**Преподаватель Фролова Н.В.**

|  |  |
| --- | --- |
| **учебная дисциплина** | **Звукоусилительная аппаратура М2** |
| **для специальности** | **53.02.08 Музыкальное звукооператорское мастерство** |
| **Дата занятия:** | **16.05.2020** |

**Тема:** Методы синтеза звука. Таблично-волновой синтез

**Задание:** законспектировать статью

Таблично-волновой синтез (Wavetable Synthesis) — тип синтеза, основанный на последовательном воспроизведении ограниченных по длительности циклических волновых форм, расположенных в памяти инструмента в виде матрицы (таблицы). Сама последовательность вызова той или иной волны, динамические изменения спектра, амплитуды и других характеристик задаются специальной псевдопериодической функцией (зависимостью).

Описание

Несмотря на довольно сложное и запутанное определение, в реальности процесс генерации звука этим методом очень прост для понимания. В памяти инструмента формируется некая матрица, каждый из элементов которой представляет собой волновую форму. При этом следует отличать понятие «волновой формы» от обычного «семпла». В данном контексте волновая форма представляет собой маленький фрагмент (период) семпла, некий базовый элемент, способный передать спектральные характеристики звука. В отличие от [линейно-арифметического синтеза](http://synthmusic.ru/articles/synthesistypes/la/), где волновая форма используется для передачи атаки (attack) звука, таблично-волновой синтез< обычно оперирует более поздним фрагментом семпла, называемым «сустейном» (sustain), но таблица, безусловно, может содержать и другие части семплов, в том числе атаки. В качестве фрагмента может быть задействована и одна из «классических» волновых форм, знакомых из аналогового синтеза: синусоидальная волна (sine wave), пилообразная (saw wave), треугольная (triangle wave), прямоугольная (square wave) или модификация прямоугольной — pulse (с переменной скважностью).

Важно понять, что волновая форма — это не просто абстрактный математический график, это информация о спектрально-гармоническом составе звука, и именно она определяет его основные тембральные характеристики.

Заданная матрица служит таблицей данных для функции, которая будет описывать тембральную и динамическую структуру генерируемого сигнала. Говоря простым языком, синтезатор в каждый конкретный момент вычленяет из матрицы определенную волновую форму и циклически воспроизводит его в течение заданного этой же зависимостью промежутка времени. Скорость воспроизведения периодической волновой формы определяет частоту звучания сигнала (pitch), таким образом давая возможность извлекать различные ноты, задействуя минимум аппаратной памяти. Иногда в таблицы также включаются отрезки волн различной частоты, сгенерированные одним и тем же источником. Например, в качестве генератора может выступать и человеческий голос, и в таком случае волновая форма несет в себе информацию о [формантах](http://synthmusic.ru/articles/synthesistypes/formant/). А поскольку изменение частоты формант повлечет за собой серьезное изменение тембра синтезируемого «голоса», в некоторых случаях может понадобиться более одной волновой формы на весь диапазон. Хотя, безусловно, все зависит от целей, которые перед собой ставит [саунд-дизайнер](http://synthmusic.ru/service/sound-design/).

Техническая реализация

Очень важной деталью таблично-волнового синтеза является принцип, по которому волны сменяют друг друга внутри заданной последовательности. Очевидно, что если длительность звучания отдельной волновой формы в структуре звука задается параметром времени, то совершенно необязательно завершение звучания волны каждый раз будет приходиться на фазу, при которой амплитуда сигнала равна нулю. Чаще всего волновые таблицы организуются таким способом, при котором каждая волна начинается и заканчивается нулем. В любой точке, отличной от нуля, резкое прерывание волны приведет к появлению нежелательных артефактов — неприятных для слуха щелчков и шумов. Решение задачи устранения этих элементов реализуется в таблично-волновых синтезаторах различными способами:

Самый простой из них — линейный кроссфейд (crossfade), при котором первой волне дается команда плавного затухания, а второй — плавного повышения громкости, при этом затухание первой и нарастание второй происходят в один и тот же промежуток времени, что обеспечивает незаметный динамический переход.

Два других метода — транкейт (truncate — урезание, отсечение) и раундинг (rounding — округление) представляют собой манипуляции на уровне функции, корректировку данных исходя из заданных параметров. Транкейт предполагает простое отбрасывание неполной волновой формы (то есть – не вписавшейся полностью в установленные временные рамки), например, если требуется звучание волновой формы в течение 1.68 секунд, а период составляет 0.1 секунды, то полностью в необходимое время укладывается 16 периодов, а последний, неполный, отсекается. В отличие от транкейта, раундинг предполагает более «гуманный» подход, при котором происходит не отсечение, а округление периода до целого значения, то есть – в приведенном выше случае в результате раундинга будет воспроизведено 17 периодов, а если бы длительность равнялась, например, 1.63 секунды, то количество периодов также равнялось бы 16.

И последний метод, самый сложный и технологичный, называется интерполяцией, или математическим приближением. Посредством этого метода на стыке волновых форм появляется новая промежуточная форма, являющаяся результатом усреднения функций двух смежных волн в рамках части периода, приходящейся на время перехода. Интерполяция может быть осуществлена как линейно, так и по более сложным алгоритмам типа «кубического сплайна» (cubic spline). Вследствие применения интерполяции сигнал получает более гладкий и музыкальный переход от одной волны к другой. Линейная интерполяция имеет также сходство с методом кроссфейда.

Принципы

Первый принцип таблично-волнового синтеза заключается в функционально упорядоченном механизме последовательного вызова из матрицы и воспроизведения различных волновых форм. Вторым характерным моментом этого типа синтеза является динамическое изменение воспроизводимых волн. Оно заключается в воздействии на полученную результирующую волну последующими средствами синтеза — такими как [фильтры](http://synthmusic.ru/articles/synthesistypes/subtractive/), генераторы огибающих (EG, Envelope Generator), низкочастотные осцилляторы (LFO), различные средства модуляции, динамическая обработка и процессоры эффектов. Все эти изменения могут производиться с помощью математических функций, описывающих степень влияния того или иного параметра на генерируемый сигнал в каждый конкретный момент времени.

Разновидности и примеры

Родоначальниками таблично-волнового синтеза является немецкая фирма Palm Products Gmbh (PPG), выпустившая серию синтезаторов Wave и программатор Waveterm. Цифровой таблично-волновой синтез был дополнен аналоговыми фильтрами, параметры которых, в числе прочего, контролировались программатором. Преемниками PPGв области этого типа синтеза стала компания Waldorf, в продукции которой применялись как цифровые, так и аналоговые фильтры.

Кроме того, таблично-волновой синтез может перекликаться с [векторным синтезом](http://synthmusic.ru/articles/synthesistypes/vector/), и тогда вместо математических функций воздействие на звук оказывается вручную с помощью специального джойстика (примеры таких инструментов — Sequential Circuits Prophet VS и Korg Wavestation).

Иногда wavetable также ассоциируют с [аддитивным синтезом](http://synthmusic.ru/articles/synthesistypes/additive/), исходя из того, что в качестве элементов таблиц могут использоваться обычные синусоидальные волны. Поскольку таблично-волновой синтез позволяет управлять взаимным расположением волн, в том числе и наложением их друг на друга (суммированием), амплитудой и фазой, это и позволяет проводить параллели между этими двумя типами синтеза. Однако, обычный аддитив предполагает гораздо большие затраты ресурсов, чем вэйвтейбл.

Чем объемнее таблицы волновых форм, заложенные в музыкальный инструмент, тем более многогранные результаты он может дать.

В целом, таблично-волновой синтез дал возможность [саунд-дизайнерам](http://synthmusic.ru/service/sound-design/) работать с обширной звуковой палитрой, не привлекая для этого большие объемы аппаратной памяти. Поэтому появление этого синтеза в свое время стало особой вехой в истории развития синтезаторов. Однако, спустя какое-то время термин «wavetable» стал иногда применяться в качестве синонима PCM, то есть обычного понятия «семпл». Следует внимательно относиться к спецификациям инструментов, если объектом поиска является именно классическое понимание вэйвтейбл-синтеза.