Тембр

Тембр (фр. timbre, може називатись ще кольором, забарвленням чи якістю звуку) — одна з ознак музичного звуку, поряд з висотою, силою і тривалістю. За тембром можна розрізняти звуки однакової висоти і сили, виконані на різних інструментах або видобуті різними способами чи штрихами. По різних тембрах ми легко розпізнаємо звуки голосу рідних та знайомих, звучання струни рояля та скрипки, звуки флейти, віолончелі та гітари і т. д, хоча всі ці звуки можуть мати одну і ту ж висоту і гучність.

Властивості звуку

Коли ми думаємо про звук як хвилю, першою на думку незнайомій з цій галуззю людині може спасти графік синусоїди (зображення1), як нас вчили у школі. Але все не так просто і майже всі звуки, які ми чуємо навколо нас, на синусоїду зовні схожі надзвичайно мало (картинка 2). Отже, який тут взаємозв'язок?

З точки зору акустики, будь-який звук – це комбінація величезної кількості простих гармонічних коливань (тобто, тих самих синусоїд). Цей набір гармонічних коливань називається спектром звуку і саме він визначає усі характеристики звуку, в тому числі і тембр. Відмінності у всіх характеристиках звуку пояснюються спектральним розподілом енергії звуку.

Для визначення, які саме частоти використовуються в даному звуці, використовують перетворення Фур'є.

Тембр є важливим засобом музичної виразності, розповсюджені ефекти, такі як легатто (м'який, плавний перехід однієї ноти в іншу), стакатто (різкий, обривчастий перехід між нотами), вібратто (вібрація звуку) є ефектами тембру, існують і менш загальні, які властиві конкретно для певних інструментів.

Обертони

Найнижча частота звуку називається ***основною*** частотою, а тон, який вона створює, слугує назвою для ноти. Усі інші частоти, присутні у звуці, називаються ***обертонами***.

Ті обертони, частоти яких у цілу кількість разів перевищують основну частоту, називаються гармонічними обертонами (гармоніками), вони утворюють гармонічний ряд. Усі інші обертони звуться негармонічними.

Звісно ж, мова іде про приблизний гармонічний ряд, оскільки інструменти не є ідеальними. (Випадковий факт) Наприклад, у гітари коло країв струн є частини, які не вібрують (їх довжина залежить від товщини трун), і це спричиняє неоднаковість у вібраціях частин струн у різних її частинах. До речі, саме через цю різницю у товщині у правильно зробленої гітари поріжки (елементи, між якими натягнуті струни) не перпендикулярні до струн, а трішки косі.

Тон і шум

Отже, обертони діляться на гармонічні та негармонічні і ці два види присутні в кожному звуці у різних пропорціях.

Гармонічні обертони впливають на ноту, яку ми чуємо у звуці. Їх велика кількість у звуках, які видають інструменти з регульованою висотою – віолончель, флейта. Негармонічні дають усе інше. У звуках, де велика кількість гармонічних обертонів, ми можемо легко визначити висоту, ті же, де більше негармонічних обертонів, звучать більш схоже на шуми. Ударні інструменти, наприклад, мають у своєму звучанні більше негармонічних обертонів, тому видають шумові звуки.

Приклад чистого звуку – синусоїда, вона не має обертонів взагалі.

Прикладом звуків, де є здебільшого негармонічні обертони, є різні шуми. Ці звуки можуть бути знайомими з того моменту, коли налаштовується радіо і проходить частоти без передачі – у ці моменти ми чуємо так званий білий шум. Виявляється, білий шум не єдиний у своєму роді, існують шуми інших "кольорів" – найбільш досліджені з них рожевий і коричневий. Коричневий спостерігається, до речі, у шумі моря.

Кольорові назви взялись з відповідності частот звуків частотам візуального спектру, крім коричневого. Цей отримав свою назву від броунівського (Brownian -> brown) руху, оскільки може бути отриманий алгоритмом його симуляції.

*Синтез звуку*

Електронні інструменти

Електронний музичний інструмент або електрофон — це музичний інструмент, який відтворює звук за допомогою електронної схеми. Такий інструмент звучить шляхом виведення електричного, електронного або цифрового аудіосигналу, який підключається до підсилювача потужності, який керує динаміком, створюючи звук, який чують виконавець і слухач.

Такі інструменти зазвичай мають інтерфейс, який контролює відтворюваний звук, зазвичай висоту, частоту або довжину кожної ноти. Типово це музична клавіатура – клавіатура як на фортепіано, але не видає жодних звуків сама по собі.

Зараз електронні музичні інструменти оточують нас повсюди, починаючи від треків на бекграунді і не тільки якоїсь з ігор і закінчуючи звуком вимкнення Windows або сиреною повітряної тривоги.

Синтезатор та семплер

Синтезатор — це електронний музичний інструмент, який генерує звукові сигнали. Синтезатори зазвичай створюють звуки, генеруючи хвилі за допомогою різних методів. Ці звуки можуть бути змінені такими компонентами, як фільтри, обвідні, генератори низьких частот.На синтезаторах зазвичай грають за допомогою клавіатури або керують секвенсорами, програмним забезпеченням чи іншими інструментами, і їх можна синхронізувати з іншим обладнанням через MIDI (стандарт передачі інформації між музичними інструментами).

Варто згадати, що синтезатори бувають аналогові та цифрові. У той час як аналогові синтезатори використовують реальні схеми для створення цих звуків, цифрові синтезатори емулюють аналогові синтезатори. Отже, можна сказати, що цифрові синтезатори є копіями аналогових синтезаторів. Тепер це може бути проблемою для деяких пуристів синтезаторів, особливо тих, хто вважає, що цифрові синтезатори не можуть повністю охопити можливості налаштування аналогового синтезатора.

В той час, як звук аналогових може здатись більш теплим, густим та живим, цифрові мають велику перевагу у зручності використання і більш приємним інтерфейсам у комп'ютерних програмах на противагу великій кількості дротів у справжній техніці.

Семплер — це електронний або цифровий музичний інструмент, який використовує звукові записи (або «семпли») справжніх звуків інструментів (наприклад, фортепіано, скрипки, труби чи іншого синтезатора), уривки із записаних пісень (наприклад, п’ятисекундний бас). гітарний риф із фанк-пісні) або знайдені звуки (наприклад, сирени та океанські хвилі). Зразки завантажуються або записуються користувачем або виробником. Потім ці звуки відтворюються за допомогою самої програми семплера, MIDI-клавіатури, секвенсора або іншого пристрою запуску (наприклад, електронних барабанів) для виконання або створення музики. Оскільки ці зразки зазвичай зберігаються в цифровій пам’яті, до інформації можна швидко отримати доступ. Один семпл часто може бути зміщений на різні висоти для створення музичних гам і акордів.

Ці два підходи часто використовуються разом для створення потрібного звуку.

Основні поняття

Коли ми трошки розібрали деталі і складові звуку по поличках, можемо зібрати його назад до купи, при чому, так, як нам потрібно: тобто, перейти до теми синтезу звуку.

В його основі лежить та сама відома синусоїда. Нагадаю, якщо додати до неї трошки певних обертонів, синусоїда перетворюється на прямокутну хвилю, якщо більше – на пилоподібну. Іноді замість синусоїди використовують трикутну, вони звучать доволі схоже між собою.

Ці 3 види хвиль – одні з найрозповсюдженіших елементів, які використовуються у синтезі звуку.

Види звукових хвиль

Почнемо з синусоїди – це чистий основний тон без обертонів. Якщо додати до нього гармонічні обертони (кожен другий), звукова хвиля ставатиме більш схожою на ось такі прямокутники – це прямокутна хвиля. Якщо їх додати ще більше, тобто усі підряд гармоніки, хвиля стане більш схожою на ось таке – ця форма зветься пилоподібною, вона звучить найбільш різко серед усіх трьох. Вона містить найбільше гармонік серед усіх трьох.

Також використовується трикутна хвиля – за звучанням щось середнє між прямокутником і чистою синусоїдою.

ADSR

У синтезі звуку та музиці існує поняття обвідної – кривої, яка описує зміну певного параметра звуку з часом. Частіше за все, це стосується гучності сигналу, його висоти чи частоти.

Наприклад, згадаємо, як звучить клавіша фортепіано, коли її натискають – за короткий, майже непомітний час вона досягає свого максимального звучання, а потім повільно згасає за гучністю. Як раз для симулювання такої поведінки і використовуються обвідні.

Найчастіше в синтезі використовується ADSR обвідна. Ця абревіатура розшифровується як "attack, decay, sustain, release" – "атака, спадання, підтримка, згасання".

Атака – визначає час, потрібний для того, щоб гучність ноти досягла свого максимального рівня.

Спадання – час, за який нота спадає зі своєї максимальної гучності до рівня підтримки.

Підтримка – рівень, на якому утримується звук після спадання і до того моменту, як відпустять клавішу.

Згасання – час, потрібний для того, щоб нота згасла з рівня підтримки і до нульового рівня.

Інша популярна варіація – AHDSR, в якій додається етап "hold" – утримання звуку на максимальному рівні (після етапу атаки) до того, як він почне згасати. Також існують варіації з кількома з перерахованих вище етапів.

Деякі синтезатори також додають параметр затримки перед атакою – час, який проходить після затискання клавіші і до моменту, як звук увійде у фазу атаки.

Приклади дії ADSR

Unison

Ефект, який утворюється повторенням основного тону в кілька голосів однієї висоти або з різницею в октаву. Але оскільки комп'ютер видає один і той самий звук завжди однаково, то для досягнення цього ефекту використовуються невеличкі відхилення по висоті від основного для усіх голосів. Цей ефект додає "ширини" і "масивності" звуку.

Filters

Фільтри – електричні схеми, залежні від частоти, яка на них подається, зараз часто заміняються програмними засобами з такою ж дією. Вони, по суті, "вирізають" певні частоти з оригінального звуку.

Існують фільтри 3 типів:

* фільтр низьких частот – вони пропускають частоти, нижчі за задану, і послідовно послаблюють усі інші
* фільтр високих частот – навпаки, пропускають частоти, вищі за задану, та послаблюють нижчі за задану.
* смуговий фільтр – комбінація фільтру виоких і низьких водночас
* "полиця" – акуратніший варіант фільтру, який трошки збільшує задані частоти і трошки занижує інші; додає трошки яскравості в звук

LFO's

Low frequency oscillator – генератор низьких частот, який підключається до управління певною характеристикою звуку. Використовується для створення ефекту тремоло, вібрато чи коливання фільтрів. Якщо підкручувати частоту LFO, тоді це стає FM чи AM синтезом.

Види синтезу

Адитивний синтез

Це створення звуку за допомогою додавання гармонік до основного тону. Для нього використовуються синусоїди, щоб додавати гармоніки одна по одній.

Якщо додавати кожну другу гармоніку, то отримана хвиля буде мати вигляд квадратної, якщо усі поступово – отримана хвиля буде пилоподібною.

У адитивному синтезі вручну контролюються гучність кожної гармоніки, що дає великі можливості у контролі тембру звучання.

Субтрактивний синтез

Він працює навпаки відносно адитивного синтезу, його основний принцип – видалення певних гармонік із загального звуку за допомогою фільтрів.

Фільтри – це апаратні засоби, які буквально видаляють певні частоти зі звуку. Часто використовується для, наприклад, білого шуму – за допомогою фільтрів з нього видаляють усі частоти, крім потрібних.

Метод таблиць хвиль

Метод синтезу, за якого під час відтворення одного і того самого тону форма хвилі змінюється поступово і циклічно від першої до другої.

У цьому методі основна робоча зона зветься "table", тобто таблиця, і він надає багато руху звуку.

Синтез модуляції гучності

Прийом синтезу, за якого 1 генератор частоти (носій) видає звукову хвилю, а другий (модулятор) видає хвилю, яка регулює амплітуду (гучність) хвилі носія. І якщо модулятор коливається достатньо швидко, він починає спотворювати оригінальний звук таким чином, що додає гармоніки до кожної з частот хвилі носія.

Існує також різновид цього виду модуляції – кільцева модуляція, але в ній основна частота зникає, а лишаються лише додані гармоніки.

Синтез модуляції частоти

Оскільки частота звуку – це, по факту, його висота, то зрозуміло, що цей метод синтезу спирається на модуляції частоти звуку. У ньому беруть участь також як мінімум 2 генератори – носій і модулятор, тільки тут модулятор впливає на частоту носія.

Можна додавати ще майже довільну кількість генераторів, які послідовно управлятимуть частотами інших генераторів, і таким чином отримувати величезну палітру звуків.

Гранулярний синтез

Для цього виду синтезу вхідними даними є не генератор частоти, а вже якийсь записаний звук - семпл. Він розділяється на так звані гранули – частинки запису довжиною 1-50 мс, і далі ці частинки можуть накладатись одна на одну, програватися з різною довжиною, гучністю чи швидкістю. Деякі редактори дозволяють також змінювати висоту гранул.

Історія

Телармоніум - 1897

Телармоніум (також відомий як динамофон) був раннім електричним органом, розробленим Тадеусом Кехілом бл. 1896 і запатентовано в 1897. Електричний сигнал від телармоніума передавався по проводах; його чули на приймальному кінці за допомогою «рупорних» динаміків.

Як і пізніший орган Хаммонда, телармоніум використовував механічні фонічні колеса для генерації музичних звуків як електричних сигналів шляхом адитивного синтезу. Записи його звуку, на жаль, не збереглися. Він вважається першим електричним інструментом.

1. Термен - 1920 / Лео Термен

Терменвокс (або ефірофон) був продуктом досліджень датчиків наближення, які фінансувалися радянським урядом. Інструмент був винайдений у жовтні 1919 року російським фізиком Левом Сергійовичем Терменом, відомим на Заході як Леон Термен. Після тривалого туру Європою, під час якого він демонстрував свій винахід перед переповненими залами, Термен переїхав до Сполучених Штатів, де запатентував свій винахід у 1928 році.

На даному інструменті грають, не торкаючись його поверхні. Це роблять можливим дві антени, що отримують інформацію про розміщення рук терменіста. Одна з антен керує коливаннями (частотою звуку), інша — амплітудою (гучність інструмента). Отримані електричні сигнали з терменвоксу подаються на динамік через підсилювач.

Головною частиною терменвокса є два високочастотні коливальні контури, настроєні на спільну частоту. Електричні коливання звукових частот створюються генератором на електронних лампах, сигнал пропускається через підсилювач і перетворюється гучномовцем у звук. Виконавець керує роботою терменвокса, змінюючи положення долонь навколо антен інструменту. Рухаючи рукою навколо стрижня, виконавець регулює висоту звуку, жестикулювання навколо дуги дозволяє впливати на гучність. За рахунок зміни відстані долонь музиканта до антени інструмента змінюється індуктивність коливального контуру, і, як наслідок, частота звуку.

Звучання інструменту часто асоціюється з моторошними ситуаціями. Терменвокс використовувався в саундтреках до фільмів.

2. Мартено Онде - 1921 / Моріс Мартено

Моріс Мартено (1898–1980) відомий своїм винаходом і створенням одного з перших електронних інструментів через рік після терменвокса: Martenot Onde, який був названий на його честь.

Як і більшість електромузичних інструментів тих часів, Хвилі Мартено спираються на радіолампові технології . Як і в терменвоксі, можливість впливу на роботу генератора поміщенням в його поле людського тіла була використана для творення звуку. Хвилі Мартено — гомофонічний (одноголосний) інструмент, однак можливість моделювання звуку рухом тіла давала йому цінну для інструменталістів еластичність. Хвилі Мартено обладнані клавіатурою фортепіанного типу (7 октав) та додатковими пристроями, що дозволяють відтворювати ефекти глісандо та вібрато.

Дивні пристрої коло самої клавіатури – це різні види колонок для мартено онде.

Цей музичний інструмент теж нерідко використовувався у саундтреках для фільмів, наприклад, у оригінальних Мисливцях за привидами.

4. Орган - 1935 / Лоуренс Гаммонд

Цей орган оснащений підсилювачем, який використовує примітивну форму адитивного синтезу: набір генераторів чистого тону, налаштованих у ряді гармоній, виробляє основний тембр, інтенсивність якого можна регулювати для кожної гармоніки.

Для імітації звуків трубочного органа, що має ряди труб у безлічі регістрів, в органі Гаммонда була використана примітивна форма адитивного синтезу звукового сигналу. Це технологічне рішення нагадує ранні моделі «телармоніума» Фаддея Кахілла, де кожен окремий сигнал створювався механічним фонічним колесом, що оберталося під електромагнітним звукознімачем.

Звук на органі Хаммонда змінюється за допомогою маніпуляцій важільцями. Важільці — це металевий повзунок, який регулює гучність певного звукового компонента, подібно до фейдера на платі аудіомікшування. Коли важіль витягають, воно збільшує гучність свого звуку. Якщо зробити навпаки, гучність зменшується до нуля.

Через те, що він електричний, увесь час, коли клавіша натиснута, звук має однакову гучність, а не повільно спадає, тому для регулювання гучності використовували педалі.

Пізніші моделі інструментів мали також електромеханічне вібрато.

6. Clavioline - 1954 / Констан Мартін

Інструмент складається з клавіатури і окремого блоку підсилювача і колонок. Клавіатура зазвичай охоплювала три октави і мала ряд перемикачів для зміни тону виробленого звуку, додавання вібрато (визначальна особливість інструменту) та надання інших ефектів. Clavioline використовував генератор на вакуумній лампі, щоб виробляти хвилю дзижчання, майже прямокутну, яку потім можна було змінити за допомогою фільтрації високих і низьких частот, а також вібрато. Підсилювач також допоміг у створенні характерних тонів інструменту, навмисно забезпечуючи велику кількість спотворень.

7. Синтезатор

Перший електронний синтезатор звуку був розроблений американськими інженерами-акустиками Гаррі Олсоном і Гербертом Беларом у 1955 році в лабораторіях Radio Corporation of America (RCA) у Прінстоні, Нью-Джерсі. Інформація надходила на синтезатор, закодована на перфострічці. Інструмент генерував звук за допомогою 12 камертонів, які стимулювалися електромагнітним шляхом.

Він був розроблений для дослідження властивостей звуку та залучав композиторів, які прагнули розширити діапазон доступного звуку або досягти повного контролю над своєю музикою.

Розвинутіші синтезатори

Протягом 1960-х років були виготовлені синтезатори більш компактної конструкції — спочатку Moog (див. фотографію), а згодом інші, включаючи Buchla та Syn-Ket, останній розміром приблизно з фортепіано. Більшість синтезаторів мали клавіатури, схожі на піаніно, хоча використовувалися й інші типи механізмів.

Наприкінці 1970-х і 1980-х роках набагато компактніші синтезатори з використанням мікрокомп’ютерів і різноманітних методів цифрового синтезу, таких як дискретизація всього звуку (цифровий запис звуків), синтез Фур’є (специфікація окремих гармонік) і FM (частотна модуляція) синтезу за допомогою синусоїдальних хвиль. Помітними серед цих інструментів були Fairlight CMI, Synclavier II від New England Digital і серія FM-синтезаторів Yamaha.

Fairlight CMI (Computer Musical Instrument), перший поліфонічний цифровий семплер, був передвісником синтезаторів на основі семплів. Розроблений у 1978 році Пітером Фогелем і Кімом Райрі на основі подвійного мікропроцесорного комп’ютера, розробленого Тоні Ферсом у Сіднеї, Австралія, Fairlight CMI дав музикантам можливість змінювати гучність, атаку, згасання та використовувати спеціальні ефекти, такі як вібрато. Зразки сигналів можна відображати на екрані та змінювати за допомогою світлового пера.

Надалі синтезатори розвинулись у те, що ми бачимо на даний момент навколо нас у буденному житті. З'явились програми, які, по суті, повноцінно замінюють аналогові синтезатори, мають не менші можливості, а все, що потрібне для їх роботи – пк, колонки і бажано музична клавіатура.