

Святослав Бабын (UR5YDN)

пгт Кельменцы
Черновицкой обл.
Украина

Ультразвуковой микрофон

Необходимость в ультразвуковом микрофоне возникла для контроля работы отпугивателя грызунов, описанного в [1], на ультразвуковых частотах.

В принципе, с ультразвуковым микрофоном возможно услышать “другой мир” за пределами человеческого восприятия. Как известно, многие животные и насекомые испускают ультразвук. Так, к примеру, летучие мыши используют ультразвук для эхолокации, что позволяет им ориентироваться в полной темноте и летать, не задевая крыльями ветки деревьев. В быту с помощью ультразвукового микрофона возможно услышать утечку воды, газа. Автор не ставил целью получить высокую чувствительность, что возможно реализовать, если возле микрофона дополнительно установить рупор. Сущность метода в том, что спектр ультразвуковых частот переносится в область звуковых частот, которые воспринимает человеческое ухо. По существу – это демодулятор

одной боковой полосы (ОБП) при условии, что на вход демодулятора подан электрический сигнал от ультразвукового преобразователя (микрофона), и подачи на демодулятор опорной частоты от генератора.

Принципиальная электрическая схема ультразвукового микрофона приведена на рис. 1. В качестве ультразвукового преобразователя можно использовать электретный микрофон типа МПК-101-II. Питание на микрофон поступает через резистор R25. Усилитель электрических сигналов от ультразвукового преобразователя собран на транзисторах VT4, VT3. На транзисторе VT4 – каскад с общим эмиттером (ОЭ), а на транзисторе VT3 – каскад с общим коллектором (ОК), он же эмиттерный повторитель, по сути. Таким образом, на транзисторе VT4 получим дополнительное усиление, а после эмиттерного повторителя получим низкоомный выход, что необходимо для

согласования с демодулятором. Как известно из теории усилителей, коэффициент усиления каскада (ОЭ) с отрицательной обратной связью за счет резистора в цепи эмиттера равен отношению сопротивления в цепи коллектора к сопротивлению в цепи эмиттера. Для каскада на транзисторе VT4 коэффициент усиления равен 8,3. Если возникнет необходимость увеличить коэффициент усиления, то величину сопротивления резистора R22 необходимо уменьшить. Максимальное усиление от каскада возможно получить, если резистор R22 зашунтировать конденсатором с емкостью 1 мкФ.

Демодулятор собран на диодах VD1 и VD2 (диодная сборка), трансформаторах T1 и T2 и конденсаторах C16, C17 по параллельно-балансной схеме. Подробно о работе демодулятора возможно выяснить в [2].

Трансформаторы T1, T2 демодулятора и катушки индуктивности L1, L2 фильтра низких частот

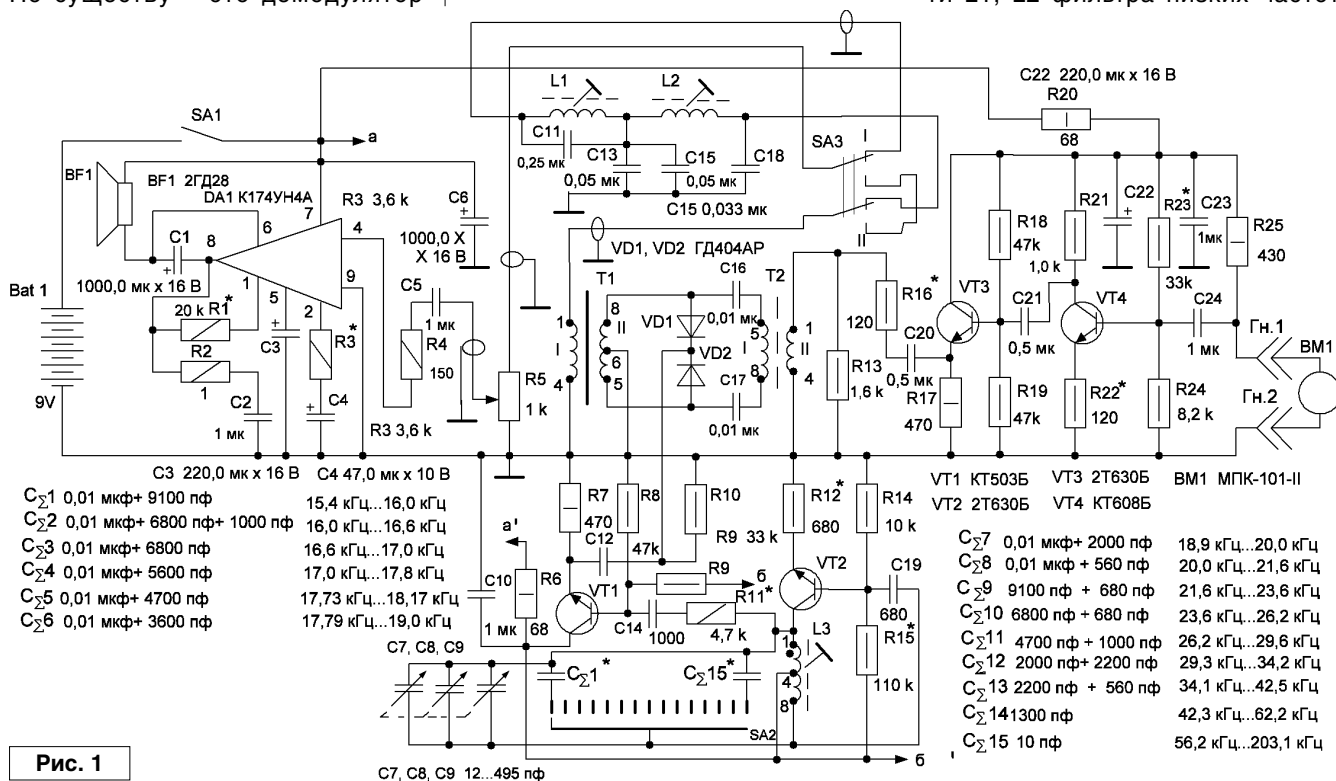


Рис. 1

(ФНЧ-3,4) взяты готовые от списанной аппаратуры уплотнения К-60П, что было подробно описано в [3].

С выхода демодулятора сигнал поступает на ФНЧ-3,4, если переключатель SA3 находится в положении “I”, с частотой среза 3,4 кГц на элементах L2, L1, C11, C13, C15, C18. Если переключатель SA3 находится в положении “II”, то ограничения по низкой частоте нет, и прослушивается весь разностный сигнал. С выхода ФНЧ-3,4 низкочастотный сигнал поступает на потенциометр R5 (на 1 кОм), а с него – на усилитель низкой частоты (УНЧ). Провода на регулятор громкости R5 и переключатель SA3 должны быть экранированы.

Данные катушки индуктивности L1: катушка собрана с применением ферритового сердечника типа ОБ12 ($\mu = 2000$ МН-17), обмотка W1 содержит 221 виток провода ПЭВ-1 диаметром 0,15 мм, заводской № РХ4.781.787Сп.

Данные катушки индуктивности L2: катушка собрана с применением ферритового сердечника типа ОБ12 ($\mu = 2000$ МН-17), обмотка W1 содержит 527 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,11 мм, заводской № РХ4.781.788Сп. Трансформаторы демодулятора Т1 – трансформаторное железо Ш-0,5х0,75 79НМ-01, W1 содержит 600 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,1 мм, W2 содержит 1200 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,1 мм, с отводом от 600-го витка, заводской № РХ4.731.362.Сп.

Трансформатор Т2 – ферритовый сердечник НМ-Н ОШ0,5х0,75 ($\mu = 2000$), W1 содержит 87 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,27 мм, W2 содержит 30 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,27 мм, заводской № РХ4.770.781.Сп.

В принципе, можно использовать и готовую плату от аналоговой аппаратуры К60П (блок БИП), где находится: демодулятор, ФНЧ-3,4 и усилитель низкой частоты (выход на телефоны) (подробнее описано в [3]). Однако, следует иметь в виду, что в аппаратуре К60П использовались германиевые транзисторы типа МП39Б и,

соответственно, питание по “минусу”. При этом в генераторе опорной частоты и в дополнительном усилителе высокочастотного сигнала целесообразно применить транзисторы структуры “р-п-р”, тогда устройство в целом будет питаться “минусовым” напряжением, а “+” – на общем проводе.

Генератор опорной частоты собран на транзисторе VT2. Как видно из схемы, это классический генератор по трехточечной схеме с емкостной обратной связью (емкость C19). Чтобы получить неискаженный синусоидальный сигнал, введена отрицательная обратная связь за счет резистора R12 в цепи эмиттера транзистора VT2. При уменьшении величины сопротивления резистора R12 глубина отрицательной обратной связи уменьшается, то есть коэффициент усиления каскада увеличивается. На транзисторе VT1 собран эмиттерный повторитель, что необходимо для получения низкоомного выхода генератора, что, в свою очередь, необходимо для согласования со схемой демодулятора. Данные катушки L3: ферритовый сердечник Б-22 ($\mu = 2000$), с зазором 0,3 мм, содержит 149 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,28 мм с отводом от 111-го витка. Катушка взята готовая от списанной аналоговой аппаратуры уплотнения В2-2. Для получения диапазона частот 15,4...203,1 кГц диапазон разбит на 15 поддиапазонов. В пределах определенного поддиапазона частота изменяется плавно с помощью конденсатора переменной емкости (КПЕ) (C7, C8, C9), у которого все три секции включены параллельно. При максимальной емкости КПЕ частота будет ниже, и при минимальной – самая высокая на данном поддиапазоне. Некоторые поддиапазоны по частоте незначительно перекрывают друг друга, что упрощает подбор конденсаторов. Предположим, что в воздухе присутствуют колебания ультразвуковой частоты в спектре 21...25 кГц. Начинаем прослушивания с подачи самой низкой частоты опорного генератора и увеличиваем

плавно и с переключением поддиапазонов, и когда частота $F_{оп.ген.}$ будет равна 20,95 кГц, на выходе ФНЧ появится низкочастотный сигнал в спектре 0,05...3,4 кГц, что будет слышно в громкоговорителе. Фактически спектр более широкий – 0,05...4,05 кГц, что возможно услышать, если отключить ФНЧ, то есть переключатель установить в положение “II”. Суть преобразования: $\Delta F_{в.ч.} - F_{оп.ген.} = \Delta F_{нч.}$. Если ультразвуковые колебания более высоких частот, то необходимо далее сканировать поддиапазоны. Если к сигналу, полученному от преобразователя, “подойти” сверху (спускаться от высоких частот), то получим низкочастотный сигнал “перевернутым” в спектре. Так, при частоте опорного генератора 24,3 кГц для вышеприведенного примера получим на выходе 3,4...0,05 кГц – то есть имеем “перевернутый” спектр.

Усилитель низкой частоты собран на микросхеме DA1, типа К174УН4А. Подробное описание такого усилителя было описано в [4].

С помощью разработанного ультразвукового микрофона слышно ультразвуковую “сирену” от отпугивателя грызунов на расстоянии 10 метров. При испытаниях выяснилось, что параллельно пьезоэлектрическому излучателю отпугивателя грызунов желательно подключить катушку индуктивности, с данными L3 схемы ультразвукового микрофона – при этом значительно увеличилась громкость звучания ультразвуковых излучений.



Литература

1. Святослав Бабын (UR5YDN). Отпугиватель грызунов. - “Радиолобитель”, 2017, №5, стр. 9-11.
2. Аболиц И.А. и др. Многоканальная связь. - М., изд. “Связь”, 1971 г.
3. Святослав Бабын (UR5YDN). Формирователь ОБП. - “Радиолобитель”, 2019, №1, стр 30-34 .
4. Святослав Бабын (UR5YDN). Простой радиоприемник прямого усиления. - “Радиолобитель”, 2016, №12, стр 39-40.