

Описание схемы.

3-х полосный кроссовер (далее – к.) предназначен для разделения звукового сигнала на 3 полосы в соответствии с выбранными частотами раздела. В к. использована аппроксимация по Релею- Линквицу (Reley – Linqitc), обеспечивающая крутизну скатов фильтров 24 дБ/октаву, суммарную линейную АЧХ и совпадение фазы на частотах раздела в смежных полосах. Однако схема выполнена не по оригинальной схеме, предполагающей 2 последовательно включённых ФНЧ или ФВЧ 2-го порядка с аппроксимацией по Баттерворту, а по схемотехнике т.н. State Variable Filter, позволяющей получить простоту в регулировке и согласование частот раздела соседних полос за счёт увеличения количества ОУ – 5 против 4-х на одну полосу при классической реализации.

К. выполнен в виде одноканальной ПП. Для стереоварианта необходимо 2 платы. В случае выполнения к. отдельным блоком следует обратить внимание на отсутствие разделительных конденсаторов на входе и выходах, а также – узлов для предотвращения переходных процессов при включении/выключении питания. Это связано с тем, что к. предназначен, в первую очередь, для использования его, как часть схемы активных АС, где все это уже предусмотрено.

Схема состоит из следующих частей:

1. Входной балансный каскад на ОУ U7B
2. Фильтр НЧ - СЧ+ВЧ на ОУ U1A, U1B, U2A, U2B, U3A
3. Буферный каскад ВЧ на ОУ U3B
4. Фильтр СЧ/ВЧ на ОУ U4A, U4B, U5A, U5B, U6A
5. Буферный каскад СЧ на ОУ U6B
6. Буферный каскад ВЧ на ОУ U7A

Входной каскад на ОУ U7B обеспечивает работу от противофазного источника сигнала и выполнен по схеме балансного ФНЧ. Номиналы, указанные на схеме, обеспечивают частоту среза около 28 кГц, аппроксимацию по Бесселю 2-го порядка и коэффициент передачи +1. Частота среза, усиление, вид аппроксимации, при необходимости, могут быть легко изменены. Для этого можно воспользоваться программами проектирования фильтров, например [FilterPro](http://www.ti.com) – бесплатная от Texas Instruments (www.ti.com)

Если источник сигнала для к. является несимметричным (небалансным), то входной каскад можно упростить. Варианты выполнения схемы несимметричного входного буфера в виде ФНЧ 1-го и 2-го порядка показаны на третьем листе.

Фильтр НЧ /СЧ+ВЧ на ОУ U1A, U1B, U2A, U2B, U3A разделяет сигнал на полосы выше и ниже частоты раздела НЧ/СЧ. Номиналы пассивных компонентов выбираются, исходя из частоты раздела и имеющихся компонентов. Следует отметить, что частоту раздела задают лишь идентичные RC цепи: **R4 C1, R5 C2, R6 C3, R7 C4** (показаны на схеме **красным цветом**); а резисторы **R1, R2, R3, R8, R10, R11, R12** (показаны на схеме **зелёным цветом**) задают коэффициенты передачи отдельных звеньев фильтра. Таким образом, расчёт номиналов пассивных элементов происходит следующим образом: по выбранной частоте раздела и имеющимся конденсаторам рассчитывают номинал резисторов **R4 = R5 = R6 = R7 = F/0,159C**. Для упрощения задачи можно воспользоваться файлом в формате xls. Номиналы резисторов желательно получить в диапазоне 2кОм – 30кОм. Меньшие значения нежелательны из-за ухудшения работы ОУ на низкоомную нагрузку, а большие – из-за ухудшения помехоустойчивости.

Резисторы **R1, R2, R3, R8, R10, R11, R12** на частоту раздела не влияют и рассчитываются по следующим соотношениям : **R3 = R8 = R11 = R; R1 = R2 = 0,354R; R10 = 0,25R; R12 = 1,52R**. Для облегчения расчетов можно воспользоваться тем же файлом. Поскольку **R3 = R8 = R11**, то этот номинал задаётся, как исходный, из

имеющихся в наличии резисторов. Номиналы резисторов R1, R2, R3, R8, R10, R11, R12 так же желательны в диапазоне 2кОм – 30кОм.

На ОУ U3B собран буферный каскад. Подстроечный резистор R13 позволяет регулировать уровень НЧ сигнала при настройке многополосной системы в целом для компенсации различия в параметрах усилителей и головок. Цепочка R15, C6, R16 снижает влияние ВЧ помех со стороны выхода, особенно – при работе на длинный кабель.

Фильтр СЧ/ВЧ на ОУ U4A, U4B, U5A, U5B, U6A разделяет сигнал, полученный после первого фильтра на полосы выше и ниже частоты раздела СЧ/ВЧ. На ОУ U6B выполнен выходной буфер СЧ, на ОУ U7A – буфер ВЧ. Схемотехника этой части идентична уже рассмотренному выше фильтру НЧ/СЧ, за исключением номиналов пассивных элементов, рассчитываемых, исходя из требуемого значения частоты раздела СЧ/ВЧ.

Каждый вывод питания ОУ зашунтирован на землю конденсаторами C19 – C25, C27 – C33. Конденсаторы C26, C34 и резисторы R39, R42 осуществляют общую фильтрацию напряжений питания. Кроме того, резисторы R39, R42 снижают влияние ёмкостной нагрузки на стабилизаторы питания.

Питание к. от стабилизированного двухполярного источника + - 15В, ток потребления не более 60 мА

Детали и возможная замена.

В качестве ОУ могут применяться сдвоенные ОУ в корпусе DIP-8, пригодные к применению в звуковых цепях, например ОРА2132, ОРА2134. Из самых распространённых – NE5532.

В качестве частото задающих конденсаторов на печатной плате предусмотрена установка конденсаторов типа K71-7. Из плёночных конденсаторов с полистирольным или полипропиленовым диэлектриком с допуском 1% они оптимальны как по цене, так и по доступности. Замена возможна на отечественные K71-4, K71-5, K78-2, K78-28. Из импортных - Epcos серий B32xxx, Wima серии FKP2. Однако, почти все эти конденсаторы имеют допуски хуже 1% и могут потребоваться измерения и подбор. Конденсаторы C15, C16, C17, C18 типа SMD 0805 NP0 с точностью 5%.

Использование керамических, кроме керамики NP0 конденсаторов или плёночных конденсаторов типа K71-17 или аналогичных, нежелательно.

В качестве конденсаторов C26 и C34 желательно использовать алюминиевые электролитические конденсаторы типа ultra low ESR, например Panasonic серий FK, FM. Печатная плата позволяет установить как выводные электролиты, так и SMD конденсаторы на место C26 и C34. В случае отсутствия такого типа допустимо использование электролитов типа low ESR или обычных, подходящих по габаритам и напряжению.

В качестве блокировочных C19 – C19, C27 – C33 использованы конденсаторы типа SMD 0805, желательно - X7R. Возможна замена на конденсаторы меньшей ёмкости и с другим типом керамики.

В качестве резисторов используются металлоплёночные резисторы, отечественные или импортные. Желательно применять резисторы с однопроцентным допуском, имеющие, кроме точности, ещё и стабильность параметров. Полученные расчётом номиналы, как правило, не соответствуют стандартным рядам резисторов, поэтому нужный номинал можно получить последовательным и/или параллельным соединением нескольких резисторов для получения отклонения от рассчитанного не более 1%. Номиналы резисторов и конденсаторов, использованные в схемах буферов (R9, R13, R15, R16, R25, R28, R29, R30, R31, R32, R34, R35, R36, R37, C5, C6, C11, C12, C14), цепях питания (R39, R42, C19 – C34) и, при небалансном исполнении,

входном буфере не критичны и могут быть изменены. При подборе и измерениях резисторов точность распространённых цифровых тестеров вполне достаточна, так как здесь важна относительная согласованность номиналов.

В качестве входного разъёма и разъёма питания используются прямые 3-х контактные винтовые клеммы типа 300-031-12, в качестве выходных - прямые 2-х контактные винтовые клеммы типа 300-021-12.

В качестве элементов установки резисторов для подбора частоты (CON1 – CON8) используются угловые 2-х контактные клеммы типа 310-021-12.

Изменение частот раздела

В схеме предусмотрена возможность изменения частот разделов для выбора оптимального варианта. Для этого на ПП могут быть установлены винтовые клеммники CON1 – CON8 (на электрической схеме не показаны). Они подключены параллельно соответственно резисторам R1 - R4 и R20 – R23. В эти клеммники, в свою очередь, могут устанавливаться резисторы, используемые для изменения частоты. Кроме резисторов, в эти клеммы возможно установить дополнительные платы регулировки частот. На эти платы могут быть смонтированы набор резисторов, коммутируемых переключателями, реле или переключателями. Кроме того, представляется возможным получить плавную и оперативную регулировку при использовании VCO (электронно-управляемых усилителей) типа SSM2164. Дополнительные платы могут быть изготовлены самостоятельно как на макетке, так и печатным способом. При наличии достаточного числа желающих можно будет заказать промышленное изготовление подобных плат.

Налаживание

При отсутствии ошибок в монтаже и правильности номиналов деталей к настройке не требует. При возможности желательно снять АЧХ устройства. При подборе частот раздела изменением номиналов резисторов необходимо следить за согласованностью их номиналов.