульс сброса формируется логическим элементом *D3.3* из инверсного секундного импульса с выхода *D3.2* и положительного импульса с выхода триггера *D4.1*. Фронт импульса сброса (без учета задержек в *D3.2* и *D3.3*) совпадает с началом интервала счета, а спад импульса сброса совпадает с первым после этого начала фронтом сигнала с выхода формирователя (или делителя).

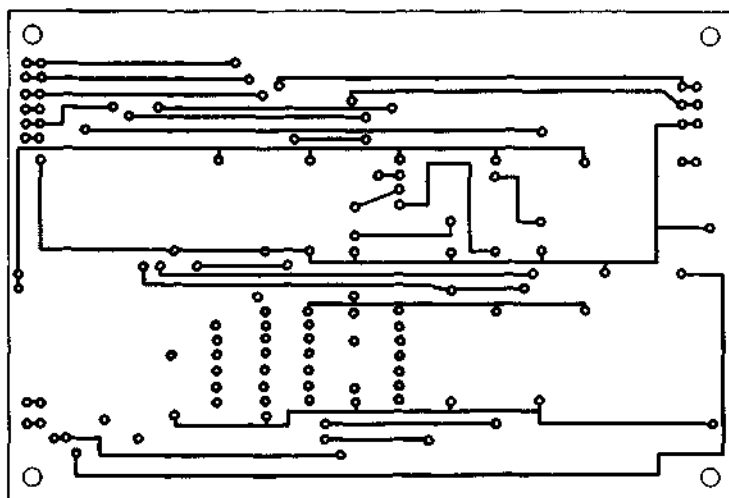
Поэтому длительность импульса сброса случайна: максимальная длительность равна периоду измеряемого колебания, а минимальная — примерно равна задержке переключения триггера *D4.1*. Если на выходе формирователя отсутствует сигнал, то длительность импульса сброса равна времени измерения (1 с).

Режим счета индицируется включением четвертой запятой индикатора, сигнал включения которой формируется логическим элементом *D5.1*. В паузах между измерениями, т. е. в режиме индикации, прямоугольные импульсы на выходе *D5.1* совпадают с прямоугольными импульсами, которые подаются на анод ЖКИ с выхода девятого разряда делителя *D1*. Частота повторения этих импульсов равна 64 Гц. Во время счета импульсы на выходе *D5.1* инвертируются положительным сигналом с выхода *D4.1*, в результате чего включается четвертая запятая. При отсутствии импульсов на выходе формирователя триггер *D4.1* не переключается, поэтому в одном случае счетчик сбрасывается и четвертая запятая не включается, в другом — счетчик не сбрасывается, но четвертая запятая включается.

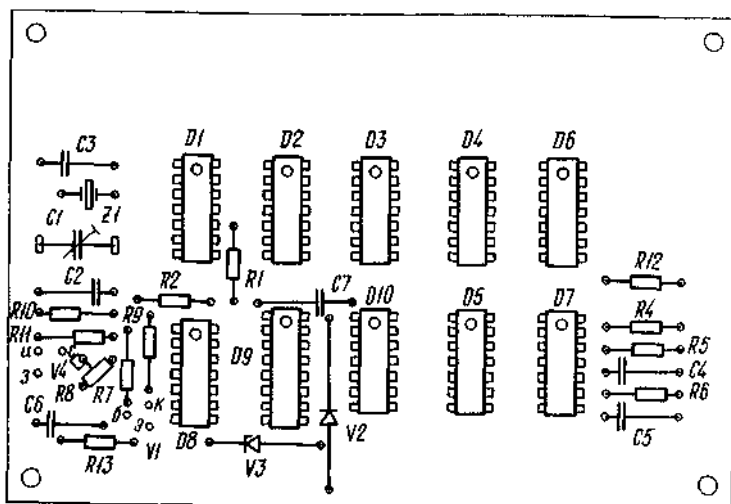
Переполнение счетчика индицируется периодическим выключением (с частотой 2 Гц) символов кГц. Эта функция осуществляется схемой, состоящей из элементов: *D4.2*, *D6.2*, *D6.3*, *D5.2*. Триггер *D4.2* импульсом сброса устанавливается в единицу, что запрещает передачу через *D6.3* модулирующего колебания с выхода *D4* делителя *D1* на формирователь *D5.2* сигнала включения символов кГц. При переполнении счетчика сигнал с выхода его старшей декады переключает в ноль триггер *D4.2*, что разрешает передачу сигнала модуляции символов кГц. Инвертор *D6.2* необходим потому, что триггер по входу синхронизации переключается фронтом, а сигналом переполнения счетчика является спад напряжения.



a



б



в

Рис. 4. Печатная плата базового блока: а — верхняя сторона; б — нижняя сторона; в — размещение деталей

Переключатель S_1 переводит частотомер в режим контроля, при этом на вход первого или второго формирователя подаются импульсы от кварцевого генератора. Независимо от истинной частоты его колебаний индикатор должен в режиме прямого счета показывать 32,768 кГц, а в режимах деления на 10 и 100 — 032,76 кГц и 0032,7 кГц соответственно. В этом режиме проверяется правильность работы всех элементов, кроме элементов схемы индикатора переполнения счетчика. Импульсы с выхода 12 делителя D_1 , которые используются для контроля, положительные, поэтому при контроле в режимах прямого счета и деления на 10

движок резистора $R3$ должен быть в положении максимального положительного порога.

Базовый блок частотомера смонтирован на двусторонней печатной плате размерами 123 X 83 мм. Обратная и лицевая стороны печатной платы, схема расположения деталей на ней и схема подключения органов управления приведены на рис. 4.

Для настройки частотомера желательно иметь осциллограф с открытым входом, однако этот частотомер можно настраивать и с помощью одного вольтметра. Об исправности кварцевого генератора и делителя $D1$ можно судить по среднему напряжению на его выводах 11 , 12 , 1 , которое должно быть равно половине напряжения питания. Наличие импульсов с длительностью 0,5 с и периодом следования 1 с на выводе 5 делителя $D1$ можно определить вольтметром. Правильность работы триггеров $D2.1$ и $D2.2$ также легко определяется вольтметром: на выводе 2 длительность импульсов равна 1 с с такой же паузой, а на выводе 12 определяется импульсов и паузы между ними в два раза больше. На выводе 3 $D3.1$ длительность импульсов равна 1 с, а пауза между ними (1 с или 3 с) определяется положением переключателя $S2$. На выводе 4 $D3.1$ сигнал инверсный, т. е. длительность импульса равна 1 с или 3 с, а пауза всегда равна 1 с.

Для проверки работы первого формирователя его вход необходимо подключить к регулируемому источнику постоянного напряжения с диапазоном ± 3 В, а затем, подключив вольтметр к выводу 10 микросхемы $D7$, определить, при каких напряжениях на входе переключается формирователь в крайних положениях движка переменного резистора $R3$. В случае сильной несимметрии максимального и минимального порогов переключения следует подобрать резистор $R4$.

Настройка второго формирователя сводится к установке движка резистора $R8$ в такое положение, при котором напряжение на коллекторе транзистора $V1$ будет равно среднему арифметическому порогов переключения интегрального триггера Шмитта 155ТЛ1 (примерно 1,4 В). Для проверки преобразователя уровня $V4$, $V5$ необходимо в режиме контроля и деления на 100 измерить среднее напряжение на выходе 4 элемента $D5.4$, которое должно быть на 20% ниже напряжения питания. Если это напряжение равно нулю, то необходимо подобрать стабилитрон $V4$ с меньшим напряжением. Вместо полевого транзистора $V5$ можно использовать резистор с сопротивлением 1...3 кОм. При закороченном входе частотомера напряжение на выводе 10 микросхемы $D3$ постоянно (0 или E_n), а напряжение на выводе 11 определяется состоянием триггера $D4.1$. В одном случае оно равно нулю, а в другом — это положительные импульсы с длительностью 1 с и паузой 1 с или 3 с. В режиме контроля при прямом счете среднее напряжение на входе формирователя равно половине напряжения питания, если движок резистора $R3$ установлен в положение максимального порога переключения формирователя. Наличие пачки положительных импульсов на выводе 10 микросхемы $D3$ также можно установить вольтметром.

Среднее напряжение на выводах 3 м 11 микросхемы $D5$ равно половине напряжения питания независимо от состояния триггеров $D4.1$ и $D4.2$.

Плата счетчика и индикатора при правильном монтаже и исправных деталях в настройке не нуждается. Об исправности всех элементов, правильности монтажа и наличии контактов со всеми сегментами цифр и символами индикатора можно судить в режимах контроля и прямого счета по периодическому появлению на индикаторе значения 32,768 кГц. Во время счета все цифры, кроме старшей, имеют вид восьмерок. Если число больше указанного, то это означает, что на фронтах или спадах напряжения на выходе первого формирователя имеется «звон». Для устранения этого эффекта необходимо увеличить емкость конденсатора $C5$, но ее чрезмерное увеличение снижает максимальную частоту работы первого формирователя.

При самостоятельном составлении монтажной схемы из логических элементов, имеющих большее, чем необходимо, число входов, следует помнить, что неиспользуемые входы К-МОП логических элементов нельзя оставлять свободными. Если предполагается питание частотомера от сети, то сопротивление резисторов $R12$ и $R13$ следует уменьшить примерно в 100 раз. Вместо реверсивного декадного счетчика $D9$ типа 155ИЕ6 можно использовать декадный счетчик типа 155ИЕ2.

Точную установку частоты колебаний кварцевого генератора можно произвести только по проверенному частотомеру, измеряя период колебаний на выводе 5 делителя $D1$, который должен быть равен 1 с. Грубую оценку частоты можно провести по сигналам точного времени, передаваемым по радио. Для этого вход счетчика необходимо соединить с выводом 5 делителя $D1$, а шину сброса счетчика подключить к подвижному контакту переключателя $S2$. В положении «3 с» переключателя $S2$ счетчик будет периодически сбрасываться, а в положении «У с» считать секундные импульсы. По первому сигналу точного времени необходимо перевести переключатель $S2$ из положения «5 с» в положение «1 с», отметить число на индикаторе в момент передачи шестого сигнала, а затем, фиксируя показания индикатора в момент передачи шестого сигнала точного времени следующих часов, легко определить частоту колебаний кварцевого генератора и в случае необходимости провести ее коррекцию.

Жидкокристаллический индикатор легко заменяется светодиодными семисегментными индикаторами. Если светодиодные сегменты индикаторов нормально светятся при токе 3...5 мА, то их можно непосредственно подключать к микросхемам 176ИЕ4 без всяких согласующих элементов. Например, так сделано в цифровом фотоэкспониметре, описанном в Радио.ежегоднике за 1983 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ТРАНСИВЕР «ТОРС-160»
ПРЕДУСИЛИТЕЛИ-КОРРЕКТОРЫ ДЛЯ МАГНИТНОГО ЗВУКОСНИМАТЕЛЯ
ТЕРМОСТАБИЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ
КАССЕТНЫЙ ПРОИГРЫВАТЕЛЬ
АВТОСТОП В КАССЕТНОМ МАГНИТОФОНЕ
ЦИФРОВОЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ РОДА РАБОТЫ
ЭЛЕКТРОННЫЕ ЧАСЫ
ПРОСТОЙ ЧАСТОТОМЕР С ИНДИКАТОРОМ НА ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ

ББК 32.84 Р15

Рецензент — инженер *Ю. И. Крылов*

Р15 Радиоежегодник-84 / Сост. А. В. Гороховский. — М.: ДОСААФ, 1984. — 112 с.

Цена 70 к.

Описание популярных конструкций радиоаппаратуры, рассчитанных на самостоятельное изготовление. Рекомендации по использованию в любительской практике новых схемных и конструктивных решений применительно к различным направлениям творчества радиолюбителей.

Для широкого круга радиолюбителей и руководителей радиокружков.

2402020000 — 102 КБ-26-17-84
072(02) — 84 БЗВ-1-12-84

ББК 32.84
6Ф2-9

Авторский коллектив: *С. А. Бирюков, А. В. Гороховский, В. П. Псурцев, А. А. Солдатов, Б. Г. Степанов, В. В. Фролов.*

Составитель *Анатолий Владимирович Гороховский*

РАДИОЕЖЕГОДНИК-84

Заведующий редакцией *Г. В. Калишев*
Редактор *Л. И. Карнозов*
Художник *Л. С. Вендров*
Художественный редактор *Т. А. Хитрова*
Технический редактор *З. И. Сарвина*
Корректор *И. Н. Киргазова*
ИБ № 1863

Сдано в набор 11.01.84. Подписано в печать 07.09.84. Г-73852. Формат 60X90/16. Бумага офсетная. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. п. л. 7,0. Усл. кр.-отт. 7,25. Уч.-изд. л. 8,23. Тираж 100 000 экз. Изд. № 2/П-316. Заказ 4-20

Цена 70 к.

Ордена «Знак Почета» Издательство ДОСААФ СССР.
129110, Москва, Олимпийский просп., 22.
Харьковская книжная фабрика «Коммунист».
310012, Харьков-12, ул. Энгельса, 11.

OCR Pirat