

Этот FAQ составлен участниками эхи su.hardw.audio сети FIDONet при обсуждении различных вопросов конструирования hi-fi аудио и также на основе обмена информацией при личной переписке. Все вопросы по модификации и воспроизведению данного FAQ следует согласовывать с координатором проекта FAQ в su.hardw.audio или ответственным за этот раздел проекта.

**Q0. Почему нужно обязательно прочитать Q1 и A1?**

**Q1. Как использовать список?**

**Q2. Конденсаторы в сигнальные цепи.**

**Q3. Конденсаторы в другие цепи (питания и пр.).**

**Q4. Какие конденсаторы нельзя применять совсем?**

**Q5. Есть ли разница между резисторами?**

**Q6. Влияют ли на звук провода?**

**Q7. Как быть с трансформаторами?**

**Q8. Какие использовать регулировочные элементы?**

**Q9. В моей схеме есть цепи, которые необходимо коммутировать, как это лучше сделать?**

**Q10. Где получить дополнительную информацию по теме?**

-----  
**Q0. Почему нужно обязательно прочитать Q1 и A1?**

**A0.** Потому что информация, приведенная в остальных пунктах, не является неоспоримой истиной, а предназначена в основном для сокращения метаний и поисков конструктора, так как представляет собой лишь попытку сформулировать и изложить в сжатой форме практический опыт людей (посчитавших возможным высказаться), многие из которых посвятили конструированию аудио долгие годы, как профессионально, так и любительски, по применению пассивных компонентов в аудиоаппаратуре высокой верности.

**Q1. Как использовать список?**

**A1.** Чтобы список оказался полезным, нужно твердо помнить следующие утверждения:

-слуховое восприятие очень субъективный процесс, существуют порой прямо противоположные мнения о том, каким должен быть звук

-единственным критерием, позволяющим сделать вывод о правильности применения того или иного компонента в данной конкретной конструкции, является контрольное прослушивание

-звуковые конструкции требуют повышенного внимания к свойствам пассивных элементов (конденсаторам, резисторам, индуктивностям, монтажным и коммутирующим элементам). Каждый из них кроме очевидных параметров, связанных с непосредственной функцией элемента, имеет особенности, обусловленные физико-химическими свойствами примененных материалов, а также используемыми физическими эффектами. Эти особенности приводят к изменениям исходного сигнала и должны быть обязательно учтены при конструировании аудиотехники высокой верности

-необходимо отдавать себе отчет в том, что должна существовать некоторая разумность с точки зрения затрат на конструкцию. Совершенно ясно, что заботиться о хороших конденсаторах в усилителе мощности для компьютерной звуковой карты на одной из микросхем TDA нужно явно не всегда, а делать селектор входов к мегафону на реле с золотыми контактами – пустая трата времени и денег. Подавляющее большинство конструкций невозможно объективно улучшить применением сетевого шнура из серебра, но тем не менее, неудачно выбранный резистор может погубить гениальное схемотехническое решение

-вопросы монтажа и взаимного расположения компонентов обычно являются существенно более важными, чем содержание драгметаллов в обкладке конденсатора или количество девяток после запятой в составе медного провода

-предметом данного FAQ не является рассмотрение схемотехнических решений, позволяющих минимизировать влияние на сигнал пассивных компонентов, хотя необходимо, конечно, учитывать область применения, скажем ламповую и полупроводниковую технику (условия работы компонентов совершенно разные), наличие/отсутствие экстремальных токов или напряжений и тому подобных вещей

-общая концепция домашнего хандмэйд аудио может быть сформулирована примерно так: отказ от сервисных функций и стремление к минималистическим схемным решениям в цепях прохождения сигнала в пользу внесения минимальных искажений (разного рода). К счастью, в этом случае конструктор находится в более выигрышном положении в том смысле, что перед ним не стоит задача обеспечения высокой повторяемости устройства при массовом производстве, а также он избавлен от необходимости создавать "примочки", имеющие в основном маркетинговые цели. В этом случае можно сосредоточиться на тщательном подборе деталей, причем как пассивных, так и активных, не только по типу, но и по конкретному образцу

## **Q2. Конденсаторы в сигнальные цепи.**

**A2.** Следует по возможности вообще избегать конденсаторов в сигнальных цепях.

В настоящий момент принято считать, что наиболее приятное звучание в ламповых конструкциях создают конденсаторы с бумажно-масляным диэлектриком (paper in oil).

Лучший из отечественных к40-у\*, можно также (в порядке убывания качества) МБГВ, МБГЧ, МБГО (собственно начинку обязательно аккуратно извлечь из стального корпуса, удалить излишки масла, при необходимости откорректировать емкость путем перемотки и надежно закрепить, для чего с успехом применяются термоусадочные трубки, при усадке которых важно не допустить перегрева содержимого). Немного хуже МБМ, БМ-2, самый худший тип – бумажный без масла к42-\*

Из импортных очень хороши изделия фирмы Jensen, считающиеся аудиофильскими.

Такие конденсаторы несколько хуже работают при малых поляризующих напряжениях, поэтому в транзисторных схемах желательно сравнить их звучание с "пленочными", которые могут показать лучшие результаты. Очень хорошо бумажно-масляные конденсаторы подходят для кроссоверов акустических систем.

Качество "пленочных" (Film) конденсаторов (с органическим диэлектриком) напрямую зависит от материала диэлектрика, распространены следующие типы (в порядке убывания предпочтения):

Полистирольные k70-\*, k71-\* Polystyrene

Полипропиленовые k78-\* Polypropylene МКР

Фторопластовые ФТ, ФЧ, k72-\*

Поликарбонатные k77-\* Polycarbonate МКС

Из импортных следует рекомендовать аудиофильские фирмы MultiCap. Кроме них отличается высоким качеством продукция Solen, Rifa/Evox, Wima, Philips, S+M и других фирм. Материал диэлектрика и другие характеристики следует уточнить по документации производителя.

На звучание оказывает влияние также конструкция конденсатора. Обычно фольговые звучат лучше металлизированных, хотя и имеют большие габариты.

Не вызывает возражений применение слюдяных конденсаторов, особенно с серебряными обкладками (Mica, Silver mica) - КСО с индексом "Г", СГМ, ССГ, k31-\* В случае необходимости применения малых номиналов, слюда порой остается единственным выходом.

В самом крайнем случае, если нужна емкость в 10-1000 пикофард, можно попробовать применить керамику с малым ТКЕ, до M150/P100 бывает, что используемый диэлектрик не обладает чудовищно выраженными пьезо- и сегнето-диэлектрическими эффектами, приводящими самое малое к множественным паразитным обратным связям. Лучше, однако, все же подумать о слюдяных, серия отечественных K31-\* вполне доступна.

Электролитические конденсаторы особенно плохо работают с малыми сигналами (требуется выраженная поляризация постоянным напряжением, близким к номинальному), поэтому совершенно нельзя их применять в сигнальных цепях полупроводниковых схем, и если уж нельзя избежать их применения, то надо выбирать напряжение поляризации минимум в несколько раз (лучше в 10) больше, чем максимально возможное амплитудное значение полезного сигнала. Ставить в слабосигнальные цепи по возможности самые лучшие специализированные конденсаторы, убедившись по документации в именно таком предназначении той или иной серии, например легендарные Black Gate (серий К, FK, хуже С, если требуются неполярные, то NX, N, NH) или ELNA (серий cerafine ROA, silmic ROS, или хуже starget ROD), наиболее популярные в промышленной аппаратуре высокого класса. Изделия audiograde разрабатываются также и многими другими авторитетными компаниями, серьезно инвестирующими в науку и технологии - Sanyo, Marconi, Philips (021, 041), Siemens и другими.

Можно попробовать комбинировать конденсаторы различных типов, включая их параллельно, таким образом можно подобрать подходящие оттенки звучания, однако практика шунтирования оксидного конденсатора пленочным или масляным, является не очень хорошей.

### **Q3. Конденсаторы в прочие цепи.**

**A3.** На самом деле, если мысленно замкнуть цепь питания в один контур с нагрузкой и усилительными каскадами, окажется, что источник питания также является сигнальной цепью, отсюда высокие требования к конденсаторам сохраняются. Особенностью таких схем является необходимость присутствия конденсаторов большой емкости и рассчитанных на сильные токи, а также обладающих малым импедансом (ESR). Такие конденсаторы как правило электролитические и протекающие в них процессы ионные, что сильно сказывается на качестве звучания. Одно-

значно можно сказать, что традиционные алюминиевые электролитические конденсаторы (k50-24, k50-35) намного более предпочтительны, чем убивающие звучание танталовые k52, оксидно-полупроводниковые k53 и объемно-пористые.

Как уже говорилось, некоторые фирмы специально проектируют некоторые группы своих изделий для применения в аудио, или даже специализируются на этом, поэтому лучше по возможности применять именно такие специальные конденсаторы в источники питания звуковой аппаратуры. Наиболее известны Black Gate (Standart, WKZ, WK), ELNA (LPO-I, LPO-II), LCR, Sprague и другие. Из старой аппаратуры можно иногда извлечь оксидники весьма хорошего качества, например FRAKO и RDE, которые сейчас не выпускаются, следует лишь учесть их возможное старение и, если удастся, "потренировать".

Что касается емкостей малых номиналов (помехоподавляющие и другие сервисные цепи, через которые сигнал как таковой не проходит), то здесь допускается применять полиэтилентерефталатные (лавсановые k73, polyester, mylar, за рубежом маркируются как MKT) конденсаторы, обладающие хорошей надежностью и стабильностью параметров, но портящих звук, а также конденсаторы комбинированного типа (k75, k76).

#### **Q4. Какие конденсаторы нельзя применять совсем?**

**A4.** Все типы керамических конденсаторов k10, км4/5/6, ктк, клс, кд и пр (за исключением рассмотренного выше случая). Все типы танталовых (k52), оксидно-полупроводниковых (k53), объемно-пористых. Любые ионисторы. Все оксидные конденсаторы понаше производства, а также большинство отечественных (старые уже пришли в негодность, в новых большой процент брака), хотя иногда и можно отобрать приличные.

#### **Q5. Есть ли разница между резисторами?**

**A5.** Есть. По поводу резисторов продолжают споры, некоторые считают, что металлооксидные и металлодиэлектрические резисторы (млт, с2-\*) делают звук сухим и вообще обогащают сигнал неприятными искажениями, а также обладают меньшей перегрузочной способностью, другие обвиняют углеродистые (с1-4, вс) в высоком уровне шумов, детектирующем эффекте и низкой точности изготовления. В ламповых схемах предпочтительнее углеродистые, в транзисторных возможны металлооксидные и металлодиэлектрические. Наилучшим вариантом, вероятно, является применение танталовых резисторов, если ваша схема действительно позволяет слышать разницу.

Необходимо учитывать, что резисторы некоторых типов имеют зависимость сопротивления от приложенного напряжения и частоты. Общее правило использовать резисторы с большим запасом по допустимой мощности, большие габариты благотворно сказываются на звуковых качествах.

Качество резисторов у большинства крупных производителей примерно одинаково, хотя есть и резисторы элитных сортов, например Vishay, Caddock и другие стоимостью \$6 за штуку. Из танталовых многие предпочитают AudioNote.

#### **Q6. Влияют ли на звук провода?**

**A6.** Несомненно, влияют. Однако влияние материала проводника и/или его изоляции существенно меньше, чем, например, его монтажное расположение. Кроме этого, существуют схемотехнические решения, позволяющие минимизировать влияние проводов, например согласование импедансов, применение балансных входов/выходов в межблочных соединениях, устройства компенсации сопротивления проводов и прочие, хотя многие сторонники бескомпромиссных решений относятся к этому скептически.

Только личный опыт может позволить решить вопрос влияния проводов на звук.

Лучшим материалом проводника являются серебро и бескислородная медь (OFC) высокой очистки. Нужно помнить, что лужение и серебрение меди часто ухудшает звучание (к силовым цепям это ощутимо не относится). Часто встречаются положительные отзывы о звуковых свойствах константановых проводов. В особенных случаях имеет значение профиль проводника. Изоляция также крайне важна, хорошая изоляция часто многослойная, материалы - фторопласт и полиэтилен, лучше сплошные, лак и лакоткань. ПВХ и резина намного хуже. В большинстве конструкций монтаж проводами МГТФ или ПЭВ-2 вполне оправдан. При монтаже следует стремиться уменьшить количество паек, поэтому очень многие, даже транзисторные схемы собираются навесным способом, когда выводы деталей припаяны (еще лучше приварены) непосредственно друг к другу. Припой не должен содержать активных флюсов, примерный состав - 96% олова, 4% серебра.

Разъемы также остаются критичным элементом конструкции. Во-первых, нужно снизить их число в тракте до минимума. Во-вторых, лучшим материалом для них остается медь, только в данном случае покрытие золотом или другим слабо окисляемым металлом необходимо в большинстве случаев. В настоящий момент большинство конструкторов отказалось от использования пятиштырьковых разъемов DIN и их советских аналогов. Наиболее распространены в звуковой технике RCA и XLR, хотя если не стоит задача совместимости с чужим оборудованием, вполне можно поэкспериментировать с отечественными разъемами РС4(А)ТВ, РС10(А)ТВ и массой других, разработанных для военных и прочих нужд.

#### **Q7. Как быть с трансформаторами?**

**A7.** Трансформаторы являются определяющим элементом в ламповых конструкциях, а часто и в транзисторных, поэтому заслуживают отдельного рассмотрения. Отличная статья с рекомендациями Е.Васильченко находится в Интернет по адресу

<http://www.chat.ru/~charmell/>

Она была также опубликована в нескольких номерах журнала РадиоХобби в 2000 году.

#### **Q8. Какие использовать регулировочные элементы?**

**A8.** Переменные резисторы в большинстве случаев несколько хуже их эквивалента на хорошем герметичном многопозиционном механическом переключателе с контактами, покрытыми родием, и набора аудиофильских постоянных резисторов, приваренных к его выводам. Однако ни опытные самодельщики, ни солидные и уважаемые фирмы, не избегают ставить в свои устройства потенциометры фирм ALPS, TKD, Noble, иногда моторизованные, во всяком случае, их качество будет превосходить механический переключатель, изготовленный с компромиссами.

Следует помнить, что в отличие от советских стандартов, за рубежом предназначенные для регуляторов громкости (с обратной логарифмической зависимостью) потенциометры очень часто, хотя и не всегда, маркируются как группа "А".

Что касается подстроечных резисторов, то это могут быть любые, допускающие плавную и точную подстройку сопротивления, так-как в любом случае после регулировки следует установить постоянные резисторы подобранного номинала (исключением является техника для магнитной записи). Если регулировка осуществляется на слух, то следует сразу применять постоянные резисторы того типа, который будет задействован в готовой конструкции.

Из конкретных марок можно рекомендовать отечественные СПЗ-19а/б или очень качественные импортные Bourns (сверьтесь с документацией).

**Q9. В моей схеме есть цепи, которые необходимо коммутировать, как это лучше сделать?**

**A9.** Качество и надежность коммутационных устройств - одно из самых больших мест в тракте. Общепринятого однозначного ответа на этот вопрос пока не существует, ясно лишь, что к таким элементам нужно относиться достаточно серьезно. Нелинейность, вносимая контактом, может быть сильнее, чем кажется на первый взгляд. Лучшее решение - применение слаботочных герметизированных реле (РЭС-49, РЭС-60 и др.), контактные группы которых покрыты золотом или палладием (обязательно сверьтесь со справочником, должна быть указана возможность работы с малыми токами и материал покрытия, золото и палладий применялись в реле только нескольких паспортов и не во все года выпуска). Надо учесть, что многие отечественные реле предназначены для бортового применения, посему имеют в ТУ завышенные величины по току удержания. Реально в домашних условиях они устойчиво работают при токе, меньшем на 20 - 40%. Запитывать реле необходимо от стабилизированного источника. Можно попробовать и герконовые реле, и управляемые переключатели серии РПС, уточнив их параметры и материал контактов по справочнику.

Что касается механических переключателей, то следует по возможности воздержаться от применения простых обычных переключателей с облуженными или посеребренными контактами (П2К и подобные). Основные проблемы - неизбежное окисление (почернение) покрытия, так как большинство конструкций негерметично, и, кроме того, низкая износостойкость серебра, которая приводит к ускоренному износу покрытия (что особенно быстро происходит на советских переключателях с врубными контактами), проблема износа лишь отчасти может быть решена применением монолитных серебряных контактов.

Герметичные переключатели типа галетных выпускались в СССР самых разных типов, так что выбор есть. Так же, как и в реле, хорошие результаты дают в качестве покрытия золото и палладий, но наилучшим, как принято считать, является покрытие родием, в этом случае к малому переходному сопротивлению контакта прибавляется высокая износостойкость.

Область применения полупроводниковых коммутаторов и мультиплексоров ограничивается транзисторными схемами, характер искажений довольно близок к обычно наблюдаемым в МДП-транзисторах при низковольтном питании. Лучше ориентироваться не на универсальные аналоговые ключи, а на специально разработанные для звуковой техники, например tda1029 или более современную ssm2404.

**Q10. Где получить дополнительную информацию по теме?**

**A10.** На WWW сайтах компаний-производителей. Достаточно полный их список находится на

<http://www.electronet.com>

С зарубежным практическим опытом можно ознакомиться в архиве форума по аудио <http://www.audioasylum.com/audio/tweaks/bbs.html>

А также в архивах соответствующих групп сети Usenet.