



Разделы

- » Главная
- » Новости
- » Софт
- » Статьи
- » Видео
- » Блог
- » Форум

Поиск по сайту



Популярное

- > [foobar2000 + плагины](#)
- > [Настройка звука](#)
- > [Драйвера Creative X-Fi](#)
- > [foobar2000 by Audiophile](#)
- > [Кодеры и утилиты](#)
- > [Настройка конвертера](#)
- > [Audiophile's Software](#)
- > [LAME + настройка](#)
- > [Драйвера SB Audigy](#)
- > [Настройка видео](#)

Персональная настройка

[Главная](#) » [Статьи](#) » [Теория](#)

Наушники и выходной импеданс усилителя

10 Февраля 2014, 19:57

ПРОЛОГ: Выходной импеданс выхода под наушники является одной из самых распространенных причин, почему одни и те же наушники могут звучать по-разному в зависимости от того, куда они включены. Этот важный параметр редко указывается производителями, но в то же время может послужить причиной существенных различий в качестве звучания и в значительной степени повлиять на совместимость наушников.

ВКРАТЦЕ: Всё, что вам действительно надо знать, это что большинство наушников лучше всего работают, если выходной импеданс устройства менее 1/8 импеданса наушников. Так, для примера, для 32-омных Grados выходной импеданс должен быть максимум $32/8 = 4$ Ом. Etymotic HF5 — 16-омные, потому максимальный выходной импеданс должен быть равен $16/8 = 2$ Ом. Если вы хотите быть уверены, что источник будет работать с любыми наушниками, удостоверьтесь, что его выходной импеданс менее 2 Ом.

ПОЧЕМУ ВЫХОДНОЙ ИМПЕДАНС ТАК ВАЖЕН? Как минимум по трем причинам:

- Чем больше выходной импеданс, тем больше падение напряжения при меньших импедансах нагрузки. Это падение может быть достаточно большим, чтобы помешать «раскачать» низкоомные наушники до нужного уровня громкости. В качестве примера можно привести [Behringer UCA202](#) с выходным импедансом 50 Ом. Он сильно проигрывает в качестве при использовании 16 — 32-омных наушников.
- Импеданс наушников зависит от частоты. Если выходной импеданс намного больше нуля, это значит, что напряжение, падающее на наушниках, также будет изменяться с частотой. Чем больше выходной импеданс, тем больше неравномерность частотной характеристики. Разные наушники будут взаимодействовать по-разному (причем обычно непредсказуемо) с разными источниками. Иногда эти различия могут быть значительными и вполне ощутимыми на слух.
- По мере того, как выходной импеданс увеличивается, уменьшается коэффициент демпфирования. Уровень басов, который рассчитывался для наушников при проектировании, при недостаточном демпфировании может существенно снизиться. Низкие частоты будут более гудящими и не такими четкими (размазанными). Переходная характеристика ухудшается, при этом страдает глубина басов (больше спад на низких частотах). Некоторым людям, вроде тех, кому нравится «теплый ламповый звук», такой недодемпфированный бас может даже прийтись по вкусу. Но в абсолютном большинстве случаев это даёт менее честный звук, чем при использовании низкоомного источника.

ПРАВИЛО ОДНОЙ ВОСЬМОЙ: Для минимизации каждого из вышеописанных эффектов необходимо всего лишь обеспечить выходной импеданс хотя бы в 8 раз меньший, чем импеданс наушников. Еще проще: поделите импеданс наушников на 8 и получите максимальный импеданс усилителя, позволяющий избежать слышимых искажений.

ЕСТЬ ЛИ КАКОЙ-ТО СТАНДАРТ ДЛЯ ВЫХОДНОГО ИМПЕДАНСА? Единственный такой стандарт, который я знаю — IEC 61938 (1996 г.). Он устанавливает требование к выходному импедансу в 120 Ом. Есть несколько причин, почему эти требования устарели, и вообще не являются хорошей идеей. В [статье Stereophile](#) о стандартном значении 120 Ом говорится буквально следующее:

«Кто бы это не написал, он явно живет в мире грез»

Авторские статьи

- > [Настройка вывода звука](#)
- > [Настройка X-Fi @ Windows 7](#)
- > [Настройка конвертера](#)
- > [Сравнение lossless](#)
- > [Сравнение lossy](#)
- > [Сравнение ресемплеров](#)
- > [Как проводится ABX тест](#)
- > [24bit/96kHz->16bit/44.1kHz](#)
- > [Декодирование в foobar2000](#)
- > [Вывод стерео на 5.1](#)
- > [foobar2000 и Last.fm](#)

[Далее>>](#)

Сообщество

Digital Audiophilia



Digital Audiophilia
715 участников

[Отписаться от новостей](#)

Последнее на форуме

-  [Помогите с выбором звуковой карты или ЦАПа \(5\)](#)
-  [Организация качественного воспроизведения видео \(69\)](#)
-  [Нарезка образов на треки с помощью CUETools, fooba... \(16\)](#)



Настройка звука онлайн (foobar2000, драйвера, Windows), создание персональных сборок foobar2000.

[Контакты](#)

Случайный опрос

Какой lossless кодек вы предпочитаете?

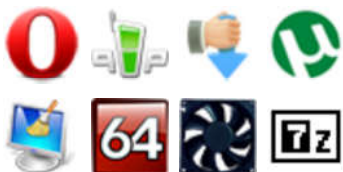
- ☐ FLAC
- ☐ WavPack
- ☐ TAK
- ☐ Monkey's Audio (APE)
- ☐ OptimFROG
- ☐ ALAC
- ☐ WMA Lossless
- ☐ Shorten
- ☐ LA
- ☐ TTA
- ☐ LPAC
- ☐ MPEG-4 ALS
- ☐ MPEG-4 SLS
- ☐ Real Lossless

Ответить

[[Результаты](#) · [Все опросы](#)]

Всего ответов: **3007**

Полезный софт



Должен согласиться. Возможно, значение в 120 Ом еще было приемлемо (и то, едва ли) до появления iPod и до того, как портативные устройства вообще обрели широкую популярность, но не более. Сегодня большая часть наушников разработана совершенно иначе.

ПСЕВДО-СТАНДАРТЫ: выходы под наушники большинства профессиональных установок имеют сопротивление 20 — 50 Ом. Не знаю ни одной, которая бы соответствовала 120 Ом, как в стандарте МЭК. Для оборудования потребительского класса значение выходного импеданса обычно лежит в пределах 0 — 20 Ом. За исключением некоторых ламповых и других эзотерических разработок, большая часть аудиофильского high-end оборудования имеет импеданс ниже 2 Ом.

ВЛИЯНИЕ IPOD: С тех пор, как в 1996-м было опубликован 120-омный стандарт, от низкокачественных кассетных плееров, через портативные CD-плееры, мы наконец перешли к повальному увлечению iPod'ами. Apple помогла сделать высокое качество портативным, и сейчас мы имеем в обороте как минимум полмиллиарда цифровых плееров, не считая телефоны. Практически все портативные музыкальные/медиа-плееры работают от одинарных аккумуляторных литий-ионных батарей. Эти батареи вырабатывают напряжение чуть более 3 вольт, что обычно даёт около 1 вольт (RMS) на выходе под наушники (иногда менее). Если вы поставите на выход сопротивление 120 Ом и воспользуетесь обычными портативными наушниками (сопротивление которых лежит в пределе 16 — 32 Ом), громкость воспроизведения скорей всего будет недостаточной. Кроме того, большая часть энергии батареи будет рассеиваться в виде тепла на 120-омном резисторе. Лишь малая часть мощности будет приходиться на наушники. Это серьезная проблема для портативных устройств, где очень важно продлить время работы аккумулятора. Более эффективным было бы подавать всю мощность на наушники.

КОНСТРУКЦИЯ НАУШНИКОВ: Так для какого же выходного импеданса компании-производители разрабатывают свои наушники? По состоянию на 2009 год было продано более 220 миллионов iPod'ов. iPod и аналогичные портативные плееры на рынке наушников подобны 800-фунтовым гориллам. Потому не удивительно, что большинство разработчиков стали создавать наушники таким образом, чтобы они были хорошо совместимы с iPod. Это значит, что они рассчитаны на работу с выходным импедансом менее 10 Ом. А практически все хай-эндовые полноразмерные наушники рассчитаны на источники, соблюдающие правило 1/8, или же имеющие импеданс близкий к нулю. Мне ни разу не встречались аудиофильские наушники предназначенные для домашнего использования, разработанные в соответствии с древним 120-омным стандартом.

ЛУЧШИЕ НАУШНИКИ ДЛЯ ЛУЧШИХ ИСТОЧНИКОВ: Если вы бегло ознакомитесь с наиболее обозреваемыми high-end усилителями для наушников и ЦАП'ами, вы обнаружите, что практически все они обладают очень низким выходным импедансом. Примерами являются продукты Grace Designs, Benchmark Media, HeadAmp, HeadRoom, Violectric, etc. Само собой, что большинство high-end наушников лучше всего проявляют себя в сочетании с такого же класса оборудованием. Некоторые из наиболее хорошо зарекомендовавших себя наушников изначально имеют низкий импеданс, включая различные модели от Denon, AKG, Etymotic, Ultimate Ears, Westone, HiFiMAN и Audeze. Все они, насколько я знаю, были разработаны для использования в сочетании с источником, имеющим низкий (в идеале нулевой) импеданс. Также и представитель Sennheiser сказал мне, что они разрабатывают свои аудиофильские и портативные наушники для источников с нулевым импедансом.

ВОПРОС АЧХ: Если выходной импеданс больше 1/8 импеданса наушников, будет наблюдаться неравномерность частотной характеристики. Для некоторых наушников, особенно арматурных (сбалансированный якорь) или мульти-драйверных, эти различия могут быть колоссальными. Вот, как 43 Ом выходного импеданса влияют на АЧХ Ultimate Ears SuperFi 5 — вполне ощутимая неравномерность в 12 дБ:

[Коррекция АЧХ акустики. \(82\)](#)
[Выбор акустической системы \(317\)](#)
[Выбор портативного аудиоплеера \(59\)](#)
[Организация качественного вывода звука на компьюте... \(533\)](#)

[Больше>>](#)

Кодеки



Теги

Follow me



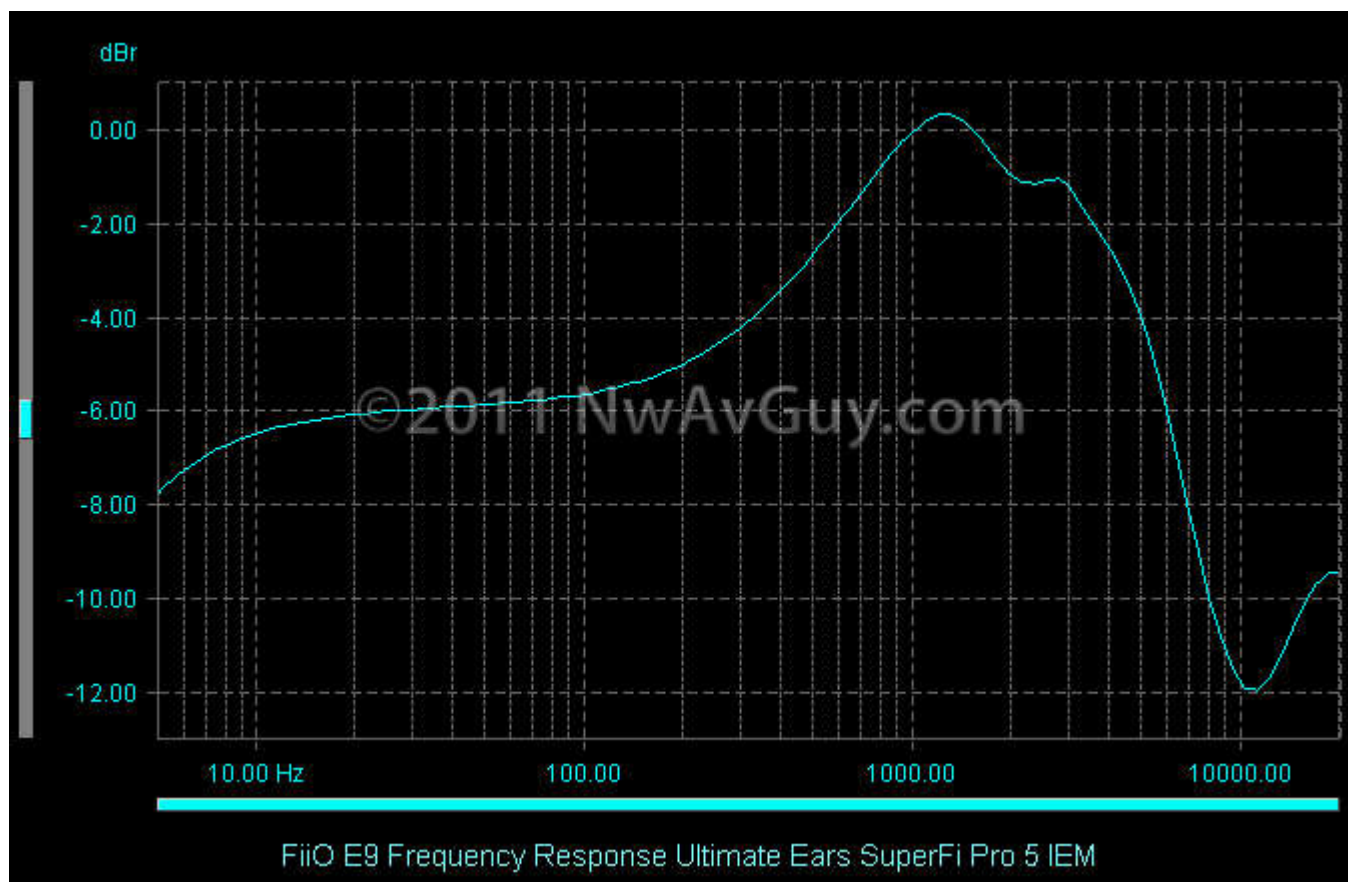


Похожие проекты

- AudioCoding.ru
- [foobar2000 manual](#)
- plastinka.org
- Cornerstone.ucoz.ru

Сейчас на сайте

Онлайн всего: **19**
Гостей: **19**
Пользователей: **0**

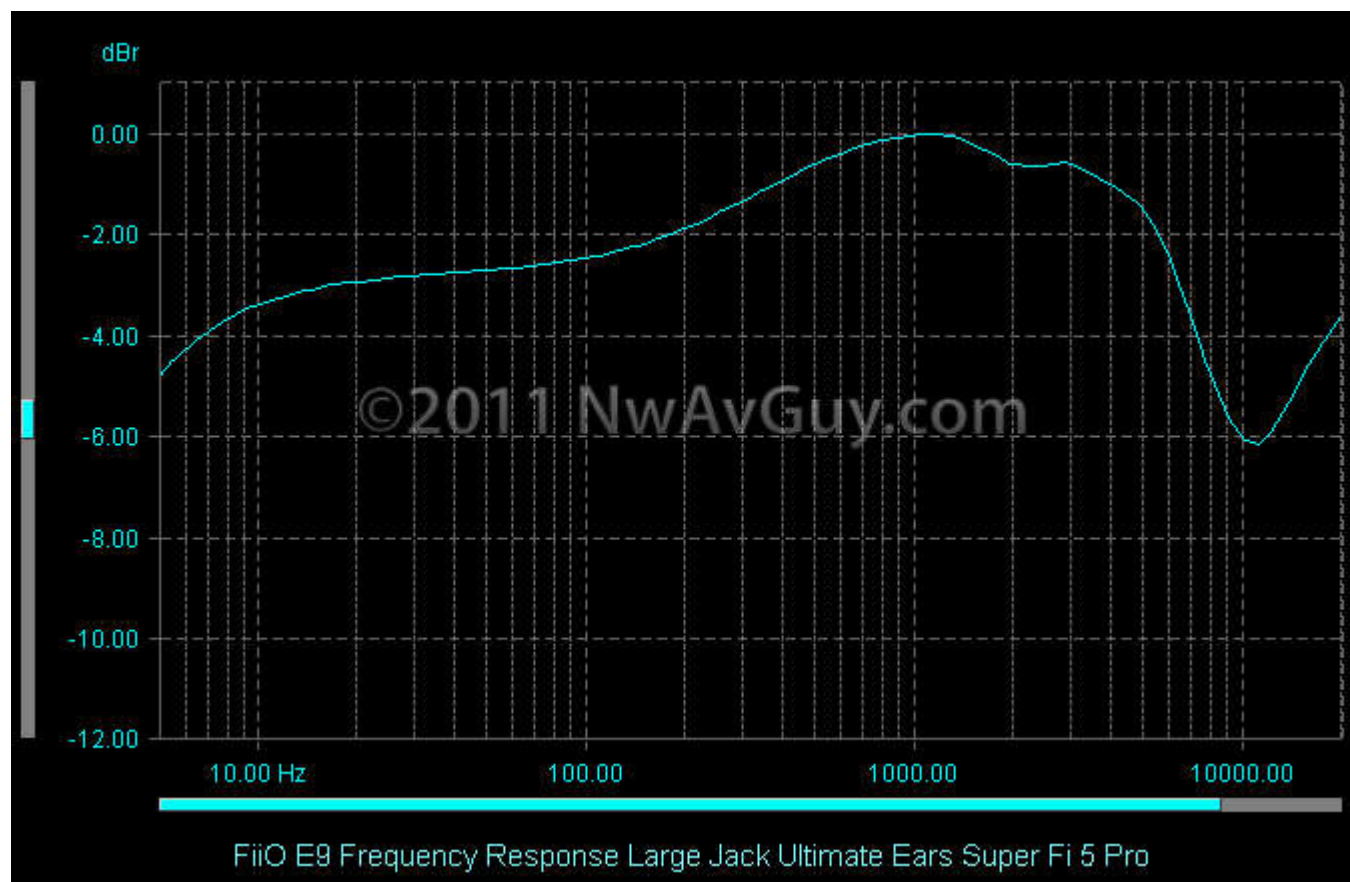


ВЫХОДНОЙ ИМПЕДАНС 10 ОМ: Кое-кто может взглянуть на пример выше и подумать, что такие значительные отличия проявляются лишь при сопротивлении в 43 Ом. Но множество источников имеет импеданс около 10 Ом. Вот те же наушники с 10-омным источником — все еще отчетливо слышимая неравномерность в 6 дБ. Такая кривая приводит к ослаблению басов, выраженному акценту на средних частотах, приглушенным высоким и нечеткой фазовой характеристике из-за резкого провала на 10 кГц, что может повлиять на стерео-панораму.

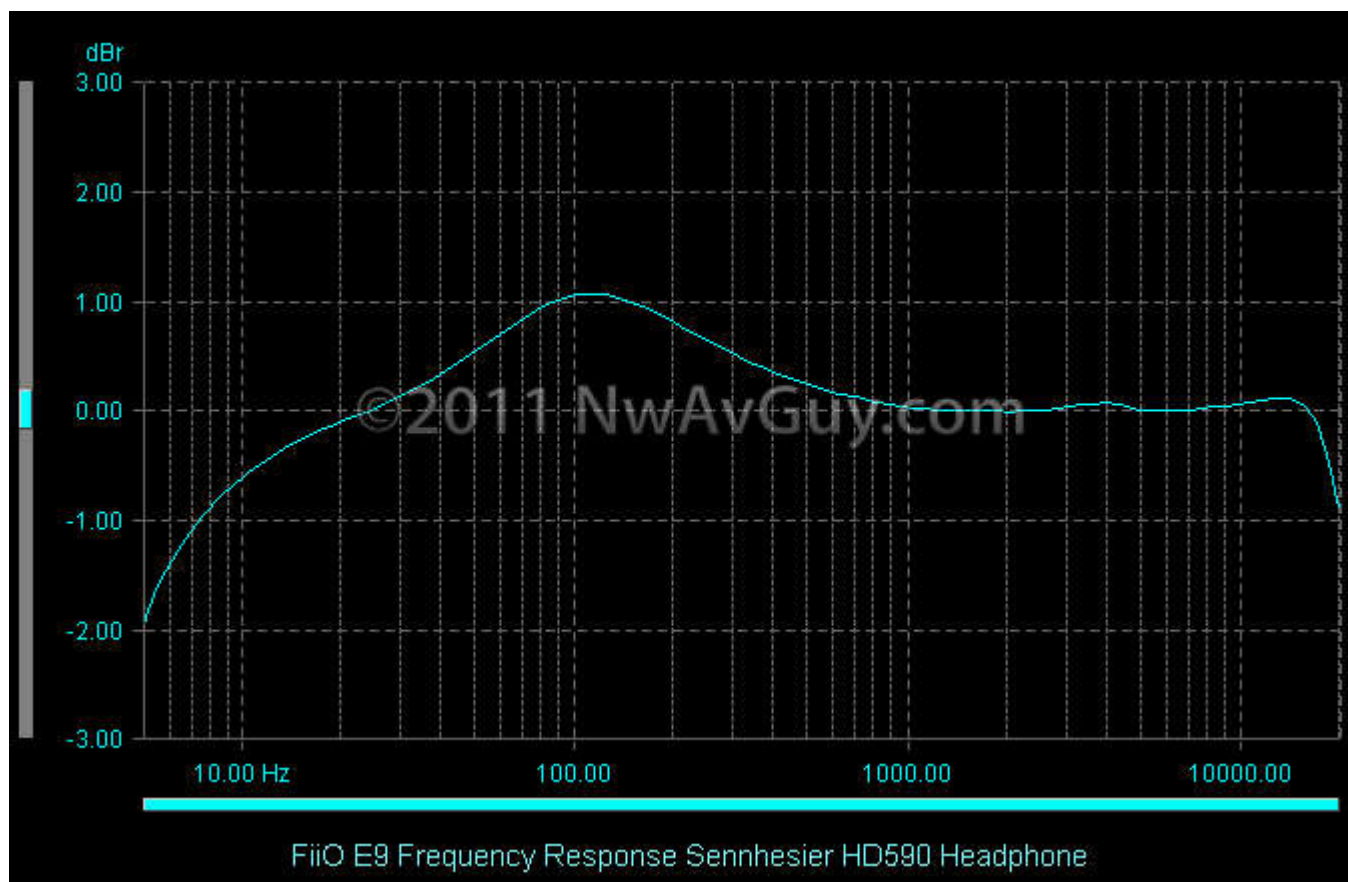


Полезные ссылки

- › WebSound.Ru
- › HydrogenAud.io
- › Rarewares.Org
- › iXBT.com
- › [Virtual Audio Cable](#)



ПОЛНОРАЗМЕРНЫЕ SENNHEISER: Вот полноразмерные Sennheiser HD590 с повышенным импедансом, с тем же 10-омным источником. Теперь неравномерность выше 20 Гц лишь немногим более 1 дБ. Хотя 1 дБ — это не так уж много, неравномерность находится в области «гудящих» низов, где любой акцент крайне нежелателен:



КАК РАБОТАЕТ ДЕМПФИРОВАНИЕ: любая динамическая головка, будь то наушники или колонки, перемещается взад и вперед по мере воспроизведения музыки. Таким образом они создают звуковые колебания, представляя собой движущуюся массу. Законы физики гласят, что движущийся объект склонен оставаться в движении (т.е. обладает инерцией). Демпфирование же помогает избежать нежелательных перемещений. Если слишком не вдаваться в детали, недодемпфированный динамик продолжает двигаться тогда, когда он уже должен остановиться. Если же динамик передемпфирован (такое бывает редко), его возможности перемещаться соответственно подаваемому сигналу ограничены — представьте, что динамик пытается работать погруженным в кленовый сироп. Всего есть два способа демпфирования динамика — механический и электрический.

ПРЫГАЮЩИЕ ТАЧКИ: Механическое демпфирование подобно амортизаторам автомобиля. Они вносят сопротивление, потому если вы качнете машину, она не будет долго раскачиваться вверх-вниз. Но амортизация также добавляет жесткость, потому что не позволяет подвеске менять своё положение в полном соответствии с рельефом дороги. Потому здесь приходится искать компромисс: мягкие амортизаторы делают поездку более мягкой, но приводят к покачиванию, жесткие же делают поездку менее комфортной, но предотвращают раскачивание. Механическое демпфирование — это всегда компромисс.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОВЕРШЕННЕЕ: Есть лучший способ контролировать нежелательное перемещение диффузора, называется он электрическим демпфированием. Катушка и магнит в динамике взаимодействуют с усилителем для контроля перемещения диффузора. Этот тип демпфирования имеет меньше побочных эффектов и позволяет разработчикам создавать наушники с меньшим уровнем искажений и лучшим звучанием. Как подвеска автомобиля, способная более точно подстраиваться под рельеф дороги, оптимально демпфированные наушники могут точнее воспроизводить аудио сигнал. Но, и это критический момент, электрическое демпфирование эффективно лишь тогда, когда выходной импеданс усилителя намного меньше импеданса наушников. Если вы

включите 16-омные наушники в усилитель с выходным импедансом 50 Ом, электрическое демпфирование сойдет на нет. Это значит, что динамик не остановится в тот момент, когда он должен остановиться. Это похоже на автомобиль с изношенными амортизаторами. Конечно же, если правило 1/8 соблюдено, электрическое демпфирование будет достаточным.

АКУСТИЧЕСКАЯ ПОДВЕСКА: В 70-х ситуация изменилась, так как популярными стали транзисторные усилители. Практически во всех транзисторных усилителях соблюдается правило 1/8. Фактически большинство соответствует правилу 1/50 — их выходной импеданс меньше 0.16 Ом, что даёт коэффициент демпфирования 50. Таким образом производители динамиков получили возможность разрабатывать более качественные динамики, использующие преимущества низкого выходного импеданса. Прежде всего были разработаны первые закрытые динамики с акустической подвеской от Acoustic Research, Large Advents, и др. Они обладали более глубоким и точным басом, чем у аналогичных по размеру предшественников, рассчитанных на ламповые усилители. Это было большим прорывом в области hi-fi — благодаря новым усилителям теперь можно было в значительной мере полагаться на электрическое демпфирование. И очень жаль, что столь многие источники сегодня отстают от жизни на 40 и более лет.

КАКОЙ ВЫХОДНОЙ ИМПЕДАНС У МОЕГО УСТРОЙСТВА? Некоторые разработчики дают понять, что они стремятся максимально снизить выходной импеданс (как, например, Benchmark), в то время как другие указывают для своих продуктов его фактическое значение (например, 50 Ом для Behringer UCA202). Большинство же, к сожалению, оставляют это значение загадкой. Некоторые обзоры оборудования (например, в этом блоге) включают измерение выходного импеданса, так как от него в значительной мере зависит, как будет звучать устройство с теми или иными наушниками.

ПОЧЕМУ ТАКОЕ БОЛЬШОЕ КОЛИЧЕСТВО ИСТОЧНИКОВ ИМЕЕТ ВЫСОКИЙ ВЫХОДНОЙ ИМПЕДАНС?

Наиболее распространенные причины следующие:

- **Защита наушников** — Более мощные источники с низким выходным импедансом зачастую способны подать слишком большую мощность на низкоомные наушники. Дабы защитить такие наушники от повреждения, некоторые разработчики увеличивают выходной импеданс. *Таким образом это компромисс, адаптирующий усилитель к нагрузке, но ценой ухудшения параметров для большинства наушников.* Лучшее решение — возможность выбора двух уровней усиления. Низкий уровень позволяет установить меньше выходное напряжение для наушников с низким импедансом. Также в добавок может использоваться ограничение по току, таким образом источник будет автоматически ограничивать ток для низкоомных наушников, даже если установлен слишком большой уровень усиления.
- **Чтобы отличаться** — Некоторые разработчики специально завышают выходной импеданс, утверждая, что это улучшает звучание их устройства. Иногда это используется как способ сделать звучание продукта отличным от звучания конкурирующих продуктов. Но в таком случае каждое «отдельное звучание», которое вы получаете, полностью зависит от используемых наушников. Для некоторых наушников это воспринимается как улучшение, с другими же скорей как значительное ухудшение. Наиболее вероятно, что звучание в значительной мере исказится.
- **Это дешево** — Более высокий выходной импеданс является наиболее простым решением для дешевых источников. Это дешевый способ достижения стабильности, простейшая защита от короткого замыкания; также это позволяет использовать менее качественные операционные усилители, которые в противном случае напрямую не смогли бы раскачать даже 16 или 32-омные наушники. Путем последовательного подключения к выходу некоторого сопротивления, все эти проблемы решаются ценой в какой-то цент. Но за это дешевое решение приходится платить значительным ухудшением качества звучания на многих моделях наушников.

ИСКЛЮЧЕНИЯ ИЗ ПРАВИЛ: Существует несколько наушников, якобы предназначенных для использования с высоким выходным импедансом. Лично мне интересно, миф это или реальность, так как я не знаю ни одного конкретного примера. Впрочем, это возможно. В таком случае использование этих наушников с низкоомным источником может привести к передемпфированной динамике басов и, как следствие, к отличной от планируемой разработчиком АЧХ. Этим могут объясняться отдельные случаи «синергии», когда определенные наушники сочетаются с определенным источником. Но этот эффект воспринимается сугубо субъективно — для кого-то как выразительность и детальность звучания, для кого-то — как излишняя жесткость. Единственный способ добиться адекватной работы — использовать низкоомный источник и соблюдать правило 1/8.

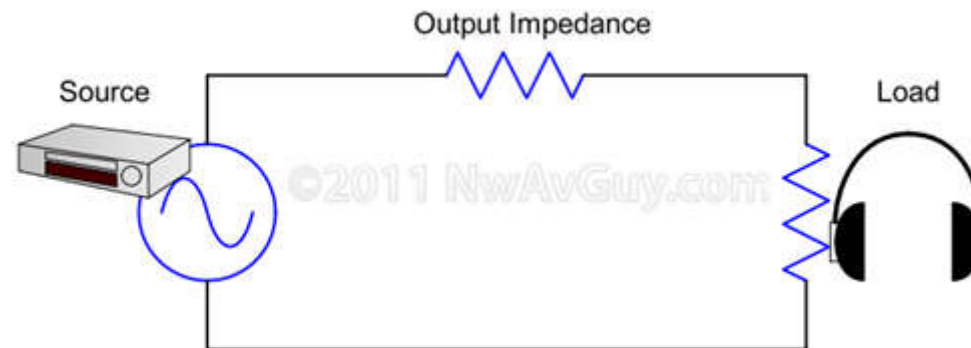
КАК НЕДОРОГО ПРОВЕРИТЬ: Если вас интересует, не страдает ли качество звучания из-за выходного импеданса источника, могу предложить приобрести за 19\$ [усилитель FiiO E5](#). Он оснащен выходом с практически нулевым импедансом и его будет достаточно для большей части наушников с импедансом <100 Ом. Если с ним улучшение звука будет очевидным, скорей всего импеданс вашего источника слишком высок.

ИТОГО: Если только вы не абсолютно уверены, что ваши наушники звучат лучше с каким-то определенным более высоким выходным импедансом, лучше всегда использовать источники с импедансом не более 1/8 от импеданса ваших наушников. Или еще проще: с импедансом не более 2 Ом.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ИМПЕДАНС И СОПРОТИВЛЕНИЕ: Эти два термина в некоторых случаях взаимозаменяемы, но технически они имеют значительные отличия. [Электрическое сопротивление](#) обозначается буквой R и имеет одинаковое значение для всех частот. [Электрический импеданс](#) — величина более сложная, и его значение обычно меняется с частотой. Он обозначается буквой Z . В рамках данной статьи единицы измерения обоих величин — [Омы](#).

ГРАФИК ВЫХОДНОГО ИМПЕДАНСА: Схема ниже демонстрирует эффект от выходного импеданса. Слева — т. н. идеальный источник, резистор посередине представляет собой выходной импеданс. Резистор справа — это импеданс нагрузки (наушников). Если выходной импеданс не равен нулю, напряжение, вырабатываемое источником, при подключении нагрузки упадет. *Чем выше выходной импеданс, тем больше уменьшается напряжение, подаваемое на нагрузку.* Это падение вытекает из формулы: $V_n = V_{ист} * (Z_n / (Z_n + Z_{ист}))$. Более подробное разъяснение читайте в статье Википедии [Делитель напряжения](#).



НАПРЯЖЕНИЕ И ТОК: Чтобы понять, что такое импеданс, и о чем вообще идет речь в этой статье, важно иметь хотя бы общее представление о напряжении и токе. Напряжение подобно давлению воды, в то время как ток является аналогом потока воды (например, литров в минуту). Если вы пустите воду из своего садового шланга, не прикрепив ничего к его концу, вы получите большой поток воды (ток) и сможете быстро наполнить ведро, но давление вблизи конца шланга будет практически равняться нулю. Если вы воспользуетесь небольшой насадкой на шланг, давление (напряжение) будет значительно большим, а поток воды при этом уменьшится (понадобится больше времени, чтобы наполнить то же самое ведро). Эти два значения связаны обратной зависимостью. Взаимосвязь между напряжением, током и сопротивлением (а также импедансом, в рамках данной статьи) определяется [Законом Ома](#). R можно заменить на Z .

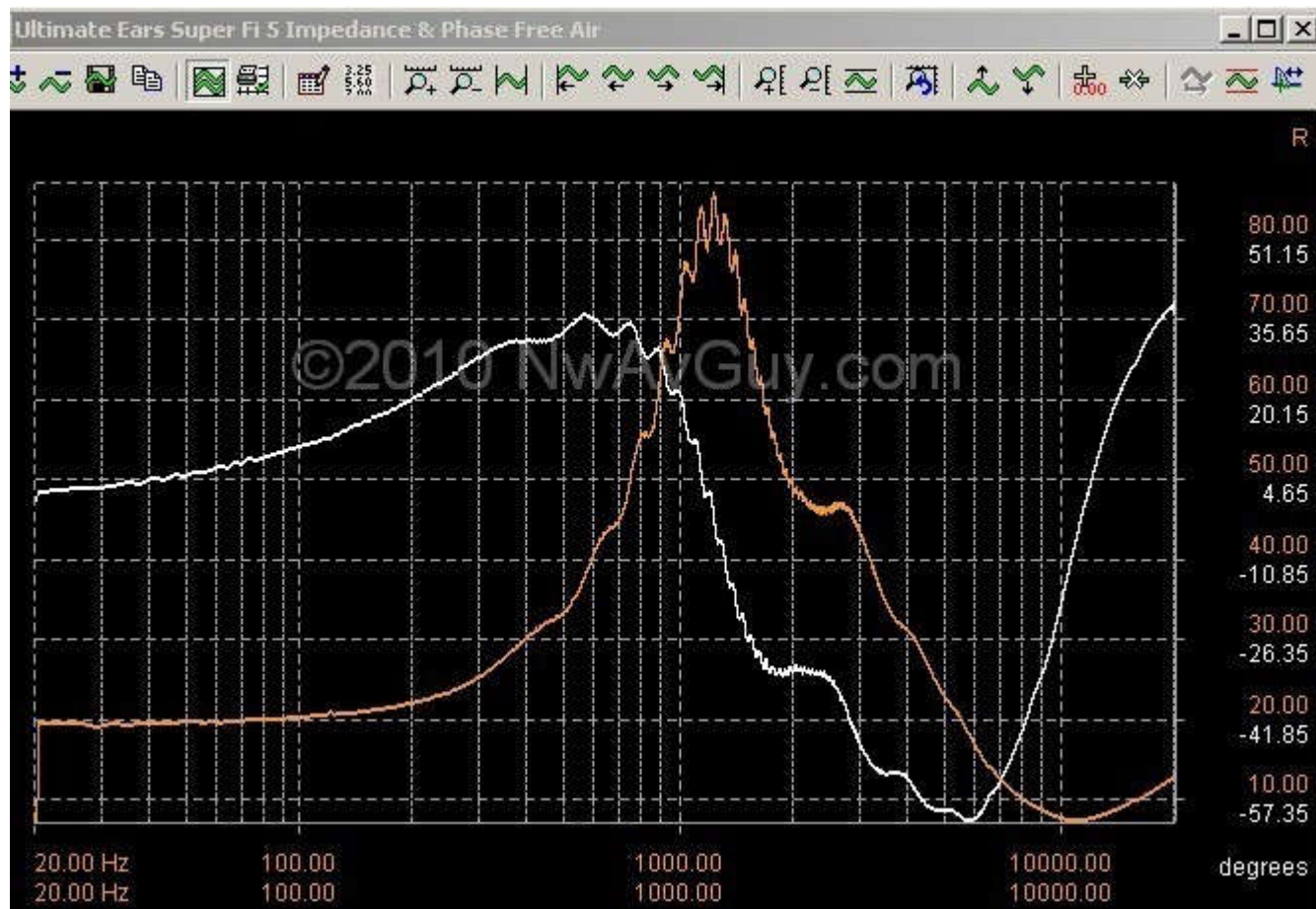
ОТКУДА Взялось ПРАВИЛО 1/8?: Минимальные слышимые отличия громкости, которые воспринимаются человеком — около 1 дБ. Падение в -1 дБ на выходном импедансе соответствует коэффициенту, $10^{(-1/20)} = 0.89$. Используя формулу делителя напряжения, мы получим, что когда выходной импеданс равен 1/8 импеданса нагрузки, коэффициент как раз равен 0.89, т. е. падение напряжения составляет -1 дБ. Импеданс наушников может меняться в пределах полосы звуковых частот в 10 или более раз. Для SuperFi 5 указан

импеданс 21 Ом, но фактически он изменяется от 10 до 90 Ом. Таким образом правило 1/8 даёт нам значение максимального выходного импеданса 2.6 Ом. Если принять напряжение источника равным 1 В:

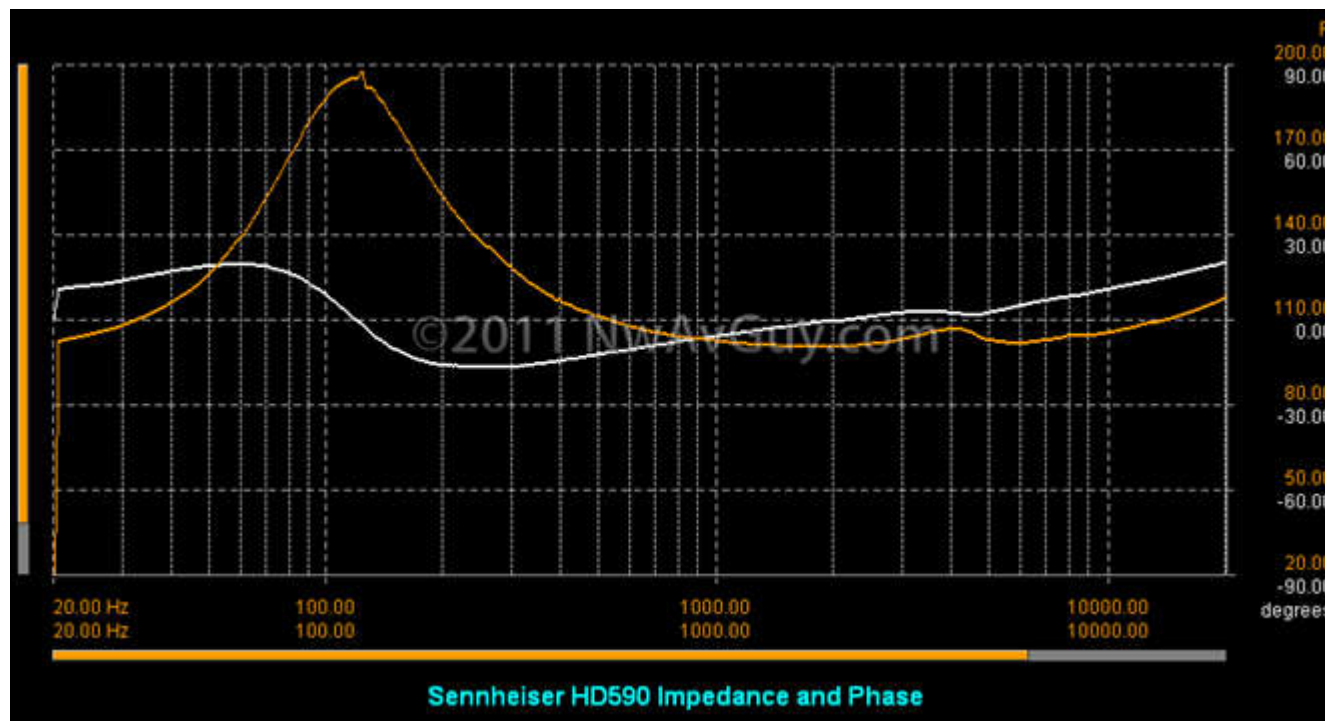
- Напряжение на наушниках при импедансе 21 Ом (номинальный) = $21 / (21 + 2.6) = 0.89$ В
- Напряжение на наушниках при импедансе 10 Ом (минимальный) = $10 / (10 + 2.6) = 0.79$ В
- Напряжение на наушниках при импедансе 90 Ом (максимальный) = $90 / (90 + 2.6) = 0.97$ В
- Неравномерность АЧХ = $20 \cdot \log(0.97/0.89) = 0.75$ дБ (менее 1 дБ)

ИЗМЕРЕНИЕ ВЫХОДНОГО ИМПЕДАНСА: Как видно из принципиальной схемы выше, выходное сопротивление формирует делитель напряжения. Измерив выходное напряжение без подключения нагрузки и с известной нагрузкой, вы сможете рассчитать выходной импеданс. Это можно легко сделать с помощью [онлайн калькулятора](#). Напряжение без нагрузки — это «Input Voltage», R2 — это известное сопротивление нагрузки (не используйте в данном случае наушники), «Output Voltage» — напряжение при подключении нагрузки. Нажмите Compute, и получите искомый выходной импеданс R1. Также это можно сделать с помощью 60-герцовой синусоиды (её можно сгенерировать, например, в Audacity), цифрового мультиметра и 15 — 33-омного резистора. Большинство цифровых мультиметров имеют хорошую точность лишь вблизи частоты 60 Гц. Воспроизведите 60 Гц синусоиду и отрегулируете громкость таким образом, чтобы выходное напряжение было равно примерно 0.5 В. Затем подключите резистор и зафиксируйте новое значение напряжения. Например, если вы получили 0.5 В без нагрузки и 0.38 В с нагрузкой 33 Ом, выходной импеданс равен примерно 10 Ом. Формула здесь следующая: $Z_{ист} = (R_n \cdot (V_{xx} - V_n)) / V_n$. V_{xx} — напряжение без нагрузки (холостой ход).

РЕАКТИВНАЯ НАГРУЗКА: Ни одни наушники не обладают полностью резистивным сопротивлением, не изменяющимся в пределах диапазона звуковых частот. Абсолютное большинство наушников представляют собой [реактивное сопротивление](#) и обладают [комплексным импедансом](#). Из-за емкостных и индуктивных составляющих импеданса наушников его значение меняется с частотой. Например, вот зависимость импеданса (желтым) и фазы (белым) от частоты для Super Fi 5. Ниже ~200 Гц импеданс равен всего 21 Ом. Выше 200 Гц он возрастает до ~90 Ом к 1200 Гц, а затем спадает до 10 Ом к 10 кГц:



ПОЛНОРАЗМЕРНЫЕ НАУШНИКИ: Возможно, кого-то не интересуют внутриканальные наушники вроде Super Fi 5, так что вот импеданс и фаза для популярной модели Sennheiser HD590. Импеданс всё так же варьируется: от 95 до 200 Ом — практически в два раза:



МАТЧАСТЬ: Один из графиков в начале статьи демонстрировал неравномерность АЧХ около 12 дБ для SuperFi 5, подключенных к источнику с импедансом 43 Ом. Если мы примем номинальное значение 21 Ом за опорное, а выходное напряжение источника примем равным 1 В, уровень напряжения на наушниках будет следующим:

- Опорный уровень: $21 / (43 + 21) = 0.33 \text{ В}$ — что соответствует 0 дБ
- При минимальном импедансе 9 Ом: $9 / (9 + 43) = 0.17 \text{ В} = -5.6 \text{ дБ}$
- При максимальном импедансе 90 Ом: $90 / (90 + 43) = 0.68 \text{ В} = +6.2 \text{ дБ}$
- Диапазон изменения = $6.2 + 5.6 = 11.8 \text{ дБ}$

УРОВНИ ДЕМПФИРОВАНИЯ: Демпфирование динамиков, как пояснялось ранее, может быть либо чисто механическим (Q_{ms}), либо складываться из электрического (Q_{es}) и механического демпфирования. Суммарное демпфирование обозначается Q_{ts} . Как эти параметры взаимодействуют на низких частотах — объясняется [моделированием Тилля — Смолла](#). Уровни демпфирования можно подразделить на три категории:

- Критическое демпфирование ($Q_{ts} = 0.7$) — Многие считают его идеальным случаем, так как оно обеспечивает наиболее глубокие НЧ, без каких-либо отклонений АЧХ или чрезмерного звона (неконтролируемых перемещений диффузора). Бас такого динамика обычно воспринимается как «упругий», «четкий» и «прозрачный». Большинство считает, что $Q_{ts} 0.7$ обеспечивает идеальную переходную характеристику.
- Избыточное демпфирование ($Q_{ts} < 0.7$) — Подразумевает более жесткий контроль перемещения диффузора, но ценой менее глубоких басов. Потому производители наушников редко сознательно используют избыточное демпфирование.
- Слабое демпфирование ($Q_{ts} > 0.7$) — Позволяет получить некоторое усиление НЧ с пиком в верхней части НЧ диапазона. Динамик контролируется не полностью, что приводит к чрезмерному «звону» (т.е. диффузор недостаточно быстро прекращает своё движение после затухания электрического сигнала). Слабое демпфирование приводит к отклонениям АЧХ, *менее глубоким басам*, плохой переходной характеристике и подъему АЧХ в области верхней границы НЧ. Слабое демпфирование — это дешевый способ поднять уровень басов ценой их качества. Этот прием активно используется в дешевых наушниках, дабы создать «поддельные басы». Звучание недодемпфированных динамиков часто характеризуется как

«гулкий» или «небрежный» бас. Если ваши наушники рассчитаны на электрическое демпфирование, и вы будете использовать их с источником, имеющим импеданс более 1/8 импеданса наушников, вы получите именно такие, недодемпфированные НЧ.

ТИПЫ ДЕМПФИРОВАНИЯ: Есть три способа демпфирования динамиков / контроля резонанса:

- **Электрическое демпфирование** — Уже известное нам Q_{es} , оно подобно рекуперативному торможению в гибридных электромобилях. Когда вы жмете на тормоза, электромотор замедляет движение машины, превращаясь в генератор и передавая энергию обратно батареям. Динамик способен выполнять то же самое. Но если выходной импеданс усилителя увеличивается, эффект торможения значительно снижается — отсюда и правило 1/8.
- **Механическое демпфирование** — Известное как Q_{ms} , оно скорее подобно автомобильным амортизаторам. По мере того, как вы увеличиваете механическое демпфирование динамика, оно ограничивает управляющий им музыкальный сигнал, что приводит к большей нелинейности. Это увеличивает искажения и снижает качество звучания.
- **Демпфирование за счет корпуса** — Корпус может обеспечить демпфирование, но при этом требуется, чтоб он был закрытым — либо с правильно настроенным фазоинвертором, либо с контролируемым ограничением. Множество топовых наушников конечно же являются открытыми, что исключает возможность использования демпфирования за счет корпуса, как в акустических колонках.

УРОВЕНЬ ПРИЖИМА: Для наушников, которые имеют достаточно плотную посадку, вроде полноразмерных охватывающих с плотно прилегающими амбушюрами, разработчик могут учитывать возможность некоторого дополнительного демпфирования за счет ушной раковины. Но форма головы, ушей, прически, посадка наушников, наличие очков и другие факторы делают этот эффект практически непредсказуемым. Для накладных наушников эта возможность отсутствует вообще. Ниже вы видите два графика, изображающих импеданс Sennheiser HD650. Обратите внимание: резонансный пик на НЧ в открытом виде имеет уровень 530 Ом, но при использовании искусственной головы значение снижается до 500 Ом. Причиной этого является демпфирование за счет закрытого пространства, образованного ушной раковиной и амбушюрами.





ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Надеюсь, теперь понятно, что единственным путем достижения эффективной работы связки наушники-усилитель является соблюдение правила 1/8. Хотя кое-кто и предпочитает звучание при более высоком выходном импедансе, оно в крайней степени зависит от используемой модели наушников, значения выходного импеданса и личных предпочтений. В идеале — следовало бы создать новый стандарт, в соответствии с которым разработчики должны были бы выпускать источники с выходным импедансом менее 2 Ом.

Мне нравится 12

Recommend 3

Tweet 0

G+ 0

Категория: [Теория](#) | Автор: [Taras Kovrijenko](#) | Добавил: [Audiophile](#) (2014-02-10T19:57)

Просмотров: **8081** | Комментарии: **4** | Рейтинг: 5.0/5, голосов: 1

Всего комментариев: **4**

Порядок вывода комментариев: По умолчанию

[4] [records](#) (20 Февраля 2014 13:59)

0 👍👎



Гуд! дельная статья, спасибо за перевод 🙏

[\[Ответить\]](#)

[2] **kung2002** (14 Февраля 2014 10:16)
Почему именно $1/8$? Кто это придумал?

-1

[\[Ответить\]](#)

[3] **Audiophile** (14 Февраля 2014 10:53)
Статью внимательно читайте.

+1  



[\[Ответить\]](#)

[1] **Rollinnn** (10 Февраля 2014 19:43)

0  



[\[Ответить\]](#)

[illegible]

Подписка:

Ответы на мой комментарий

Код *:

Ответ



67 + семь

- Добавить комментарий -