

Очень краткое руководство по измерениям

Предисловие

С самого начала необходимо установить один факт. Ни одно руководство не может гарантировать точного результата, даже при скрупулезном соблюдении всех требований и рекомендаций. На это есть много причин: качество электроэнергии, шумы и помехи различного происхождения, состояние проводов и разъемов, длина проводов, сопротивление и, возможно, емкость, соединения внутри кабелей и, наконец, точность самого оборудования. Описание всего этого привело бы к созданию объемистого учебника по электронике вместо руководства. Вот, например, несколько способов, которые действительно "помогли" решить проблемы: - Немного передвиньте оборудование; - Осторожно повозитесь с кабелями; - Подождите, пока все волшебным образом наладится; - На другой день, в другие числа

Итак, продолжая читать, вы соглашаетесь с тем, что никто не обещает вам, что проблем не будет. Кроме того, все соединения должны быть надежными. Электробезопасность вас лично и вашего оборудования здесь не рассматривается.

Руководство предназначено для пользователей, не имеющих специального образования и не знакомых с деталями методов измерений, но не исключено, что специалисты также смогут найти здесь ценные идеи .

Оборудование

Cosmos ADC

Cosmos ADC имеет два канала, но он также может работать в монорежиме. Монорежим интересен поскольку он снижает шум АЦП примерно на 2,5 дБ, измеряемый сигнал должен подаваться на оба входа. На выходе в левом канале будет усредненный сигнал, правый канал оцифровывается без изменений. Аналоговый стереовход 2,5 мм позволяет преобразовывать сигналы в цифровую форму напряжением до 43 В (при чувствительности, установленной на 10 В). Питание АЦП составляет + 5 В. Версия ISO имеет отдельный разъем для питания. Схема использования АЦП проста. Необходимо установить максимальное напряжение источника на переключателях внизу. Далее под напряжением сигнала понимается эффективное или среднеквадратичное значение. Подсоедините кабели от источника питания, подключите АЦП к ПК (для версии ISO необходимо сначала подключить источник питания). Далее все действия выполняются программно: выбирается дискретизация частота, канал, переключается режим эквалайзера mono/stereo/RIAA с помощью регулятора громкости. Это, конечно, самый простой способ использования АЦП, но его может быть вполне достаточно, например, для оцифровки записей, если источники достаточно мощные с низким выходным сопротивлением.

Cosmos APU (Блок обработки звука)

Аудиопроцессор представляет собой комбинированный одноканальный (моно) блок, состоящий из усилителя 34/60 дБ с дополнительным фантомным питанием 48 В для микрофонов и режекторным фильтром 1/10 кГц с коэффициентом усиления 0/6 дБ. Давайте проясним назначение устройств APU для тех, кто не до конца в этом разбирается. С усилителем обычно возникает несколько вопросов, он необходим для усиления сигнала микрофона, измерения динамического диапазона или шума источника и т.д. Важным моментом является то, что усилитель очень чувствителен и может возбуждаться из-за высокочастотных шумов в сигнале. Режекторный фильтр - более сложное устройство. Очень узкая полоса вокруг рабочей частоты (1/10 кГц) фильтра подавляется примерно на 12 дБ, а остальные частоты усиливаются на 18 дБ. Это делает результат менее зависимым от шума и искажений самого АЦП: ослабленная первая гармоника создает меньшие искажения АЦП, а шум АЦП меньше влияет на повышенный шум и гармоники источника. Далее оцифрованный сигнал программно возвращается в исходную форму в соответствии с данными калибровочного файла - AFC режекторного фильтра. Коэффициент усиления +6 дБ позволяет еще точнее оцифровать шум источника, но при этом страдает точность оцифровки гармоник. Напряжение питания APU составляет + 5 В, и его качество может повлиять на результат. Использование APU в качестве усилителя для оцифровки не требует пояснений, и использование APU для измерений будет рассмотрено позже с примерами.

Cosmos Scaler

Это двухканальный усилитель. Коэффициент усиления регулируется вручную от 0 до 26 дБ. В режиме автоматического переключения коэффициент усиления выбирается автоматически для получения максимального сигнала, не превышающего 4,5 В. Когда сигнал подается только на левый канал, он автоматически дублируется на оба выхода.

Масштабатор в основном используется в качестве буфера перед АЦП из-за его высокого входного сопротивления. Автоматический преобразователь может быть полезен для автоматических измерений с изменяющимся уровнем сигнала. Напряжение питания составляет + 5В. Его качество также может повлиять на результат. В отличие от усилителя АРУ, масштабатор менее чувствителен, поэтому его может меньше беспокоить высокочастотный шум, хотя на него все еще могут влиять, но его коэффициент усиления также ниже, чем у АРУ.

Использование другого оборудования

Конечно, вы можете использовать любое доступное измерительное оборудование. Стоит упомянуть важные детали, на которые вам следует обратить внимание для достижения наилучших результатов.

Дифференциальный ввод

Или сбалансированный вход - это как раз то, что вам нужно для точных измерений. Кроме того, его можно использовать для измерения любого сигнала, как сбалансированного, так и несбалансированного. Отсутствие дифференциального входа может быть компенсировано, по возможности, путем изоляции (гальванической развязки) всех кабелей, подключенных к АЦП (и ко всем другим аналоговым устройствам): как силовым, так и цифровым. При подключении несимметричного источника к симметричному входу подсоедините минусовые линии и кабель заземления к общему проводу источника как можно ближе к выходному разъему источника.

Регулировка усиления.

Любая цифровая регулировка усиления как на АЦП, так и на ЦАП автоматически уменьшает динамический диапазон, который и без того не очень велик. Следовательно, для всех измерений, если не требуются особые условия, цифровая громкость источника должна быть установлена на 0 дБ, и на АЦП не следует использовать никаких цифровых регулировок уровня. Слишком большая разница между уровнями лучше компенсируется аналоговыми устройствами: усилителями или делителями, например, путем выбора наилучшего сочетания коэффициента усиления Cosmos Scaler и чувствительности Cosmos ADC. В то же время, чувствительность АЦП лучше выбирать как можно более низкой, чтобы уровень шума был как можно ниже.

Измерения

Любое измерение можно выполнять в разных установках. Обязательны только источник сигнала (ЦАП), АЦП и компьютер с программным обеспечением. Но самая простая настройка в большинстве случаев не обеспечит максимальной точности. Давайте начнем с рассмотрения наиболее распространенных проблем, которые необходимо будет решить при сборке установки.

Проблема с шумом ПК.

В ПК происходит огромное количество переходных процессов, которые не могут не влиять на подключенные устройства. Обычно USB-ЦАП - ключи - больше всего подвержены этому шуму. Основной проблемой является шум, исходящий от нейтрального провода питания, особенно в случае несбалансированного выходного сигнала. Сбалансированный усилитель гораздо успешнее справляется с этой проблемой, но измерения все равно покажут проблему. Есть несколько способов справиться с ней. В качестве ПК можно использовать ноутбук с батарейным питанием. ЦАП можно подключить к смартфону. Источник питания смартфона отличается очень низким уровнем шума, хотя он тоже может быть не идеальным. Также набор тестовых сигналов в этом случае ограничен набором сохраненных файлов. Можно использовать USB-изолятор. Эти устройства довольно хорошо устраняют шум хоста, но мощность, фильтруемая ними, также может быть не идеальной.

Проблема помех

Есть три решения, и их можно комбинировать: источники помех (телефоны, маршрутизаторы, микроволновые печи и т.д.) Должны быть отключены; вы можете оградить себя от помех, например, накройте таблицу измерений снизу обычной фольгой и заземлите ее; используйте короткие кабели; в крайнем случае следует поискать более удаленное место для проведения тестов.

Проблема емкости измерительной установки по отношению к земле

При использовании измерительной установки с большим количеством устройств, чем больше внешних помех, настройка автоматически увеличится и тем больше внешних помех будет улавливать установка. Например, при использовании портативного компьютера с батарейным питанием, подключенного непосредственно к ЦАП или АЦП, отличному от ISO, емкость устройства увеличится более чем на порядок.

Проблема общего заземления

Или общей нейтральной, также известной как контур GND. Все кабели имеют конечное сопротивление, поэтому, когда посторонние токи, возникающие из-за колебаний нулевого потенциала в различных устройствах, попадают в сигнальные провода, они неизбежно обнаруживаются измерениями в виде искажений. Наиболее ярким примером является рост второй гармоники из-за зависимости потребления усилителей от мгновенного значения напряжения сигнала, т.е. от удвоенной частоты основного тона. Наиболее важным является подключение источника и приемника сигнала к одному источнику питания. Эту цепь необходимо разорвать хотя бы один раз, предпочтительно перед подключением ЦАП. Этого можно добиться, подключив ЦАП к смартфону или используя изолятор. В случае тестирования ЦАП с собственным адаптером питания, может потребоваться установить изолятор между АЦП и ПК.

Проблема полностью изолированной установки

Если используется только питание от аккумулятора или если все USB подключены через изоляторы, устройство лишается заземления и становится сверхчувствительным к шуму, особенно от сети. Следовательно, должно присутствовать одно заземление.

Проблема с качеством источника питания.

Идеального источника питания не существует, и устройства по-разному реагируют на наличие различных переменных компонентов. Также, чем выше частота и ниже амплитуда этих колебаний, тем меньший эффект они оказывают. Как отмечалось выше, использование настольного питания обычно является плохой идеей. Но иногда этот метод вполне приемлем. Например, АЦП Cosmos часто довольно устойчив к шумам источника питания при измерении изолированного источника. Вы можете использовать USB-коммутатор с автономным питанием, если его адаптер достаточно хорошего качества. Вероятно, это не избавит от шума в нейтральном проводе, но может улучшить качество + 5В. Изоляторы значительно улучшают качество электроэнергии, но имеют ограниченную мощность и по-прежнему могут создавать шум для точных измерений. Вы можете подобрать powerbank с хорошими характеристиками. Например, Xiaomi PLM18ZM имеет переменный ток напряжением около 1 мВ достаточно высокой частоты в широком диапазоне токов нагрузки. Также плюсом является изоляция источника. Сложность выбора powerbank заключается в том, что эти характеристики не опубликованы. При питании от смартфона у вас автоматически появляется изолированный источник. Но к качеству источника питания необходимо относиться критически. Как правило, использование смартфона полезно для дела, но в крайних случаях: при высоком токе нагрузки смартфон может выйти из строя, при низком токе блок питания может быть недостаточно качественным, шумным. Y-образный кабель или разветвитель не является источником питания, но обеспечивает возможность отделения данных от источника питания и получения питания от качественного источника.

Проблема с качеством кабеля.

Выполнение измерений предъявляет особые требования к качеству соединений между устройствами. Их высокое входное сопротивление и высокая чувствительность, несравнимые с наушниками, могут превратить кабели в антенны. Аудиокабели должны иметь толстый медный экран, еще лучше со слоем фольги. Сердечники также должны быть достаточно толстыми и с низким сопротивлением, чтобы любые токи, протекающие через них, не вызвали заметного падения напряжения. Качественные кабели обычно имеют внушительный диаметр, но не делают это критерием выбора, известны случаи, когда такие экземпляры оказывались вообще без экрана. Если возможно, лучше разобрать разъем и лично убедиться в качестве кабеля. Конечно, следует использовать только кабели с двумя сигнальными проводами в экранировании, также называемые микрофонными кабелями. Единственная точка, где кабельные экраны могут быть подсоединены к сигнальным сердечникам, - это нейтральный контакт несимметричного выхода.

USB-кабель выбрать проще, но вам также нужно помнить, что длинный кабель будет улавливать больше помех, а сопротивление его силовых проводов будет выше, что приведет к большим колебаниям напряжения питания и нулевому потенциалу.

Проблема с подключениями

Все разъемные соединения имеют сопротивление и со временем могут загрязняться и окисляться. С наушниками такие проблемы не так заметны, но с высокочувствительными устройствами в пути они могут увеличиться во много раз. Чаще всего помогает чистка и промывка контактов. Иногда возможно согнуть зажимные контакты. Контакт в DIP-переключателях можно улучшить с помощью нескольких переключателей. Как всегда, в качестве рабочего задания произведите перемещение кабелей и притирку разъемов.

Поиск источника отсечения

Отсечение происходит как в аналоговых, так и в цифровых устройствах. При использовании REW сам генератор предупреждает о возникновении цифрового отсечения уже при настройке. Выходной сигнал АЦП после калибровки также может превышать 0 дБФ, но REW может обрабатывать такие сигналы без обрезания. Найти причину обрезания в аналоговых схемах сложнее. Необходимо найти точку превышения входного напряжения или выходной мощности. Прежде всего, стоит знать выходное напряжение источника сигнала и проверить установленную чувствительность отсечения на входе АЦП, которую можно легко обнаружить по превышению уровня выходного сигнала АЦП над сигналом генератора. Например, если вы установите синусоидальный уровень на генераторе -10 дБ, то любое значение выше -10 дБ на выходе АЦП будет указывать на возможность отсечения. При использовании зазубрины APU может произойти отсечение, когда частота сигнала не соответствует заданной частоте зазубрины. Проблемы также могут возникать в промежуточных устройствах, если в сигнале присутствуют значительные высокочастотные составляющие.

Итог

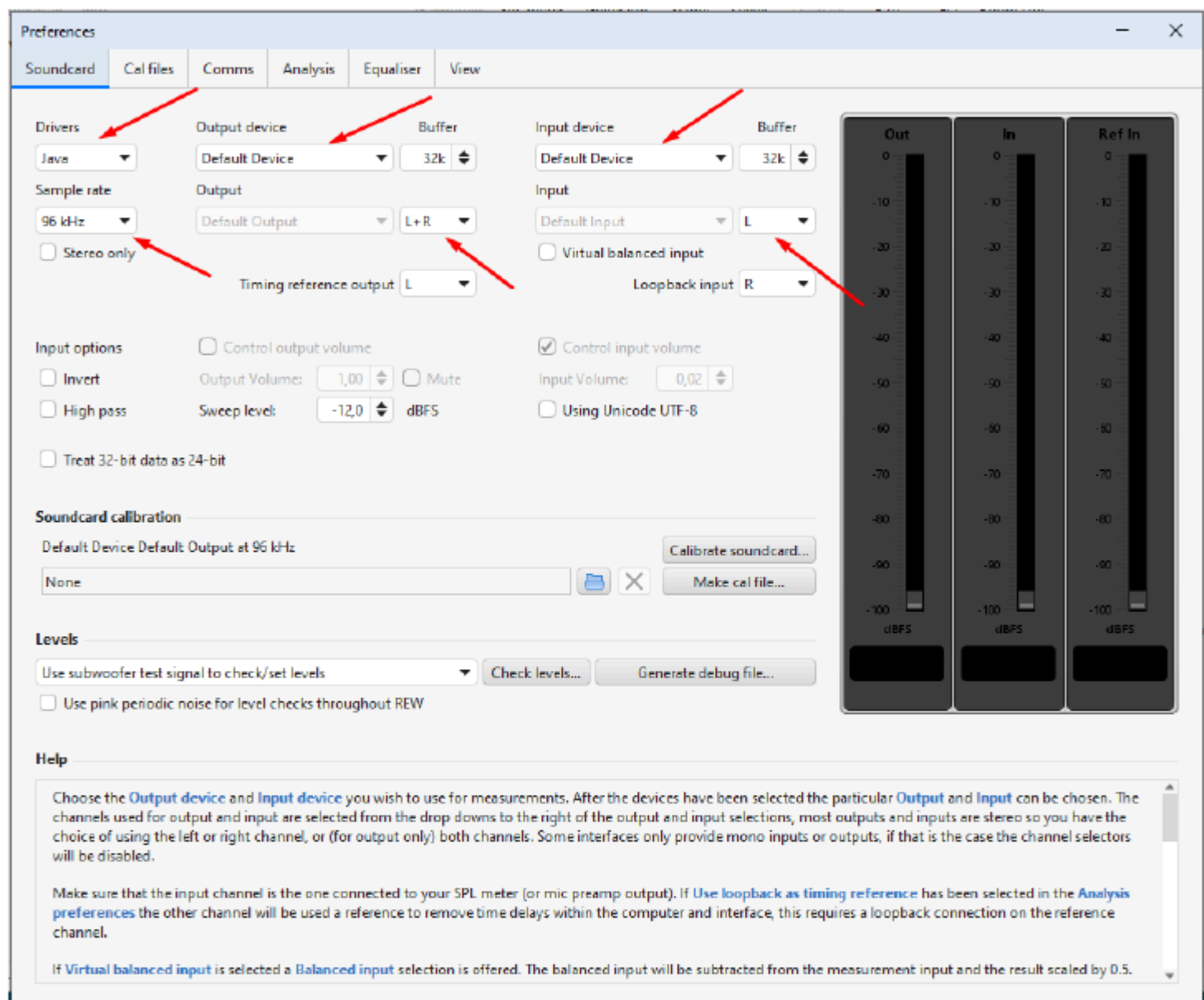
Итак, существует множество возможных проблем, и они часто возникают неконтролируемо. Для их точной диагностики требуется отдельное измерение, чаще всего с помощью специального оборудования. То есть приведенная выше информация должна помочь просто обойти основные проблемы, но в целом требуется критическое мышление. Особенно это актуально для высокоточных измерений.

REW

REW - это программа с очень широким функционалом. В этом разделе лишь вкратце описаны наиболее важные настройки и функции для рассматриваемых измерений. Пожалуйста, обратитесь к документации REW для получения более подробной информации.

Настройка

На вкладке Звуковая карта:



Выберите драйверы "Java" Выберите устройство вывода и каналы вывода Выберите устройство ввода и канал ввода. Выберите частоту дискретизации.

На вкладке файлы Cal снимите все ненужные калибровки.

На вкладке Анализ установите флажок "Применить файлы cal к искажениям".

Генератор

Генератор сигналов REW позволяет генерировать все стандартные сигналы, необходимые для тестов с высоким качеством, передавать эти сигналы на настроенное устройство вывода и сохранять их в файлах.

Default Output on Default Device

Tones

Multitone

Noise

Sweeps

Sine

Square

Sawtooth

Tone burst

CEA-2010

J-test

Frequency Hz

1 000

Prev. 1/3 Oct.

Next 1/3 Oct.

☐ Lock frequency to RTA FFT (128k)

☐ Add harmonic distortion

☐ Frequency tracks cursor

☒ Add dither 25 bits

RMS

-20,00 dBFS

-20,00 dBFS pk

☐ dBu

☐ dBV

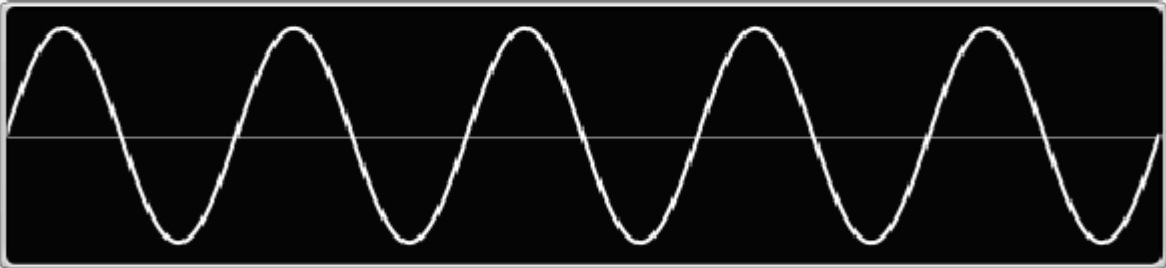
☐ Volts

☒ dBFS

Calibrate level

FS sine Vrms

2,0000 V



Play

Save to file

☐ SPL limit (dB): 100

☒ Stop if heavy input clipping occurs

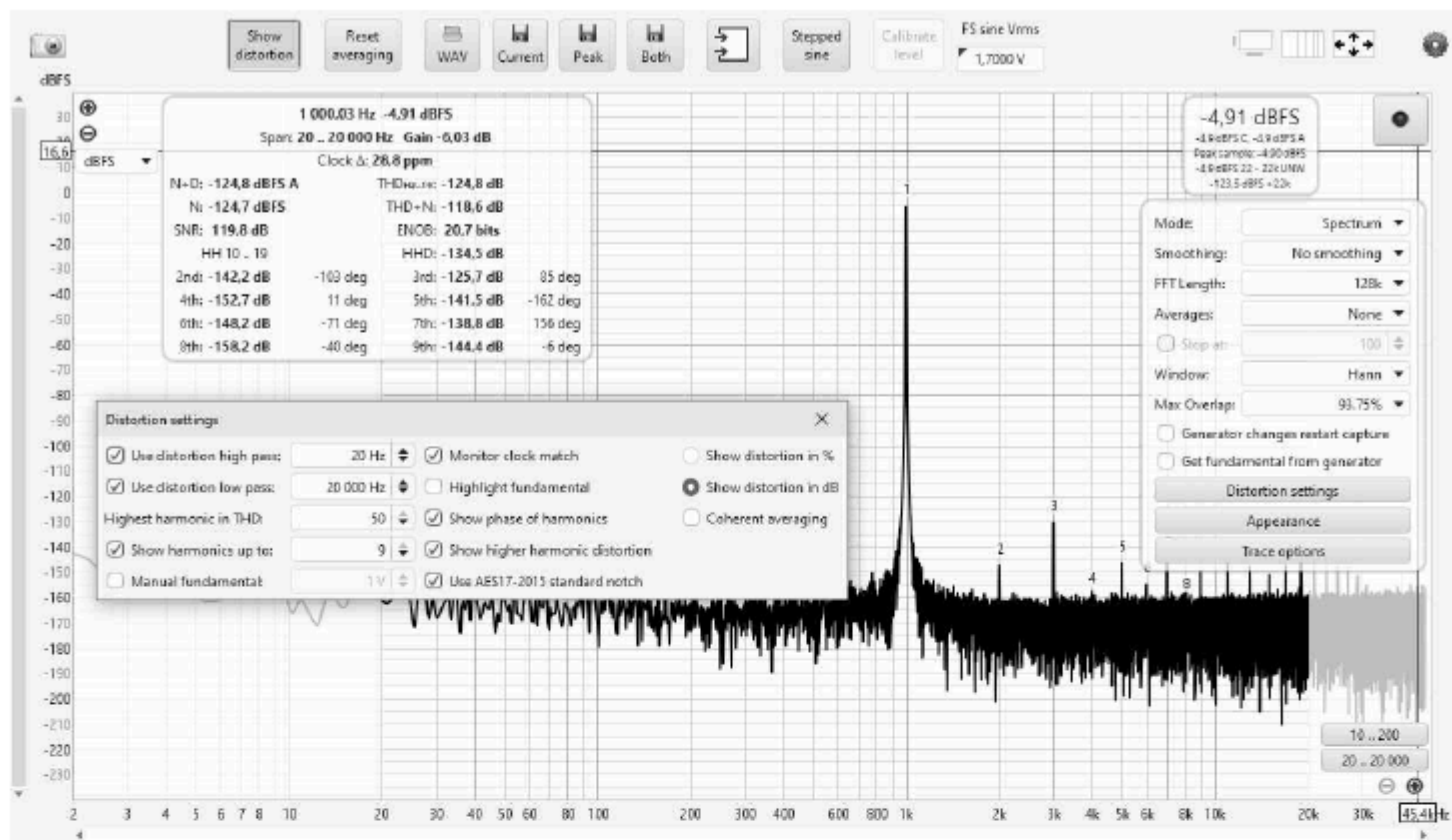
☐ Send signal to timing ref output

Output

Default Output

L+R

☐ Invert second output

RTA

Большинство измерений выполняется с помощью этого инструмента. Особое внимание следует уделить "Настройкам искажения". Здесь вы найдете наиболее важную настройку диапазона измерений. Чаще всего устанавливается диапазон слышимости от 20 до 20000 Гц. Включите "Использовать стандартную метку AES17-2015". Это метод расчета мощности основного тона для расчета гармонических искажений в пределах октавы или на главном лепестке. Используйте эту настройку, за исключением случаев, когда основной тон недостаточно превышает минимальный уровень шума.

Типичные измерения

В этом разделе наиболее подробно описаны параметры измерения THD + N. Все настройки могут быть собраны разными способами. Конечно, это повлияет на различные компоненты искажения. Иногда намеренно необходимо проводить измерения разными способами, чтобы увидеть, где находится узкое место. В конечном счете, только экспериментатор может определить значение определенных действий. Поэтому, он или она должны понимать ситуацию и уметь делать выводы и вносить коррективы. Обычно никто не добивается идеального результата с первой попытки.

Стандартные варианты установки

Для всех измерений требуется источник сигнала. Цифровой сигнал может быть получен многими способами, но вам нужна уверенность в качестве генерируемого сигнала. Поэтому один из самых надежных способов - это использовать REW-генератор или сгенерированный им файл. При воспроизведении файла с ПК, если только это не ноутбук или смартфон с питанием от аккумулятора, необходима гальваническая развязка между ЦАП и источником цифрового сигнала. Большинство стационарных устройств используют собственный источник питания и гальванически изолированы от источника цифрового сигнала, для USB-ЦАП необходимо использовать USB-изоляторы. Также при подаче питания от USB необходимо убедиться в качестве питания: проблемы могут возникать как при высокой нагрузке ЦАП, так и без нагрузки. Проблему с электропитанием можно решить, подключив качественный источник питания с помощью Y-образного кабеля. Для передачи аналогового сигнала во время измерений следует использовать только экранированные кабели. Экран кабеля, подключенного к выходу ЦАП, должен быть подключен к общему проводу на выходе ЦАП. При измерении USB-ЦАП кабель может быть заземлен на входной разъем USB. Затем кабели подключаются к АЦП. Для измерений в монорежиме к обоим входам АЦП из одного канала ЦАП следует подключить два кабеля. Для измерений в стереорежиме один из каналов АЦП подключается к одному из каналов ЦАП. Можно производить измерения в стереорежиме, подключив все каналы ЦАП и АЦП параллельно, но из-за неидеального совпадения параметров входных сигналов АЦП возможна погрешность измерения. И, конечно, последний способ подключения используется для оцифровки стереозвука. Для подключения АЦП к ПК вам может понадобиться изолятор, если у АЦП не ISO-версия и используется ЦАП с питанием от сети. Для различных измерений могут использоваться дополнительные устройства между ЦАП и АЦП: фильтры, усилители или нотч. При использовании вспомогательного питания очень важно, чтобы ЦАП и другие устройства не питались от источников с гальванической связью, таких как единый блок питания. В конце необходимо согласовать уровни напряжения аудиосигнала. В простейшем случае, зная выходное напряжение ЦАП, необходимо установить минимально возможную чувствительность АЦП не ниже этого напряжения. Дополнительные устройства могут изменять напряжение сигнала, важно не допускать, чтобы какое-либо устройство значительно превышало допустимое входное напряжение. В случае возникновения проблем используйте сигналы низкого уровня для безопасного анализа.

Измерение выходного напряжения

Знание напряжения, соответствующего 0 ДБФ источника, очень полезно и регулярно требуется при проведении измерений. Настройка. ПК - USB DAC - вольтметр (мультиметр).

На ПК запускаем генератор REW, устанавливаем синус 50 Гц, -10 дБ. Выбор сигнала определяется тем фактом, что, во-первых, он должен быть правильно измерен вольтметром, во-вторых, лучше исключить искажения, которые опять же для точности могут составлять 0 дБф. Измерьте напряжение на выходе U1 ЦАП. Вычислите максимальное выходное напряжение $U_m = U_1 / 10^{(-10/20)} [V_{rms}]$

Измерение входного напряжения

Для АЦП Cosmos это напряжение, конечно, известно заранее, но из-за конечной точности резисторов возможны некоторые вариации. Чтобы уточнить значение чувствительности, подайте точное напряжение с ЦАП на тестируемый канал АЦП. Вы можете сделать это, зная его максимальное выходное напряжение и уровень выходного сигнала U1 [dBFS]. $U_{out} = U_m * 10^{(U_{db}/20)} [V_{rms}]$ Затем измерьте уровень входного сигнала U2 [dBFS] и найдите точную чувствительность канала АЦП. $U_{in} = U_{out} / 10^{(U_2 / 20)} [V_{rms}]$

Гармонические искажения и шум 1 кГц (THD, THD+N)

Настройка. PC - Изолятор - USB DAC - Cosmos ADC - ПК

Иногда имеет смысл использовать смартфон вместо ПК. Изолятор не нужен.

Чтобы уменьшить влияние шума АЦП на результат, можно использовать режим монофонического АЦП.

Наиболее точный результат можно получить только с помощью APU notch.

Проверьте настройки искажений. Установите минимальную чувствительность на АЦП, чтобы выходное напряжение источника не было выше. На генераторе установите частоту 1 кГц и уровень -0,5 дБ. Установите желаемый режим АЦП, выберите входной канал и файл калибровки, если используется APU. Если ИУ имеет достаточно хорошее качество, увеличение коэффициента усиления APU может помочь более точно измерить шум, в то время как его уменьшение может помочь измерить гармоники. Запускаем генератор и RTA. Чтобы увидеть результат, скорректируйте выходной уровень генератора. При использовании APU рассчитанный уровень сигнала может отличаться от истинного уровня сигнала, но это не влияет на вычисления THD+ N. Фиксирование результата.

Измерение шума АЦП

Установка. ПК - (изолятор) - АЦП.

Установите АЦП на минимальную чувствительность. Я не могу точно сказать, нужно ли закорачивать входы АЦП, вы можете попробовать это сами и выбрать наилучший результат. Выберите нужные настройки фильтров низких и высоких частот или отключите их полностью. Запустите RTA. Следите за уровнями: на разных каналах и диапазонах, в монорежиме, на разных частотах дискретизации, с разным весом.

Измерение шума ЦАП.

Для точного измерения шума ЦАП вам понадобится усилитель между ЦАП и АЦП.

Это может быть предусилитель APU или масштабатор. Необходимо подать сигнал тишины на ЦАП. Чтобы убедиться, что источник действительно находится в рабочем состоянии, можно вместо тишины применить синусоидальный сигнал низкого уровня, чуть выше минимального уровня шума, это не повлияет на результат. Вычитите коэффициент усиления используемого усилителя из полученного результата.

Динамический диапазон (DR)

Для измерения требуется точно такая же настройка, что и для измерения шума ЦАП. Вам нужно установить синусоидальное значение 1 кГц -60 дБ на генераторе. И измерить THD + N.

Соответствующий динамический диапазон получается за счет увеличения модуля результирующего THD+N на 60 дБ. Чтобы получить взвешенное значение A, вы можете воспользоваться соответствующим калибровочным файлом или просто рассчитать, взяв модуль искажения N + D [dBFS A], прибавив 60 дБ и добавив уровень первой гармоники (он отрицательный).

Интермодуляционные искажения (IMD SMPTE, CCIF)

Из дополнительных устройств можно использовать только УКВ.

На генераторе выбирается желаемый стандартный сигнал.

Уровень снижается, так что цифровое ограничение исчезает.

Выполняется измерение.

Измерения перекрестных помех (Crosstalk)

Обычно используемая схема с обоими каналами, подключенными от ЦАП к АЦП, имеет существенный недостаток, связанный с низким входным сопротивлением АЦП, который нельзя игнорировать во всех случаях измерения низкой нагрузки источника. Эту проблему можно решить различными способами, например, применив масштабатор с высоким входным сопротивлением в качестве буфера. Или вы можете просто измерить уровни в разных каналах ЦАП последовательно с одним каналом АЦП и найти разницу. Если было решено использовать для измерения два канала АЦП, имеет смысл учесть разницу в чувствительности каналов АЦП, чтобы получить более точный результат. Чтобы измерить перекрестные помехи под нагрузкой, подключите нагрузку к выходу ЦАП любым доступным способом и измерьте с помощью нагрузки.

Проверка дрожания

Дрожание проверяется на БПФ частотного меандра $F_s/4$ частоты 1.

Используется установка без дополнительных устройств. Максимальная длина БПФ выбирается для уменьшения уровня шума. Уровень джиттера определяется уровнем пиков на БПФ вблизи основного тона.

Измерение выходного сопротивления.

Чтобы измерить выходное сопротивление, вам необходимо измерить выходное напряжение источника с нагрузкой и без нее. Выходное сопротивление определяется по формуле: $R_{out} = R_{нагрузка} * (U_{unload}/U_{нагрузка} - 1)$

Но для измерения вам понадобится точный вольтметр. Проще и точнее использовать АЦП, но не забывайте о его входном сопротивлении, не помешало бы использовать Cosmos Scaler в качестве буфера. Нам нужно измерить уровни сигнала с нагрузкой L_{unload} (дБ) и без нагрузки L_{load} (дБ) с несколькими десятичными знаками. Затем выходное сопротивление может быть рассчитано следующим образом: $R_{out} = R_{нагрузка} * (10^{((L_{unload} - L_{load})/20)} - 1)$ Следует отметить, что метод измерения выходного импеданса по падению напряжения даст ошибку, если линейность усилителя источника недостаточна. В таких случаях точное измерение возможно только с использованием специальных устройств.

Измерение АЧХ

Один из самых простых и быстрых способов построения АЧХ - использовать генератор белого шума и включить усреднение в RTA. Вы также можете использовать функциональность измерения REW для характеристики.

Пошаговые измерения

Последующие измерения, по сути, представляют собой серию измерений в некотором диапазоне автоматически изменяющихся исходных данных. В REW могут быть построены следующие типы зависимостей:

- THD от частоты
- THD от уровня
- IMD от уровня
- Многотональный TD + N от уровня

Для выполнения измерений с помощью этих средств необходимо использовать цифровой сигнал от REW генератора. Пошаговые измерения запускаются инструментом "Пошаговое измерение", кнопкой "Ступенчатая синусоида" в окне RTA. Для получения полной информации о работе этого инструмента, пожалуйста, обратитесь к документации REW .

В общих чертах, этот инструмент выбирает режим измерения, диапазон и шаг изменения параметра источника : уровень или частота, настройки БПФ, параметры вычисления и параметры отсека отклика. В соответствии с выбранными настройками инструмент показывает количество необходимых единичных измерений, по которому вы можете приблизительно оценить время, необходимое для выполнения полного измерения.

Обязательно обращайтесь внимание на предупреждения, написанные в инструменте красным шрифтом. Обратите особое внимание на следующие настройки:

- "Уровень тестирования (dBFS)". Обычно он установлен на довольно высоком уровне, но вы должны убедиться, что на всей тестовой полосе пропускания не произойдет отсечения. Конечно, также могут иметь значение измерения на более низких уровнях.
- "Тестовая частота (Гц)". Если вы используете для измерений насечку Cosmos APU, частота должна совпадать с частотой фильтра.
- "Время настройки". Время ожидания после запуска генератора с сигналом для следующего шага. Требуется для измерений с использованием Cosmos Scaler auto, поскольку требуется некоторое время для анализа переключения усиления.
- "Включить искажение HP" и "Включить искажение LP". Расчет искажений и шума полоса пропускания.
- "Использовать стандартную выемку AES17-2015". Метод расчета мощности основного тона для расчета гармонических искажений в пределах октавы или на главном лепестке. Используйте эту настройку, за исключением случаев, когда основной тон недостаточно превышает минимальный уровень шума.

Если вам необходимо использовать калибровочные файлы, особенно при измерении THD с помощью Cosmos APU notch, установите флажок в настройках программы: Настройки> Анализ> Применить калибровочный файл к искажению.

Построение графика зависимости THD + N от уровня

Stepped Measurement

THD vs level

Start

End

Step

dBFS:

-80,00

0,00

10,00

Test frequency (Hz):

1000,0

FFT

Averages

Overlap

128k

2

0%

Window:

Hann

Settling time:

0 ms

Silence interval:

0 s

☒ Enable distortion HP

20 Hz

☒ Enable distortion LP

20 000 Hz

☒ Use AES17-2015 standard notch

☐ Coherent averaging

☒ Stop if heavy input clipping occurs

☒ Stop at distortion limit:

1 %

☐ If distortion limit hit try smaller step

Warning: Stepped sine testing at high signal levels can damage drive units, especially tweeters. Use the silence interval to provide cooling time and keep levels moderate.

9 measurements required

Cancel

Start

Pause

Back

Stop

На стенде для измерения THD, как и при всех последовательных измерениях, как ЦАП, так и АЦП должны управляться с помощью REW. В инструменте "Ступенчатое измерение" выберите режим "THD в зависимости от уровня", выполните настройки и дождитесь результатов.

Построение графика зависимости THD + N от уровня / напряжения / мощности под нагрузкой.

Фактически, любое измерение может быть выполнено под нагрузкой источника. Однако, если вы хотите увидеть результаты в единицах напряжения или мощности, вам необходимо внести некоторые коррективы. На измерительном стенде необходимо подключить нагрузку к выходу источника.

Размер нагрузки следует выбирать из допустимых пределов источника, а диапазон уровня - из

допустимая мощность для нагрузки, если превышение очень велико, для охлаждения может быть установлен "интервал молчания".

Чтобы иметь возможность рассчитать выходной уровень в единицах напряжения, в генераторе REW должно быть установлено максимальное выходное напряжение.

Тот же расчет в единицах мощности требует, чтобы сопротивление нагрузки было указано в GraphControl> Внешний вид> Ref сопротивление для dBW (Ом).

После проведения измерения с этими настройками при выборе соответствующих единиц измерения будут показаны правильные значения.

Построение графика зависимости IMD от уровня

Stepped Measurement

IMD vs level

Start

End

Step

dBFS: -80,00 0,00 10,00

Custom

FFT

Averages

Overlap

128k 2 0%

Window: Hann

Settling time:

0 ms

Silence interval:

0 s

☒ Enable distortion HP

20 Hz

☒ Enable distortion LP

20 000 Hz

☐ Coherent averaging

☒ Stop if heavy input clipping occurs

☒ Stop at distortion limit: 1 %

☐ If distortion limit hit try smaller step

Warning: Stepped sine testing at high signal levels can damage drive units, especially tweeters. Use the silence interval to provide cooling time and keep levels moderate.

9 measurements required

Cancel

Start

Pause

Back

Stop

Следует отметить, что REW вычисляет интермодуляционные искажения без учета шума, в отличие от измерений точности звука, где шум учитывается. Это следует принимать во внимание при сравнении результатов. Если необходимо произвести измерение без нагрузки, возможно, имеет смысл использовать Cosmos Scaler автозапуск перед Cosmos ADC и установить значение "Время настройки" 200-300 мс. Пожалуйста, обратите внимание, что при использовании автотрансформатора правильные результаты искажения могут быть получены только в dB из-за изменения уровня сигнала на входе АЦП с помощью автотрансформатора. В инструменте "Ступенчатое измерение" вам нужно выбрать режим "IMD в зависимости от уровня", выполнить настройку и дождаться результатов.

Построение графика зависимости THD от частоты.

Stepped Measurement

THD vs frequency

Start

End

Step

20 Hz

20 000 Hz

6 PPO

Test level (dBFS):

0,00

FFT

Averages

Overlap

128k

2

0%

Window:

Hann

Settling time:

200 ms

Silence interval:

0 s

☒ Enable distortion HP

20 Hz

☒ Enable distortion LP

20 000 Hz

☒ Use AES17-2015 standard notch

☐ Capture spectrum at each step

☐ Coherent averaging

☒ Stop if heavy input clipping occurs

☒ Stop at distortion limit:

1 %

Warning: Stepped sine testing at high signal levels can damage drive units, especially tweeters. Use the silence interval to provide cooling time and keep levels moderate.

61 measurements required

Cancel

Start

Pause

Back

Stop

Если измерение выполняется без нагрузки или если сопротивление нагрузки недостаточно низкое, имеет смысл использовать буфер (масштабатор Cosmos) перед АЦП, чтобы исключить влияние его входного сопротивления. В инструменте "Ступенчатое измерение" вам нужно выбрать режим "THD в зависимости от частоты", выполнить настройку и дождаться результатов.

Приложения

Калибровка зазубрин Cosmos APU.

Калибровка включает в себя установку двух независимых фильтров для частоты (F1 и F10) и усиления (G1 и G10). В ASR есть отличная статья о калибровке APU и запись в блоге Archimago enlightened Cosmos APU с примером генерации файла калибровки. Чтобы отрегулировать частоту, отрегулируйте многотональный сигнал на генераторе REW с 20 Гц до 20000 кГц с шагом 1 Гц и установите флажок "Минимизировать коэффициент усиления". Этот сигнал будет регулировать как частоту, так и коэффициент усиления. Коэффициент усиления можно регулировать более точно с помощью двухтонального сигнала частотой 50 + 1000 Гц для метки 1 кГц и 500 + 10000 кГц для метки 10 кГц. После настройки фильтра необходимо создать калибровочный файл. Для измерения потребуется стенд как для пошагового измерения THD с подключенной насечкой. Изготовьте измерительный инструмент.

- Тип: "SPL"
- Стоит выбрать более широкий диапазон, чтобы избежать искажений при калибровке в будущих широкополосных измерениях, но не выше половины частоты дискретизации.
- Уровень должен быть установлен достаточно высоко, но избегайте обрезки. Вы можете проверить настройку уровня с помощью кнопки "Проверить уровни".
- Метод развертки
- Для повышения точности вы можете выбрать большую длину БПФ и увеличить количество повторений.
- Воспроизведение: "От начала до конца" Частота дискретизации должна обеспечивать оцифровку во всем требуемом диапазоне.
- Выберите устройства ввода и вывода.
- Убедитесь, что файлы калибровки не используются.
- Начните измерение. При необходимости исправьте настройки и повторите измерение.
- После выполнения измерения рекомендуется сохранить исходную версию результатов измерения. В принципе, этого уже достаточно для выполнения THD+N измерений, но измерение покажет фактический уровень сигнала.

Экспортируйте результаты измерений во временный файл калибровки. Меню Файл> Экспорт> Экспортировать

Export settings for notch10k0db map 9

Notes to include:

☒ Use range of measurement: 0 to 90 000 Hz

☐ Use custom range: 20 to 20 000 Hz

☒ Use resolution of measurement: 0,366 Hz

☐ Use custom resolution: 96 PPO

☒ Use smoothing of measurement: None

☐ Use custom smoothing: No smoothing

☒ Use REW export format (recommended): 12345.6

☐ Use computer's number format: 12 345,6

Export units: SPL

Export text delimiter: Space

☐ Do not include any comments or headers in the export

☐ Do not include phase in the export

☒ Include individual input responses in multi-input capture export

Export preview:

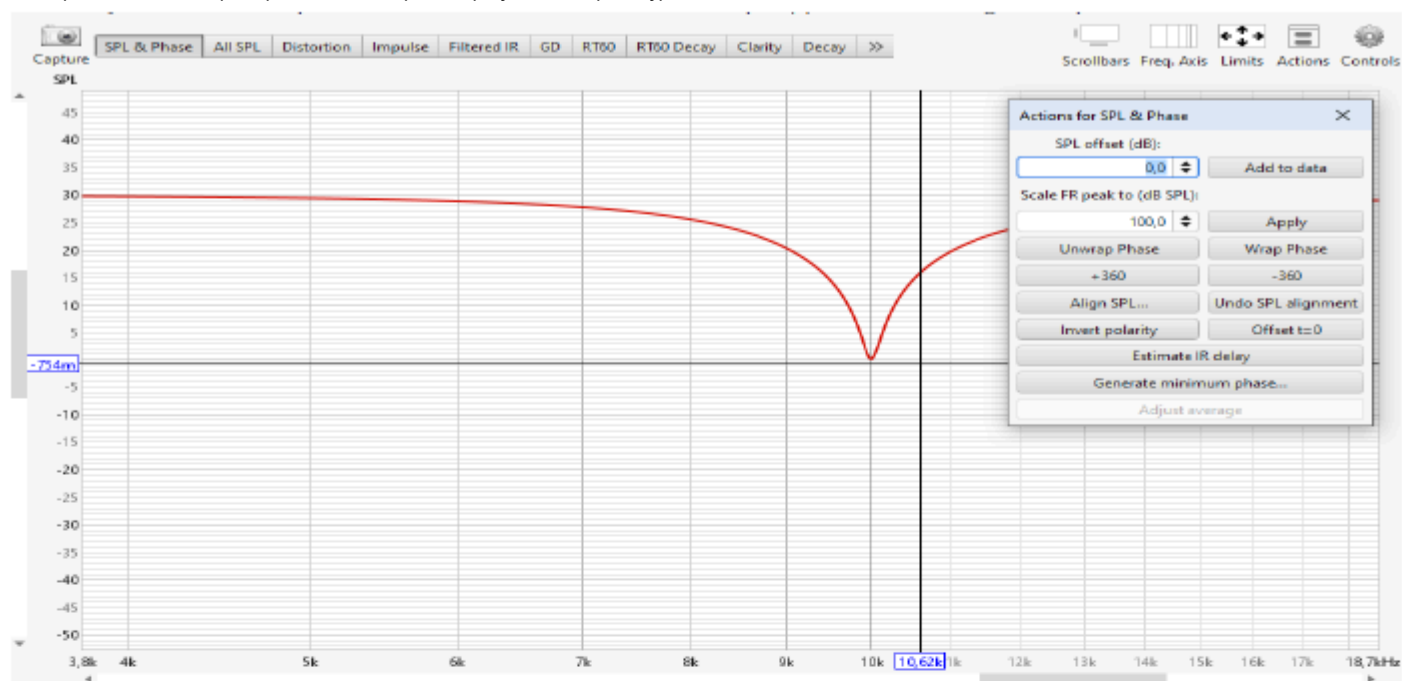
```
Scale frequency: 0.36621094 Hz
*
* Freq (Hz) SPL (dB) Phase (degrees)
0.366211 15.966 111.6534
0.732422 20.914 88.9169
1.098633 23.964 74.9123
1.464844 25.968 63.5954
1.831055 27.285 53.7522
```

OK Cancel

преобразуйте значения в текст.

Затем вам нужно измерить уровень основного сигнала, подключенного непосредственно к АЦП и используя notch и созданный файл калибровки. И найдите разницу уровней.

- Вернитесь к полученному измерению. Выберите отображение SPL по вертикали и введите полученную коррекцию уровня с предыдущего шага в поле "Смещение SPL (дБ)" с таким расчетом, что АЧХ фильтра сместится вверх, если результат измерения уровня тона с помощью



- значение временного калибровочного файла было завышено, и наоборот в противном случае.
- Еще раз экспортируйте результаты измерений в файл и удалите временный файл, чтобы избежать ошибок.
- Повторите все шаги, чтобы сгенерировать файл калибровки для другого коэффициента усиления и для другого фильтра частоты.