

# ФНЧ для сабвуферов и НЧ каналов на MAX292

Александр Торрес, г.Нетания

Идеи многополосного воспроизведения звука отдельными усилителями (би-, три- а т.д. - ампинг) давно используются как радиолюбителями, так и в профессиональных конструкциях аудиотехники, благодаря многим положительным свойствам. С появлением «Домашних Кинотеатров» (далее - ДК) с использованием многоканального звука (Dolby Digital 5.1, 7.1, DTS) повился отдельный канал - «сабвуфер». Также некоторое применение среди не очень требовательных слушателей находит система «трифоник», в которой два стереофонических канала воспроизводятся с ограниченной снизу полосой частот малогабаритными акустическими системами («сателлитами»), а низкие частоты - одним сабвуфером. Наличие сабвуфера полезно также в автомобильных аудиосистемах.

Если в системах ДК сабвуферный канал служит не столько для воспроизведения НЧ (кино это все-таки не музыка), сколько для как «дополнительный канал» для специфических низкочастотных шумов (т.е. звуковых «спецэффектов», далее - просто «взрывов»), то для воспроизведения музыки учитывается тот (относительно спорный) факт, что на НЧ нет стереоэффекта. Границей обычно полагают частоты порядка сотни герц, и для систем невысокого класса - это действительно работает. Говоря же о системах высокого (High-End) класса, здесь лучше иметь нормальные акустические системы, хорошо воспроизводящие низкие частоты. При этом лучше иметь хорошие полочные колонки, с нижней частотой 40-50 Гц, чем плохие напольные, с частотой 20-30 Гц. Под «хорошими» я понимаю не только качество звучания НЧ, но и методику измерений, а точнее - неравномерность частотной характеристики. Глупо сравнивать маленькие полочные колонки, например Triangle Titus, у которых полоса частот указана с 50 Гц, но при неравномерности 2-3 дБ, с многочисленными вариациями на тему S-90, у которых указано не то 20 не то 30 Гц, но при неравномерности 14 дБ: понятно, что первые колонки по качеству звука - «порвут S90 как Тузик тряпку», за исключением конечно любителей не качественного звука, а «чтобы плющило и колбасило» - тут у «Ы»90 равных нет.

Это тем более справедливо, потому что в *реальных* музыкальных произведениях, за редким исключением, частот ниже 40-50 Гц нет. Однако, в некоторых все-же встречаются, например органная или иногда фортепианная музыка (диапазон этих инструментов может начинаться от 16 Гц - даже ниже, чем общепринятые 20 Гц для диапазона человеческого слуха), в некоторых композициях Pink Floyd встречаются звуки нижнего диапазона (16-30 Гц), причем раздельно по стереоканалам.

Учитывая все это, можно сказать, что сабвуфер может быть полезным как дополнительный излучатель суб-низких частот даже в высококачественной аппаратуре, при этом он может быть один (как принято в ДК или трифонике) или два. В последнем случае он может быть дополнением к основным акустическим системам или одним из звеньев этих систем.

Поскольку верхняя частота работы сабвуфера достаточно мала, использовать пассивные фильтры на выходе усилителя конечно можно, но весьма неудобно, да и мощность усилителя, предназначенного для работы с сабвуфером, должна быть в несколько раз (а то и десятков раз) больше, чем требуется для более высоких частот. Поэтому вполне логично, что используются в основном активные сабвуферы, представляющие собой комплекс ФНЧ-усилитель-динамик. Довольно часто частоту среза НЧ делают регулируемой (а нередко и фазу, хотя для суб-НЧ каналов при частотах среза порядка 30-60 Гц можно вполне обойтись и без коррекции фазы).

По поводу выбора частоты среза бытует много мнений, каждое из которых основано на определенных принципах (хотя основополагающий «принцип» - это то, что излучатель должен быть один, перекрывать всю полосу частот и быть малогабаритным, точечным, но такой «идеальный динамик/колонка» - в реале не существует). Лично я противник использования «обычного сабвуфера» кроме как для ДК или автомобиля, (под «обычным» понимается сабвуфер с относительно высокой частотой среза), и считаю, что для высококачественных систем, как уже писалось выше, сабвуфер может быть полезен как суб-НЧ ка-

нал, с низкой частотой среза. Собственно, этим я обосновываю отсутствие коррекции фазы в предлагаемых схемах, но при высокой частоте среза никто не мешает добавить их самостоятельно.

Теперь перейдем к самому ФНЧ. Это довольно незамысловатое устройство, которое может быть построено по любой известной десятилетиями схеме на операционных усилителях, но и как любая аналоговая схема, имеющее ряд недостатков, основными из которых являются нестрогая идентичность каналов, сложность перестройки частоты среза, сложность построения фильтров высокого порядка, особенно - с приемлемой фазовой характеристикой. Однако, электроника не стоит на месте, и уже достаточно давно существуют т.н. «схемы на переключаемых конденсаторах», управляемые цифровыми сигналами, одним из представителей таких фильтров является предлагаемая MAX292.

MAX292 - это фильтр низших частот с характеристикой Бесселя, т.е. имеющей хорошую фазовую характеристику - см. **рис. 1**, где кривая «А» соответствует входному сигналу (меандру) с генератора, частотой 30 Гц, кривая «В» - выходному сиг-

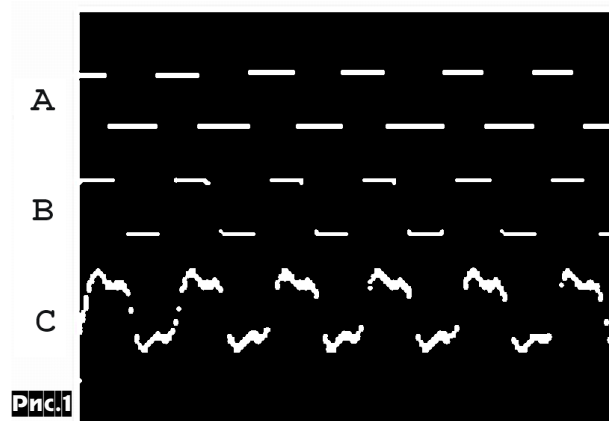


Рис.1

налу фильтра Бесселя, и кривая «С» - выходному сигналу фильтра Баттерворта. Частота среза фильтра - 100 Гц, (т.е. даже достаточно далеко от частоты среза фильтр Баттерворта сильно меняет сигнал, фильтр же Бесселя - передает без искажений), 8-го порядка (попробуйте реализовать этой на дискретных элементах!), низкочастотный (около 15 мА), малогабаритный (8-ногий корпус), и почти не требующий дополнительных элементов для своей работы! Простейшая схема ФНЧ приведена на **рис. 2**.

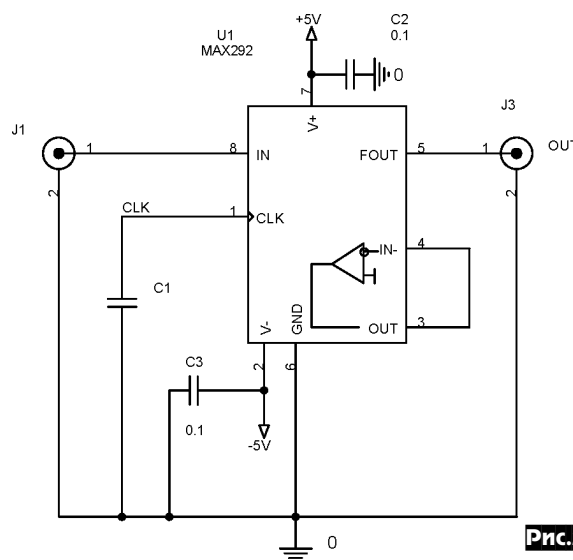


Рис.2

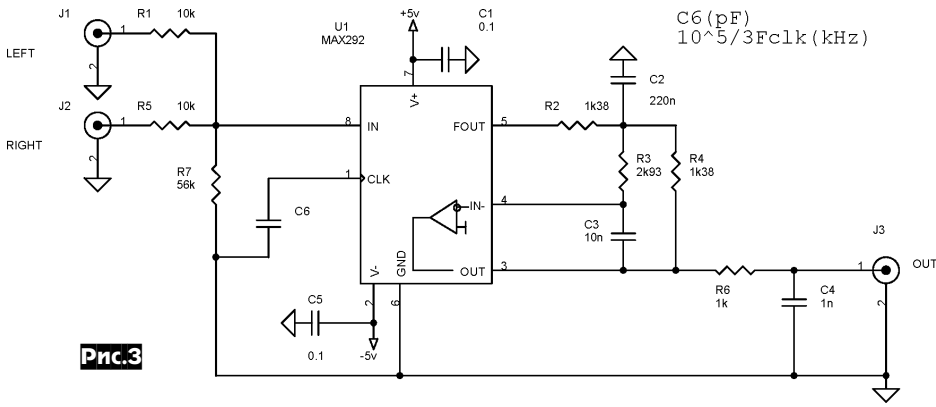


Рис.3

Частота среза MAX292 зависит только от тактовой частоты (и равна ее 1/50), поданной на вход «CLK», причем это может быть как внешняя частота, поданная с любого генератора, так и внутренний генератор микросхемы, для использования которого достаточно всего лишь подключить конденсатор между этим входом и общим (схема на рис.2 использует внутренний генератор, но, забегая вперед, отмечу - ниже будет рассмотрена схема с внешним генератором, и перестройкой частоты среза от 40 до 800 Гц). Емкость этого конденсатора в пикофарадах равна  $10^5/3F$ , где F - тактовая частота в кГц (наминалу, что для MAX292 - тактовая частота в 50 раз выше частоты среза). В случае использования внешней частоты это должен быть прямоугольный сигнал, близкий к меандру (допускается несимметричность 40/60%), с уровнями 0 и +5 В.

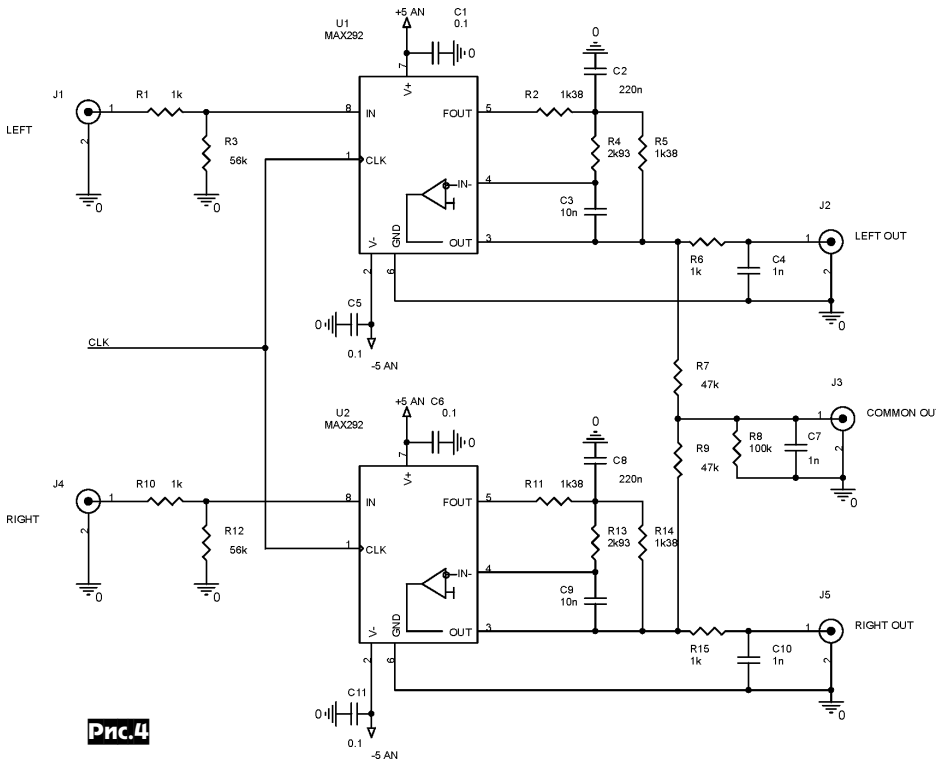


Рис.4

Микросхема MAX292 кроме самого фильтра содержит операционный усилитель, неинвертирующий вход которого соединен с общим проводом, а инвертирующий вход и выход - выведены наружу. Его можно использовать как входной или выходной буфер, в общем это зависит от конкретного применения. Например, на рис.3 показано использование этого операционника как дополнительного ФНЧ 2-го порядка. Фильтр имеет частоту среза около 2 кГц и служит для дополнительного подавления тактовой частоты («пролаза» ее в аналоговый канал), хотя обычно это не требуется - подавление тактовой частоты в MAX292 весьма неплохое.

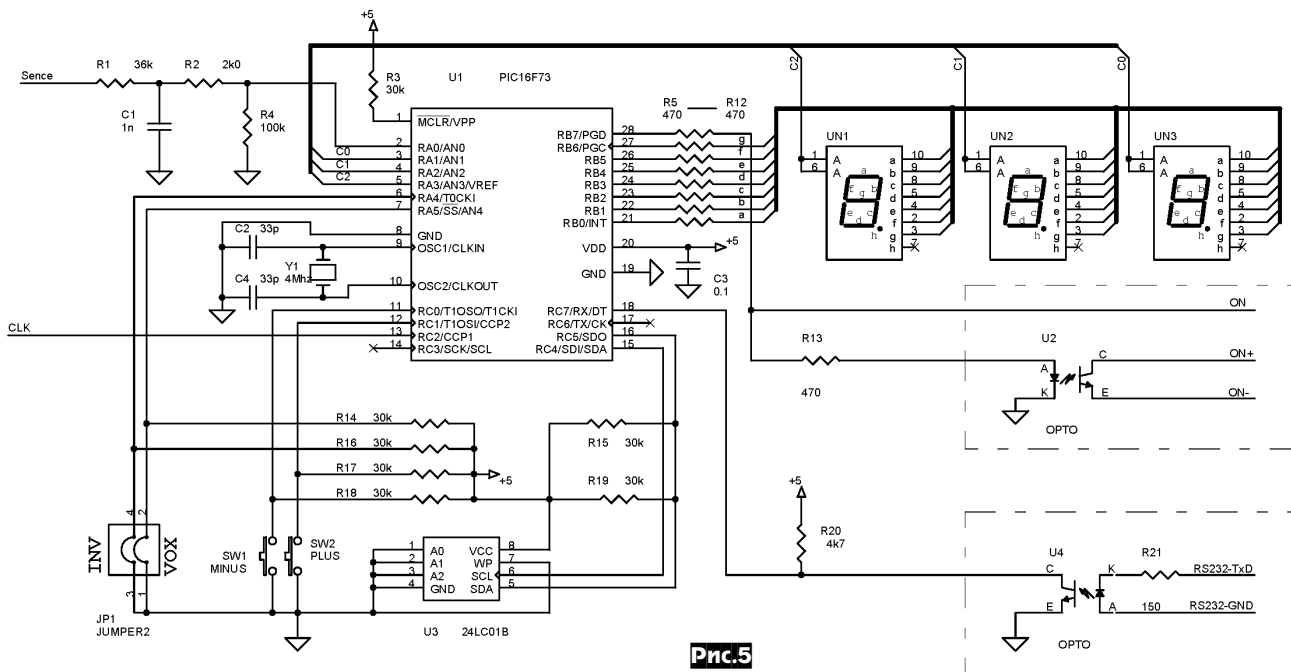


Рис.5

