الصوت الرقمي

العينات - عمق البت - الضغط

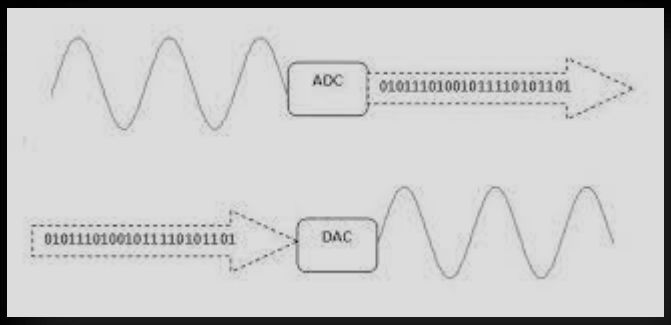
Sample rate- Bit Depth- audio Compression

سنتناول هنا بعض الجوانب الأساسية للصوت الرقمي، وكيف تؤثر على عملية الإنتاج. سنركز على معدل عينة الصوت sample rate وعمق بت الصوت audio bit أو عمق العينة ، بالإضافة إلى بعض الموضوعات المتعلقة بها. إنها نظرية بعض الشيء، وقليلاً من الرياضيات، ولكن نأمل أن تزيل بعض الغموض الكامن وراء كيفية عمل الصوت الرقمي.

ما هو الصوت الرقمي؟

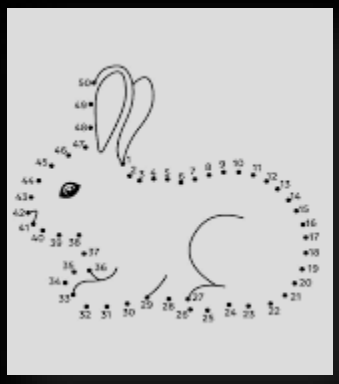
عملية تحويل الصوت من الصيغة التناظرية إلى الرقمية (analog-to-digital converter ADC) هي عملية إلكترونية يتم فيها تغيير الإشارة المتغيرة باستمرار أو التناظرية إلى إشارة رقمية متعددة المستويات دون تغيير محتواها الأساسي.

يقوم المحول التناظري إلى الرقمي بتغيير الإشارة التناظرية المستمرة من حيث الوقت والسعة amplitude إلى إشارة رقمية منفصلة Discrete من حيث الوقت والسعة amplitude. يتكون الإدخال التناظري للمحول *من* جهد (فولتية) يختلف بين عدد لا حصر له من القيم نظريًا .ومن الأمثلة على ذلك الموجات الجيبية sine waves ، والموجات التي تمثل الكلام البشري.



مخرجات المحول التناظري إلى الرقمي تكون محددة عند مستويات أو حالات محددة .يكون عدد الحالات دائمًا دائمًا تقريبًا مرفوعا للقوة اثنين ، أي 2 ، 4 ، 8 ، 16 ، إلخ. أبسط الإشارات الرقمية لها حالتان فقط وتسمى ثنائي (binary). يمكن تمثيل جميع الأعداد الصحيحة في شكل ثنائي كسلاسل من الآحاد والأصفار. طبعا العكس صحيح عند تحويل الصوت من الرقمي إلى التناظري DAC.

الصوت الرقمي هو تمثيل للصوت المسجل أو المحول إلى إشارة رقمية. أثناء عملية التحويل من التناظري إلى الرقمي ، يتم التقاط قوة الموجة الصوتية التناظرية amplitudes بمعدل عينة محدد sample rate وعمق بت bit depth أو عمق العينة وتحويلها إلى بيانات يمكن لبرنامج الكمبيوتر قراءتها.



يتمثل الاختلاف الرئيسي بين الصوت والصوت الرقمي في أن الصوت الرقمي عبارة عن سلسلة غير متصلة من قيم قوة الموجة amplitudes المستخدمة لإعادة بناء موجة الصوت التناظرية الأصلية بينما الصوت التناظري هو إشارة مستمرة ذات قيم سعة لانهائية في أي نقطة زمنية. الصوت الرقمي يشبه استخدام طريقة وصل النقاط connect-the-dots ، بينما الصوت الحقيقي هو الصورة الأصلية الكاملة .

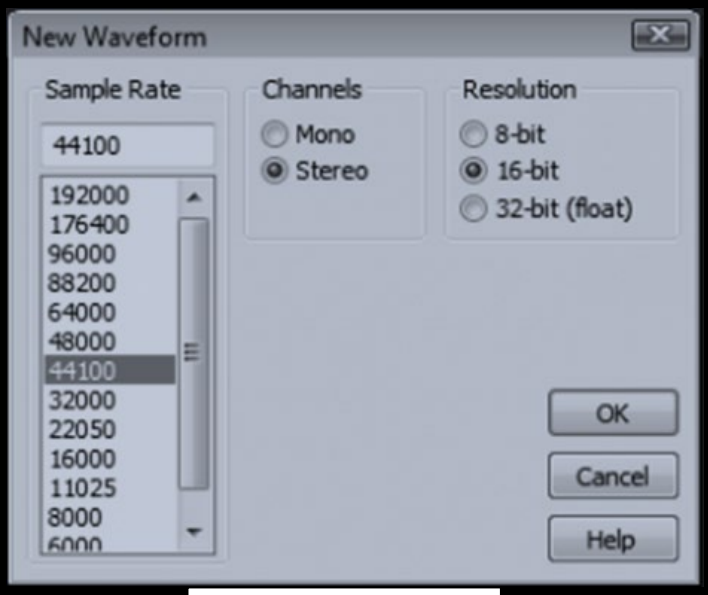
أخذ العينات والتكميم Sampling and Quantization

في عالم الصوت، تأخذ عملية الرقمنة تكرارا تناظريا للصوت، وتسجله كسلسلة من الأحداث المنفصلة، وترميزه باللغة الرقمية لأجهزة الكمبيوتر binaries تتضمن الرقمنة خطوتين رئيسيتين، أخذ العينات والقياس الكمي او (التكميم).

أخذ العينات هو مسألة قياس سعة ضغط الهواء (في الموجة) في لحظات زمنية متساوية، حيث يشكل كل قياس عينة. عدد العينات المأخوذة في الثانية (عينة / الثانية) هو معدل أخذ العينات

sample rate. تقاس العينات بوحدة هيرتز (Hz) . (تذكر أن هرتز يستخدم أيضا دورات cycles فيما يتعلق بترددات الصوت. هيرتز مصطلح له معاني مختلفة اعتمادا على مكان استخدامه، لكن السياق يجعل المعنى واضحا.)

التكميم (من كمية) Quantization هو مسألة تمثيل سعة العينات الفردية amplitude كأعداد صحيحة integers معبرا عنها بلغة رقمية binary . يتم استخدام الأعداد الصحيحة هنا ، كي تجبر قياس العينات في عدد محدود من المستويات المنفصلة discrete levels .



اعدادات معدل أخذ العينات

يتم تحديد نطاق الأعداد الصحيحة الممكنة من خلال عمق البت bit depth ، وعدد البتات المستخدمة لكل عينة.

يجب تقريب سعة العينة إلى أقرب المستويات المنفصلة discrete levels المسموح بها ، مما يؤدي إلى حدوث خطأ في عملية الرقمنة.

عندما يتم تسجيل الصوت بطريقة رقمية، يتم تحديد معدل أخذ العينات وعمق البت. غالبا ما توجد إعدادات صوت افترا ضية في الحوا سيب، أو قد تتم المطالبة بالقيام بالإعدادات الأولية كعمق البت resolution وعدد القنوات (لقناة واحدة أو ستيريو). ، كما هو موضح في الصورة على اليسار أعلاه.

الإعداد الافتراضي الشائع هو تعيين صوت بجودة القرص المضغوط CD quality audio ، بمعدل أخذ عينات يبلغ 44100 هرتز ، وعمق بت 16 بت bits (أي بايتين bytes) لكل قناة لأن كل كل بايت تساوي 8 بت .

يؤثر معدل أخذ العينات وعمق البت على جودة التسجيل. لفهم كيفية عمل ذلك، دعونا نلق نظرة عن كثب على أخذ العينات والتكميم.

التكميم(من كمية) quantization : تحويل الصوت إلى رقمي

تسمى عملية التحويل من التناظرية إلى الرقمية التكميم quantization وهي مشابهة جدًا للطريقة التي تلتقط بها كاميرات الفيديو صورها. تعيد كاميرا الفيديو بناء لحظة متواصلة عن طريق التقاط عشرات الصور المتتالية في الثانية، تسمى الكوادر frames. كلما ارتفع معدل الكوادر، كان الفيلم أكثر سلاسة. في الصوت الرقمي، يلتقط محول الصوت anlog-to-digital آلاف العينات الصوتية في الثانية بمعدل عينة sample rate وعمق بت bit depth محددان، لإعادة بناء الإشارة الأصلية. كلما زاد معدل العينة وعمق البت، زادت دقة الصوت.

خلال عملية تحويل الصوت الى الصيغة الرقمية هناك عدة طرق لتخزين ملفات الصوت بشكلها الرقمي . ملفات الصوت الفاقدLossy وملفات الصوت غير الفاقد lossless.

ضغط حجم الملف

بما أن نقل ملفات بحجم كبير والعمل معها أمرًا صعبًا، لذا فإن أحد الخيارات هو ضغط حجم الملف .

ما الذي يجعل ملف الصوت من النوع الفاقد Lossy

تم استخدام كلمة Lossy في الصوت الرقمي لوصف نوع من الضغط المستخدم لتخزين بيانات الصوت. تضغط الخوارزمية المستخدمة في ملف الصوت الفاقد بيانات الصوت بطريقة تتجاهل بعض المعلومات. يعني فقدان الإشارة هذا أن الصوت المشفر (المضغوط) ليس مطابقًا للأصل. ينتج الصوت الفاقد صوتًا أقل جودة وله حجم ملف أصغر.

يُطلق على الضغط الفاقد أيضًا ضغط لا رجوع فيه لأنه من المستحيل إعادة بناء البيانات التي تم تجاهلها.

ما هو الفرق بين الفاقد Lossy وغير الفاقد Lossless؟

عند إنشاء سلسلة من ملفات MP3 بنسخ أحد أقراص الموسيقى المضغوطة، يتم فقد بعض التفاصيل من التسجيل الأصلي، مما يؤدي إلى خسارة. لا يقتصر هذا النوع من الضغط على الصوت، فملفات الصور JPEG، على سبيل المثال، يتم ضغطها أيضًا "بشكل فاقد".

لكن عند ضغط الصوت بدون فقدان كالمستخدم في ملفات مثل FLAC وALAC وغيرها، يتم ضغط الصوت في هذه الحالة بطريقة لا تتجاهل أي بيانات على الإطلاق. الصوت مطابق للمصدر الأصلي.

عندما يتعلق الأمر بالتوافق compatibility، تعد الملفات المضغوطة بشكل أكبر Lossy مثل ملفات MP3 ميزة ، لأنها ستعمل على أي جهاز تقريبا . بينما تدعم بعض الأجهزة والبرامج فقط مجموعة متنوعة من ملفات الصوت غير الفاقد. وهنا أمثلة على أنواع الملفات الصوتية الفاقدة وغير الفاقدة

فاقد lossy	بدون فقدان بيانات lossless
AA3	ALAC
AAC	FLAC
MP3	APE
MPC	SHN
OGG	TTA
WMA	WV

كيف يعمل الضغط الفاقد؟

تقوم برامج ترميز الضـــغط الفاقد Codecs بعمل افتراضـــات معينة حول الترددات التي من غير المحتمل أن تكتشفها الأذن البشرية.

عندما يتم تحويل أغنية إلى ملف صـــوتي مثل AAC ، تحلل الخوارزمية جميع الترددات ثم تتجاهل تلك التي لا ينبغي أن تتمكن الأذن من اكت شافها. يتم ت صفية هذه الترددات المنخف ضة أو تحويلها إلى إشارات أحادية mono تشغل مساحة أقل على القرص.

أسلوب آخر يتجاهل الأصوات الهادئة للغاية التي من غير المحتمل أن يلاحظها المستمع ، خاصة في الجزء الأعلى من صـوت الأغنية. يعمل هذا الأسـلوب على تقليل حجم الملف الصـوتي مع الاحتفاظ بأكبر قدر ممكن من جودة الصوت.

ماذا يحدث عند ضغط الصوت من النوع الفاقد؟

يقدم ا ضغط مع الفقدان عيوبًا . تمثل هذه العيوب أ صواتًا غير مرغوب فيها لي ست في الت سجيل الأصلي ولكنها منتجات ثانوية للضغط. يقلل هذا التشويش من جودة الصوت ويمكن ملاحظته عند تحويل ملفات الموسيقى باستخدام معدلات بت منخفضة low bit rates .

في كثير من الحالات ، لا يستطيع المستمع العادي اكتشاف الفرق بين خوارزمية الترميز الفاقدة وغير الفاقدة، على الرغم من أن بعض عشاق الصوت الذين يستخدمون معدات باهظة الثمن يدعون أنهم

يسـمعون الفرق. يصـبح اختلاف الجودة ملحوظًا فقط عند اسـتخدام معدلات بت منخفضـة جدًا أو خوارزميات ضغط قوية.

لماذا ضغط ملفات الصوت؟

تستخدم معظم ملفات الصوت الرقمية نوعًا من الضغط لتخزين الصوت بطريقة فعالة. بدون ضغط ، سـتكون أحجام الملفات كبيرة جدًا. على سـبيل المثال ، تسـتهلك أغنية مدتها 3 دقائق مخزنة كملف MP3 من 4 ميجا بايت إلى 5 ميجا بايت من المساحة. لكن باستخدام ملف WAV لتخزين نفس الأغنية، غير مضغوطة ، ستحتاج إلى حجم ملف يبلغ حوالي 30 ميغابايت ، ستة أضعاف على الأقل . لذلك عندما تقوم بتخزين الأغاني على هاتفك الذكي أو الهارد ديسـك سـتتمكم من تخزين عدد أقل من الأغاني عند اختيار ملفات الصوت غير المضغوطة والعكس صحيح .

كيفية ضغط ملفات الصوت

هناك العديد من الطرق لتحويل ملف صـوتي بدون فقدان lossless إلى ملف فاقد lossy. يتم ذلك باسـتخدام برامج الترميز أو الضـغط Codecs التي تمتلك الأدوات اللازمة لتحويل الملف الصـوتي إلى النوع الفاقد. سنتطرق لهذه البرامج عند الحديث عن ملفات الصوت الرقمية.

يعد ضغط الصوت ممارسة شائعة منذ إطلاق ملفات MP3. تسمح هذه الملفات بضغط الصوت مع تأثير ضئيل على جودته . يمكن أن يؤدي تحويل الصوت إلى MP3 والذي يمكن إجراؤه على العديد من أجهزة الكمبيوتر وبعض مواقع الويب ، إلى تقليل حجم الملف بمقدار العشر في بعض الحالات . يتم ذلك عن طريق إزالة أي صوت مسجل لا تستطيع الأذن البشرية سماعه.

يتم ضغط ملفات MP3 إما إلى 128 كيلوبت في الثانية أو ،وهو الأكثر شيوعًا مؤخرًا ، 256 كيلوبت في الثانية و 320 كيلوبت في الثانية .يُشـار إلى هذا الضـغط "بالفاقد" ، حيث يوجد بعض الخسـارة الفعلية في جودة الصوت ، حتى لو لم يتمكن معظم الناس من سماعه .

ضغط بلا فقدان Lossless compression

بدلا من ذلك، هناك ضغط بلا خسارة أو فقدان. هذا النوع من الضغط يؤدي إلى تقليل حجم الملف دون فقد أي جودة في صـوت .بدلاً من إزالة الصـوت، فإنه يتم إعادة كتابة البيانات في الملف

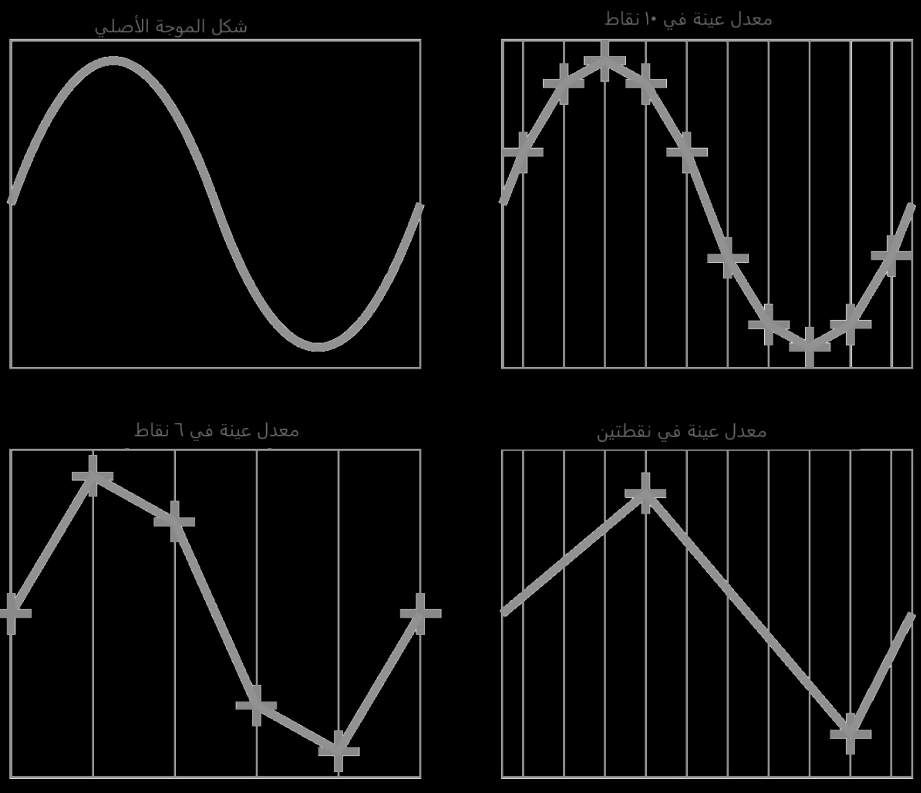
بطريقة أكثر كفاءة .أحجام الملفات هذه أكبر من ملفات MP3 ، وعادةً ما تقلص حجم الملف إلى النصف بدلاً من عُشر الحجم الأصلي .

لا تُستخدم هذه الأنواع من الملفات بشكل عام للاستخدام اليومي، ولكنها تستخدم في الغالب كوسيلة لتخزين الصوت والمحافظة على الأصل. الأنواع الرئيسية من هذه الملفات هي FLAC و WavPack و Monkey's Audio و ALAC (Apple Lossless) .

تعتمد جودة الصوت النهائية على أكثر من مجرد معدل عينة ، حيث يلعب معدل العينة SAMPLE RATE وعمق البت bit depth دوره أيضًا .

ما هو معدل عينة الصوت sample rate ؟

معدل عينة الصوت هو عدد العينات في الثانية المأخوذة من شكل موجة لإنشاء إشارة رقمية منفصلة (انظر الصورة هنا). كلما ارتفع معدل العينة ، زاد عدد العينات التي يتم التقاطها للإشارة الصوتية. يُقاس معدل عينة الصوت بالكيلو هرتز (كيلو هيرتز) ويحدد نطاق الترددات frequencies الملتقطة في الصوت الرقمي. في معظم أجهزة الصوت الرقمية (DAWs)، ستجد معدل عينة قابل للتعديل في تفضيلاتك الصوتية، للتحكم في معدل عينة الصوت.



قد تبدو الخيارات التي تراها في DAW بمعدل 44.1 كيلو هيرتز، 48 كيلو هرتز عشوائية بعض الشيء ، لكنها ليست كذلك !

معدل عينات الصوت ليست أرقامًا عشوائية. يجب أن يكون الكمبيوتر قادرًا على إعادة إنشاء موجات بترددات تصل إلى 20 كيلو هيرتز لإعادة إنشاء الترددات في نطاق سمع الإنسان. يستطيع الإنسان سماع ترددات بين 20 هيرتز و 20 كيلو هيرتز (20'000). ولكن حتى تتمكن أجهزة الكمبيوتر من إعادة إنشاء ذلك ، يتعين عليها استخدام معدلات عينة مضاعفة. لذا فإن معدل العينة الذي يبلغ 40 كيلو هرتز يجب أن يؤدي المهمة تقنيًا، أليس كذلك؟

هذا صحيح ، لكنك تحتاج إلى فلتر قوي جدًا (ومكلف) للسماح بمرور الترددات المنخفضة low-pass filter لمنع التعرّج المسموع audible aliasing . يسمح معدل العينة البالغ 44٫1 كيلو هرتز تقنيًا بتسجيل الصوت بترددات تصل إلى 22٫05 كيلو هيرتز (النصف) .

من خلال وضع تردد Nyquist خارج نطاق السمع لدينا ، يمكننا استخدام فلاتر أقل كلفة للتخلص من مشكلة التعرج على الموجات aliasing ، بدون تأثير مسموع . يفقد معظم الناس قدرتهم على سماع الترددات العالية على مدار حياتهم ويمكنهم فقط سماع ترددات تصل إلى 15 كيلو هيرتز – 18 كيلو هيرتز. ومع ذلك ، لا تزال قاعدة "20 – 20" هذه مقبولة باعتبارها النطاق القياسي لكل ما يمكننا سماعه.

هذا يعني أنه يمكننا التقاط وإعادة بناء تردد الموجة الأصلي مع معدل عينة صوتية على الأقل ضعف ترددها ، وهو معدل يسمى معدل نيكويست Nyquist . وفي المقابل ، يمكن للنظام التقاط وإعادة إنشاء ترددات تصل إلى نصف معدل عينة الصوت ، وهو حد يسمى تردد Nyquist .

لا يتم تسجيل الإشارات فوق تردد Nyquist بشكل صحيح بواسطة محولات الصوت إلى الرقمية (ADC)، حيث يتم عكسها عبر تردد Nyquist وإدخال ترددات اصطناعية في عملية تسمى التعرج aliasing .

لمنع التشويش ، غالبًا ما يسبق المحولات الصوتية إلى الرقمية فلاتر الترددات المنخفضة low-pass filter تقضي على الترددات فوق تردد Nyquist قبل أن يصل الصوت إلى المحول . سيمنع هذا الترددات العالية جداً غير المرغوب فيها في الصوت الأصلي من التسبب في التعرّج aliasing . يمكن أن تؤدي الفلاتر القديمة إلى تشويه الصوت ، ولكن يتم تقليل هذه المشكلة إلى أدنى حد مع إدخال تقنيات أفضل.

ما هو التعرج في الصوت الرقمي aliasing؟

هناك نوعان من التعرجات التي يمكن أن تحدث: إما أن يكون هناك صمت ، أو سيتم تسجيل الإشارة كما لو كانت نغمة صوت منخفضة low octave ، مما يؤدي إلى تشويه الإشارة الأصلية تمامًا .

فهم التعرج Aliasing

بعبارات أسهل ، يعتبر التعرّج Aliasing نوعًا من التشوه في الصوت الرقمي عندما يتم التعرف على الإشارة التناظرية الأصلية بشكل خاطئ بواسطة النظام الرقمي . فعندما نأخذ إشارة تناظرية ونسجلها، يقوم النظام بإعادة بنائها رقميًا .في بعض الأحيان ، لا تكون إعادة البناء الرقمي نسخة طبق الأصل من الأصل التناظري ، وينتهي بنا الأمر مع الأخطاء.

يعتبر Aliasing مجرد جزء من لعبة الصوت الرقمية .ومع ذلك، يمكننا اتخاذ خطوات للحد منه أو تجنبه من خلال فهم بعض المفاهيم المهمة الأخرى.

لكن لماذا يحدث التعرج؟

إذا قمت بتسجيل الصوت باستخدام معدل عينة منخفض جدًا ، يمكن أن يحدث نوع من الخطأ في أخذ العينات sampling error يسمى التعرج Aliasing في الصوت ، يتم تعريف التعرج على أنه خطأ في تحديد تردد الإشارة ، والذي يمكن أن يؤدي إلى تشويه أو عيوب أخرى في التسجيل . من السهل تجنب التعرّج، لكن ذلك يتطلب بعض الإحاطة بأساسيات الصوت الرقمي.

كيف تتجنب هذا التشويش المسمى بالتعرج؟

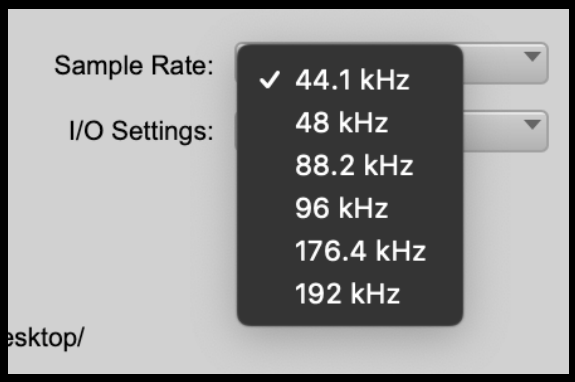
لمنع التعرّج aliasing ، كل ما عليك فعله هو التسجيل بمعدل عينة مناسب. وهذا يعني أنه يجب عليك اختيار معدل العينة الذي يمثل الصوت الأصلي أفضل تمثيل.

معدل العينة الافتراضي هو 44٫1 كيلو هرتز ، مما يعني أنه يمكنك تسجيل الترددات بأمان حتى 22.050 هرتز. في معظم الحالات ، يكون هذا أكثر من مساحة كافية لتجنب التعرّج ، على الرغم من أنه يمكنك اختيار التسجيل عند 48 كيلو هرتز لمزيد من الأمان مع الحفاظ أيضًا على حجم الملف منخفضًا نسبيًا.

ما هي معدلات العينة sample rates ؟

أ خذ العي نات الصــوت ية هو عما ية تحويل مصدر صوتي إلى ملف رقمي . يقوم تســجيل الصــوت الرقمي بذلك عن طريق أ خذ عي نات من مصـــدر ا صوت على طول الموجات ا صوتية على فترات منتظ مة .كل ما زاد عدد العينات التي تأخذها المعروف با سم "معدل العينة sample rates " ، كلما كان الملف الرقمي النهائي أقرب إلى الأصــل . معدل العينة الأعلى يؤدي عادة إلى ملف صوتي بجودة أفضل . (كما في الصورة اعلاه) لتلاحظ الفرق بين معدل العينة في الموجة الصوتية .

تُقاس معدلات العينة عادةً في الثانية ، با ستخدام كيلوهرتز (kHz) أو دورة cycles في الثانية .عادةً ما يتم تســجيل الأقراص المضــغوطة عند 44⁄1 كيلو هرتز - مما يعني أنه تم أخذ 44100 عينة كل ثانية .



إذا تمكنت من إتقان معدلات العينات ، فيمكنك ت سجيل ملفات صوتية أكثر دقة .بمجرد ح صولك على هذه النســخة الرقمية ، يمكنك معالجتها ومكســاجها وعمل المونتاج عليها دون فقد أي جودة صوت.

معدل العينة ، باختصــار ، هو عدد العينات في الثانية في مقطع صــوتي .يقاس بالهيرتز (Hz) أو كيلوهيرتز (kHz) .

هل وجود معدل أعلى للعينة يُحدث تحسنًا ملحوظًا؟

عند تحويل الصــوت من الصــيغة التناظرية الى الصــيغة الرقمية (analogue-to-digital) A/D converter على جهاز (Digital Audio workstation- DAW) ، يمنحك جهاز الت سجيل (الكومبيوتر) خيار تســجيل الصــوت بمعدلات نموذجية مثل 44⁄1 كيلو هرتز ، 48 كيلو هرتز ، 96 كيلو هرتز وما إلى ذلك ، فما الفرق؟

تمت مناقشة معدلات العينة لأول مرة في الأربعينيات، كجزء من نظرية نيكويست شانون Nyquist-Shannon . ينص هذا على أن أي معدل عينات يجب أن يكون ضعف تردد التسجيل الأصلي، وإلا فلن يتم إعادة إنتاج الصوت بدقة .

كما قلنا سابقا ، يمكن أن تسمع الأذن البشرية ما بين 20 هرتز (20Hz) و 20 كيلو هرتز (20kHz) ، وبما أن 44.1 كيلو هرتز هو أكثر من ضعف النطاق الأعلى لسمع الإنسان ، لذلك سينتج استنساخا دقيقًا للغاية وفقًا للنظرية .

أظهرت الأبحاث أن معدل العينة يلتقط الترددات بنصف مقدارها .على سبيل المثال ، معدل عينة 44٫1 كيلو هيرتز سيمثل بدقة ترددات تصل إلى 22 كيلو هرتز .يمكن للبشر ذوي السمع الجيد أن يسمعوا ما يصل إلى 20 كيلو هرتز .يخبرنا هذا أن معدل عينة يبلغ 44٫1 كيلو هيرتز مناسب تمامًا لتسجيل الموسيقى .إضافة لذلك يستهلك تسجيل 44٫1 كيلو هرتز أيضًا مساحة تخزين أقل على جهاز الكمبيوتر مقارنة بمعدلات العينات الأعلى.

البعض يصر على أنهم يستطيعون سماع تحسينات في الصوت المسجل بمعدلات عينات أعلى. لكن الخبراء ينصحون بالتمسك بـ 44٫1 أو 48 كيلو هيرتز، والتأكد من استخدام تقنيات هندسة صوت جيدة للحصول على أفضل صوت ممكن .بالطبع هناك استثناءات، فإذا كنت تسجل أصواتًا بدرجات صوت عالية وقاسية (مثل النحاسيات) ، فيمكن أن يساعد التسجيل بسرعة 96 كيلو هرتز في تقليل مشاكل التعرّج aliasing .

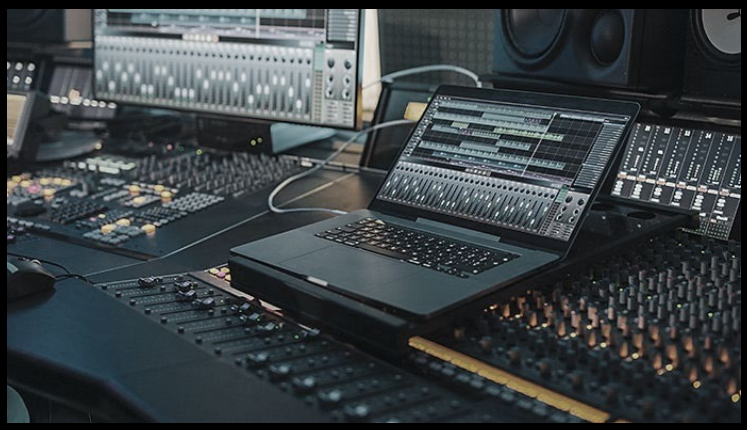
لكن لا يزال هناك من يقوم بتسجيل الصوت بمعدلات عينات أعلى لالتقاط جميع الأصوات . بينما لا يمكننا سماعها في التسجيلات الأصلية، إذا تم خفض عينة صوتية مسجلة على 192 كيلو هرتز ، فستصبح بعض الترددات غير المسموعة حتى الآن مسموعة ، وبالتالي ، إذا تم تسجيله بمعدل عينة أقل ثم تم خفضه ، فسيتم فقدان بعض الموجات العالية في هذا الصوت .

ومع ذلك ، حتى إذا كنت تقوم بالتسجيل بمعدل أعلى ، فمن المحتمل أن يتم تحويله مرة أخرى إلى 44٫1 كيلو هرتز – المعدل الذي يتم تعيين العديد من أنظمة الصوت الحديثة عليه .

ما هي معدلات العينة sample rates الأخرى المستخدمة – ولماذا؟

مع وجود 44٫1 كيلو هرتز معيار صوت القرص المضغوط ، قد تتساءل عن سبب وجود معدلات عينات أخرى . كما ذكرنا ، يمكن أن توفر معدلات العينات الأعلى صوتًا أوضح بدون ضوضاء بيضاء (ضوضاء رقمية تنتجها الأجهزة عادة) . يمكن أن تكون مفيدة أيضًا في مكساج الصوت mixing . حتى إذا لم نتمكن من سماع بعض الأصوات ، فهي موجودة بالفعل في تسجيل معدل العينات الأعلى higher sampling rate وبالتالي لا يزال من الممكن التعامل معها.

48كيلو هرتز.



في العديد من المؤسسات التلفزيونية يستخدم مهندسوا الصوت 48 كيلوهيرتز وهذا يعطي كم اكبر من العينات وبالتالي تمثيل أفضل للصوت الأصلي.

يتم استخدام معدل العينة هذا أيضًا كمعدل قياسي بجانب 44٫1 كيلو هرتز .لكن يجب أن تعلم أن الصوت المسجل بمعدل ما ويتم تشغيله بمعدل آخر سيتم إما زيادة سرعته أو إبطائه.

88.2 كيلو هرتز.

هذا هو الآن المعيار الذهبي للتسجيلات عالية الدقة . ينتج عن استخدام معدل العينة هذا تشويهًا أقل (التعرج أو aliasing) عند التحويل من تناظري إلى رقمي ويسمح بمزيد من الحرية عند المكساج وعمل الماستر .

إعادة تشغيل البيانات (الصوت الرقمي)

بعد أن قمت بتحويل الصوت إلى صيغة رقمية ، سيصبح لديك شكل موجة waveform مسجل ومخزّنة رقميًا ، ستحتاج إلى إعادة تشغيلها من خلال سماعات الاستوديو أو سماعات الرأس. في هذه المرحلة، يحدث تحويل معكوس D / A (من رقمي إلى تناظري) يستخدم المحول المعلومات المخزنة لإنشاء إشارة تناظرية يتم إرسالها إلى سماعات الصوت.

إذا لم يتم تسجيل الصوت الأصلي بمعدل عينة مرتفع بدرجة كافية وعمق بت كاف sample rate and bit depth، فقد تكون إعادة بناء الإشارة التناظرية الأصلية غير دقيقة بعد تحويل D / A. وهو ما ينتج عنه أحيانا ما تحدثنا عنه سابقا وهو التعرج aliasing .

96كيلو هرتز.

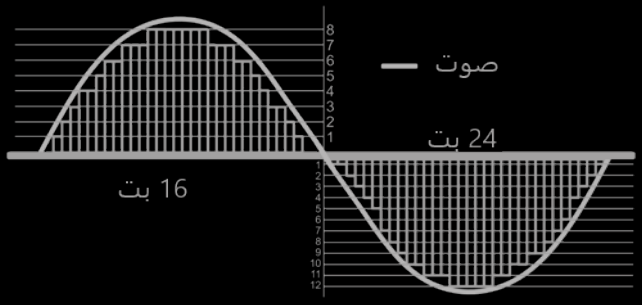
على غرار 88٫2 كيلو هرتز ، يوفر معدل العينة هذا المزيد من الخيارات عند مكساج الصوت وعمل الماستر . ولكن قد يكون العمل بهذه المعدلات المرتفعة مشكلة إذا كان جهاز الكمبيوتر المستخدم لا يمكنه التعامل مع المعلومات الإضافية والتخزين المطلوب .

192كيلو هرتز.

اقترحت بعض التقارير أن التسجيل بمثل هذا المعدل المرتفع للعينة يمكن أن ينتج عنه مشكلات في الصوت ، مثل الارتعاش . من الصعب أيضًا العثور على أجهزة كمبيوتر يمكنها التعامل معها . وكما ذكرنا سابقا فهذا المعدل مفيد فقط لإبطاء الصوت عالي التردد.

ما هو عمق البت bit depth في الصوت ؟

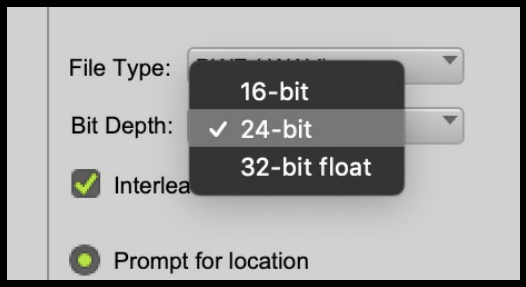
يتم تقسـيم كل موجة صـوتية رقمية إلى عينات ، تمامًا مثل كيفية تقسـيم الصـورة الرقمية إلى عينات samples تحتوي كل عينة على نطاق من السـعات (الأحجام volumes) الممكنة التي يمكن إنتاجها. هذا النطاق من السعات يسمى النطاق الديناميكي dynamic range.



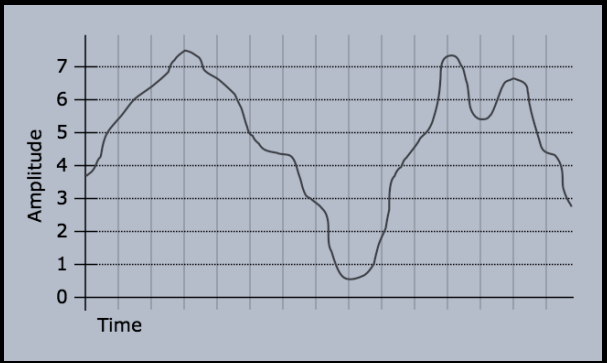
لا يعني عمق البت الأعلى جودة صـوت أعلى. الشـيء المهم في عمق البت الأعلى هو تقليل الضـوضـاء الرقم ية. و بال تالي ففي العمق المنخفض، تسمع ضوضاء رقمية أكثر بكثير .

ما هو معدل / عمق البت bit depth ؟

كل عينة تأخذها عند إجراء تسجيل صوتي يجب تخزينها على جهاز كمبيوتر باستخدام البت bit . وكلما ازدزاد عدد (البتات bit) التي تستخدمها لتسجيل كل عينة ، كان إعادة إنتاج الصوت الأصلي أفضل .



إذن هناك علاقة بين عينات الصوت sample rat وعمق البت Bit Depth وهي تتمثل في أن العينات تقاس بالوقت / ثانية ويقاس عمق البت بارتفاع أو انخفاض الترددات Amplitude



عمق البت ، باختصار ، يتعلق بالنطاق الديناميكي في الصوت .بمزيد من التفصيل قليلاً ، فإن عمق البت هو عدد البت bits "بتات" من المعلومات في كل عينة من إشارة الصوت . كلما زاد عدد البتات ، زاد النطاق الديناميكي للصوت dynamic range .

لكن ما هو النطاق الديناميكي ؟

يشير النطاق الديناميكي إلى الفرق بين أعلى وأدنى أجزاء إشارة الصوت ، ويُقاس بالديسيبل (dB).

يمكن للأذن البشرية أن تسمع أصواتًا تصل إلى 90 ديسيبل ، لكن التسجيل فوق هذا المستوى يسمح بتضخيم الأصوات الأكثر رقة للحصول على صوت عالي الدقة.

لذلك إذا كانت أجهزة الصوت لديك بنطاق ديناميكي يبلغ 100 ديسيبل ، فهذا يعني أنه يمكنها تسجيل قوة إشارة بين 0–100 ديسيبل.

لذلك ، يسمح النطاق الديناميكي الأكبر بتباين أكبر بين الأصوات العالية والهادئة في التسجيل

على سبيل المثال ، في صوت 16 بت (مثل الموسيقى التي كان الناس يستمعون اليها على الأقراص المضغوطة CDs) ، هناك 16 بت رقمية يمكنها وصف 65،536 مستوى من سعة الصوت (أحجام الأصوات) بينما يدعم صوت iTunes و DVD ما يصل إلى 24 بت والتي يمكن أن تستوعب نطاقًا ديناميكيًا أكبر.

في الوقت نفسه، يمكن أن يسجل صوت 24 بت أكثر من 16،7 *مليون* مستوى من سعة الصوت .

نذكر مرة أخرى بأنه لا ينبغي الخلط بين هذا وبين معدل العينات Sample bitrate، وهو في الأساس عدد عينات إشارة الصوت التناظرية التي يتم أخذها كل ثانية . على سبيل المثال، يحتوي الملف الصوتي 96 كيلو هرتز على 96000 عينة في الثانية) .

ما الفرق بين صوت 16 بت و 24 بت؟ هل يمكنك حتى التمييز بينهما؟

عندما يقول شخص ما أن هذا الصوت 16 بت أو 24 بت ، فإنهم يتحدثون عن عمق بت الصوت Bit Depth . نظرًا لأن عمق البت هو أول ما يجب تعلمه عند التعامل مع الصوت الرقمي . فإليك شرحًا لما يعنيه هذا المصطلح وإذا كان من الضروري اختيار عمق بت أعلى.

ما هو صوت 16 بت 16-bit audio ؟

عندما يتعلق الأمر بالا ستماع إلى المو سيقى، فأنت تريد صوت 16 بت على الأقل. حتى صوت 8 بت به الكثير من الضوضاء. الهسهسة الملحوظة في خلفية الموسيقى هي نفسها الضوضاء الرقمية الموجودة بصوت منخفض البت.

لقد استمتعنا بصوت 16 بت لعقود من الزمن ، لأن الصوت على الأقراص المضغوطة CDs هو صوت مسجل باستخدام 16 بت. فإذا استمعت إلى مقطع الموسيقى نفسه بصوت 16 بت ، لن يكون هناك هسهسة يمكن سماعها. هذا لأن صوت 8 بت يحتوي على 256 مجموعة محتملة من الأرقام الثنائية possible combinations of binary digits ، بينما يحتوي الصوت 16 بت على 65536 ، وهي زيادة أسية.

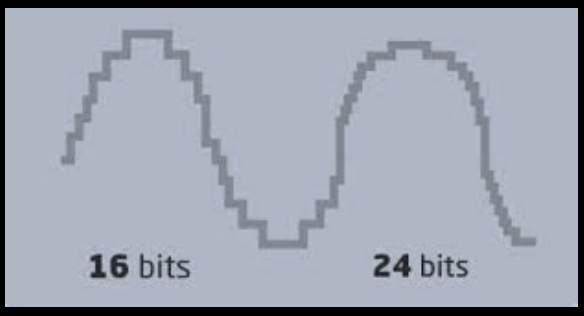
على الرغم من أن العالم قد استغنى إلى حد كبير عن استخدام الأقراص المضغوطة CDs ، إلا أن صوت 16 بت لا يزال مستخدما إلى حد كبير في جميع المجالات ، ولا يزال يتم توزيع الكثير من الوسائط كملفات صوتية 16 بت . يعد الاستماع إلى صوت 16 بت أمرًا جيدًا ، ولكن كما ذكرنا في ما يتعلق بمعالجة الفيديو ، قد تواجه مشكلة في مونتاج الصوت بشكل محترف ، حيث يلزم وجود عمق بت أعلى.

ما هو صوت 24 بت 24-bit audio ؟

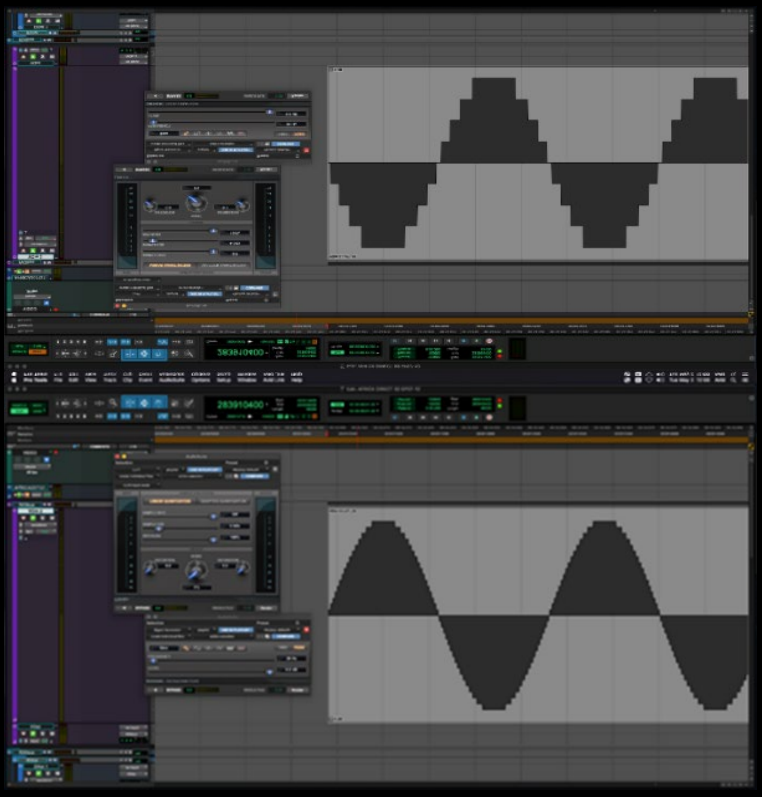
سنذهب في خطوة الى الأمام من صوت 16 بت الى نموذج أخر وهو صوت 24 بت. عادةً ما يخلط الأشخاص بين عمق البت bit depth وجودة الصوت الفعلية. لذلك ، عندما يستمعون الى صوت 24 بت ، فإنهم يفترضون تلقائيًا صوتًا أكثر وضوحًا أو عالي الوضوح ، لكن هذا ليس هو الحال دائما . يحتوي الصوت 24 بت على نطاق ديناميكي أعلى (16'777'216 مجموعة ثنائية ممكنة possible combinations of binary digits) و انخفاض في الضوضاء.

السؤال هو: إذا لم نتمكن من سماع النطاق الكامل spectrum للضوضاء في صوت 16 بت ، فما الفائدة من صوت 24 بت؟

في حين أن الضوضاء غير موجودة بشكل أساسي بين كل من عمق 16 بت وعمق 24 بت ، فإن صوت 24 بت أفضل لمونتاج صوت الاستوديو . فعند مستويات الصوت العالية ، يبدأ الصوت في التشوه distort . لذا فإن النطاق الديناميكي العالي يعني أن الصوت يمكن أن يصل إلى مستويات أعلى Headroom قبل أن يصيبه التشويه distortion. لذلك يعتبر صوت 24 بت الأمثل للمونتاج هنا.



لاحظ في الرسم التوضيحي (أعلاه) الفرق بين التدرجات في الموجات بين 16 و 24 بت حيث تتقلص التدرجات كلما ازدادت معدل البت ما يسهل مونتاج الصوت والتعامل معه.



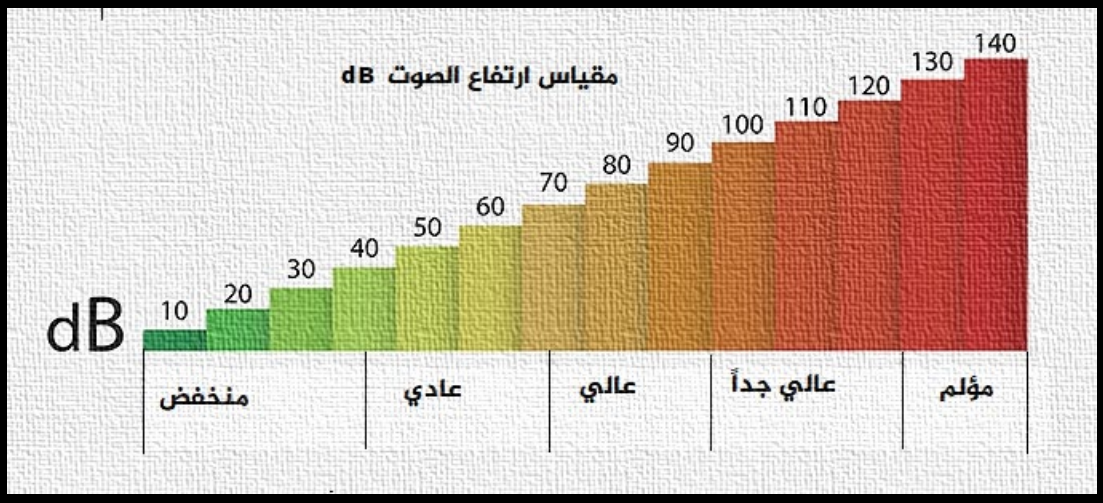
وللمقارنة، لكي أشـــاهد ذلك على أرض الوقع ، قمت بتصوير هذه الصور (على اليســـار) من جهاز زميل لي ، أنظر الى مـدى حجم التعرجـات "Aliasing "في الصـــورة من صـــوت مســـجل ب 4 بت (فوق) فقط وبين الصـورة المسـجلة ب 6 بت(أسـفل) . وسترى أنه كلما زادت معدل البت bit depth كلما أصـــبحت التعرجات أقل وهذا يعني صوت أفضل.

ما هو صوت 32 بت أو الصوت العائم 32-bit float audio؟ وهل نحن بحاجة له؟

لدينا ضوضاء غير مسموعة مع صوت 16 بت ومونتاج صوت أفضل مع 24 بت ، ولكن ماذا يميز صوت 32 بت؟ مع صوت 32 بت تحصل على 4،294،967،296 مجموعة مختلفة من الأرقام الثنائية Binaries، ولكن هل هذا ضروري حقًا؟.

الفائدة الحقيقية الوحيدة لا صوت 32 بت هي القدرة على رفع الصوت بـ شكل إ ضافي headroom قبل أن يتشـــوه distort. فعندما يكون هناك تشـــويش أقل مع صـــوت 32 بت ، هذا يعني أن لديك مساحة كافية من الحرية أو headroom مقارنة مع صوت 24 بت . يجب أن نذكر هنا أن الاختلافات بين عمق البت bit depth بدرجاته المختلفة غير مســـموعة ولكن من يقرر ذلك هو طبيعة العمل نفسه.

ولكي نلخص ما الذي تعنيه أرقام معدل عمق البت ببساطة، استخدمنا الرسم البياني أدناه الذي يبين مستويات الصوت بالنسبة للسمع البشري .



صوت 8 بت 8-bit audio

هذا استنساخ منخفض الجودة إلى حد ما من الصوت الأصلي، ينتج صوتًا عند 46 ديسيبل - حوالي نصف المستوى الأعلى لسمع الإنسان .

صوت 16 بت 16-bit audio

هذا هو المستوى الأعلى من الصوت الذي يمكن أن تسمعه الأذن البشرية عادةً عند 96 ديسيبل.

صوت 24 بت 24-bit audio

في حين أن 145 ديسيبل يعتبر أعلى بكثير من نطاق السمع البشري ،إلا أنه قد يكون من المفيد العمل على هذا المستوى لتقليل " الضوضاء المنخفضة " بشكل أساسي الضوضاء الرقمية" .

ما هو الصوت عالي الدقة ؟

رسميًا ، يتم تعريف "الصوت عالي الدقة" على أنه صوت 24 بت بمعدل عينات يبلغ 96 كيلو هرتز (96000)عينة في الثانية .

ولكن لا يوجد معيار عالمي فريد يحدد الصوت عالي الدقة .ومع ذلك ، فإن التسجيل بمعدل 24 بت / 96 كيلو هرتز سيبدو نظيفًا جدًا وسيحافظ على النطاق الديناميكي للتسجيل.

لوضع الأمور في منظورها الصحيح، فإن صوت 16 بت قادر على تسجيل الصوت بنطاق ديناميكي يصل إلى 96٫3 ديسيبل (decibels dB)في حين يمكن أن تلتقط التسجيلات الصوتية ذات 24 بت نطاقًا ديناميكيًا يصل إلى 144٫5 ديسيبل . وفي الوقت نفسه، يمكن للصوت 32 بت التقاط نطاق هائل للغاية يصل إلى 1528 ديسيبل .هذا ليس فقط خارج نطاق الصوت 24 بت بشكل كبير، ولكنه يتجاوز نطاق ما يمكن اعتباره صوتًا على الأرض.

لتقريب المقياس، يمكن أن تصل قوة صوت الشخص الذي يهمس إلى حوالي 20 إلى 30 ديسيبل (decibels dB) ، بينما تكون المحادثة المعتادة حوالي 60 ديسيبل . وقد يصل صوت الدراجة النارية حوالي 90 ديسيبل، ويمكن أن تكون الحفلة الموسيقية الصاخبة في حدود 110 ديسيبل . لكن عندما يصل الصوت إلى أعلى من هذا بكثير ، فهذا يعني ان تدخل في نطاق يصبح فيه الصوت مؤلمًا جسديًا .إذا كان الأمر كذلك ، فلماذا تحتاج أي معدات تسجيل تتجاوز النطاق الديناميكي 144٫5 ديسيبل لصوت 24 بت؟

هل يمكن ضغط ملف صوتي دون فقدان الجودة؟

عند التعامل مع معدلات عينات عالية ، سينتهي بك الأمر بملفات صوت كبيرة الحجم . للحصول على فكرة تقريبية عن حجم الملف الذي ستحتاج اليه ، يمكنك استخدام هذه الحسابات:

- معدل العينة (بالهيرتز وليس بالكيلو هرتز) × معدل البت × عدد القنوات × عدد الثواني = إجمالي البتات

  Sample rate (in hertz not kilohertz) x Bit rate x Number of channels x Number of seconds = total bit

لكن أولا ، انظر إلى هذه الأرقام :

- إجمالي البتات ÷ 8 = بايت Total bits ÷ 8 = bytes
- مجموع البايت مقسوم على 1،000،000 = ميغا بايت في الثانية MBs 1,000,000 ÷ Bytes = megabytes or MBs

فعلى سبيل المثال : عند حساب المساحة المطلوبة عند تسجيل صوت ستيريو بمدة 74 دقيقة على قرص مضغوط بمعدل 44.1khz وبعمق بت 16 بت ستكون المعادلة كلآتي :

44100هرتز × 16 بت × قناتان لتسجيل الاستريو × 4400 ثانية (تسجيل قرص مضغوط مدته 74 دقيقة) = 6،209،280،000 بت – أو حوالي 6٫2 مليار بت

6،209،280،000 بت ÷ 8 = 776،160،000 بايت أو 776 مليون بايت

776،160،000بايت ÷ 1،000،000 = 776٫16 ميجا بايت المساحة المطلوبة