

# Профессиональная работа со звуком – основы

Окончание.

Начало в №№ 7...10/2016, №№ 1...10/2017, № 1/2018

Арсений Ворошилов, по материалам Audio Primer (Calrec)

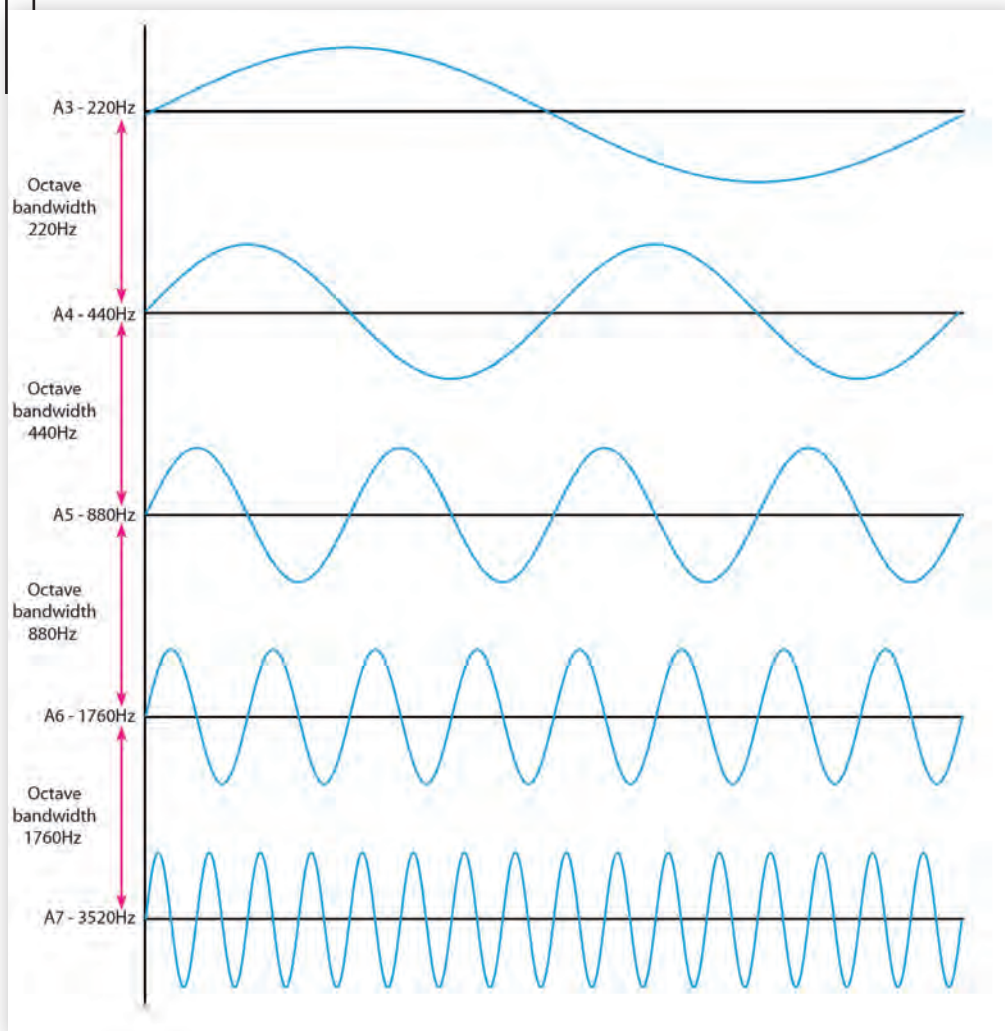
Данная статья замыкает цикл рассмотрением некоторых основ теории звука.

Итак, обсудив в предыдущей статье природу звука, такие его характеристики, как длина волны, ее форма, фаза и полярность, а также разобравшись с тем, что такое децибел и кривые одинаковой громкости, можно двигаться дальше и перейти к октавам.

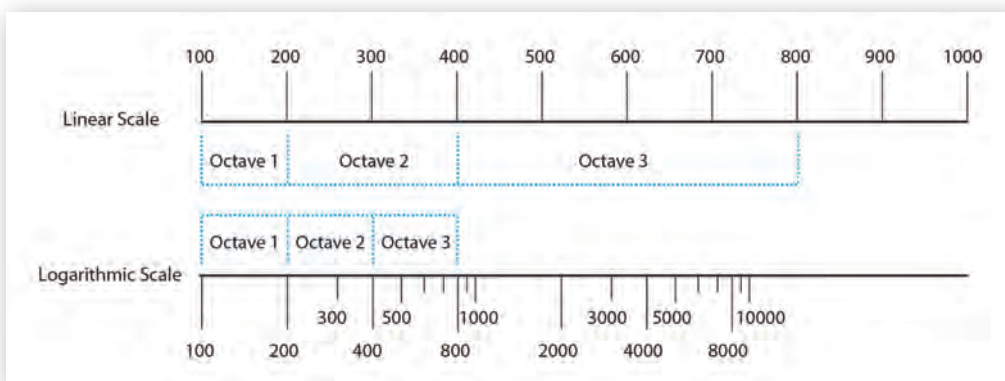
Октава – это интервал между определенной частотой и другой частотой, которая вдвое больше или вдвое меньше. Или, что эквивалентно, длина волны вдвое больше или вдвое меньше. Пример приведен на рис., где показаны ноты «ля», начиная с третьей октавы (A3) и выше (A4...A7). Очевидно, что частотный диапазон каждой следующей октавы вдвое шире, чем у предыдущей.

Применительно к октавам оказалось, что и тут логарифмическая шкала удобнее, чем линейная, потому что на линейной шкале каждая следующая октава занимает вдвое больше места по сравнению с предыдущей, тогда как на логарифмической все октавы одинаковы.

Теперь несколько слов об амплитудно-частотной характеристике (АЧХ), которая является одним из важнейших параметров аудиооборудования. Думается, тут вдаваться в детали нет большого смысла. Нужно лишь напомнить, что АЧХ – это, фактически, способность аппаратуры вводить и выводить звуковой сигнал без искажений в слышимом диапазоне частот, – как правило, 20...20000 Гц. Идеальная АЧХ выглядит как прямая горизонтальная линия во всем этом диапазоне. АЧХ реальных устройств и систем имеет форму кривой, средний участок которой близок к прямой (но все равно не идеален), а в начале и конце диапазона наблюдается спад. Чем круче спад, тем лучше АЧХ. Нормальной (качественной) считается АЧХ 20...20000 Гц  $\pm 3$  дБ.



Октавы



Линейная и логарифмическая шкалы октав

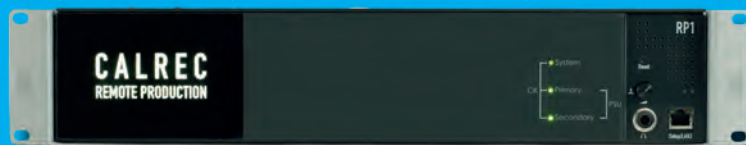
# ДИСТАНЦИОННОЕ ПРОИЗВОДСТВО. ВОЗЬМИ СВОЮ КОНСОЛЬ КУДА УГОДНО С RP1.

Микшируйте вживую в эфир без проблем и ограничений, снижайте расходы на производство и увеличивайте объемы контента.

Устройство дистанционного производства от Calrec дает вещателям возможность охватить расширенный спектр живых событий, включая региональный спорт, новости и музыкальные фестивали, и микшировать их дистанционно из студии, находящейся за тысячи километров от места события.

Посетите наши демонстрации дистанционной работы вживую на NAB 2018, стенд C7408.

[calrec.com](http://calrec.com)



RP1 переносит вашу любимую консоль Calrec в любую точку мира без необходимости покидать студию.



 **CALREC**

О том, что такое диаграмма направленности микрофона и какими по форме эти диаграммы бывают, журнал уже рассказывал, поэтому повторяться нет смысла. А вот о такой часто встречающейся ситуации, как нарушение синхронизации видео и звука, иными словами – задержке (Delay), сказать следует. Она может возникать по естественным причинам, то есть вноситься оборудованием, либо иметь коррекционный характер – задаваться оператором.

В медиаконтекстах видео зачастую отстает от звука, потому что на обработку видео требуется больше времени. Стало быть, чтобы сохранить синхронизацию, нужно задержать звук на тот же промежуток времени, который требуется для обработки видео (коммутации, декодирования, преобразования и т.д.). Обычно для выполнения корректировки применяют линии задержки.

Еще одна важная процедура, через которую проходит звуковой сигнал, это аналого-цифровое преобразование. Ведь

практически все современное оборудование является цифровым, а звук по своей природе аналоговый, то есть непрерывный. Тогда как цифровые сигналы дискретны (прерывисты).

Поступая в цифровую систему, аналоговый сигнал подвергается дискретизации, и каждый отсчет (семпл) имеет одно и то же значение в течение всего своего периода. Чем выше частота дискретизации (чем больше отсчетов), тем ближе результирующий цифровой сигнал к исходному аналоговому. В целом же, частота дискретизации определяет число отсчетов, обрабатываемых цифровой системой каждую секунду. Измеряется она в кГц. К примеру, значение 48 кГц говорит о том, что каждую секунду система обрабатывает 48 тыс. отсчетов, то есть замеряет значение амплитуды исходного сигнала. Не вдаваясь в детали, нужно вспомнить теорему Найквиста-Шеннона, которая говорит, что полностью воссоздать аналого-

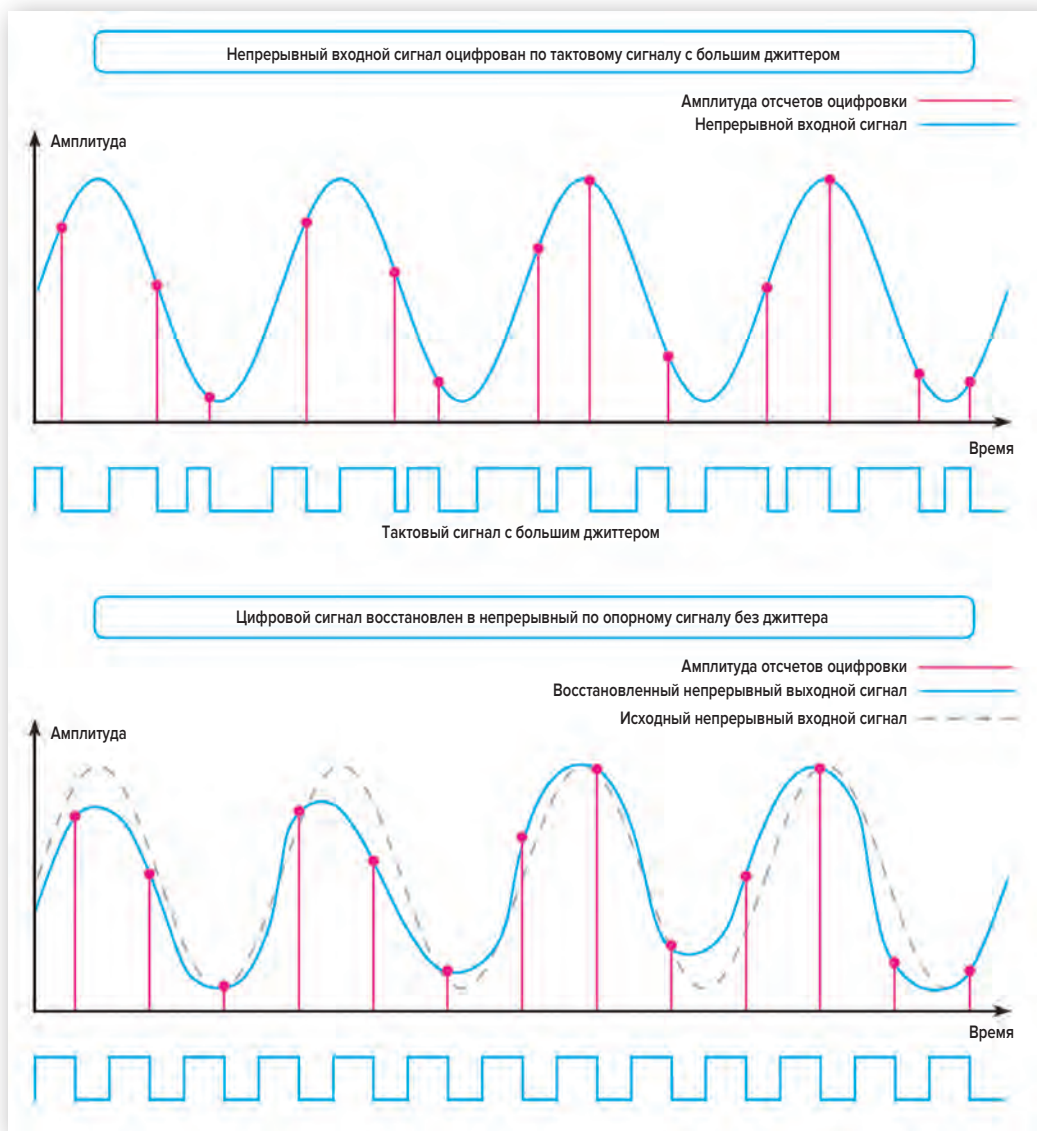
вый сигнал из цифрового (получить ту же форму сигнала) можно в том случае, когда частота дискретизации при аналого-цифровом преобразовании была более чем вдвое выше максимальной частоты оцифровываемого сигнала. Проще говоря, если максимальная частота аналогового сигнала 20000 Гц, то оцифровывать его нужно с частотой дискретизации как минимум 40001 Гц. На практике, как известно, применяется частота дискретизации 48 Гц, при которой теоретическая максимальная частота, доступная для воспроизведения цифровой системой, составляет 24 кГц. Эта частота называется частотой Найквиста.

Но качество аналого-цифрового преобразования определяется не только частотой дискретизации, но и разрядностью, которую еще называют глубиной квантования. Ведь каждый отсчет представляет собой слово (в компьютерном смысле), и от того, сколько разрядов (бит) в этом слове, зависит точность представления амплитуды входного сигнала в каждый момент времени. Чем выше разрядность, тем больше значений уровня можно представить в цифровом сигнале и тем выше разрешающая способность по амплитуде. А значит, шире динамический диапазон и больше отношение сигнал/шум.

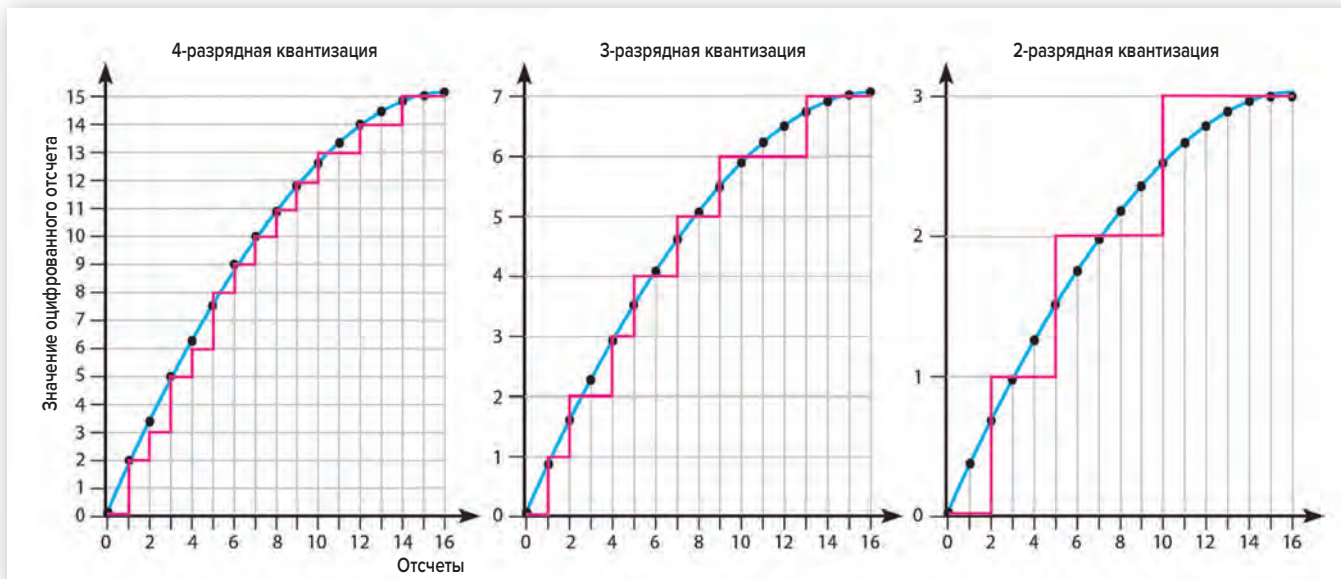
К примеру, звук, записываемый на CD, имеет глубину квантования 16 бит, а это значит, что каждый отсчет может представлять 65 тыс. значений амплитуды. При 24-разрядном квантовании, принятом для профессиональных систем, этот диапазон еще шире.

От глубины квантования зависит и динамический диапазон системы. В общем случае, увеличение глубины квантования на 1 бит приводит к расширению динамического диапазона на 6 дБ. Так, для 16-разрядных CD динамический диапазон составляет 96 дБ, а для 24-разрядных систем – уже около 144 дБ.

Еще одна задача, которая в цифровых системах решается несколько иначе, чем в аналоговых, это синхронизация оборудования. Это обусловлено все тем же – дискретностью цифрового сигнала. Они передаются с регулярной периодичностью, поэтому важно, чтобы каждое устройство отправляло и принимало информацию точно в одни и те же моменты времени. Если устройства будут ориентироваться на внутренние тактовые им-



Оцифровка сигнала с разной разрядностью квантования



Влияние джиттера на преобразование сигнала из аналоговой формы в цифровую и обратно

пульсы, то синхронизации добиться вряд ли удастся, даже если все устройства в системе имеют одинаковую частоту дискретизации. К примеру, точность встроенных генераторов тактовой частоты может различаться. Поэтому используют внешний источник тактовых импульсов – Master clock. Именно по импульсам этого источника выполняются передача и прием информации, то есть синхронизация оборудования. Общеупотребительными сигналами синхронизации являются Wordclock, AES3 и Tri-Level (трехуровневый HD-видеосигнал). Для примера рассмотрим Wordclock.

Это двухуровневый сигнал (принимает одно из двух значений), прямоугольный по форме, а за момент синхронизации принята точка перехода от максимального уровня к минимальному. Каждое устройство, синхронизированное по этому сигналу, отправляет или принимает заданный объем цифровых данных точно в этот момент. Понятие «точно» здесь зависит от точ-

ности генератора тактовой частоты. Она практически никогда не идеальна. Так, при заявленной частоте 48000 Гц реальная частота может колебаться в пределах 47999,9...48000,1 Гц. Но пока все устройства в системе привязаны к одному и тому же сигналу, это не вызывает проблем.

Есть еще такое понятие, как джиттер (Jitter) – биение тактовой частоты. Иными словами, колебания длительности интервалов между импульсами и длительности самих импульсов. Если джиттер довольно значителен, то оцифровка входного сигнала будет выполнена с искажениями, которые проявятся при обратном преобразовании сигнала из цифровой формы в аналоговую.

И завершить цикл хотелось бы кратким пояснением двоичного исчисления. Здесь все довольно просто. Прежде всего, в двоичном исчислении каждый разряд (бит) может принимать только два значения – 1 или 0. Далее важно запомнить ал-

горитм соответствия двоичных значений десятичным. Это несложно – для самого крайнего справа бита двоичное значение 1 соответствует десятичному значению 1, для бита левее на один шаг десятичное значение составит 2, для следующего бита – 4, потом – 8 и т.д. А двоичному значению 0 соответствует десятичное значение 0. К примеру, для двоичного числа 110011 десятичное значение будет 51 (32+16+0+0+2+1). Соответственно, чем выше разрядность двоичного числа (больше бит), тем больше десятичных значений это число может представить. К примеру, максимальное число значений для 16-разрядного числа, как уже упоминалось выше, составляет 65535, для 24-разрядного – 16777215, а для 32-разрядного – 4294967295.

На этом цикл материалов об основах профессиональной работы со звуком завершен. Но звуковая тема остается открытой, и впереди еще много интересного. ▶



## datavideo

**КМУ-100 – уникальное решение, позволяющее создать из одного изображения с 4К-камеры до восьми виртуальных камер Full HD.**

**Попробуйте новый формат видеопроизводства – запросите КМУ-100 для тестирования у дилеров DATAVIDEO.**







**ОКНО-ТВ Москва**  
 улица Академика Королева, 23, стр. 2  
 Телефон: + 7 (495) 617-57-57  
 E-mail: info@okno-tv.ru

**ОКНО-ТВ Санкт-Петербург**  
 ул. Стрельнинская, 12, лит. А, пом. 4Н  
 Телефон: + 7 (812) 640-02-21  
 E-mail: piter@okno-tv.ru

**ОКНО-ТВ-Сибирь**  
 г. Новосибирск, ул. Римского-Корсакова, 9  
 Телефон: + 7 (383) 314-37-47  
 E-mail: sibir@okno-tv.ru