

26 марта 2021 г.

Соображения относительно внешних эталонных часов 10 МГц: синусоидальная/прямоугольная волна;

Импеданс; Прокладка кабеля; Фильтры.

Джон Р. Свенсон

## **Введение**

В последнее время было много разговоров об использовании внешних эталонных часов 10 МГц с **UpTone Audio EtherREGEN** Сетевой коммутатор. А именно, существует путаница в отношении того, какая форма сигнала лучше, какой импеданс использовать, какой тип кабеля использовать и на какие числа смотреть в спецификациях производителей. В данной статье будет предпринята попытка объяснить некоторые из них в общем и непрофессиональном плане, а также то, как эти факторы взаимодействуют друг с другом. Это не обзор или рекомендация конкретного оборудования. Следующая информация носит несколько общий характер — цель состоит в том, чтобы помочь вам лучше понять, как различные аспекты часов определяют, что искать. Цель состоит в том, чтобы получить часы с наименьшим фазовым шумом в тактируемых схемах. Любой из этих вариантов, скорее всего, будет работать. Если ваш EtherREGEN не работает с внешними часами, это не связано с одной из этих проблем. Все дело в том, чтобы получить наилучшие технические (и звуковые) характеристики.

## **Типы шума**

Прежде всего, мы должны понять два разных типа шума — АМ и РМ — и их характеристики:

- АМ означает *Амплитудная модуляция*, что имеет в виду большинство людей, когда говорят о «шуме», и представляет собой изменение амплитуды сигнала. Печально известное «шипение ленты» — это АМ-шум.
- РМ означает *Фазовая модуляция*, что является фазовым шумом. Это связано с синхронизацией (дрожанием), а не с амплитудой. (Мы не будем здесь подробно останавливаться на том, что такое фазовый шум. Это довольно сложно и было рассмотрено в другом месте.)

Достаточно сказать, что фазовый шум часов и его распространение через микросхему и интерфейсы имеют большое значение в цифровом звуке. АМ имеет значение только потому, что при некоторых обстоятельствах АМ может стать РМ. На экране осциллографа АМ — вертикально, РМ — горизонтально.

### **с утра до вечера**

АМ-шум может быть преобразован в РМ-шум. Вот почему с часами все немного усложняется, поэтому важно понимать процесс, который добавляет РМ к существующему РМ тактового сигнала.

Мы начнем с того, как это работает для синусоиды. «Чистый» сигнал, отображаемый на осциллографе, будет представлять собой стандартную «синусоиду», плавно идущую вверх и вниз с очень тонкой линией. По мере добавления АМ линия становится «нечеткой». Это показывает амплитуду, добавленную к нашему «чистому» сигналу. В тактовом приемнике, преобразующем синусоидальную волну в прямоугольную, имеется пороговое напряжение. Когда сигнал выше порога, выход высокий; когда сигнал ниже порога, выход низкий. При идеально чистом входном сигнале время между этими изменениями всегда было бы одинаковым. Но с добавлением АМ сигнал может достигать порога немного раньше или немного позже, таким образом добавляя вариации во время, что приводит к РМ (фазовой модуляции).

Насколько велика эта временная вариация, зависит от наклона сигнала. Сигнал, который медленно нарастает или падает, будет давать гораздо большую разницу во времени (более высокий РМ), чем быстро движущийся сигнал (более низкий РМ). Наклон синусоиды намного ниже наклона прямоугольной волны. Идеальная прямоугольная волна не имеет наклона; скорее у него есть мгновенные «края». Но в реальной жизни этого не может быть, так как всегда есть какой-то уклон, но он может быть очень крутым (очень быстрый подъем).

Итак, давайте посмотрим, что происходит при преобразовании АМ в РМ с синусоидальной или прямоугольной волной. В случае синусоиды низкий наклон означает большое изменение во времени. Но для того же количества АМ изменение времени прямоугольной волны будет НАМНОГО меньше. Другими словами, **входной приемник гораздо более чувствителен к АМ на синусоидальной волне, чем на прямоугольной.**

Интересным аспектом приемника является то, что эта чувствительность может отличаться от одного приемника к другому. Основное различие связано с пропускной способностью. Поскольку АМ сигнала обычно очень широкополосный (содержит множество разных частот), отфильтровывание частот, не являющихся тактовой частотой, приведет к гораздо меньшему количеству АМ. Это может значительно снизить чувствительность к синусоидальной амплитудной модуляции.

Тактовый приемник EtherREGEN находится внутри используемого нами синтезатора тактовых импульсов и предназначен для работы с очень широким диапазоном входных тактовых частот (мы программируем его на 10 МГц или 25,0 МГц, если просто используем внутренний ХО в качестве эталона). Это делает этот вход очень чувствительным к шуму АМ. Следовательно, синусоидальные волны должны иметь ОЧЕНЬ низкую амплитуду, чтобы на выходе был низкий фазовый шум.

## **Импеданс**

Согласование импеданса МОЖЕТ оказать очень значительное влияние на преобразование АМ в РМ. Прямоугольные волны могут быть сильно искажены несоответствием импеданса, но синусоидальные волны от них практически не зависят. Искажения прямоугольной формы могут значительно повлиять на чувствительность преобразования АМ в РМ (более высокое значение РМ, если существует значительное несоответствие импеданса).

Несоответствие импеданса может существовать ВНУТРИ корпуса часов, с разъемами и кабелем, а также внутри приемника. ЕСЛИ у вас прямоугольные часы, вам нужно убедиться, что они совпадают; если у вас есть синусоида, это не имеет большого значения.

## **Типы кабелей**

Есть три основных аспекта кабеля, которые влияют на часы: импеданс, экранирование и ограничения пропускной способности.

Вы, вероятно, знакомы с импедансом. Для наших целей можно выбрать 50 Ом или 75 Ом; ни лучше, ни хуже, они просто должны совпадать. Тем не менее, слово предупреждения: есть МНОГО кабелей, которые говорят, что они 75 Ом, но имеют разъемы 50 Ом на концах.

Различные кабели имеют разные типы экранирования: одинарное, двойное, полужесткое и т. д. Каждый из них имеет разные экранирующие свойства: одинарное — наихудшее, а полужесткое — наилучшее. По мере улучшения экранирования цена кабеля резко возрастает. Если кабель имеет одинарное экранирование, в спецификации, вероятно, не будет указан тип его экранирования. Полуужесткая трубка представляет собой медную трубку с тефлоновой внутренней частью и проводником посередине. Он имеет 100% защиту, но с ним трудно работать. Для «перемычек» между коробками рядом друг с другом это путь, если вам нужна хорошая защита.

Следующим аспектом является затухание с увеличением частоты. ВСЕ коаксиальные кабели демонстрируют такое поведение. Затухание на частоте 10 МГц всегда очень низкое, но по мере увеличения частоты затухание может стать довольно высоким. Есть два аспекта кабеля, которые определяют это: из чего сделана изоляция между центральным проводником и экраном и диаметр кабеля.

Тефлон, полипропилен и некоторые силиконовые каучуки имеют гораздо меньшее затухание при повышении частоты по сравнению с другими менее дорогими изоляционными материалами (называемые в электронике «диэлектриками»).

Так почему это важно? Прямоугольная волна состоит из целой последовательности «гармоник», которые делают сигнал «прямоугольным». Ослабление этих гармоник делает сигнал «скругленным», что означает, что крутизна фронта намного меньше, что делает преобразование АМ в РМ более чувствительным, увеличивая РМ. НО, поскольку синусоидальная волна не имеет гармоник, это не имеет НИКАКОГО значения!

### Комбинации

Теперь самое интересное — как все вышеперечисленное взаимодействует друг с другом. Сначала поговорим о выборе между синусом и квадратом.

Для синусоидальных волн чувствительность АМ к РМ высока, НО они не чувствительны к несоответствию импеданса или затуханию в кабеле с увеличением частоты. Из-за высокой чувствительности АМ к РМ вы, вероятно, захотите использовать кабель с очень хорошим экранированием. Но с самого начала это не помогает никакому АМ-шуму в сигнале, а только тому, что он улавливает при переходе от коробки к коробке.

Для прямоугольных сигналов вам ДЕЙСТВИТЕЛЬНО необходимо убедиться, что у вас есть хорошие совпадения импедансов, но вы ничего не можете сделать, если блок часов уже имеет несоответствие. Вы не заботитесь об экранировании кабеля, но вам нужно очень небольшое изменение затухания в зависимости от частоты (обычно это называется широкополосным кабелем).

Обратите внимание, что ни один из них не требует ни очень хорошего экранирования, ни очень низкого затухания с частотой. Таким образом, приобретение кабеля с обоими — это просто пустая трата денег в любом случае.

Итак, что лучше? Это действительно трудно сказать. ЕСЛИ коробка с часами имеет встроенный очень хороший синусоидальный преобразователь (а есть ДЕЙСТВИТЕЛЬНО хорошие преобразователи, если все сделано правильно, но кто знает, что внутри конкретной коробки), и разработчик коробки не перепутал импеданс внутри коробки, И вы получаете правильный кабель (низкое затухание с частотой), прямоугольная волна, вероятно, даст наилучшие результаты.

Конкретный синусоидальный блок может быть лучше, если преобразователь прямоугольных импульсов ошибается, и, конечно, вы захотите использовать действительно хорошо экранированный кабель. К сожалению, нет простого способа сказать, как обстоят дела. В одном отношении синусоидальные волны облегчают задачу, потому что не имеют значения, нарушил ли разработчик согласование импедансов, но синусоидальная волна может иметь много амплитудной амплитуды для начала.

Просто потому, что блок часов говорит, что он содержит ОСХО с чем-то вроде -135 дБн/Гц при смещении 10 Гц, не означает, что он будет лучше, чем тот, который говорит, что он имеет -130. ЕСЛИ у -135 есть несоответствия импеданса внутри или много АМ на синусоиде, результат после прохождения через тактовый приемник может быть хуже. ИЛИ -135 может быть спроектирован очень, очень хорошо и будет эффектно смотреться в приемнике часов. Трудно сказать.

### **Фильтры**

Существует еще одна концепция, которая может повлиять на приведенный выше совет: фильтрация синусоидального сигнала на нагрузке. Если вы пропускаете синусоидальный сигнал частотой 10 МГц через фильтр, предназначенный для радикального ослабления всего, что не соответствует частоте 10 МГц, вы можете избавиться от большей части АМ, которые могут быть на этой синусоидальной волне — либо от того, что было помещено в коробку часов, либо от чего-то еще. кабель подхватил. Такие фильтры существуют, и они поставляются с разъемами BNC на каждом конце.

### **Рекомендации**

Принимая во внимание все вышеизложенное, отличный способ — использовать синусоидальный выходной сигнал и подавать его на соответствующий фильтр, подключенный к разъему внешнего тактового сигнала на EtherREGEN. С этой конфигурацией вам не нужен сверхдорогой кабель, так как вам не нужно ни действительно хорошее экранирование, ни низкое затухание с частотой. Не имеет значения, нарушил ли дизайнер согласование импеданса внутри коробки или даже если вы используете правильный кабель импеданса. Фазовый шум, выходящий из коробки часов, будет почти таким же, как и при подаче на внутренние схемы EtherREGEN.

Один из таких фильтров производит компания Mini-Circuits. Они производят сотни моделей высокочастотных фильтров, но предпочтительным для применения с синусоидальными часами является номер детали BLP-10.7-75+ или BLP-10.7+. Это прецизионный фильтр нижних частот, пропускающий частоты от постоянного тока до 11 МГц и обеспечивающий хорошее затухание выше этого диапазона. Разница между двумя упомянутыми артикулами заключается в том, что один на 75 Ом, а другой на 50 Ом. Но если вы поняли то, что было объяснено в этой статье, вы будете знать, что для этого приложения с синусоидальными часами совершенно не имеет значения, какой импедансный фильтр вы выберете! Какой бы ни был в наличии. (Также не имеет значения, имеет ли ваш EtherREGEN стандартный 75-омный BNC-вход или доступный по запросу 50-омный BNC-тактовый вход.)

Использование этого подхода, вероятно, будет хорошо работать с чем угодно. Просто помните, что наилучший возможный результат по-прежнему будет при использовании блока прямоугольных импульсов с ДЕЙСТВИТЕЛЬНО хорошим преобразователем синусоидального сигнала в квадрат, когда все будет как раз внутри коробки — И вы используете кабель с действительно низким затуханием на частоте. Но по-настоящему превосходные коробки для часов прямоугольной формы и соответствующие им кабели стоят недешево! Поэтому, если вы не знаете, что находится внутри коробки, использование синусоидального генератора и вышеупомянутого фильтра, вероятно, является лучшим способом убедиться, что вы действительно получаете характеристики генератора с низким фазовым шумом внутри коробки.