

Сабвуфер автолюбителя

Несмотря на кажущуюся простоту расчета фильтров нижних частот, необходимых для формирования нужной амплитудно-частотной характеристики, многие испытывают затруднения при построении готовой конструкции. В данной статье представлено описание простой схемы для воспроизведения нижнего диапазона звуковых частот с использованием низкочастотного громкоговорителя, так называемый *Subwoofer*.

Хотя разработка в большей мере предназначена для автолюбителей, ее также с успехом можно использовать и для домашнего аудиокомплекса.

Данная конструкция представляет собой активную колонку со встроенным усилителем и с возможностью автоматической активации при включении звуковоспроизводящей аппаратуры.

Технические данные:

- выходная мощность — 25 Вт;
- сопротивление громкоговорителя — 4 Ом;
- полоса воспроизводимых частот — от 5 до 300 Гц;
- электропитание — порядка 12-16 В;
- максимальный потребляемый ток — 3 А.

Схема сабвуфера представляет собой усилитель низкой частоты с полосой пропускания 5–300 Гц. Для формирования необходимой АЧХ существует несколько вариантов:

- собственно сам усилитель с нужной АЧХ, формируемой обратными связями;
- включение на входе обычного широкополосного усилителя активных и пассивных полосовых фильтров;
- включение на выходе усилителя активных и пассивных фильтров нижних частот.

Наибольший интерес для качественного формирования необходимой АЧХ представляют пассивные фильтры. У них отсутствуют дополнительные шумы, всякого рода «выбросы» и «провалы», а также полностью отсутствуют нелинейные искажения. Единственным недостатком пассивных фильтров является значительное затухание в полосе пропускания. Но так как сигнал на сабвуфер снимается с выхода усилителя мощности, уже входящего в состав магнитофона или приемника, то этим недостатком можно пренебречь. Фильтр нижних частот формирует АЧХ, пропуская все частоты, начиная с нуля, и «обрезая» высокие частоты на частоте среза. Саму частоту среза легко можно рассчитать по формуле $1/2 \cdot \pi \cdot R \cdot C$ где, частота в герцах, $\rho = 3,14$, сопротивление в омах, емкость в фарадах. Крутизна среза (спада) фильтра зависит от его порядка. Для ФНЧ 1-го порядка, она будет равна 6 дБ на октаву (рис. 1). Для фильтра 2-го порядка крутизна спада АЧХ будет уже 12 дБ/ок-

таву (рис. 2). Для фильтра 3-го порядка — 18 дБ/октаву соответственно (рис. 3).

Из графиков хорошо видно, что чем выше порядок фильтра, тем больше затухание в полосе пропускания. Для фильтра 2-го порядка оно уже будет составлять 20 дБ, т. е. сигнал ослабляется в 10 раз.

Но так как чувствительность усилителей для сабвуфера обычно лежит в пределах 50–250 мВ, а сигнал, снимаемый

с громкоговорителей, составляет порядка 0,5–5 В, то получается идеальное согласование по уровням сигнала. Экспериментальным путем было установлено, что для качественного формирования АЧХ вполне достаточно фильтра 2-го порядка. На всех графиках для оценки затухания на средних частотах 1000 Гц дана контрольная точка А. Номиналы конденсаторов на самих схемах фильтров и в готовой конструкции, несколько отличаются. Это сделано для того, чтобы конструктор сам смог выбрать для своей акустики оптимальный вариант. С достаточной точностью частоты раздела фильтра можно изменить, взяв за основу приведенные выше примеры. Например, чтобы снизить частоту со 100 до 50 Гц, достаточно пропорционально увеличить емкость конденсаторов с 22 до 47 нФ. Можно также увеличить в два раза номиналы резисторов, но не следует забывать, что вход усилителя в этом случае должен быть высокоом-

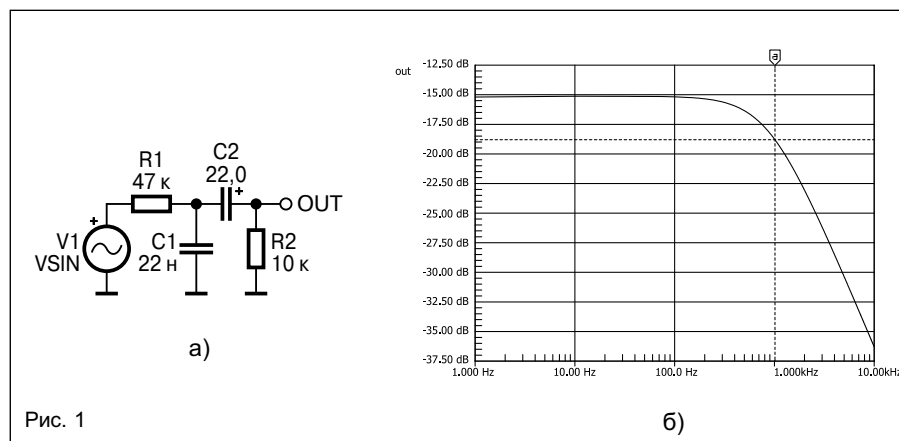


Рис. 1

б)

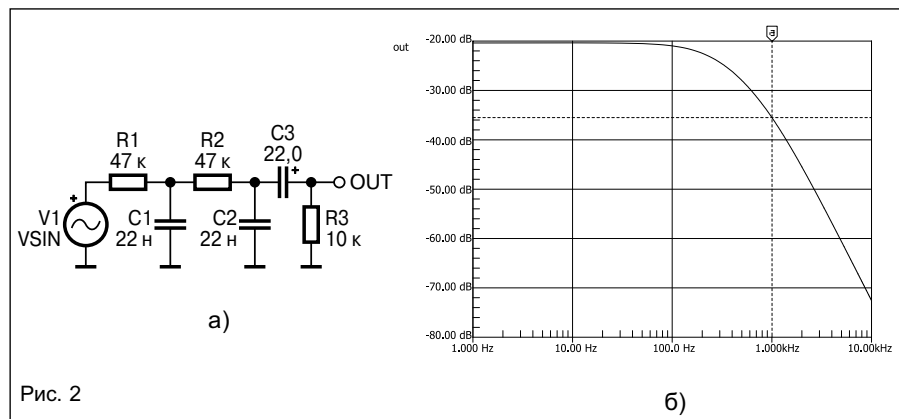


Рис. 2

б)

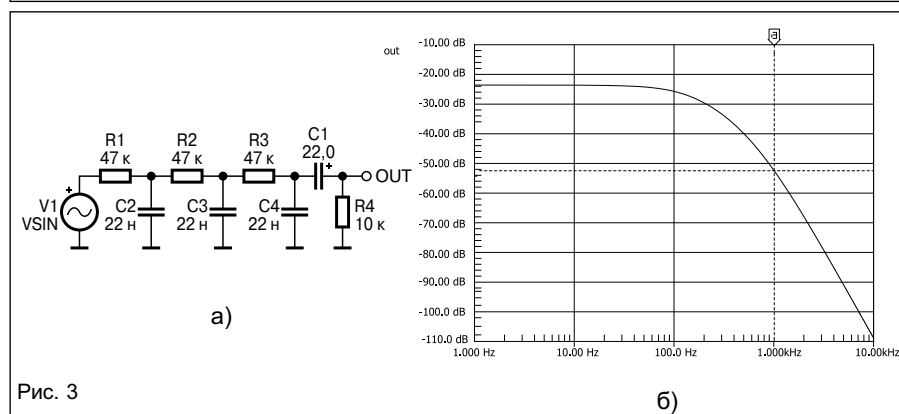


Рис. 3

б)

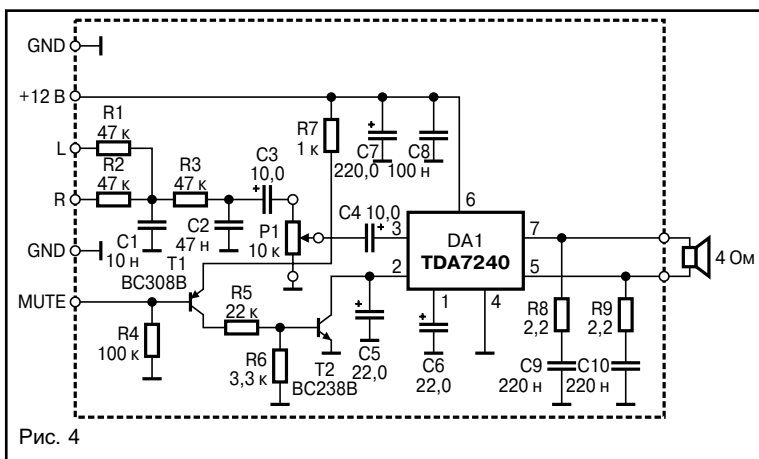


Рис. 4

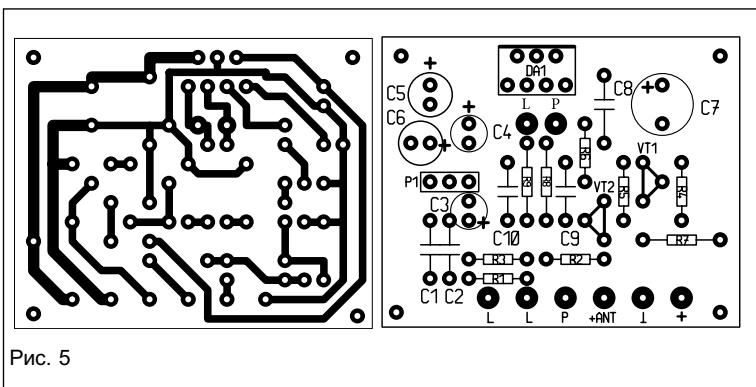


Рис. 5

ным, в противном случае появится дополнительное затухание сигнала в полосе прозрачности.

При выборе нужной АЧХ фильтра и мощности усилителя, был проделан опыт. Гул, имитирующий поездку на автомобиле, был смоделирован при помощи стенда, на котором был установлен работающий двигатель. Было замечено, что наибольшему маскирующему эффекту подвержены именно низкие частоты в диапазоне 5–300 Гц. Чтобы скомпенсировать эти потери, был выбран необходимый частотный диапазон сабвуфера. Суть метода заключалась в подаче звукового сигнала с частотой качания 0,01 Гц в полосе частот 16–16000 Гц на стандартную акустику.

Те частоты, которые были ослаблены маскирующим действием гула (шума), приходилось корректировать при помощи третьоктавного эквалайзера. Таким образом, удалось сформировать характеристику, необходимую для качественного звукового восприятия. На средних и высоких частотах эти расхождения были не столь значительны, и их удавалось скомпенсировать обычным темброблоком, входящим в состав любой магнитолы. В дальнейшем, при проверке во время поездки на реальном автомобиле правильность выбора этого метода удачно была подтверждена независимыми экспертами. В салоне было до пяти человек, включая водителя. Некоторые потери низких частот при полной загрузке, удалось скомпенсировать регулятором громкости в самом сабвуфере.

Схема усилителя, назначение де-

талей и подключение представлено на рис. 4. Собственно сам сабвуфер состоит из усилителя низкой частоты, собранного на микросхеме DA1 TDA7240 и входного фильтра нижних частот на элементах R1, R2, R3, C1, C2, C3. Резисторы R1 и R2 подключаются к сигнальным проводам правого и левого громкоговорителей автомагнитолы. Далее суммированный сигнал проходит через ФНЧ и через разделительные конденсаторы C3 и C4 поступает на вход усилителя. Регулировка уровня производится при помощи потенциометра P1. Активация усилителя осуществляется при помощи ключей на транзисторах T1 и T2. Необходимый для этого уровень составляет +8–12 В снимается с используемой магнитолы. Это позволяет при выключении магнитофона автоматически выключить и сам сабвуфер. Детали T1, T2, R4, R5, R6, R7 можно исключить из схемы. Нагрузка (громкоговоритель) подключается к выводам 5 и 7 микросхемы DA1. Так как на этих выводах относительно «общего» провода есть потенциал, то следует обратить внимание на тщательную изоляцию как самих проводников, так и динамика. Это следует делать в том

случае, если в качестве колонок будут использоваться конструктивные полости самого автомобиля. Вариантов подключения входа Mute великое множество. Выбирается любая точка, в которой при включении магнитолы появляется напряжение +12 В. Это может быть и гнездо для активной антенны, и лампочка подсвета шкалы, и контакты выключателя питания. Желательно в самой магнитоле установить дополнительный резистор величиной 1–10 кОм и сигнал активации подавать на сабвуфер через него. Это позволит в случае случайного замыкания на корпус избежать порчи аппаратуры.

Печатная плата и монтажная схема изображены на рис. 5.

Корпус микросхемы TDA7240 соединен с «общим» минусом, поэтому никаких изолирующих прокладок не понадобится. В качестве радиатора может служить металлическое шасси корпуса или кусок дюрала с минимальным размером с две пачки от сигарет. Провода питания и подключения громкоговорителя обязательно должны быть многожильные и по возможности большой площади сечения. При правильном монтаже и исправных деталях сабвуфер в налаживании не нуждается.

Александр Воробьев,
alex@hit.mldnet.com