



Валерий Белунцов



SYMPHONIA.MUS

*(заметки в нотной тетради)***■ Зачем музыканту компьютер?**

Действительно, зачем? Ну, конечно, кроме игры в преферанс или «Дум-2»? Этот вопрос мне не раз приходилось слышать из уст самих музыкантов, причем нередко его задавали с интонацией скорее недоумения, чем любознательности. Кстати, симптоматично, что вопрос этот задавали исключительно наши соотечественники — и ни разу я не слышал его из уст американских музыкантов, с которыми порядочно пообщался. Однозначный и краткий ответ на него дать невозможно, ибо прежде всего он зависит от того, о каком именно музыканте идет речь — композиторе, дирижере, музыковеде, контрабасисте и т. д. Каждый из них решает свои задачи — а ведь именно они определяют предназначение компьютера, одновременно расширяя круг возможностей музыканта. Однако я сейчас попытаюсь обобщить некоторые основные направления деятельности музыкантов, в которых компьютер в последние годы играет все большую и большую роль. Вначале я просто перечислю, это:

- нотно-издательская деятельность;
- подготовка цифровых фонограмм (и видеоклипов);
- реставрация старых записей;
- звукорежиссерская работа;
- создание аранжировок и оригинальных композиций с использованием программ-секвенцеров¹;
- синтез звука и электронная музыка;
- интерактивные исполнительские системы;
- системы алгоритмической музыки;

- системы управления партитурой в реальном времени;
- создание и использование музыкаведческих баз данных;
- обучение в музыкальных школах и училищах и т. д.

Конечно, отдельно взятый музыкант никогда не использует все вышеперечисленное, ограничиваясь тем, что близко его специализации. Я, например, использую компьютер в основном для набора нот и создания ненотируемых электронных композиций. Кроме



Валерий Олегович Белунцов, композитор. Родился в 1969 году в Москве. Получил музыкальное образование как пианист и композитор, окончил московскую консерваторию. Среди моих музыкальных произведений — более сорока электронных. Являюсь членом правления Российской ассоциации электронной музыки. Моя музыка, преимущественно электронная, часто исполняется в Европе, США и Латинской Америке. Ну, и у нас тоже. В Московском музыкальном колледже им. Шнитке основал специализированный курс «Синтез звука и компьютерно-музыкальные приложения». При его подготовке и совершенствовании часто упираться в бюрократическую стену.

того, возможности музыкального софта сейчас стремительно расширяются, так что приходится следить за новостями на этом фронте, чтоб не пропустить появления того, чего не хватает именно сейчас.

■ Какой компьютер нужен музыканту?

Это большой вопрос для многих компьютеризирующихся музыкантов, вызывающий жаростные споры и дискуссии. Действительно, ведь если музыкант купит себе компьютер, не соответствующий

его задачам и требованиям, то он, скорее всего, просто навсегда разочаруется в возможностях компьютерной техники и впоследствии уже ими не воспользуется, даже если ему вдруг придется, скажем, в 2040 году переписывать оркестровые партии вручную. Еще лет пять тому назад считалось (да, в общем, так оно и было), что PC — машина, для музыкальных задач абсолютно непригодная. В некоторых странах до сих пор таково общее мнение. Например, по

вкуса (а о вкусах, как известно, не спорят), но если речь идет об издании нот — то желательно иметь разрешение не менее 800x600 (а лучше — «двухстраничный» монитор) при 16- или 24-битной цветовой палитре. Если предполагается работа со звуковыми файлами, то объем винчестера должен быть не меньше 4 Гбайт. Важнейшую роль здесь играет звуковая карта, ибо она в данном случае не просто средство «для украшения», а инструмент для профессиональной работы. Здесь трудно однозначно рекомендовать какое-либо устройство, хотя я считаю, что очень хорошо работать с картами от Turtle Beach, например, с недавно выпущенной Multisound Pinnacle. Кроме звуковой карты часто бывает необходима цифровая карта — то есть интерфейс для ввода/вывода цифровых сигналов (например, для записи на цифровые носители — DAT, MiniDisk). Эти устройства достаточно дороги и, кроме того, капризны в использовании прерываний и каналов прямого доступа к памяти.⁴ Немаловажно также значение устройства, через которое музыкант вводит и выводит свой рабочий материал. Здесь, разумеется, не подойдут всякие «мультимедийные» микрофоны и активные колонки; нужно воспользоваться хорошей аудиосистемой и/или качественными наушниками (неплохие экземпляры выпускают Sony и Koss). Если предполагается работа с MIDI, желательна MIDI-клавиатура фортепианного типа, оснащенная педалью, колесом высоты (pitch wheel) и модуляции (вибрато), а также устройством ввода другой MIDI-информации.

Поскольку по необъяснимым причинам разъем MIDI-интерфейса для PC отличается от регламентируемого стандартом MIDI (на звуковых картах он обычно делается 15-контактным, общим для MIDI и джойстика, в то время как

Я рекомендую PC с процессором не ниже Pentium 90 и 24 Мбайт оперативной памяти. Видеоадаптер и монитор здесь — вопрос

1 Секвенцер — устройство для записи, редакции и воспроизведения MIDI-информации (на счет MIDI — см. ниже).

2 Я иногда намеренно смешиваю термины «электронная» и «компьютерная» музыка, ибо родившись как две почти что противоположности, эти направления сейчас уже практически срослись, и я не вижу смысла их разделять. Кстати, есть еще термин «электроакустическая музыка», в настоящее время означающий, по сути, то же самое.

3 Я вовсе не являюсь закоренелым «писифилом», как может показаться. Напротив, система команд интеловских процессоров приводит меня в тихий ужас. Но здесь я смотрю на вещи с чисто практических позиций.

4 Упомянутая выше карта Multisound Pinnacle может поставляться с уже встроенным цифровым интерфейсом, так что в этом случае необходимость в цифровой карте отпадает.

стандарт для MIDI — это разъем DIN), то необходим еще и специальный кабель.

Все перечисленное, конечно, составляет только базовый набор, и обычно количество устройств, а также их качество возрастает по

только линованной нотной бумаге переписывать свое творение так, чтобы хоть кто-нибудь что-нибудь в этих закорючках понял. (Нотный почерк — не «буквенный» почерк, здесь гораздо больше возможностей для разнообра-

О ЗВУКОВЫХ КАРТАХ

Звуковая карта объединяет в себе средства для аудиозаписи и воспроизведения (в том числе ЦАП/АЦП), сэмплер или синтезатор (иногда и то, и другое), MIDI-интерфейс, эффект-процессор и некоторые другие устройства. Все это добро располагается на плате, которая вставляется в слот ISA. При выборе звуковой карты очень важно, чтобы работа каждого из устройств удовлетворяла музыканта.

На компьютерном рынке существует огромное разнообразие звуковых карт, различающихся по конфигурации, качеству и, разумеется, цене (диапазон цен простирается от пятнадцати—двадцати до нескольких тысяч долларов). Как правило, с точки зрения музыканта-профессионала здесь не выдерживают критики «саунд-бластеры» и прочие простые карты. Среди музыкантов заслуженным успехом пользуются звуковые карты от компании Turtle Beach.

мере необходимости. Я так подробно останавливаюсь на «музыкальном» PC, а не на Mac'е не только потому, что для нас, россиян, эта платформа как-то ближе, но и потому, что музыкальные PC-системы более мобильны и дешевы. Кстати, дешевле обычно и софт (я имею в виду — легальный, зарегистрированный). Конечно, нельзя не признать, что для некоторых музыкальных задач Mac будет идеальным решением. С другой стороны, с какими-то из них (например, с управлением по MIDI внешними музыкальными инструментами) иногда бывает легче и удобнее справиться даже на Atari⁵.

О нотном наборе

О радость! Прошли, кажется, те времена, когда для издания нотного текста наборщикам приходилось дышать цинковыми и еще не помню какими там испарениями, возникающими при вдавлении стальных шаблонов в основание из мягкого металлического сплава. Прошли, кажется, и те времена, когда композитор, не издавший своего сочинения, но желающий его исполнения, должен был с помощью туши и рейсфедера на бес-

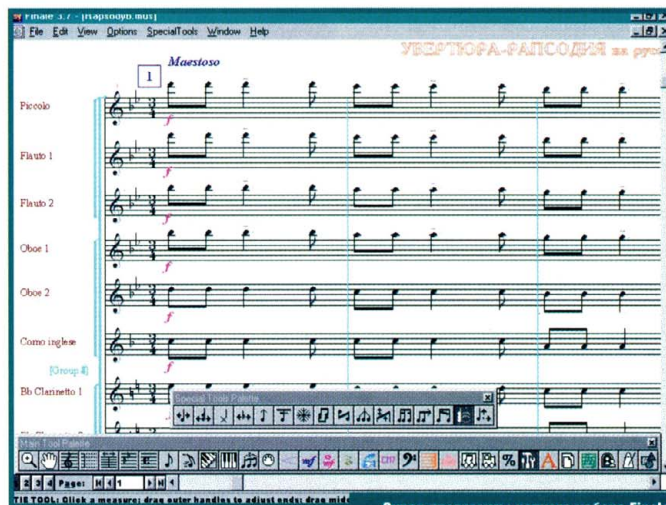
зия — и непонимания.) И ладно бы один раз каллиграфистом потрудиться, а если сочинение для, скажем, октета, или, не дай Бог, для большого оркестра? Это ж надо каждую партию отдельно переписать, а в оркестре их от двадцати пяти и больше...⁶ Можно, конечно, нанять специальных людей, называемых переписчиками, заплатив им немалые деньги. Так ведь они, такие-сякие, всегда что-нибудь напутают, все равно все по десять раз просматривать и исправлять придется... Кстати, об исправлениях! Каждый неверный штрих придется либо затирать лезвием, протирая бумагу до дыр, либо заклеивать, вырезая из другого нотного листа адекватный по размеру кусочек... Брр! А если композитор после двухчасового переписывания партитурного листа вдруг понял, что нужно вставить еще один такт? Кошмар, а? Или вот, наконец, придумал композитор замысловатый ритм, а попробуй его запиши в «двоичную» нотацию!⁷ Вот он и сидит, бедолага, повторяет на рояле одно и то же четыре часа кряду и соображает, как бы это изобразить нотами...

Короче, эти времена потихоньку минуют, и на помощь приходит

компьютер. Наборщик нотного издания сидит себе за монитором и пощелкивает мышкой. Композитор, вместо переписывания и перерисовывания своей музыки, только знай на клавиши жмет. А все ошибки и опечатки может проверить на слух, попросив компьютер сыграть написанное. А оркестровые партии создавать из партитуры — вообще красота: дал команду — и попей чайку минут пять. Наконец, тот бедолага, что придумал замысловатый ритм, теперь может один раз сыграть его — и компьютер ему сам предложит, как это записать.

Ну, ладно, хватит лирики. Кто-то мне говорил, что только в СССР в свое время было выдано более двух тысяч патентов на различные «пишущие машинки», которые печатали ноты. И ни одна из них не прижилась — уж слишком это было громоздко и неудобно. С компьютером, видимо, легче стало. Например, я специально сравнил, за сколько времени напишу рукой (красиво) страницу из сонаты Бетховена и за сколько наберу то же

сытка три URL, в основном ftp). Чем «проще» такая программа, тем менее удобно в ней вводить нотный текст и тем меньше возможностей она предоставляет. В упоминавшемся уже MusicEase лиги, например, получаются не в форме дуг, а состоящими из трех прямых линий; а пока пытаешься стереть один из неверно введенных символов «b», проходит около минуты. Профессиональные же программы нотного набора, как правило, очень удобны, но при этом сложные, разветвленные, с широким набором возможностей. И далеко не простые в освоении. Я хорошо помню, как в 1993 году японский композитор Койиро Умезаки привез в Термен-центр⁸ и установил на единственный имевшийся там Macintosh Plus программу нотного набора Finale 2.0. Тогда он быстро, в течение часа, показал ее возможности, и все пришли в полный восторг. Но когда я на другой день попытался с ней поработать, выяснилось, что не выходит почти *ничего*. В полном смысле этого слова. Правда, в



Экран программы нотного набора Finale.

самое на компьютере. Абсолютных значений уже не помню, но на компьютере оказалось почти в полтора раза быстрее.

Программ для нотного набора существует великое множество. Некоторые из них совсем простые и свободно представлены в Интернете на условиях shareware (в качестве примера можно привести MusicEase; где точно лежит, не помню, но задайте его в качестве ключевого слова на любой поисковой машине — и получите де-

этой версии Finale не было никакого Help'a (вообще).

Сейчас я для нотного набора пользуюсь только этой программой, уже на PC (последняя версия называется Finale 97). Она предоставляет необозримые возможности и имеет удобный и дружелюбный интерфейс. Здесь предусмотрено шесть способов ввода нотного текста в компьютер. Во-первых, обычный ввод щелчком мыши в нужное место экрана (как в более простых программах типа

5 Atari, кстати, обычно имеет встроенный MIDI-интерфейс со стандартными (DIN) разъемами.

6 В восьмой симфонии Густава Малера оркестр (вместе с хором) состоит из более чем 300 человек.

7 Если кто не понял: в нотной грамоте принято, что каждая более мелкая длительность ровно вдвое короче более крупной. Так, в одной «целой» ноте — две «половинные», в одной «половинной» — две «четвертные» и т. д. Поэтому такую нотацию иногда в шутку и именуют «двоичной».

8 Термен-центр — крупный центр электронной музыки в Москве.



Студия компьютерной музыки двадцать лет назад и сегодня.



Епсоре). Во-вторых, «скоростной» ввод с помощью клавиатуры компьютера, когда клавиши цифровой клавиатуры означают различные длительности нот. В-третьих, пошаговый ввод с MIDI-клавиатуры. В-четвертых — транскрипция, то есть запись сыгранной музыки в собственный мини-секвенсер и последующее преобразование ее в нотный текст. В-пятых — так называемый HyperScribe, то есть транскрипция в реальном времени, прямо в процессе исполнения. И, наконец, в-шестых, возможна загрузка стандартного MIDI-файла⁹ и его транскрипция. К каждой ноте можно «привязать» артикуляционное обозначение (точка

стаккато, акцент и т. п.), или же какую-нибудь надпись, или рисунок; причем в Finale 3.7 появилась возможность импорта (и экспорта) графики в форматах TIFF, WMF и EPS. Надпись или рисунок могут быть также привязаны и ко всей партитуре. Существуют удобные утилиты для группировки нотосцев, смены размера и тональности, создания подстрочного текста и независимых текстовых блоков, а также независимой графики и «плавающих» тактов, для знаков повторов и окончания, копирования отдельных элементов, поиска и замены нот, транспозиции, редактирования «исполнительских» штрихов для воспроизведения с помощью MIDI, и т. д. и т. п. — все перечислять очень долго, да и нет особого смысла. Во многих американских издательствах формат Finale стал уже стандартом de facto. Здесь важное значение имеет так-

же присутствующая в этой программе поддержка PostScript-формата.

Программу Finale для Windows и Macintosh производит компания Coda Music Technology. Демо-версию ее можно найти на <http://cmp.goshen.net/finale> или www.codamusic.com.

Из других программ нотного набора следует отметить Encore (для Windows или Mac), Mosaic и Nightingale (только для Mac), а также Score Perfect Pro (не путать со Score для DOS) — очень милая и быстрая программа, первоначально написанная для Atari, но сейчас представленная также в версии для Windows.

■ Расширение композиторских возможностей

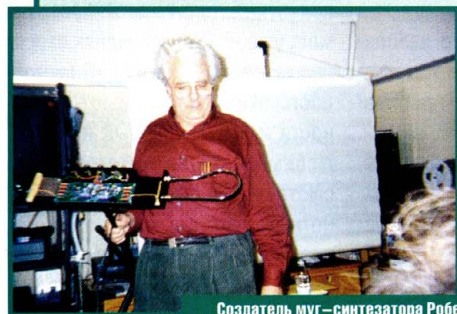
Приблизительно три века назад считалось, что работа композитора, в конечном счете, заключается в компоновке элементов различной высоты, продолжительности и громкости. Другими словами, считалось не столь важным, на каком инструменте будет исполнен составленный композитором нотный текст, какой *тембр* будет иметь

тот или иной звук. Затем исследователями была обнаружена истина (вполне очевидная для современного человека), что тембровая окраска музыки играет большую роль при восприятии ее характера; например, одна и та же мелодия в исполнении трубы и скрипки будет воспринята слушателем по-разному. С тех пор композиторы обычно избирали один или несколько конкретных инструментов для воплощения той или иной своей идеи, а симфонический оркестр вплоть до нашего времени по праву считался «инструментом» с наиболее богатыми выразительными возможностями. Действительно, сочиняя музыку для оркестра, композитор располагает довольно большим набором инструментов. Но, к сожалению, набор этот дан заранее и нет практически никакой возможности изменить его тембровое наполнение в соответствии со своей композиторской идеей. Чтобы хоть как-то обойти это ограничение, начиная приблизительно с начала прошлого века композиторы стали придумывать различные тембровые миксты (вначале выбирались наиболее естест-

⁹ Стандартный MIDI-файл — последовательность MIDI-событий и временных интервалов между ними, записанная в стандартном формате .mid, который понимают практически все музыкальные программы.

АНАЛОГОВАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МУЗЫКА

Использование электронных музыкальных инструментов началось задолго до распространения компьютеров. Еще в 1919 году советский инженер и музыкант Лев Сергеевич Термен изобрел свой знаменитый терменвокс, который принято считать первым электромusикальным инструментом. По крайней мере — первым значительным изобретением в развитии электронной музыки, хотя до этого уже были изобретены «телармониум» Т. Кахилла (1900), «поющая дуга» В. Дуддела (1899), «гальваническая музыка» Ч. Пейджа (1837) и даже работающий на статическом электричестве «электроклавесин» Ла Борде (1759). На терменвоксе успел поиграть даже В. И. Ленин (тот самый!). Напомню, что терменвокс предназначен для исполнения однопольных мелодий с помощью движений рук в пространстве: приближение руки к вертикальной (расположенной справа) антенне вызывает повышение звука, а приближение к горизонтальной (левой) антенне — уменьшение его громкости. Как правило, терменвокс использовался для исполнения классических мелодий; до недавнего времени композиторы почти не писали музыку специально для этого инструмента, по настоящему используя его возможности. В 1928 году появился еще один эпохальный электронный инструмент — траутониум, изобретенный Фридрихом Траут-



Создатель муг-синтезатора Роберт Муг со своим терменвоксом.

вайн (Friedrich Trautwein). В качестве устройства ввода здесь вместо клавиатуры использовались грифы. В 1935 году Л. Хаммонд изобрел свой знаменитый электроорган.

В 1955 году появился аналоговый синтезатор RCA — первый синтезатор с широкими возможностями. Бесклавиатурный синтезатор Дональда Букла (Donald Buchla), появившийся в 1962 году, также обладал широкими возможностями синтеза. Практическая работа с этим синтезатором заключалась в соединении различных модулей проводами и установке параметров с помощью обычных потенциометров. Наконец, в 1964 году появился знаменитый синтезатор Роберта Муга (Robert Moog). В современных компьютерных программах и цифровых инструментах до сих пор часто встречается имитация звучания этого синтезатора, который так назывался — Moog.

В СССР интерес к подобным вещам также не ослабевал. Несмотря на все препоны, здесь были сделаны еще два эпохальных инструмента. Это экводин, изобретенный А. Володиным, и «оптический синтезатор» АНС Е. Мурзина. Экводин, созданный для имитации тембров акустических инструментов, обладал, помимо прочего, чувствительной клавиатурой, способной отрабатывать изменение давления на клавишу после ее нажатия (то, что потом назовут «Aftertouch»). А у АНСа входным устройством являлся некий своеобразный «графический планшет» из прозрачного материала с нанесенным на него слоем специальной незасыхающей мастики. С помощью особой палочки в слое этой мастики прорисовывались точки и линии. Затем рисунок оптическими методами переводился в звук. Впоследствии эту идею неоднократно реализовывали в виде компьютерных программ перевода графики в звучание.

венно сливающиеся инструменты, а впоследствии стали проявляться все более необычные сочетания) или же необычные исполнительские приемы. Некоторые композиторы для расширения тембровой палитры пытались использовать различные звучащие предметы (так, например, Н. А. Римский-Корсаков как-то раз ввел в оркестр набор «настроенных стаканов», которые «настраивались» с помощью воды)...

С появлением компьютерных технологий композитор получил возможность создавать и использовать при желании (а также наличии необходимого программного обеспечения) звук *любого* тембра. Современные технологии снимают все принципиальные тембровые ограничения; ограничивающими факторами теперь могут являться только возможности имеющихся в наличии программ, умение композитора ими пользоваться, ну и, конечно, фантазия композитора.

При создании музыкальных композиций с помощью компьютера композитор в простейшем случае имеет в своем распоряжении набор тембров, предоставляемый звуковой картой и/или внешним синтезатором (сэмплером). Как правило, звуковая карта содержит не менее одного «банка» из 128 тембров, а довольно часто количество таких банков возрастает до 5—7 или даже более¹⁰. Если композитору не хватает этих тембров, он может выбрать «экстенсивный метод развития»: увеличивать число инструментов и звуковых карт¹¹, загружать в существующие инструменты новые звуки и банки звуков, и т. д. По сути, в этом еще нет ничего принципиально нового. Гораздо интереснее тот факт, что композитор может редактировать имеющиеся у него тембры, изменяя их спектральный состав по своему усмотрению, а также синтезировать «с нуля» совершенно новые. Таким образом, сейчас можно *сочинить тембр*, и показательно, что тембр в наше время начинает играть все большую роль в

качестве выразительного средства. Очевидно, что чем сложнее тембр отдельно взятого звука, тем менее существенна роль высотной и ритмической компоновки самих звуков. Звук отделяется от понятия «ноты» как таковой и начинает жить собственной жизнью. Причем изменяющийся во времени звуковой спектр может стать настолько сложным, что для целой музыкальной композиции будет вполне достаточно взятия одной «ноты» — звука с таким спектром.

личные «трюки» с магнитофонной лентой и т. п. Однако все это было довольно громоздко и неудобно в обращении, зачастую композиции создавались исключительно ради того или иного технологического фокуса, не оставляя места собственно творчеству. Так, по признанию одного из «отцов» немецкой электронной музыки Карлхайнца Штокхаузена (Karlheinz Stockhausen), во время создания «Электронного Этюда №1» он часами резал и склеивал частички магнитофонной

тембров, что и отталкивало профессиональных музыкантов.

В случае же работы с компьютером композитор может иметь под рукой все необходимые средства для сочинения композиции, быстро переключаясь между ними в случае надобности. А удобный пользовательский интерфейс позволяет сосредоточиться на творчестве, не слишком отвлекаясь на чисто технологические вопросы.

Даже если композитор не использует в своем творчестве возможность сочинения тембров, все равно он имеет под рукой мультитембральный инструмент, гибкий и удобный в управлении (в отличие от, например, того же симфонического оркестра), способный справиться с любым, даже и традиционно «неисполнимым» материалом¹².

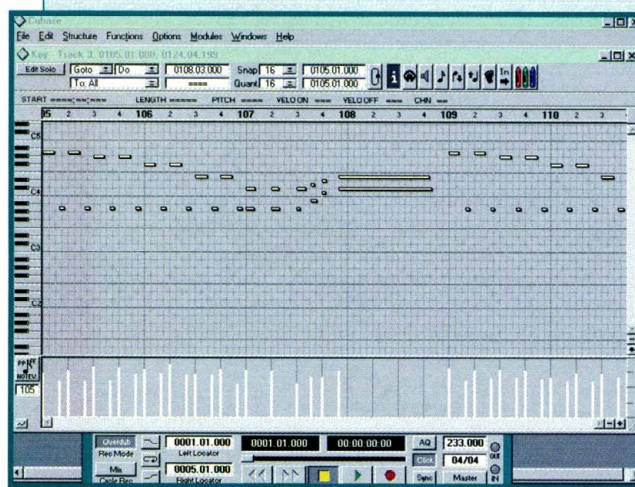
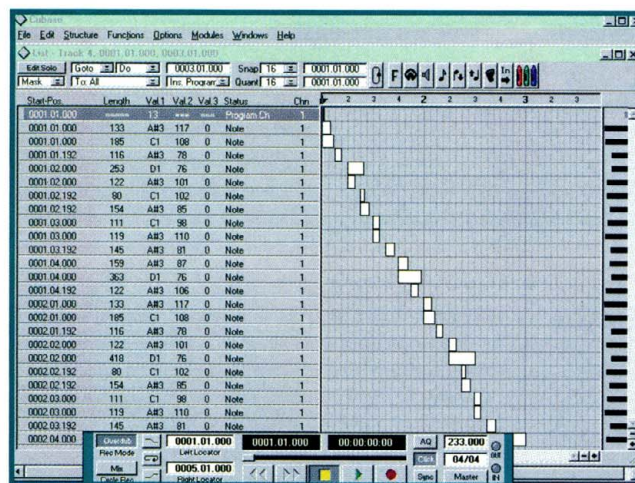
Разумеется, для различных музыкальных задач необходимо специальное программное обеспечение. Его можно разделить на:

- секвенцеры программы;
 - системы многоканального сведения;
 - системы обработки звука;
 - системы синтеза звука;
 - системы интерактивной композиции;
 - программы алгоритмической композиции;
 - а также универсальные системы.
- Рассмотрим их более подробно.

О программах — секвенцерах

Программы-секвенцеры — это самый распространенный тип музыкального программного обеспечения. Они, в сущности, выполняют всего три задачи: запись MIDI-последовательности, ее редактирование и ее воспроизведение. Причем с первой и третьей они все, как правило, справляются одинаково хорошо (с поправкой на некоторые дополнительные возможности). А вот возможности редактирования MIDI-партитуры могут существенно отличаться, и именно они определяют класс той или иной программы-секвенцера. В простейших программах они могут быть сведены к назначению тембров на каждую дорожку и определению их относительной громкости, а также пространственной локализации.

Если музыкальный материал вводится с MIDI-клавиатуры в ре-



Окна редакторов секвенцера Cubase.

Справедливости ради нужно отметить, что попытки редактирования и создания тембров и целых «тембровых» композиций не раз предпринимались еще до широкого развития компьютерных технологий. Создавались аналоговые синтезаторы, использовались раз-

ленты, совершенно при этом не представляя себе заранее звуковой результат. Весьма показателен также тот факт, что авторами такой музыки нередко становились инженеры, а не профессиональные музыканты. Для каждой музыкальной задачи в процессе создания тембра сплошь и рядом могло потребоваться разное оборудование, и это ограничивало творческий процесс, пожалуй, даже в большей степени, чем необходимость пользоваться заранее заданным набором

10 Для сравнения: в симфоническом оркестре имеется около 40 различных тембров (с учетом различных приемов игры). В это число не входят ударные инструменты без определенной высоты звука; но и на звуковых картах в придачу к 128 основным инструментам обычно присутствует набор ударных.

11 Иногда для этого используются так называемые «дочерние» платы, которые вставляются в слоты расширения на основной звуковой карте.

12 Попробуйте — ка написать живому флейтисту трель на нотах ре-ми-бемоль первой октавы!

альном времени (то есть в режиме обычной записи), исполнитель практически всегда допускает некоторое количество нежелательных ритмических неровностей. Для их устранения во многих секвенцерах предусмотрена функция выравнивания (quantize)¹³. Однако пользоваться ею следует с известной долей осторожности: небольшая ошибка в параметрах выравнивания иногда приводит к непоправимой порче ритмического рисунка.

При редакции MIDI-партитуры большое значение также имеет ее визуальное отображение. Несмотря на различные подходы разработчиков ПО к визуализации MIDI-последовательностей, здесь сформировались четыре основных стандарта представления информации:

1 Многоканальная редакция. Вы видите на экране графическое отображение MIDI-партитуры, причем на вертикальной оси представлен список MIDI-дорожек, а на горизонтальной — время (обычно измеряемое в тактах и их долях — см. врезку).

ВРЕМЯ И ЕГО ИЗМЕРЕНИЕ

В MIDI-секвенцерах принято измерять время не в минутах и секундах, как в жизни, а в тактах и их долях, как в музыке. Для того чтобы обеспечить как можно более точную запись любых неровностей при исполнении музыки, в качестве наименьшей единицы измерения времени выбран «тик». Обычно 1 тик принимается равным 1/96, 1/192 или 1/384 четвертной ноты. В стандартном MIDI-файле обязательно указывается количество тиков в одной четверти. Для того чтобы определить темп, в MIDI-файле указывают, какое количество тиков должно «поместиться» в 1 секунду.

2 Список. Музыкальный материал представлен в виде простого списка всех MIDI-событий. Это представление довольно сложно для быстрого восприятия музыкантом, но позволяет разобраться в ситуации при возникновении каких-либо трудностей.

3 «Клавишная сетка». Информация каждой MIDI-дорожки представлена графически, причем по вертикальной оси расположены «фортепианные» клавиши, соответствующие высоте звука, а по горизонтальной откладывается время.

4 Нотная графика. MIDI-информация с той или иной степенью точности транслируется в традиционный нотный текст. На первый взгляд

может показаться, что нотное представление является самым удобным, однако это не так. Все тонкости исполнения становятся совершенно невидимыми, да и сами методы редактирования здесь намного примитивнее, чем в «клавишной сетке».

В окне многоканальной редакции возможны операции с крупными участками музыкального материала, называемыми иногда «партиями». Партии можно копировать через буфер обмена, перемещать,

выравнивать, создавать «зеркальные» копии (содержимое которых изменяется вместе с содержимым «оригинала»), временно заглушать (mute) отдельные партии или целые дорожки, и т. д. При редакции списка MIDI-событий возможно изменить каждый параметр отдельно взятого события, все изменения вводятся, как правило, в числовом выражении. В «клавишной сетке» возможно перемещение или копирование отдельных нот или их групп как по горизонтали (во времени), так и по вертикали (транспозиция), изменение их длины, выравнивание, удаление, добавление; кроме того, здесь обычно могут быть графически представлены и доступны для редактирования сила удара по клавише, громкость, модуляция и многие другие MIDI-параметры (вообще говоря, все, кроме исключительных MIDI-сообщений¹⁴).

¹³ Часто эту функцию называют по-русски «квантизацией» или «квантованием». Однако в процессе работы со студентами я пришел к выводу, что целесообразно отказаться от употребления таких «переводов», попросту коверкающих английские слова на русский лад.

¹⁴ То есть «MIDI exclusive messages», по-русски часто именуемых просто «эксклюзивами». См. врезку о MIDI.

M I D I

MIDI расшифровывается как Musical Instruments Digital Interface (цифровой интерфейс музыкальных инструментов, в некоторых отечественных изданиях первоначально обозначался ЦИМИ). Это стандартный цифровой интерфейс обмена данными между электронными музыкальными инструментами. По MIDI передается не сам звуковой сигнал, а различные управляющие сигналы: нажатие и отпускание клавиши, сила удара по клавише, громкость, вибрато, плавное изменение высоты звука и т. п. В качестве соединителя используется трехжильный кабель с разъемами DIN; во избежание путаницы с аудиостандартами, у разъемов DIN используются контакты 2, 3 и 5. У электронных музыкальных инструментов, имеющих MIDI-интерфейс (а иные сейчас практически не выпускаются), имеется три (иногда два) MIDI-разъема: MIDI IN — вход, принимающий MIDI-сигналы; MIDI OUT — выход, куда передается информация о действиях, производящихся на самом инструменте; и MIDI THRU — выход, куда передается вся информация, поступившая на MIDI IN. Сигналы передаются как цифровая последовательность, разбитая на байты. Отдельное MIDI-сообщение обычно состоит из одного, двух или трех байт (кроме исключительных системных сообщений).

Для управления мультимедийными инструментами, а также для управления одновременно несколькими устройствами используется система MIDI-каналов. Считается, что каждое MIDI-сообщение передается по одному из шестнадцати MIDI-каналов, и каждому каналу может быть поставлен в соответствие свой инструмент или тембр. Информация о MIDI-канале содержится в младших четырех битах первого байта MIDI-сообщения.

Наиболее часто передаваемое MIDI-сообщение — это «нажатие клавиши» (Note On или Key On). Здесь передается информация о номере клавиши (в стандарте MIDI используется 128 клавиш) и силе удара по клавише. Сила удара по клавише имеет 128 градаций и измеряется как скорость движения клавиши при нажатии, поэтому этот параметр обычно называют «velocity». Другие MIDI-сообщения — отпускание клавиши (Note Off) с теми же параметрами, смена тембра на данном канале (Program Change), плавное изме-

нение высоты звука (Pitch Bend) с 16384 градациями высоты на диапазон от полутона до октавы, изменение давления на клавишу после нажатия (Aftertouch). Особое место занимает MIDI-сообщение «смена значения контроллера» (Control Change). Несмотря на то, что оно передает всего два 7-битных параметра, результатом его будет изменение практически любого выбранного параметра звучания. Дело в том, что первый параметр — это так называемый номер контроллера, а второй — его значение, причем большинству мыслимых музыкальных параметров поставлен в соответствие контроллер с определенным номером. Так, это может быть глубина модуляции, или вибрато (контроллер №1), абсолютная громкость (контроллер №7), пространственная локализация (контроллер №10), эффект правой педали фортепиано (контроллер №64), включение/выключение глассандирования при переходе от одного звука к другому (контроллер №65) и многие другие параметры.

Первоначальным назначением MIDI была возможность управления сразу несколькими инструментами с клавиатуры одного инструмента. Сейчас большое распространение получили MIDI-секвенцеры — устройства, позволяющие записывать музыкальную пьесу как последовательность MIDI-сообщений и временных промежутков между ними. Воспроизводя ее впоследствии с применением тех же самых устройств, с которых производилась запись, мы получим идентичный звуковой результат. В отличие от цифровой записи звуковой информации, запись MIDI-последовательности занимает очень небольшой объем памяти.

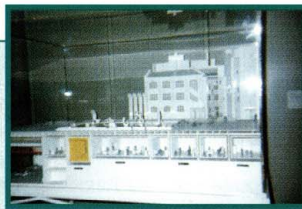
В последнее время получил распространение также стандарт General MIDI. Он предполагает, что в различных музыкальных устройствах различных производителей сходные по звучанию устройства имеют одинаковые номера. Например, обычный рояль — тембр №1, литавры — тембр №49, и т. д. Таким образом, если имеется MIDI-последовательность, записанная на General MIDI-устройствах, ее можно воспроизводить на любых, не обязательно тех же самых, устройствах, поддерживающих этот стандарт; звуковой результат при этом будет лишь совсем немного отличаться от исходного материала.

Одной из наиболее развитых программ-секвенцев является Cubase (существующая в версиях для Windows, Macintosh и Atari), которую производит компания Steinberg. Программа, разумеется, обладает всеми вышеперечисленными возможностями, предоставляя одновременно множество других удобных инструментов для работы. Так, например, ввод музыкального материала здесь может производиться четырьмя различными способами. Это:

- обычная запись в реальном времени;
- многоканальная запись (то есть запись одновременно с нескольких устройств на одну или несколько MIDI-дорожек);
- пошаговый ввод, при котором для каждой ноты возможно точно указать время начала и длительность;
- и, разумеется, создание MIDI-событий непосредственно на экране компьютера с помощью любого из внутренних редакторов Cubase.

Можно определить область ввода музыкального материала с помощью *локаторов*, а также указать режим записи — наложение или замена. При воспроизведении различных частей пьесы удобно пользоваться «закладками». В Cubase очень многие функции имеют свои горячие клавиши, причем зачастую это именно нажатие одной клавиши, а не сочетания типа «Ctrl+Shift+3». Вообще, при нажатии почти на любую клавишу что-нибудь происходит. За счет этого пользователи, хорошо знакомые с программой, могут работать на ней очень быстро и эффективно, «в одно касание».

Программа Cubase предоставляет несколько очень удобных редакторов MIDI-информации. Это и несколько усовершенствованный редактор-список, и «клавишная сетка», и нотный редактор, имеющий, кстати, функции добавления графических обозначений, не влияющих на MIDI-исполнение, разбивку на страницы и последующую распечатку. Кроме того, имеется специальный редактор для партий ударных инструментов, MIDI-микшер с возможностью создания виртуальных ползунковых регуляторов (sliders), ручек и кнопок и назначения их любому MIDI-параметру, а



Вход в парижскую студию электронной музыки IRCAM и ее макет.

также логический редактор, где над MIDI-данными производятся групповые логические операции. Существует специальная «мастер-дорожка» для графического или цифрового редактирования темповых изменений.

В Cubase расширены возможности функций выравнивания. Во-первых, при использовании этих функций программа всегда запоминает первоначальное расположение MIDI-событий во времени. Так что если ошибка в подборе параметров выравнивания будет замечена не сразу, всегда существует возможность вернуться к первоначальному варианту исполнения (даже если программу уже закрывали). Кроме того, предусмотрена возможность «неполного»

выравнивания, автоматического подбора параметров для выравнивания, создания нестандартных шаблонов для выравнивания (grooves) или даже использования в качестве такого шаблона другой партии из данной композиции.

Существует также множество дополнительных функций редакции. По желанию можно использовать встроенный MIDI-процессор, имитирующий звуковую обработку на MIDI-уровне, или синхронизировать свой MIDI-материал с AVI-файлом, и т. д.

Информацию о Cubase можно найти на www.steinberg-us.com или www.steinberg-na.com. Демо-версия программы лежит, в частности, на <ftp://ftp.students.wau.nl/pub/win3/midi/CubaseDemo.exe>.

ОЦИФРОВКА ЗВУКОВОГО СИГНАЛА

Для того чтобы звуковые колебания представить в цифровом виде, в каждый конкретный момент звучания измеряют амплитуду (интенсивность) звукового сигнала. Так как волновая форма звука по своей природе непрерывна, то для точного ее цифрового отображения необходимо, строго говоря, измерить амплитуду бесконечное количество раз в секунду и разделить амплитудную шкалу на бесконечное количество градаций. В реальности же количество измерений в секунду (частота дискретизации) колеблется обычно от 10000 до 96000. В настоящее время наиболее употребительные частоты дискретизации — это 44100 Гц (стандарт для CD-аудио) и 48000 Гц (основной стандарт для DAT). Количество же амплитудных градаций (разрешение) обычно принимается равным 2^8 , 2^{16} или 2^{24} (в зависимости от количества бит, выделенных для этой информации).

Разумеется, при дискретизации непрерывного сигнала неизбежно возникают искажения. Чем меньше частота дискретизации и/или разрешение, тем больше волновая форма на выходе приближается к прямоугольной. При этом возникают высокочастотные искажения, которые частично гасятся с помощью фильтров, устанавливаемых на выходе ЦАП. Теоретически для адекватного воспроизведения частоты f частота дискретизации должна быть не менее $2f$.

Оцифрованный звук требует больших объемов памяти. В самом деле, при стандартной частоте дискретизации в 44100 Гц и разрешении 16 бит звуковой материал (стерео) продолжительностью в 1 мин. будет занимать 10584000 байт (приблизительно 10,09 Мбайт). Кроме того, звуковые файлы очень плохо сжимаются стандартными средствами сжатия (zip, arj и т. п.). Поэтому для них существуют особые алгоритмы сжатия. Например, WAV-файл, сжатый с помощью ADPCM, занимает примерно вчетверо меньше места. Однако при этом могут появиться искажения, поэтому при профессиональной работе алгоритмы сжатия звука лучше не использовать.

Cubase, конечно, не единственная программа-секвенцев такого класса. Из других программ можно назвать Cakewalk Pro для Windows от компании Twelve Tone, Vision (в последних версиях — Studio Vision) от Orcode, а также программу Logic в ее многочисленных разновидностях.

В последних версиях перечисленных программ-секвенцев предусмотрена возможность записи и редакции аудиодорожек. Она выходит за рамки собственно секвенцевых программ и сближает их с многоканальными звукоорежиссерскими системами, о которых речь пойдет ниже.

«Компьютерная студия? Значит, там есть Pro Tools?»

Еще совсем недавно звуковая студия ассоциировалась у большинства музыкантов прежде всего с многоканальным магнитофоном. Он был центром, «сердцем» практически любой студии, и вокруг него группировались все другие студийные устройства. С появлением компьютерных технологий почетное место многоканального магнитофона все чаще занимает Pro Tools. В небогатых же компьютерных студиях мне иногда приходилось слышать приблизительно следующее: «сейчас мы еще не развернулись как следует, а вот развернемся — и ка-а-ак поставим Pro Tools!» (вариант: «поставим Pro Tools — и ка-а-ак развернемся!»). Сейчас уже зачастую для среднестатистического музыканта понятия «студия» и «Pro Tools» означают одно и то же. Так ли это? И что же, по сути, представляет собой этот Pro Tools?¹⁵ Давайте разберемся.

Когда это понятие приходится объяснять в двух словах, обычно говорят: Pro Tools — это система многоканальной записи/воспроизведения/редакции звука. То есть здесь прослеживается явная аналогия с секвенцерами, но вместо MIDI-информации мы теперь записываем, редактируем и воспроизводим одновременно с нескольких дорожек аудиоинформацию, то есть собственно оцифрованный звук. (Об оцифровке

¹⁵ Вообще-то, следовало бы говорить «эти» Pro Tools, поскольку слово «Tools» стоит как будто бы во множественном числе. Но уж ладно, будем употреблять просторечную форму...

звука см. врезку.) На это иногда отвечают: таким образом, мы имеем попросту несколько улучшенный многоканальник... Что, и все? А стоило ли огород городить?

Стоило! Дело в том, что в действительности в лице Pro Tools мы имеем не только многоканальный магнитофон, а полную звукорежиссерскую систему, включающую микшерский пульт и устройства обработки, причем с функцией запоминания времени изменения любых звуковых параметров. Представьте себе звукорежиссера с двумя-тремя десятками рук, которыми он во время сведения одновременно регулирует множество звуковых параметров, запоминающая и повторяя все найденные моменты их изменения с точностью до долей миллисекунды!

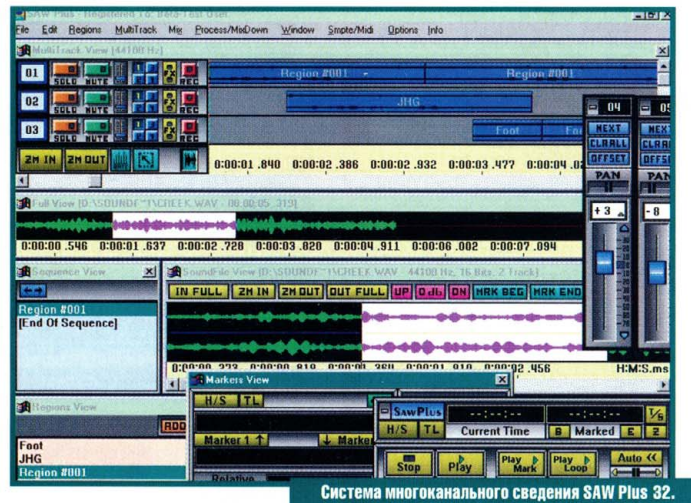
Работать в системе Pro Tools очень удобно. На экране мы одновременно видим волновую форму всех звуковых отрезков, записанных в систему. С помощью мыши можно графически изменять огибающие громкости и пространственной локализации отдельно на каждой дорожке. Имеется множество дополнительных функций, таких как эхо или реверберация. Ну и, конечно, возможно простым «перетаскиванием» (drag-n-drop) скопировать или же переместить звуковой фрагмент на другое место.

(Году, примерно, в 86-м в одной аналоговой студии звукозаписи я наблюдал такую картину. Записывали вокальный квартет поверх заготовленной фонограммы, голос каждого исполнителя на отдельную дорожку многоканальника. И один из певцов не то от волнения [запись им нужна была вечером того же дня], не то еще от Бог весть чего спел свою партию верно, но точнехонько на 0,2 с раньше, чем нужно. Перезаписали второй раз — точно то же самое! Тогда этот певец стал записывать свою партию один, несколько раз с тем же успехом, а затем, видимо, стараясь исправить ошибку, стал падать чуть позже нужных моментов. Примерно через два часа он охрип и петь больше не мог. А в течение следующих пяти часов звукорежиссер с помощью двойной перезаписи [с соответствующей потерей качества, но делать было нечего] пытался вставить злополуч-

ную партию куда надо. В конце концов он, конечно, справился с этим, но после одного времени уже почти не оставалось, все были, как выжатые лимоны, и само сведение оставило желать лучшего, не говоря уже о дополнительных эффектах. Если бы в этой студии тогда был [были] Pro Tools, эта работа заняла бы не пять часов, а, в худшем случае, минут десять—пятнадцать. Причем и певца бы тогда не муржили два часа — просто после первой же записи [вполне устроившей всех с точки зрения исполнения], определив расхождение в 0,2 с, просто передвинули бы его звуковой фрагмент на 0,2 с — и все! И без потери качества. А в течение

нужно внести изменения в партию, уже смикшированную с другими? (Вспоминается как в свое время я, не имея доступа к многоканальнику, пытался делать «многоканальные» записи [моно] на бытовом магнитофоне «Эльфа-201»: вначале одну партию на одну дорожку [допустим, «левую»], затем перезаписать эту запись на параллельную, «правую» дорожку, добавив вторую партию, затем — опять на «левую» с добавлением третьей партии и т. д.)

Можно, конечно, работать с моделью Pro Tools, позволяющей прослушивать одновременно 8 или 16 дорожек. Но... дорого. Цена такой модели выше 10 тыс.



Система многоканального сведения SAW Plus 32.

следующих семи часов смогли бы заниматься более осмысленной деятельностью.)

Однако не все так просто с Pro Tools. Это не только программа, для ее работы необходимо соответствующее аппаратное обеспечение. Причем железо для Pro Tools существует в нескольких модификациях, и от него зависит, сколько же звуковых дорожек мы услышим на выходе. Например, мне приходилось работать с девятиканальным материалом на системе, обеспечивающей выход только четырех аудиодорожек. Вставала дилемма — либо так и не слышать полностью весь материал до окончательного сведения, либо искать хитрые выходы из положения. Тогда мы решили взять сначала три дорожки, закончить всю работу над ними, свести их в одну, добавить еще три и т. д. Терпимо, конечно, но несовершенно — а что, если выяснится, что

долларов. Кроме того, программное обеспечение написано только для Macintosh. И для хорошей стабильной работы я бы рекомендовал Macintosh не ниже, чем Quadra. Правда, кто-то мне говорил, что уже существует — или разрабатывается? — система Pro Tools для Windows 95. Однако никакой конкретной информации по этому вопросу я пока не нашел.

Но разве Pro Tools — это единственное решение? Многие музыканты считают, что альтернативы нет, но это не так — альтернативные системы существуют и успешно работают. Например, московский композитор Анатолий Киселев пользуется системой Session 8 (на базе PC). Недавно появилась информация о выпуске звуковой платы V5 для многоканальных систем. Наконец, возможны и более дешевые решения, за частую почти не уступающие Pro Tools по своим возможностям.

Например, компания Innovative Quality Software (IQS) выпустила программу SAW Plus 32 для Windows (в более ранних версиях — SAW Plus и просто SAW; здесь слово «SAW» означает вовсе не «пила» и даже не «я видел», а расшифровывается как Software Audio Workshop). Программа предоставляет возможность работы с многоканальным звуковым материалом, аналогично Pro Tools. Она подходит для любой звуковой платы, для нее не нужно никакого специального аппаратного обеспечения. Число воспроизводимых дорожек зависит в основном от скорости обмена информацией с жестким диском. Даже если при некотором количестве дорожек программа начинает «спотыкаться» на воспроизведении, положение еще можно исправить путем увеличения числа буферов предварительной загрузки (при наличии достаточного количества оперативной памяти — см. 2-й раздел этой статьи). Интерфейс в чем-то менее удобен, чем в Pro Tools, а в чем-то и лучше. Например, в многоканальном окне левая кнопка мыши устанавливает текущую позицию, а правая — начинает или останавливает воспроизведение. Вроде бы просто, но приятно и удобно.

Я пользуюсь этой программой уже три года и пока что не заметил в ней никаких багов или тотальных неудобств. Не буду спорить с теми, кто утверждает, что «все равно Pro Tools лучше», но по-моему, SAW Plus 32 удовлетворяет далеко не самые скромные запросы звукорежиссеров и композиторов. Информацию о программе SAW Plus 32 можно найти на www.iqsoft.com.

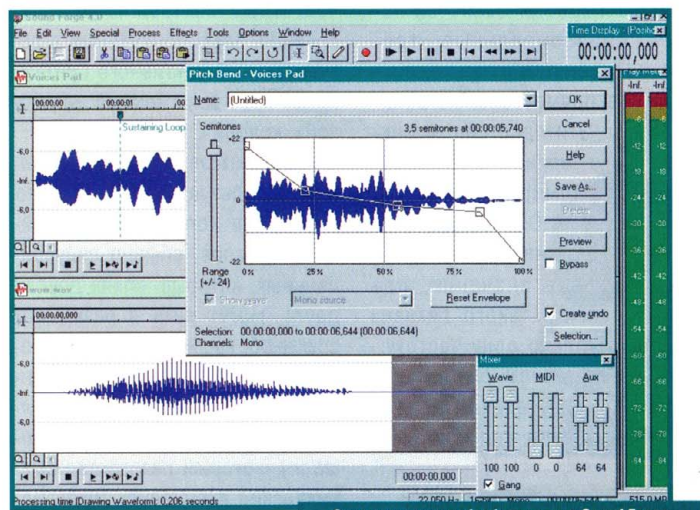
Ну, а если композитору требуется более детальная работа над звуком, чем в описанных выше системах, ему необходимо обратиться к другому классу программ — программам звуковой обработки.

■ Как обрабатывают звук

Программы этого класса, как правило, имеют сходный пользовательский интерфейс. На экране мы видим волновую форму сигнала в графическом представлении: по вертикали — амплитуда,

по горизонтали — время. Изгибы волновой формы дают некоторое общее представление о звуке, хотя никогда нельзя оценить тонкости звучания только визуально. Таким образом, визуальное пред-

ставление звука на экране хоть и помогает в работе, но «последней инстанцией» контроля все равно остаются уши. которые не затрагивают внутренней структуры звука — копирование, перемещение, удаление звуковых фрагментов, реверс и т. д. Собственно говоря, такие операции можно осуществить и с



Окно программы обработки звука Sound Forge.

Среди программ обработки звука встречаются как совсем простые, которые обычно прилагаются к звуковым картам (например, Wave или Wave SE от упоминавшейся уже Turtle Beach), так и предназначенные для профессиональной работы. Среди последних выделяются Sound Forge для Windows от компании Sonic Foundry, Cool Edit (также для Windows) от Syntillium Software, Sound Designer для Macintosh или Atari (от Digidesign), Alchemy для Macintosh и некоторые другие. Все они позволяют производить различные действия над звуком, так или иначе изменяя его (порой до неузнаваемости).

Эти операции можно условно разделить на четыре группы:

- простейшее редактирование (simple editing);
- звуковые процессы (sound processing);
- звуковые эффекты (sound effects);
- дополнительные инструменты (arbitrary tools).

К группе простейшего редактирования относятся операции, обычные магнитофонной записью, но с потерей качества и гораздо меньшим удобством в работе.¹⁶ К звуковым процессам относятся микширование или перекрестное слияние (crossfade) двух волновых форм, инверсия, изменение амплитуды, добавление (или вычитание, что одно и то же) постоянного смещения (DC offset), нормализация (оптимизация), постепенное нарастание/затухание, расширение панорамы и т. п. Что касается звуковых эффектов, они добавляют звучанию особый колорит и иногда могут изменить звук очень сильно. К ним относятся задержка, реверберация, амплитудная модуляция (вibrato), эффект флэнджера, фазовые сдвиги, изменение высоты и/или времени звучания, построение амплитудных и/или высотных огибающих, особые эффекты (например, вставка в волновую форму звука кратких зон молчания — garrper, или искажение, имитирующее аналоговые перегрузки — distortion) и т. п. Дополнительные возможности включают использование фильтров, спектральный анализ, систему обмена данными с сэмплером, а также систему шумопонижения.

Вообще говоря, хорошие компьютерные системы шумопонижения породили целый «подтип» программ — системы реставрации старых звукозаписей. Система реставрации — это не только шумопонижение, это целый комплекс взаимодополняющих функций, например, таких, как «декликер» (удаление щелчков), система распознавания и удаления характерного «шипения» грампластинок и др. Одна из самых трудных задач при реставрации звукозаписей — устранение нелинейных искажений. Всемирную известность и признание получила система реставрации звука Sonic Solutions. Недавно группа российских программистов создала не уступающую, а в некоторых моментах и превосходящую ее систему с незатейливым названием «Канонь» Restoration System (для OS/2), которая уже с успехом использовалась для реставрации старых записей из фондов радио. Особо следует упомянуть о функции спектрального анализа, предусмотренной во многих программах обработки звука. Как пра-

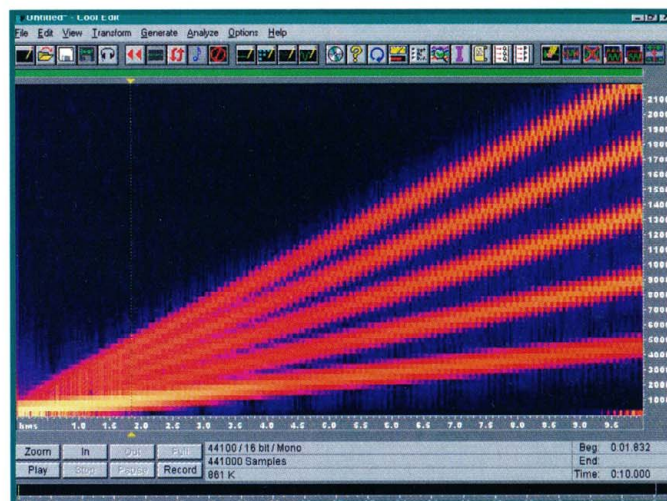
вообще говоря, хорошие компьютерные системы шумопонижения породили целый «подтип» программ — системы реставрации старых звукозаписей. Система реставрации — это не только шумопонижение, это целый комплекс взаимодополняющих функций, например, таких, как «декликер» (удаление щелчков), система распознавания и удаления характерного «шипения» грампластинок и др. Одна из самых трудных задач при реставрации звукозаписей — устранение нелинейных искажений.

Вообще говоря, хорошие компьютерные системы шумопонижения породили целый «подтип» программ — системы реставрации старых звукозаписей. Система реставрации — это не только шумопонижение, это целый комплекс взаимодополняющих функций, например, таких, как «декликер» (удаление щелчков), система распознавания и удаления характерного «шипения» грампластинок и др. Одна из самых трудных задач при реставрации звукозаписей — устранение нелинейных искажений.

Вообще говоря, хорошие компьютерные системы шумопонижения породили целый «подтип» программ — системы реставрации старых звукозаписей. Система реставрации — это не только шумопонижение, это целый комплекс взаимодополняющих функций, например, таких, как «декликер» (удаление щелчков), система распознавания и удаления характерного «шипения» грампластинок и др. Одна из самых трудных задач при реставрации звукозаписей — устранение нелинейных искажений.

программы, как правило, не позволяют графически редактировать спектр. Единственная программа, которая умеет это делать — это Avalon для Atari от компании Steinberg.¹⁷ Впрочем, и здесь графическая редакция спектра возможна лишь в двухмерном представлении «частота — время» или «частота — амплитуда». Но, во-первых, и эта возможность — большое достижение разработчиков, а во-вторых, наличие большого набора спектральных утилит позволяет легко сымитировать и трехмерное редактирование.

Звук, преобразованный в программах обработки, может представлять собой как самостоятельное явление (например, электронная композиция или «очищенная» фонограмма музыкальной пьесы), так и материал для дальнейшего использования (например, тембр для исполнения той или иной партии в партитуре). В последнем случае готовые звуки могут быть переданы «по цифре» в сэмплер, который будет использоваться как одно из



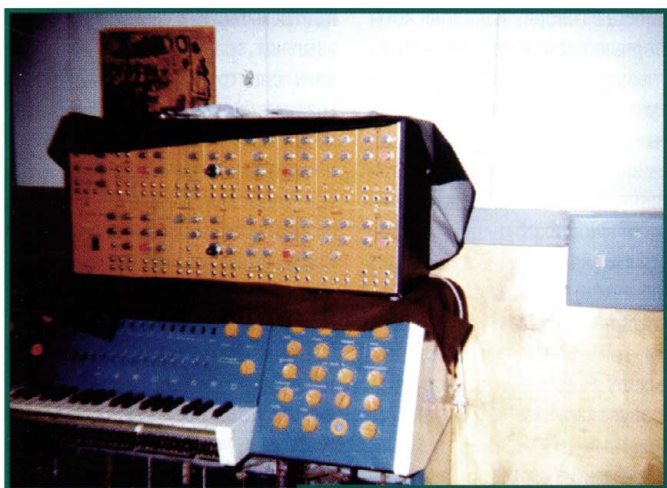
Звук, представленный в виде спектрограммы.

вило, имеется возможность проанализировать спектр звука методом преобразования Фурье и представить его либо в виде трехмерного графика с осями «частота — амплитуда — время», либо в виде спектрограммы (по горизонтальной оси откладывается время, по вертикальной — частота, а интенсивность сигнала на каждой частоте отображается в виде цветовой интенсивности). Такое визуальное представление крайне полезно для оценки тембра, но, к сожалению,

MIDI-устройств, управляемых сэмплером. Для цифрового обмена звуковым материалом между программой и сэмплером может использоваться даже тот же MIDI-интерфейс, хотя здесь предпочтительнее использовать другие интерфейсы (например, SCSI) ради существенного выигрыша в скорости передачи информации. Некоторые устройства обмениваются звуковым материалом с программами через последовательный порт.

¹⁶ Кто-нибудь из вас пробовал раз десять разрезать и склеить магнитофонную ленту примерно в одном и том же месте? Если да, то что от нее оставалось?

¹⁷ По крайней мере, из тех программ, с которыми я имел дело. Если кто знает другие программы, в которых предусмотрена эта возможность, — сообщите мне об этом!



Классический аналоговый синтезатор Buchla.

Мы наш, мы новый звук построим...

Итак, программы обработки звука предоставляют музыканту целый мир новых возможностей. Однако все они предполагают, что имеется некий звук-источник, который можно подвергать дальнейшей обработке. Откуда же он берется?

Есть три различных способа получения такого источника. Во-первых, можно записать с микрофона «живое» звучание какого-либо инструмента, голоса или любой другой звук. Этот способ часто используется, если нужно получить на MIDI-инструменте звучание реальных инструментов. Другой способ заключается в «рисовании» волновой формы — программы обработки часто позволяют это делать, переключившись в «карандашный» режим (который так зовется потому, что курсор мы-

ши принимает вид карандаша). Этот способ иногда бывает хорош при создании звуков ударного ха-

рактера, в то время как периодический сигнал создать таким способом практически невозможно.

Но наиболее эффективным методом создания звука «с нуля» является его синтез.

При синтезе звука программа использует математические функции, генерирующие простейшие периодические сигналы — синусоидальные, треугольные, пилообразные, импульсные, прямоугольные, а также шумы. Эти простейшие сигналы могут тем или иным образом трансформироваться в процессе синтеза. Синусоидальные сигналы (они же *чистые тоны*) имеют особое значение, поскольку спектр такого сигнала содержит только одну частоту.

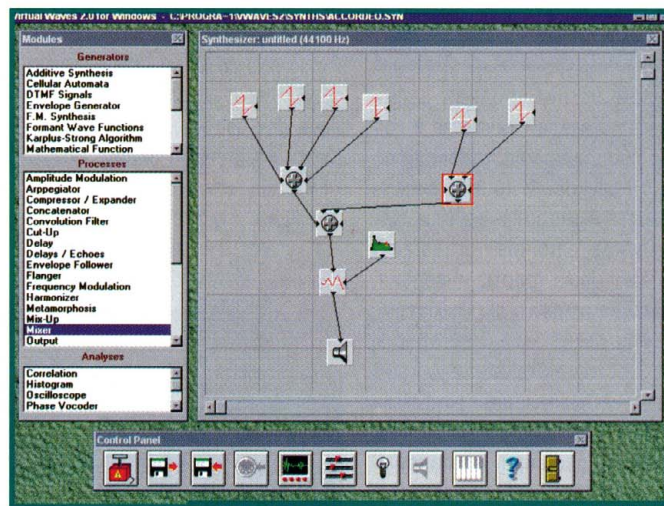
При *аддитивном синтезе* используются синусоидальные сигналы с различной частотой и ам-

плитудой, из которых складывается сложный спектр. Количество его составляющих будет в точно-

сти равно количеству исходных чистых тонов. При *субтрактивном синтезе*, напротив, используется шумовой сигнал, из которого при помощи фильтров вычитаются ненужные частотные составляющие. Как правило, звук, полученный в результате субтрактивного синтеза, имеет ярко выраженный «шумовой» колорит.

При синтезе методом *модуляции* используется, как правило, небольшое количество простейших сигналов, обычно синусоидальных, которые, влияя друг на друга, могут дать в результате спектр с большим количеством составляющих. Здесь наиболее интересен метод *частотной модуляции (FM, то есть Frequency Modulation)*, который разработал американский специалист Джон Чоунинг (John Chawning). С его помощью можно даже из двух синусоидальных сигналов получить спектр с каким угодно количеством составляющих. (Подробности о FM-синтезе см. на врезке.) *Амплитудная* и *кольцевая* модуляция, а также *нелинейное изменение волновой формы* хотя и не дают таких «сногшибательных» результатов, как FM, но тоже по-своему интересны. Существуют и другие методы синтеза, на которых мы здесь, я думаю, останавливаться не будем.

В профессиональных программах обработки звука, таких, как Sound Forge или Cool Edit, обычно имеются модули и для



Окно программы эмуляции аналогового синтеза Virtual Waves.

FM-СИНТЕЗ

Синтез звука методом частотной модуляции был разработан Дж. Чоунингом и с успехом применялся и применяется в синтезаторах. Суть его проста: дело в том, что при помощи модуляции звукового сигнала сигналом с частотой, лежащей в звуковом диапазоне, при достаточно большой глубине модуляции возникает большое количество спектральных составляющих. Так, если мы имеем два синусоидальных сигнала, причем несущая частота равна f_c , модулирующая — f_m , то при глубине модуляции Δf (глубина модуляции измеряется как максимальное частотное отклонение от основной частоты) в спектре выходного сигнала будут присутствовать частоты, равные $f_c \pm k f_m$, где k — любое неотрицательное целое число, не превосходящее $(\Delta f / f_m) + 2$. Например, если $(\Delta f / f_m) = 3$, то в выходном спектре будет присутствовать 11 составляющих. Таким образом, можно легко получать и изменять различные тембры минимальными средствами.

Дж. Чоунинг разработал метод FM-синтеза в своей дипломной работе. Некоторое время он существовал только лишь как «один из» многочисленных методов. Однако вскоре фирма Yamaha лицензировала его для использования в своей продукции, и вскоре уже весь мир стал играть на FM-инструментах (например, широко известном DX7).



Первый популярный коммерческий FM-синтезатор Yamaha DX7.

В последнее время популярность FM-синтеза заметно снизилась. Это связано с тем, что поп-музыканты стали предпочитать так называемые WT-синтезаторы — устройства, использующие для синтеза тембров записанные в память отрезки звуков реальных акустических инструментов.



синтеза звука, хотя и не очень развитые. В Sound Forge, например, предусмотрена возможность «простого синтеза» основных периодических сигналов, а также четырехоператорного FM-синтеза¹⁸. Однако существуют и специаль-

тивно добиться реального воплощения тембрального замысла, нужно иметь, помимо некоторого навыка работы с программами синтеза, четкое представление о том, какие изменения в спектре звука вызовет изменение того

гих проблем. Например, нет необходимости искать и/или подбирать исполнителей, платить им деньги (что бывает не всегда, но часто), организовывать репетиции и т. п. Но, пожалуй, самое главное, что композитор не имеет более нужды передать исполнителю авторский замысел, собственную интерпретацию, — короче говоря, то, что не опишешь словами и не обозначишь нотами.¹⁹

Однако здесь имеются и некоторые недостатки. Концерты электронной музыки грозят превратиться в простое прослушивание фонограмм. (Конферансье уходит со сцены, — и во время прослушивания музыки слушателям приходится глазеть на пустую сцену, что вполне допустимо в течение четырех-пяти номеров концерта, но производит удручающее впечатление в масштабах всего концерта.) Кроме того, исчезает творческий момент интерпретации, в связи с чем некоторые музыкальные издания начинают бить тревогу.

Но тревожатся они, как выясняется, совершенно напрасно. Существует целое направление в

существует и широко используется такая схема: исполнитель начинает играть на каком-либо инструменте; компьютер «реагирует» на его исполнение, исполняя соответствующие звуки; исполнитель, в свою очередь, отвечает на сыгранное компьютером и т. д. Таким образом, имея возможность выбора первоначальных звуков пьесы (которые могут быть, разумеется, до некоторой степени регламентированы композитором), исполнитель фактически строит композицию в соответствии со своим творческим видением. Каждый вариант исполнения такой пьесы может сильно отличаться от остальных, причем не только традиционными параметрами темпа, громкости отдельных звуков и т. п., но также и расположением и количеством звуков. В этом случае «твердую основу» композиции составляет не зафиксированный нотный текст, а алгоритм взаимодействия компьютера и исполнителя. Точнее, это обычно даже совокупность двух алгоритмов: одного для компьютера и одного для исполнителя.

Алгоритм взаимодействия для исполнителя может быть написан



Создатель интерактивной системы радиобатон, легендарный Макс Мэтьюз, играет на электронной скрипке собственного изобретения.

ные программы, специально созданные для синтеза звука.

В уже упоминавшейся программе Avalon, например, имеется так называемая «страница синтеза» (Synthesis Page). Ее интерфейс не направлен на демонстрацию волновой формы или спектра. Здесь в нашем распоряжении есть два типа объектов — источники и преобразователи сигнала. К источникам относятся генераторы волновых форм (синусоидальной, шумовой и т. п.) и входы для внешних сэмплов. Преобразователи же имеют самые различные. Путем соединения различных объектов виртуальными «проводами» и регулировки параметров каждого объекта музыкант создает нужный ему алгоритм синтеза звука. Очень похожа на страницу синтеза Avalon'a программа Virtual Waves для Windows. Здесь также имеется несколько типов источников и преобразователей. В обеих программах полученный результат можно сохранить как в виде файла алгоритма синтеза, так и в виде волновой формы.

Синтез звука — мощное средство для создания, «сочинения» собственных тембров. Конечно, для того чтобы быстро и эффек-

или иного параметра. Подробное теоретическое изложение различных методов синтеза звука можно найти в книге Ч. Доджа и Т. Джерса «Компьютерная музыка: синтез, композиция и исполнение».

■ Об интерактивных исполнительских системах

Как правило, в электронной музыке нет разделения между функциями композитора и исполнителя. В самом деле, и в композициях, сделанных средствами MIDI, и в Wave-композициях конечный результат представляет собой готовую фонограмму, в отличие от традиционных классических композиций, где результатом работы композитора считается нотный текст, который впоследствии может быть исполнен различными людьми. В электронных композициях, представляющих собой сложный изменяющийся во времени спектр, теряет смысл само понятие нотации. Композиция существует как звук, в единственном и неповторимом варианте, исключающем ее различные интерпретации.

Отсутствие необходимости в исполнителях, вообще говоря, освобождает композиторов от мно-



Ричард Буланже демонстрирует свою «интерактивную перчатку» PowerGlove.

электронной музыке, предполагающее обязательное присутствие исполнителя. Причем в некоторых случаях именно исполнитель, а не композитор становится главным «действующим лицом» музыкального произведения. Это направление зовется интерактивной музыкой.

Как следует из названия, интерактивная музыка предполагает взаимодействие исполнителя и его «электронного партнера» в процессе исполнения. Например, су-

обычным «человеческим» языком, пояснен нотными фрагментами и т. д. А алгоритм для компьютера составляется различными способами. Например, может быть использована последовательность условных операций типа «если прозвучал звук в диапазоне от 300 до 367 Гц с амплитудой от 7000 до 9500 условных единиц²⁰ во временном промежутке от 7 до 9 секунд от начала пьесы, то исполнять звуки случайной частоты в диапазоне от 150 до 170 Гц длиной 0,02

¹⁸ То есть с использованием четырех простейших периодических сигналов.

¹⁹ Конечно, этих всех проблем нет и тогда, когда автор сам является единственным исполнителем сольного произведения. Но тогда перед ним встают уже исполнительские проблемы...

²⁰ Не долларов, разумеется...

секунды с частотой появления, линейно уменьшающейся от 47 до 6 Гц с постоянным затуханием²¹ в течение 11,4 секунды».

Для облегчения процесса создания таких интерактивных композиций были разработаны различные программные средства. Например, в парижском центре электронной музыки IRCAM была разработана программа MAX, коммерческую версию которой (для Macintosh) сейчас выпускает американская компания Orscope.

Программа MAX — это, по сути, целый язык программирования, предназначенный для создания алгоритмов интерактивного исполнения и реализованный в виде программного приложения с объектно-ориентированным интерфейсом пользователя. MAX работает на уровне MIDI-событий, так что если композитор желает работать с акустическим инструментом, ему необходимо использовать какие-либо конверторы (Pitch-to-MIDI²¹ и т. п.).

В MAX имеются объекты (операторы), обеспечивающие ввод/вывод MIDI-информации. Между входными и выходными параметрами помещаются модули преобразования. Возможно использовать арифметические и логические операции, ветвления, различные специальные возможности и т. п. Всего в программе более ста типов объектов. Имеется даже небольшой встроенный секвенсер.

Программу MAX использовали многие крупные композиторы, такие, как Ричард Буланже (Richard Boulanger) и Дрор Файлер (Dror Feiler). Информацию о программе MAX можно найти, в частности, на www.ircam.fr.

Описанная концепция интерактивной исполнительской системы не является единственно возможной. Существуют и другие концепции, и среди них необходимо выделить концепцию системы управления партитурой.

Вначале американский инженер, программист и музыкант Макс

Мэтьюз (Max Matthews)²² заметил противоречие между «музыкантством» и «музыкальностью». Оно выражается в том, что зачастую музыкант-профессионал, вложивший уйму времени и сил в



овладение техникой исполнения на каком-либо инструменте и действительно овладевший этой техникой в совершенстве, испытывает затруднения в вопросе художественной интерпретации музыкального произведения. И наоборот, человек, не владеющий тем или иным инструментом в доста-

точной степени или вовсе не умеющий на нем играть, иной раз способен на собственную интересную интерпретационную концепцию, свое неординарное видение музыки. Только вот беда: донести свою исполнительскую концепцию до слушателей он никак не может из-за технических трудностей исполнения.

Макс Мэтьюз предложил решение, позволяющее такому музыкальному человеку, не имеющему достаточной техники, реализовать себя как исполнителя. (Именно как живого исполнителя, а не MIDI-аранжировщика.) Для этого Мэтьюз создал специальное устройство, называемое в последней модификации «радиобатон». Визуально радиобатон представляет собой небольшой прямоугольный ящик с MIDI-входом и выходом. Под верхней крышкой этого «ящика» находятся пять датчиков (четыре — по углам и один в центре), которые следят за перемещением двух специальных палочек. С компьютера в радиобатон загружается MIDI-партитура, в

²¹ Pitch-to-MIDI-конвертор — устройство, позволяющее измерить частоту и громкость акустического звука и преобразовать их соответственно в номер ноты и velocity.

²² Кстати, упоминавшаяся выше программа MAX была названа в честь Макса Мэтьюза.

которой в особом формате определены параметры, которыми можно будет управлять в реальном времени. С помощью двух палочек можно произвольно изменять во время исполнения шесть любых заранее заданных параметров: каждая палочка регулирует одновременно три параметра, перемещаясь в пространстве по трем осям, обозначаемым как x, y и z. Например, в многотембральном произведении логично регулировать таким образом громкости различных партий. Перемещения в плоскости поверхности радиобатона ограничены размерами устройства; перемещение по оси z также имеет как нижнюю, так и верхнюю границу: существует некоторое критическое расстояние, вне пределов которого радиобатон вообще не распознает палочку. Темп исполнения может регулироваться, помимо простого перемещения палочки вдоль одной из осей, специальным образом — с помощью «дирижирования» правой рукой.

Развитием идеи Мэтьюза является «управляющая перчатка» PowerGlove Ричарда Буланже. Здесь параметры MIDI-партитур можно регулировать не только перемещением руки в пространстве, но и сгибанием пальцев, причем каждый палец может контролировать отдельный параметр.

И радиобатон, и управляющая перчатка, однако, не так просты в обращении, как может показаться. Для полного использования их возможностей необходимы определенные «исполнительские» навыки, как и при игре на каком-либо традиционном инструменте. С другой стороны, эти навыки можно приобрести довольно быстро (за 2–3 месяца регулярных занятий), что делает его доступным для широкого круга музыкантов-любителей.

■ Компьютер «сочиняет» музыку

Некоторые мои знакомые музыканты страшно пугаются, услышав подобную фразу из уст музыканта же (меня, то есть). Как? Компьютер уже не только играет в шахматы похлеще чемпиона мира, но и к творчеству приобщается?

Конечно, строго говоря, компьютеры сами никакой музыки до сих пор не сочинили. Но программы алгоритмической композиции используются уже очень давно, с середины 50-х годов. При этом разрабатывались два в корне различных метода. Первый метод — это анализ того или иного музыкального стиля и составление композиции на основе полученных данных. Второй же метод предполагает вероятностные распределения звуков в партитуре.

Сочинения, написанные с использованием обоих методов, как правило, допускают «живое» исполнение — ведь результатом работы

Сочинения, написанные с использованием обоих методов, как правило, допускают «живое» исполнение — ведь результатом работы

программ алгоритмической композиции является обычно нотный текст (или, по крайней мере, некоторые данные, подготовленные для последующего преобразования в нотный текст.

Еще в 1956 году были опубликованы опыты Кляйна и Болито по синтезированию песенных мелодий на компьютере Datatron. Мелодии носили название «Push Button Bertha». Они рассматривались, правда, скорее как эксперимент, а не творчество. Однако уже в следующем, 1957 году была опубликована (и впоследствии не раз исполнялась) сюита для струнного квартета, «сочиненная» в лаборатории электронной музыки Иллинойского университета с помощью компьютера «Иллиак» (ее так и называли — «Иллиак-

сюита»). Кроме компьютера, ее «авторами» являлись Лейярен Хиллер (Lejaren Hiller) и Леонард Айзексон (Leonard Isaacson).

Сюита состояла из четырех частей, причем первые две были написаны в диатоническом до мажоре по правилам, близким к правилам музыки строгого стиля. Источником третьей части, напротив, была случайная хроматическая музыка, «профильтрованная», однако, по тем же правилам. Несмотря на фильтрацию,



ее музыка очень похожа на атональные композиции. В четвертой же части авторы применили математические формулы, никак не связанные с музыкальными стилями. По их замыслу, четвертая часть должна была быть написана в совершенно особом, «машинном» стиле, хотя на слух, как ни странно, этот стиль мало отличался от стиля третьей части. «Иллиак-сюита» издавалась несколько раз и приобрела мировую известность.

В 1959 году Рудольф Зарипов, советский математик, «сочинял» одностольные музыкальные пьесы на машине «Урал» (опять-таки в до мажоре). Они назывались «Уральские напевы» и опять носили характер эксперимента. При их сочинении использовались различные случайные процессы для различных элементов музыкальной фактуры (форма, ритм, звуковысотность и т. д.). А Р. Бухараев и М. Рывтинская на том же «Урале» программировали «со-

чинение» алгоритмических мелодий на стихотворный, я бы даже сказал — поэтический текст:

*За окном угрюмый ветер
завывает и ревет,
И невольно возникает
дум печальных хоровод.
Тихо сумрак заполняет
темной комнаты углы.
Что там тускло так мерцает
из крошечной черной мглы?*²³

Правда, мерцающий из крошечной черной мглы «Урал» предоставил на выходе неуклюжую, абсолютно не вокальную мелодию (даже с точки зрения авангарда нашего столетия). Виноват был, конечно, не «Урал», а очень несовершенные алгоритмы синтеза музыкальной фактуры.

С тех пор появилось очень много программ для алгоритмической композиции. Часто такие программы разрабатывались, что называется, «на один раз», для личного использования. В отличие от подобных программ 50-х годов некоторые современные разработки позволяют достичь довольно хороших результатов. В качестве примера можно привести программу, которую разработал московский музыкант и программист Д. Жалнин.

Иногда средства алгоритмической композиции так или иначе смешиваются с другими творческими направлениями. Например, в уже упоминавшейся выше программе Cubase существует встроенное средство под названием «интерактивный синтезатор фраз» (Interactive Phrase Synthesizer, IPS). Здесь смешиваются средства интерактивной и алгоритмической систем. На вход системы подается некая «фраза», то есть последовательность MIDI-событий. Затем эта последовательность проходит через специальные «алгоритмические процессоры» — подпрограммы упорядоченного преобразования ритма, громкости и звуковысотности. Таким образом, с одной стороны, исполнитель имеет возможность все время взаимодействовать с системой, вводя различные стартовые ноты и даже меняя саму исходную последовательность; с другой стороны, для изменения звуковой ткани используются строгие алгоритмы.

23 Цитирую по статье Р. Зарипова «Обзор исследований в музыке с применением электронных вычислительных машин» («Кибернетика и музыка», 1971).

Еще один яркий пример интеграции алгоритмической музыки с другими направлениями — класс программ перевода графики в звучание. Таких программ тоже существует не одна и не две. Однако особо хочется отметить программу Kandinsky Music Painter (KMP) для Atari, от компании Keys. Эта программа представляет довольно-таки развитые средства для создания рисунка. Отдельно можно создать рисунки для звуковысотной фактуры и для громкости инструментов. В программе используется монохромная графика, которая транслируется в MIDI-события. В начале проигрывания экран очищается, и по ходу проигрывания рисунок постепенно прорисовывается по горизонтали, что дает ощущение слияния звуковой и визуальной композиций.

Похожим образом, но не на уровне MIDI, а на уровне звука работает система Яниса Ксенакиса U-Pic. А вообще-то эта идея уже была реализована гораздо раньше аналоговыми методами (см. врезку).

Конечно, программы алгоритмической композиции не способны заменить собой творческий процесс сочинения музыки. Однако (ИМНО) в качестве вспомогательного средства при создании музыкальных пьес они могут быть применены с большим успехом.

■ Универсальная система «программирования» музыки

Компьютерная музыка как таковая начиналась когда-то с музыкальных языков программирования. Несмотря на то, что с тех пор разработчики музыкального программного обеспечения уделяли все большее и большее внимание развитию пользовательского интерфейса, музыкальный язык программирования в чистом виде — язык C-Sound — сохранился и успешно применяется по сей день. Дело в том, что C-Sound, в отличие от других музыкальных программ, является, по сути, универсальной системой, позволяющей создавать любые звучания. Ведь развитый поль-

зовательский интерфейс при всех своих достоинствах обладает очень существенным недостатком: он всегда ограничивает возможности.

Язык C-Sound свободен от этого. Он существует в виде компилятора, который транслирует текст программы в звуковой файл. При этом основные операторы его реализуют основные средства создания электронной музыки. Если композитору не хватает операторов C-Sound (которые сами по себе позволяют проделывать гораздо больше, чем все описанные выше программы, вместе взятые [исключая, разумеется, нотную графику]), он может написать

РОЖДЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МУЗЫКИ

В 1957 году М. Мэтьюз и Н. Гутман посетили концерт одного малоизвестного пианиста. Концерт им обоим не понравился, и, в процессе обмена впечатлениями после концерта, М. Мэтьюз заявил, что компьютер может сыграть лучше. Но поскольку на дворе был 1957 год, компьютеры еще не умели играть музыку. Придя домой, М. Мэтьюз тут же стал писать программу, играющую музыку. Первая компьютерная пьеса неизменно производит на окружающих ужасающее впечатление. Но идея Мэтьюза, развиваясь, породила целый класс музыкальных языков программирования, которые вначале назывались «MUSIC» с номером версии. Язык C-Sound произошел как раз из этих программ. А отделение Стэнфордского института исследований, где работал тогда М. Мэтьюз, выросло в музыкальный исследовательский центр под названием CCRMA (читается «карма»).

нужные ему фрагменты текста программы на языке Си или ассемблере.

C-Sound позволяет работать как с синтезированным звуком, так и со звуком из внешнего источника. Широкий выбор операторов генерации и модификации сигналов делает работу очень удобной, а система меток и ссылок на них — привычной для хоть сколько-нибудь знакомого с программированием человека. Поначалу, правда, некоторые мои знакомые (да и я тоже) испытали небольшое разочарование при знакомстве с C-Sound, потому что надеялись (а напрасно), что это просто что-то вроде расширения классического Си или Си++. Но по мере знакомства с языком разочарование довольно быстро сменилось признанием его широких возможностей, простоты и удобства работы со звуком.

В любом синтезаторе содержится некоторый набор алгоритмов,

реализующих звуковой синтез. Иногда эти алгоритмы поддаются редактированию, но, как правило, очень ограниченному. В сэмплах также есть набор определенных алгоритмов плюс записанные образцы волновых форм. Любое устройство для обработки звука включает в себя алгоритмы обработки, и лишь немногие их параметры открыты для редактирования. Это перечисление можно продолжить. В C-Sound мы имеем такие же наборы алгоритмов, полностью открытые (ибо они существуют в виде простого текста) для изменения по нашему вкусу. Кроме того, можно самому создавать все эти алгоритмы «с нуля».

Для каждого отдельного звука можно задавать столько параметров, сколько определено в описании инструмента.

В настоящее время C-Sound не может работать в реальном времени на обычных компьютерах. Для компиляции звукового файла помимо описания инструментов необходимо еще файл партитуры (.sco), в котором расположены звуки и их индивидуальные параметры. С одной стороны, это может показаться неудобным, однако, с другой, — заставляет музыканта проявлять большее внимание к каждому звуку в отдельности, что, несомненно, способствует повышению качества результата.

Программа C-Sound распространяется свободно. Она существует в модификациях для DOS, Windows, Macintosh, Atari и других платформ. Компилятор C-Sound с полным описанием языка и учебными примерами довольно легко можно найти в Сети.

■ Другие применения компьютера музыкантами

Все перечисленные выше музыкальные приложения компьютеров предполагают работу с нотным либо звуковым материалом. Однако есть и другие возможности применения компьютеров музыкантами.

Среди них следует выделить прежде всего организацию музыкально-теоретического или исторического материала с помощью баз данных. Такая система позволяет быстро и оперативно получать музыкаловедческую информацию. Я, правда, не знаю места, где на сегодняшний день такая организация была бы *полностью* реализована. Но уже предпринимаются попытки (даже у нас в Москве) перевести ворох музыкаловедческих бумажек и карточек в электронную форму.

Другая интересная идея состоит в открытии электронных нотных библиотек, как локальных, так и общедоступных (например, через тот же Интернет). О преимуществах здесь говорить излишне, поскольку существующие виртуальные книжные библиотеки иллюстрируют их лучше всяких объяснений. Правда, на сегодняшний день не существует единого

Конечно, данная статья — совершенно неподходящее место для описания языка C-Sound как такового. Но все же, для того чтобы не быть уж совсем голословным, приведу пример описания средствами языка простейшего инструмента, играющего одним тембром с плавной амплитудной огибающей и небольшим вибрато.

```
instr 1
kamp   linseg  0,p3/6,p4,p3-p3/6,0
kvib   oscil   p6,5,2
aout   oscil   kamp,cpspch(p5)+kvib,1
out    aout
endin
```

Здесь в первом столбике расположены метки, во втором — операторы и в третьем — параметры. Например, оператор linseg строит огибающую из линейных сегментов, а oscil — периодические колебания. Параметры, начинающиеся с буквы «р», задаются для каждого звука отдельно. Например, здесь р3 — продолжительность звучания, р4 — максимальная амплитуда, р5 — высота звука, и р6 — глубина вибра-

24 А один мой знакомый композитор, не зная о существовании программы нотного набора, пытался набрать свою партитуру в CorelDraw!

стандарта на формат нотного текста, но имеющиеся форматы файлов программ профессионального нотного набора (прежде всего, Enigma Binary File — .mus, использующийся в программе Finale) уже становятся стандартом de facto. Тем не менее пока практически все нотные примеры, найденные мною в Интернете, были выполнены в виде графических файлов.²⁴

Еще одна интересная область применения компьютеров музыкантами — это использование обучающих программ в музыкальном образовании. В настоящее время существует довольно много музыкальных обучающих программ, но, к сожалению, они в большинстве своем достаточно примитивны и не могут по-настоящему заинтересовать учащегося. Причиной этого является, как мне кажется, вовсе не отсутствие специальных методик, а несколько формальный подход к алгоритмизации педагогического про-

цесса. Здесь довольно-таки приятным исключением является симпатичная программка Play It By Ear, которая, несмотря на внешнюю простоту, зачастую бывает способна «завести» учащегося.

■ Постлюдия

Вообще говоря, подробное освещение многогранного вопроса о различных применениях компьютера в музыкальных целях выходит за рамки небольшой статьи. Скорее, это — тема для книги. Тем не менее я попытался вкратце рассказать обо всех наиболее важных аспектах этого вопроса.

С автором статьи можно связаться по адресу: yenleh@glasnet.ru, или зайдя в гости на www.glasnet.ru/~yenleh/vb.html.

Те, кто заинтересовался вопросом музыкального применения компьютеров, компьютерной музыки да и вообще электронной музыкой и всем, что с этим связано, могут воспользоваться следующими материалами:

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Володин А. А. Психологические аспекты восприятия музыкальных звуков. В 2-х тт. Докт. дисс. Институт психологии АН СССР. — М., 1979.
- Володин А. А. Электромusикальные инструменты. — М., 1979.
- Гельмгольц Г. Учение о слуховых ощущениях как физиологическая основа для теории музыки. — СПб, 1875.
- Дмитрюкова Ю. Г. Электронная музыка и Карлхайнц Штокхаузен. / Депонированная рукопись №3029. НИО Информкультура. — М., 1996.
- Дмитрюкова Ю. Г. Компьютерная музыка: методы и средства. Дипл. работа. МГК, 1997.
- Дубов М. Янис Ксенакис: грани творчества. Дипл. работа. МГК, 1996.
- Зарипов Р. Х. Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса. / под ред. и с доп. М. Г. Гаазе—Раппопорта. — М., 1983.
- Зарипов Р. Х. Проблемы применения ЭВМ в музыкальной практике. // ЭВМ и проблемы музыкальной науки. Сб. трудов. Вып. 7. — Новосибирск, 1988. С. 83—109.
- Кейтер Дж. Компьютеры — синтезаторы речи. / пер. с англ. / под ред. В. Усика. — М., 1985.
- Козадаев Б. П., Михайлова Н. Н., Танган А. С. Архитектура периферийного звукового процесса. // Анализ, распознавание и синтез речи. — М., ВЦ АН СССР, 1987. С. 70—79.
- Михайлов А. Г., Шиллов В. Л. Практический англо-русский словарь по электронной и компьютерной музыке. — М., 1991.
- Мурер Дж. Вопросы обработки сигналов при машинном синтезе музыки. Обзор. // ТИИЭР, 1977, т. 65, №8.
- Мэтьюз М., Пирс Дж. Компьютер в роли музыкального инструмента. // В мире науки. — 1987, №4. С. 72—80.
- Наумов Н. А., Садомков Д. А. Методы компьютерной композиции. Препринт Института прикладной математики им. Келдыша РАН. — М., 1994.
- Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. / пер. с англ. — М., 1979.
- Организация цифрового интерфейса MIDI: описание и реализация (под общей редакцией В. Ю. Матеу). Препринт Института проблем информатики АН СССР. — М., 1988, 28 с.
- Родионов А. Б. Компьютер в музыкальном творчестве. // В мире музыкальных компьютеров. — 1988, №1. С. 56—59.
- Синклер Ян. Введение в цифровую звукотехнику. — М., 1990.
- Шиллов В. MIDI-сообщения. // IN/OUT, 1(3), 2(4), 1993. С. 58—59, 66.
- Шпигельман Дж. Компьютер в руках музыканта. // Музыкальная жизнь, 1989, №2. С. 21—22.
- ЭВМ и проблемы музыкального образования. Сб. трудов. Вып. 8. — Новосибирск, 1989.
- Boom M. Music through MIDI. — Washington, 1987.
- Chowning J., Bristow D. FM Theory & Applications by Musicians for Musicians. — Tokyo, 1986.
- Composers and the Computer. — Ed. by Curtis Roads. — Los Altos, California, 1985.
- Cope D. Computers and Musical Style. — A-R Editions, Oxford University Press, 1991.
- Current Directions in Computer Music Research (Ed. by M. Mathews and J. Pierce). — London, 1991.
- Dodge Ch., Jerse Th. Computer Music: Synthesis, Composition and Performance. Schirmer Books, 1985.
- Hiller L., Isaacson L. Experimental Music: Composition with an Electronic Computer. — N.Y., 1959.
- Mathews M., Miller J and others. The technology of computer music. — Cambridge, 1969.
- Risset J.-C. The Introductory Catalog of Computer-Synthesized Sounds. — Bell Telephone Lab-s, Murray Hill, N.J., 1969.
- Roads C. The Computer Music Tutorial. — The MIT Press, Cambridge, Mass., London, England, 1996.
- Rowe R. Interactive Music Systems. — The MIT Press, Cambridge, Mass., London, England, 1993.
- The Entire Incomplete Catalogue of Electroacoustic and Computer Music Studios. — Gaudeamus, Amsterdam, 1989.
- Wishart T. On sonic art. — L., 1985.