

Автор конструкции: В. Марфидин

«ЛЕСЛИ»-Приставка

Подключенная к электромузыкальному инструменту, эта приставка позволяет получить необычное звучание, иногда называемое «вращающимся звуком» или «Лесли»-эффектом (подробнее об этом эффекте рассказано в статье К. Доктора «Вращающийся» звук» в журнале «Радио», 1983, № 7, с. 40—43).

Приставка (рис. 1) состоит из входного каскада на микросхеме DA1, генератора инфранизкой частоты (DA2) и линии задержки на микросхемах DA3—DA11. Прямой сигнал с выхода микросхемы DA1 и преобразованный (задержанный) с выхода микросхемы DA11 подаются (через резисторы R69 и R70 соответственно) на разъем XS2 и суммируются. Далее суммарный сигнал поступает на усилитель звуковой частоты.

Каждая ячейка линии задержки "состоит из операционного усилителя и фазового RC-звена с управляемым сопротивлением, образующих фазовый контур. На схеме показаны первая и последняя ячейки. RC-звено включено на входе операционного усилителя и состоит из конденсатора C5 (для первой ячейки) и управляемого резистора на МДП-транзисторе с индуцированным каналом.

Полевые транзисторы как управляемые напряжением переменные резисторы находят широкое применение в радиоэлектронной аппаратуре, поскольку обладают достаточно линейными выходными вольт-амперными характеристиками (ВАХ), а управление сопротивлением происходит практически без затрат мощности. При напряжении на канале транзистора не более 0,15 В нелинейность выходной ВАХ обычно не превышает 2...3 %, что в ряде случаев дает заметный выигрыш по сравнению с другими полупроводниковыми радиоэлементами.

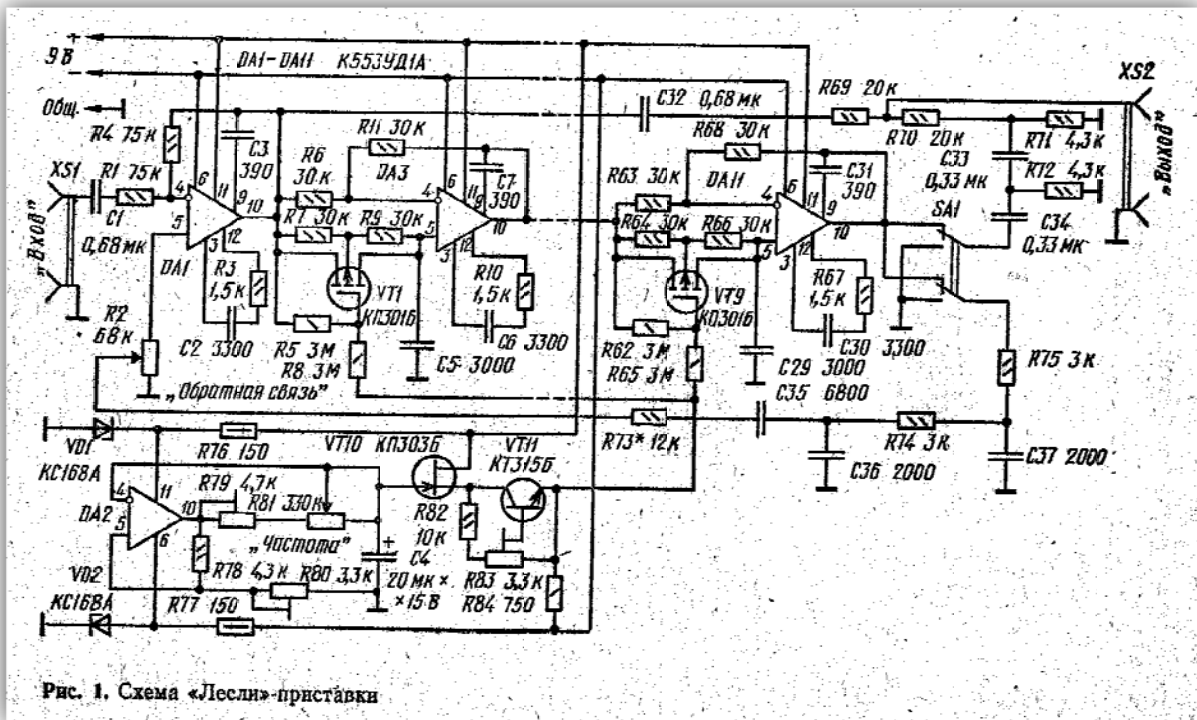


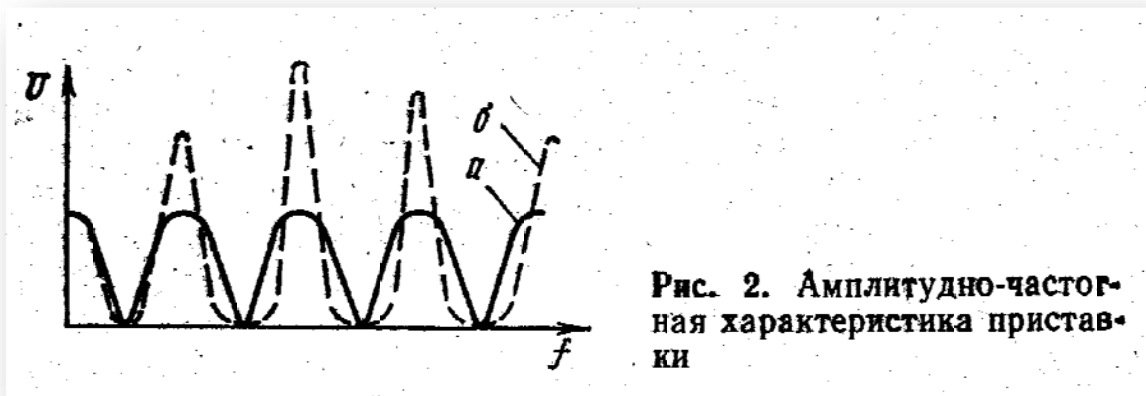
Рис. 1. Схема «Лесли»-приставки

Однако в данном применении, когда последовательно включено несколько звеньев с использованием полевого транзистора в качестве управляемого переменного резистора, суммарные нелинейные искажения могут намного превысить приемлемые значения. Поэтому для расширения диапазона рабочих напряжений на канале транзистора его характеристики по возможности линеаризируют различными способами. Один из них — введение отрицательной обратной связи (ООС) путем подачи со стока на исток половины напряжения на канале. В итоге Диапазон рабочих напряжений при тех же значениях коэффициента нелинейности расширяется до 0,5... 3 В (в зависимости от способа включения в управляемую цепь, а также от экземпляра транзистора). Кроме того, выходные ВАХ транзистора симметрируются и практически не зависят от изменения направления

тока в канале. В приведенной схеме ООС осуществляется с помощью резисторов $R5$ и $R8$ (для первой ячейки). Для сигнала звуковой частоты резисторы образуют делитель напряжения с коэффициентом деления 2.

Резисторы $R7$ и $R9$ предназначены для фиксации потенциала подложки, а также для ограничения диапазона изменения сопротивления на входе операционного усилителя. Это нужно по следующей причине. Каждый тип операционного усилителя характеризуется определенным входным током, и поскольку во входной цепи имеется переменное сопротивление, его изменение приводит к смещению выходного напряжения на величину $\Delta U_{\text{вых}} = \Delta I_{\text{вх}} \cdot \Delta R$ (например, при $I_{\text{вх}} = 1 \text{ мкА}$, $\Delta R = 100 \text{ кОм}$ $\Delta U_{\text{вых}} = 0,1 \text{ В}$ — при условии, что коэффициент усиления равен 1). Таким образом, выходное напряжение ячейки будет изменяться с частотой модуляции, причем размах этих колебаний будет накапливаться после каждой ячейки в линии задержки. Для подавления колебаний на выходе линии задержки включен фильтр верхних частот $C34$, $R72$, $C33$, $R71$ с частотой среза около 200 Гц.

Еще одна особенность приставки — наличие регулируемой по глубине обратной связи, охватывающей всю линию задержки. Она осуществляется с выхода линии через фильтр нижних частот $R75$, $C37$, $R74$, $C36$, цепочку $C35$, $R73$ и регулятор глубины обратной связи $R2$ на неизертирующий вход операционного усилителя $DA1$. Эта обратная связь действует в диапазоне частот примерно от 800 Гц до 12 кГц. Ограничение полосы частот снизу обусловлено тем, чтобы не влиять на диапазон основных тонов электромузыкального инструмента, а сверху — чтобы повысить стабильность работы приставки на высших частотах.



В итоге на входном каскаде суммируются прямой сигнал и некоторая часть задержанного. При этом частоты спектра задержанного сигнала, попадающие по петле обратной связи в фазе с прямым сигналом, дополнительно поднимаются, соответственно становится ярче и звучание инструмента. Фактически при введенной обратной связи приставка превращается в многополосный фильтр с гребенчатой характеристикой и групповой перестройкой пиков амплитудно-частотной характеристики (рис. 2, кривая б). Характеристика приставки без обратной связи показана на рис. 2, а.

Поскольку вследствие модуляции пики амплитудно-частотной характеристики постоянно смещаются, из общего спектра «выхватываются» все новые тона и их гармоники, поэтому при максимальной глубине обратной связи создаваемый яркий эффект может замаскировать исполняемую на электромузыкальном инструменте мелодию (при исполнении аккомпанементных партий это даже заметно обогащает общую аранжировку).

С введенной обратной связью приставка становится неустойчивой, предельный коэффициент передачи по петле обратной связи теоретически должен быть равен 1, на практике же приходится ограничиваться значением 0,7...0,8.

Генератор инфранизкой частоты собран на микро-схеме $DA2$ и питается от параметрических стабилизаторов $R76$, $VD1$ и $R77$, $VD2$. Напряжение треугольной формы, образующееся на инвертирующем входе операционного усилителя, подается на истоковый повторитель — (транзистор $VT10$ с регулируемым опорным элементом (транзистор $VT11$ и резисторы $R82$, $R83$) в истоковой цепи. С помощью такого опорного элемента можно смещать модулирующее напряжение на рабочую точку МДП-транзисторов. Подстроечным резистором $R80$ регулируют размах модулирующего напряжения, а резистором $R79$ — подстраивают максимальную частоту модуляции. Частоту модуляции устанавливают переменным резистором $R81$.

Приставка работает при входном сигнале примерно 0,2 В. Время задержки сигнала в приставке составляет 0,1...2 мс, полоса рабочих частот — 40...25 000 Гц. Частота первого нуля амплитудно-частотной характеристики при максимальной задержке равна 300 Гц, диапазон регулирования частоты модуляции —

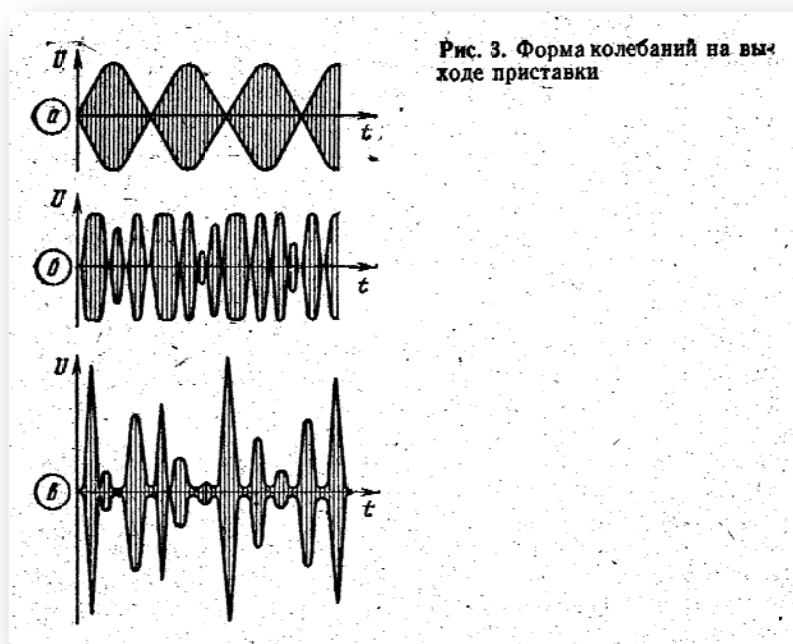
0,1...10 Гц. Коэффициент передачи приставки без обратной связи равен 2 %, а с обратной связью — 5 % (в пиках амплитудно-частотной характеристики). Входное сопротивление приставки 70 кОм, выходное 10 кОм, отношение сигнал/шум на выходе — 45 дБ. При напряжении питания 9 В приставка потребляет ток около 25 мА. В приставке применены операционные усилители типа К553УД1А, но подойдут практически любые другие с входными токами не более 1,5 мкА (с соответствующими цепями частотной коррекции). При этом необходимо иметь в виду допускаемые значения напряжения питания. Конденсаторы, постоянные, переменные и подстроечные резисторы могут быть любых типов. Переменные резисторы $R2$ и $R81$ желательно применить с логарифмической характеристикой регулирования (типа Б). Переключатель $SA1$ — типа тумблер или кнопочный (2П2К) с фиксацией положения. Вместо транзисторов КП301Б можно применить КП304. При сборке приставки необходимо соблюдать правила монтажа и установки полевых транзисторов.

Убедившись в правильности монтажа, устанавливают движки подстроечных и переменных резисторов в следующие положения: $R2$ — нижнее по схеме, $R79$ и $R81$ — левое по схеме, $R80$ и $R83$ — среднее. Подключив питание, проверяют с помощью осциллографа, работающего в режиме с открытым входом, наличие колебаний треугольной формы на эмиттере транзистора $VT11$. Затем перемещением движка резистора $R83$ нужно сместить средний уровень колебаний до напряжения минус 7 В, а резистором $R80$ установить размах колебаний около 4 В (от минус 9 до минус 5 В).

Подключив осциллограф к выходу приставки, подают на ее вход (разъем $XS1$) с генератора 34 синусоидальные колебания частотой 300 Гц и амплитудой 200 мВ. На экране осциллографа должен наблюдаться процесс амплитудной модуляции входного сигнала. На одной из частот в диапазоне от 250 до 350 Гц более точной подстройкой резисторов $R80$ и $R83$ добиваются показанной (на рис. 3, а) формы колебаний. На высших частотах (1...20 кГц) форма огибающей модулированных колебаний может быть произвольной, но ее частота должна быть в 3...4 раза больше (рис. 3,б).

Затем переменным резистором $R2$ вводят максимальную глубину обратной связи. Если приставка самовозбуждается, следует несколько увеличить сопротивление резистора $R73$ (до срыва самовозбуждения). С введенной обратной связью форма колебаний на выходе приставки должна соответствовать приведенной на рис. 3, в. При настройке приставки длительность развертки луча осциллографа желательно выбирать соизмеримой с частотой повторения колебаний генератора инфранизкой частоты.

Если осциллографа и генератора 34 нет, можно обойтись авометром, проверив работу генератора инфра-низкой частоты по колебаниям стрелки индикатора аво-метра, а дальнейшую настройку производить «на слух» непосредственно с электромузыкальным инструментом. Однако добиться оптимального режима в этом случае трудно.



Количество ячеек в линии задержки может быть иным, но не менее 3. Оптимальным можно считать 8... 12 ячеек. При меньшем их количестве звучание инструмента с приставкой становится беднее, а при большем ухудшается отношение сигнал/шум. Если при повторении описанной приставки количество ячеек отличается от указанного на схеме, нужно пересчитать емкость конденсаторов фазовых контуров по формуле:

$$C = \frac{1}{2 \pi f_0 R_{\text{макс}}} \cdot \text{tg} \frac{\pi}{n},$$

где f_0 — частота первого нуля амплитудно-частотной характеристики при максимальной задержке (на частотах 200...500 Гц); $R_{\text{макс}}$ — максимальное значение управляемого сопротивления (примерно 60 кОм); n — количество ячеек.

Питать приставку можно от любого двуполярного стабилизированного источника с коэффициентом стабилизации не менее 10 и амплитудой пульсаций не более 50 мВ. При питании приставки от батареи «Крона» можно уменьшить потребляемый ток до 18 мА, используя в качестве стабилитронов $VD1$ и $VD2$ эмиттерные переходы транзисторов КТ315, включенные в обратном направлении, и увеличив сопротивление резисторов $R76$ и $R77$ до 330 Ом. Транзисторы следует предварительно подобрать по напряжению стабилизации 6,5...7 В.

Для расширения исполнительских возможностей можно включить последовательно с резистором $R70$ переменный резистор сопротивлением 68... 150 кОм для регулировки «глубины» эффекта, а переменный резистор $R81$ (регулятор частоты модуляции) вынести в ножную педаль.

Скачано с <http://nickhome2005.narod.ru>