



Когда журнал был уже почти готов к печати редакции стало известно, что наш друг и автор Валерий Белунцов скоропостижно скончался 2 января 2005 года. Материал, посвященный его памяти, будет опубликован в следующем номере журнала.

*Валерий Олегович Белунцов, композитор. Родился в 1969 году в Москве. Получил музыкальное образование как пианист и композитор, закончил Московскую консерваторию. Среди музыкальных произведений – более 40 электронных. Ученый секретарь российской Ассоциации электронной музыки. В Московском музыкальном колледже им. А. Шнитке основал специализированный курс “Синтез звука и компьютерно-музыкальные приложения”. Автор и ведущий радиопрограмм “Музыка, компьютер, Интернет” и “Виртуальный меломан”. Автор 20 книг по компьютерным и компьютерно-музыкальным технологиям, а также многочисленных статей.*

Валерий Белунцов

# Музыкант и компьютер

## 1. Зачем музыканту компьютер?

“**А** действительно, зачем? Ну, кроме игры в преферанс или, например, Doom-3 – это уж у кого какой вкус?” Подобный вопрос мне не раз приходилось слышать из уст самих музыкантов, причем нередко его задавали с интонацией скорее недоумения, чем любознательности. Конечно, однозначный и краткий ответ на него дать невозможно, ибо прежде всего он зависит от того, о каком именно музыканте идет речь – композиторе, дирижере, музыковед, контрабасисте и т.д. Каждый из них решает свои задачи, а ведь именно они определяют предназначение компьютера, одновременно расширяя круг возможностей музыканта.

Однако я попытаюсь обобщить некоторые основные направления деятельности музыкантов, в которых компьютер в последние годы

играет все большую и большую роль. Вот эти направления:

- нотно-издательская деятельность;
- подготовка цифровых фонограмм (и видеоклипов);
- реставрация старых записей;
- иная звукорежиссерская работа;
- создание аранжировок и оригинальных композиций с использованием программ-секвенцеров;
- синтез звука;
- создание электронной музыки;
- применение интерактивных исполнительских систем, систем алгоритмической музыки, систем управления партитурой в реальном времени, и пр.;
- создание и использование музыковедческих баз данных;
- обучение в музыкальных школах и училищах;
- и многое другое.

Конечно, один отдельно взятый музыкант никогда не использует все вышеперечисленное. Он ограничивается только тем, что близко к его специализации. Кстати, возможности музыкального программного обеспечения сейчас стремительно расширяются, так что приходится следить за новостями на этом фронте, чтоб не пропустить появления того, чего не хватает именно сейчас.



## 2. Какой компьютер нужен музыканту ?

Этот вопрос очень важен для многих “компьютеризирующихся” музыкантов. Он часто вызывает много споров и дискуссий. 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.

Итак, какой же компьютер нужен музыканту? Для большинства музыкальных задач подойдет ПК с процессором Pentium 4 с тактовой частотой не ниже 2 ГГц, оснащенный не менее 512 Mb оперативной памяти. Видеоадаптер и монитор здесь – вопрос вкуса (а о вкусах, как известно, не спорят). Однако

если речь идет о наборе и верстке нот, то желательно иметь на мониторе разрешение не менее, чем 1280x1024. Если предполагается работа со звуковыми файлами, то объем винчестера должен быть не меньше 80 Гбайт.

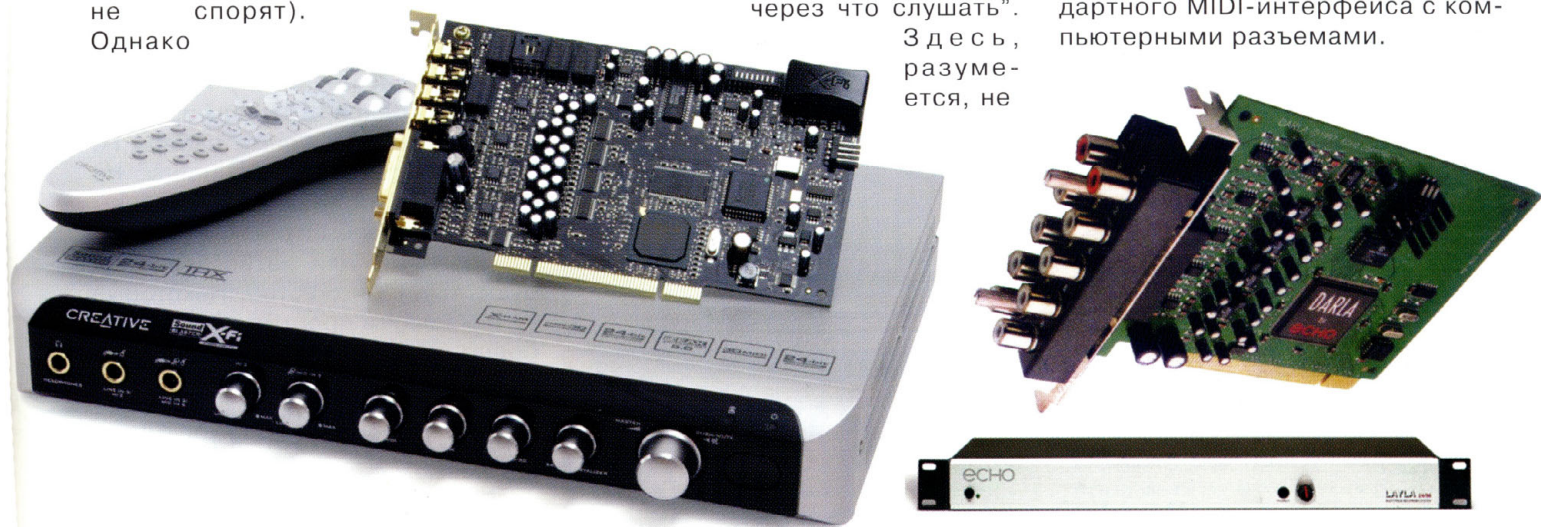
Важнейшую роль здесь играет звуковая карта, ибо это в данном случае не просто средство “для украшения”, а инструмент для профессиональной работы. Здесь трудно однозначно рекомендовать какое-либо устройство, хотя я считаю, что очень хорошо работать с “полупрофессиональными” картами от Creative, или же с системами от компании Echo.

Немаловажно также значение устройства, через которое музыкант будет вводить и выводить свой рабочий материал – проще говоря, “на чем будет играть и через что слушать”.

Здесь, разумеется, не

подойдут всякие “мультимедийные” микрофоны и колонки, которые иногда достаются пользователям ПК или владельцам монитора в качестве “бесплатного бонуса”. Нужно воспользоваться хорошей аудиосистемой и/или качественными наушниками. Справедливости ради стоит сказать, что среди моделей компьютерных колонок в последнее время выпущено достаточное количество вполне достойных моделей.

Если предполагается работа с MIDI, то желательна MIDI-клавиатура фортепианного типа, оснащенная педалью, колесом высоты (pitch wheel) и модуляции (вибратор), а также устройством ввода другой MIDI-информации. В последнее время выпускаются MIDI-клавиатуры с интерфейсом USB, что весьма удобно – не нужно заботиться о совмещении стандартного MIDI-интерфейса с компьютерными разъемами.



## 3. О нотном наборе

Кажется, навсегда ушли те нелегкие времена, когда для подготовки к изданию нотного текста наборщикам приходилось дышать цинковыми и еще неведомыми испарениями, возникающими при вдавлении стальных шаблонов в основание из мягкого металлического сплава. Прошли, кажется, и те

не менее тяжкие времена, когда композитор, не издавший своего сочинения, но желающий его исполнения, должен был с помощью туши и рейсфедера на бестолково линованной нотной бумаге переписывать свое творение так, чтобы хоть кто-нибудь что-нибудь понял в его “закорючках”. Ведь нотный по-

черк – не “буквенный” почерк, здесь гораздо больше возможностей для разнообразия – и непонимания. И ладно бы один раз композитору пришлось потрудиться в качестве каллиграфа. А если сочинение написано, например, для октета, или, не дай бог, для большого симфонического оркестра? Это ж

надо было каждую партию отдельно переписать! Можно, конечно, специальных людей для этого нанять, то есть переписчиков, и заплатить им "сколько-нибудь немножечко денежек" за избавление от тяжкого труда. Но вдруг они что-нибудь напутают? А так обычно и бывало. Все

равно все по десять раз просматривать и исправлять приходилось...

Кстати, об исправлениях. Каждый неверный штрих при переписывании нот нужно было либо лезвием затирать, протирая бумагу до дыр, либо заклеивать, вырезая из другого нотного листа адекватный по размеру кусочек... А если после переписывания партитурного листа вдруг становится понятно, что необходимо вставить еще один такт – что тогда?

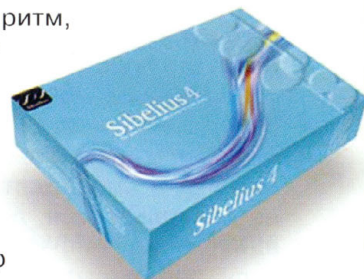
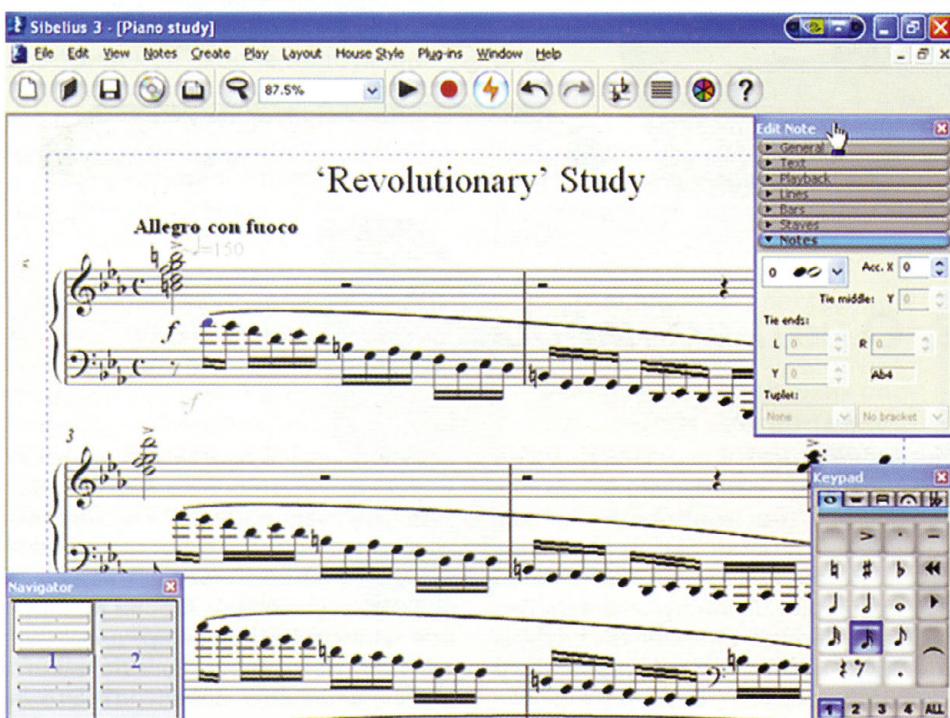
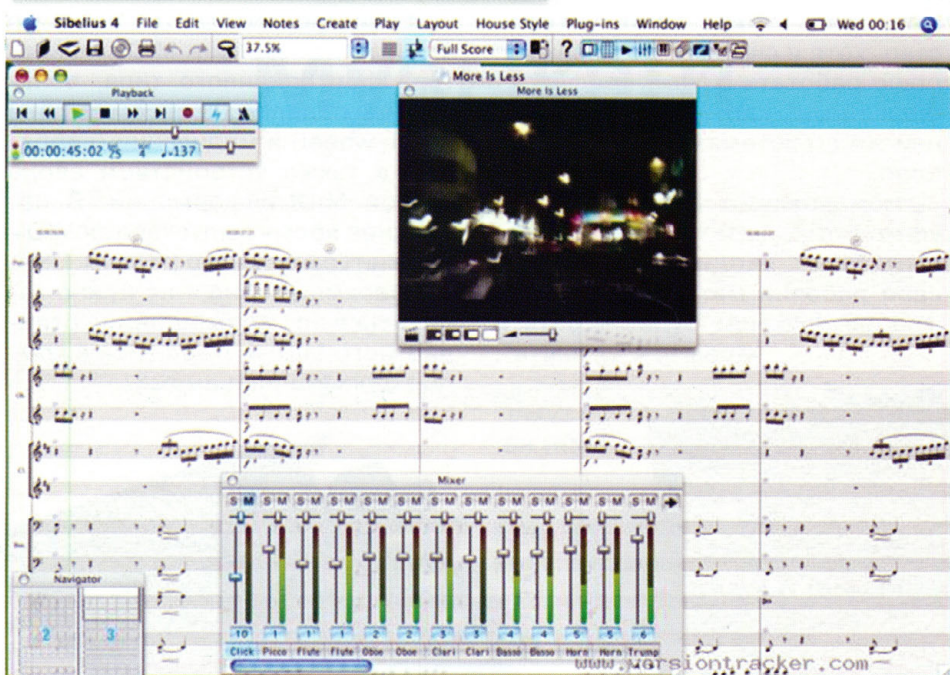
Короче говоря, эти времена проходят, так как на помощь пришел компьютер. Наборщик нотного издательства сидит себе за монито-

ром, мышкой пощелкивает. Композитор, вместо переписывания и перерисовывания своей музыки, только на клавиши нужные нажимает. 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, если кто-то придумал такой замысловатый ритм, что и не знает, как его нотами записать, теперь может просто сыграть его – и компьютер ему сам предложит, каким образом это нотировать.

Ну, ладно, хватит лирики. Кто-то говорил, что только в СССР в свое время было выдано более 2000 патентов на различные "пишущие машинки", которые печатали ноты. И ни одна из них не прижилась – уж слишком это было громоздко и неудобно. С компьютером, однако, стало легче. Например, я когда-то специально сравнил время, затрачиваемое на переписку красивым почерком одной страницы из сонаты Бетховена, и время набора на компьютере той же страницы. На компьютере получается в среднем почти в 3 раза быстрее.

Программ для нотного набора существует множество. Некоторые из них совсем простые и даже свободно лежат в Интернете в качестве "шаровар". Чем проще такая программа, тем менее удобно в ней вводить нотный текст, и тем меньше возможностей она предоставляет. Но главное даже не это, а то, что ноты, напечатанные из такой программы, более трудны для восприятия.

Профессиональные же программы нотного набора, как правило, очень удобны, но при этом сложные и разветвленные, с большим количеством возможностей. И далеко не простые в освоении. Помню, как в 1993 году японский композитор Койиро Умеэаки привез в Москву программу нотного набора Finale 2.0 для Macintosh и быстро, в течение часа, показал аудитории ее возможности. Однако на другой день, когда прослушавшие эту лекцию попытались запустить эту программу и поработать с ней, выяснилось, что



не выходит почти *ничего*. В полном смысле этого слова. Правда, в этой версии Finale почему-то не было никакой справки.

Сейчас для нотного набора на ПК большинство музыкантов используют либо программу

Sibelius (ее последняя версия имеет номер 4), либо ту же самую Finale (а ее последняя версия обозначена как Finale 2006). Эти программы предоставляют огромные возможности при крайне удобном и дружелюбном интерфейсе. Во многих нотных издательствах форматы Sibelius и Finale уже стали стандартом. Немаловажное значение имеет и то, что ноты, распечатанные из программы Sibelius, смотрятся красиво и при этом по ним очень удобно играть, даже с листа.

Демоверсию программы Finale 2006 можно найти на сайте <http://www.codamusic.com/>, а демоверсию программы Sibelius 4 – по адресу <http://www.sibelius.com>.

Есть и другие программы нотного набора, из которых можно отметить Igor Engraver, Nightingale и CMN (Common music notation).

## 4. 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 было обнаружено, 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 начали придумывать различные тембровые смеси. Вначале старались выбирать наиболее естественно сливающиеся инструменты, а впоследствии стали появляться все более необычные сочетания. Затем появилась мода на 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 при желании (а также наличии необходимого ПО) создавать и использовать звук *любого* тембра. Современные технологии снимают *все* принципиальные тембровые ограничения; ограничивающими факторами теперь могут являться только возможности имеющегося в наличии ПО, умение композитора им 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 (семплером). Как правило, даже примитивная звуковая карта содержит не менее одного "банка" из 128 тембров, а довольно часто количество таких "банков" возрастает до пары десятков или даже более. Если композитору не хватает

этих тембров, он может выбрать, если можно так выразиться, “экстенсивный метод развития” – то есть увеличивать количество инструментов и звуковых карт, 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*. Чем сложнее тембр одного отдельно взятого звука, тем менее существенна роль высотной и ритмической компоновки самих звуков. Звук, таким образом, незаметно отделился от понятия “ноты” как таковой и начал жить собственной жизнью. Причем изменяющийся во времени звуковой спектр может стать настолько сложным, что для создания целой музыкальной композиции будет вполне достаточно взятия одной “ноты”, то есть звука с подобным сложным спектром.

Справедливости ради нужно отметить, что попытки создания тембров и целых “тембровых” композиций не раз предпринимались еще до повсеместного развития

компьютерных технологий. Создавались аналоговые синтезаторы, использовались различные “трюки” с магнитофонной лентой и т.п. Однако все это было достаточно громоздко и неудобно в обращении, и 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 ленты, совершенно при этом не представляя себе заранее звуковой результат. Весьма показательны 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 совершенно разное оборудование, и это ограничивало творческий процесс, пожалуй, даже в большей степени, чем необходимость пользоваться заранее заданным набором 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 наличие удобного и дружелюбного пользовательского интерфейса дает возможность 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 как бы большой многотембровый инструмент. В отличие от того же симфонического оркестра он гибок и удобен в управлении, да еще способен справиться с любым материалом, даже если этот материал неисполним при использовании традиционных средств.

Разумеется, для различных музыкальных задач необходимы различные типы ПО. Их можно разделить на секвенсерные программы, системы многоканального сведения, системы обработки звука, системы синтеза звука, системы интерактивной композиции, программы алгоритмической композиции, а также универсальные системы. Расскажем о них чуть более подробно.

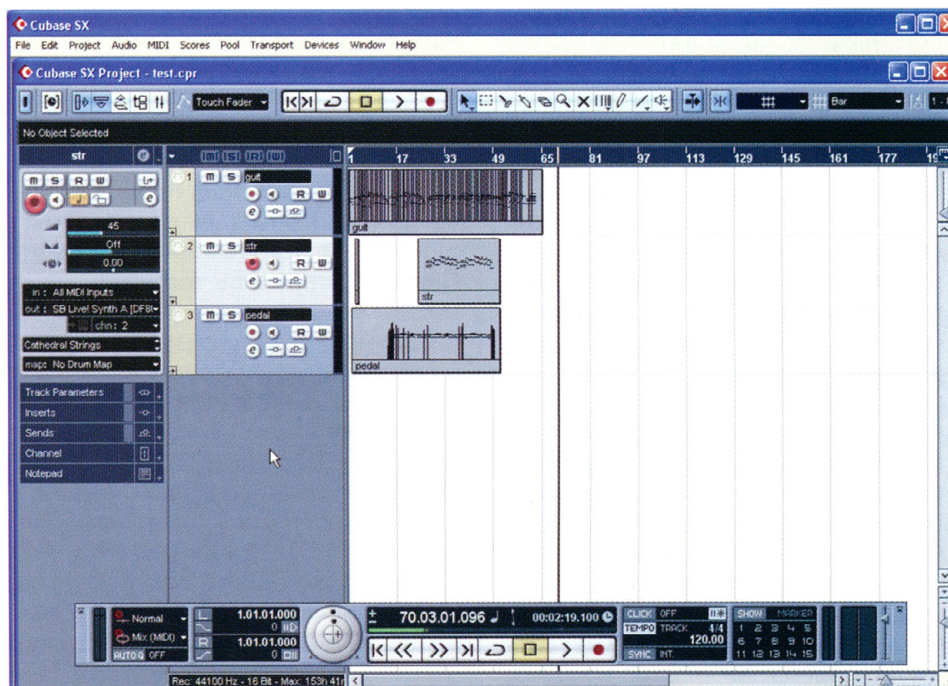
## 5. О программах-секвенцерах

Программы-секвенсеры – это самый распространенный тип музыкального ПО. Они, в сущности, выполняют всего три задачи: запись MIDI-последовательности, ее редактирование и ее воспроизведение. Причем с первой и третьей из них 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-секвенсера. В простейших программах они могут быть сведены к назначению тембров на каждую дорожку и определения их относительной громкости, а также пространственной локализации.

Если музыкальный материал вводится с MIDI-клавиатуры в реальном времени (то есть в режиме обычной записи), то исполнитель практически всегда допускает некоторое количество нежелательных

ритмических неровностей. Для их устранения во многих секвенсерах предусмотрена функция выравни-

вания (quantize). 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 имеется список MIDI-дорожек, а на горизонтальной – время.

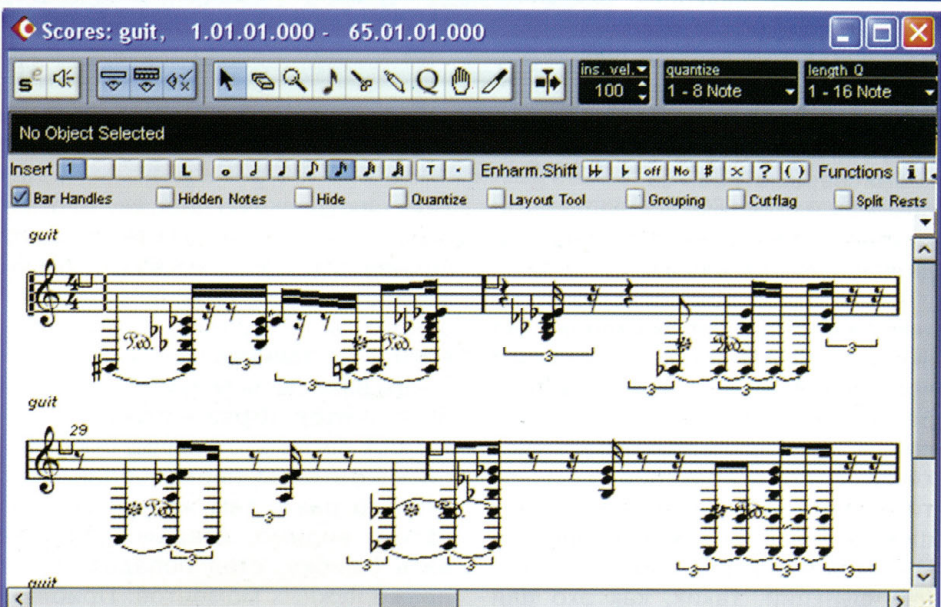
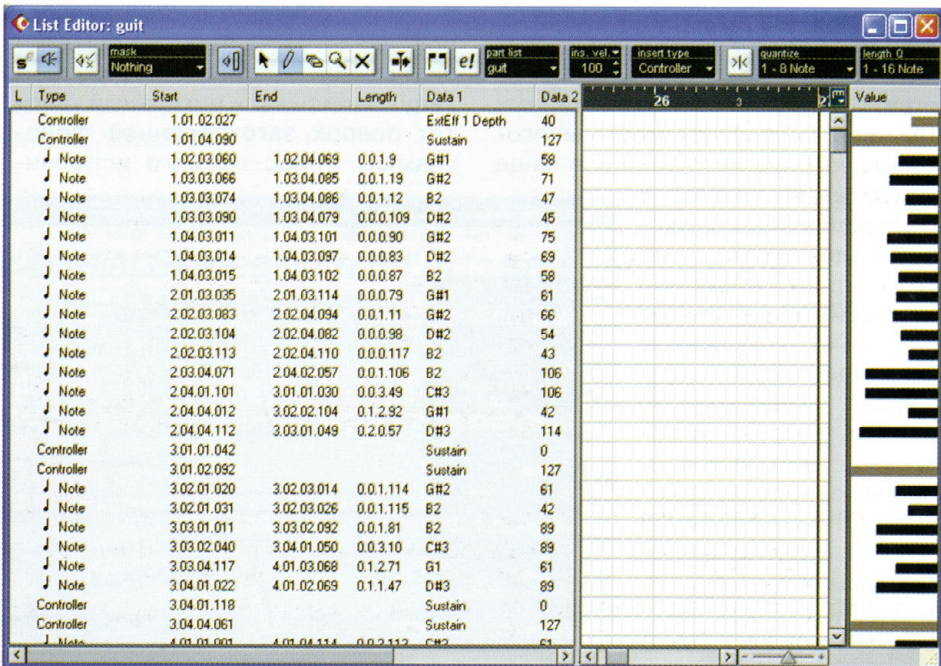
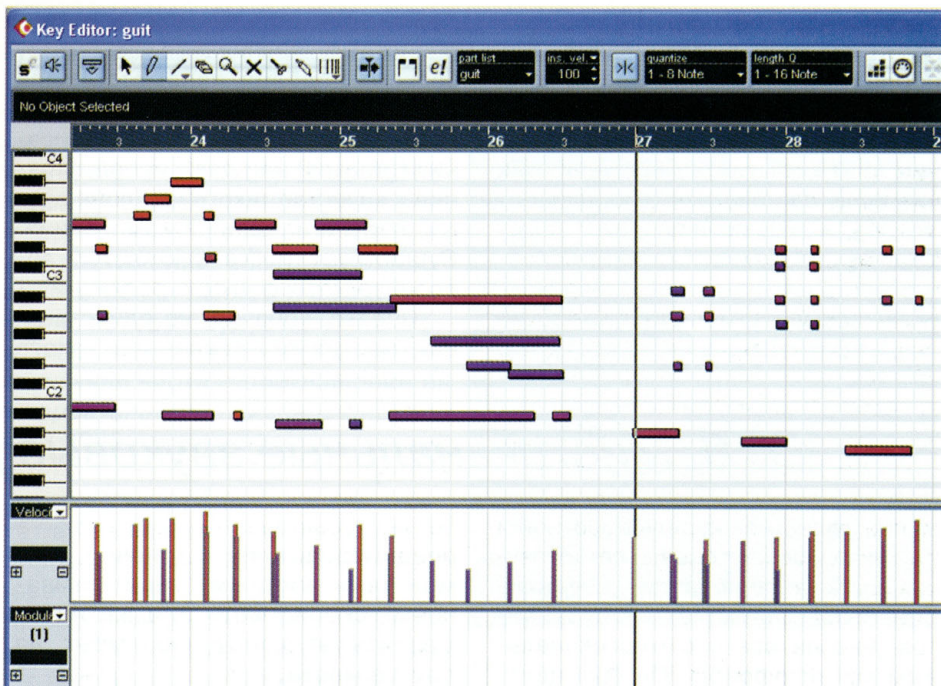
2. Список. Музыкальный материал представлен в виде простого списка всех MIDI-событий. Это представление довольно сложно для быстрого восприятия музыкантом, но позволяет разобраться в ситуации при возникновении каких-либо трудностей.

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".

Одной из наиболее развитых программ-секвенцеров является программа Cubase, которую производит компания Steinberg. Она обладает всеми вышеперечисленными возможностями, предоставляя одновременно множество иных инструментов для работы. Так, например, ввод музыкального материала здесь может производиться четырьмя различными способами:

- обычная запись в реальном времени;
- многоканальная запись (т.е. 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;
- создание MIDI-событий непосредственно на экране компьютера.



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 имеется возможность вернуться к первоначальному варианту исполнения (даже если программу уже закрывали).

Кроме того, есть возможность “неполного” выравнивания, автоматического подбора параметров для выравнивания, создания нестандартных шаблонов для выравнивания (grooves) или даже использование в качестве такого шаблона другой партии из данной композиции. Существует также множество дополнительных функций редакции.

Cubase, конечно, не единственная программа-секвенцер такого

класса. Из других программ можно назвать Cakewalk, Studio Vision и Logic.

Интересно, что в последнее время все перечисленные программы-секвенсеры приобрели возможность записи и редакции аудиодорожек. Эта возможность сближает данные программы с многоканальными звукорежиссерскими системами, о которых речь пойдет далее.

## 6. Многоканальные звуковые редакторы

Еще совсем недавно, лет 20 назад, 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 компьютер с многоканальным звуковым редактором.

В “лице” подобной программы мы имеем не только “улучшенный многоканальный магнитофон”. Обычно это полная звукорежиссерская система, включающая 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, запоминая и повторяя все найденные моменты их изменения с точностью до долей миллисекунды!

Работать в подобной компьютерной системе весьма удобно. На экран 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, возможность простым “перетаскиванием” скопировать или же переместить звуковой фрагмент на другое место.

Году примерно в 1986-м в одной аналоговой звукозаписывающей студии я наблюдал такую картину. Записывали вокальный квартет поверх заготовленной фонограммы, голос каждого исполни-

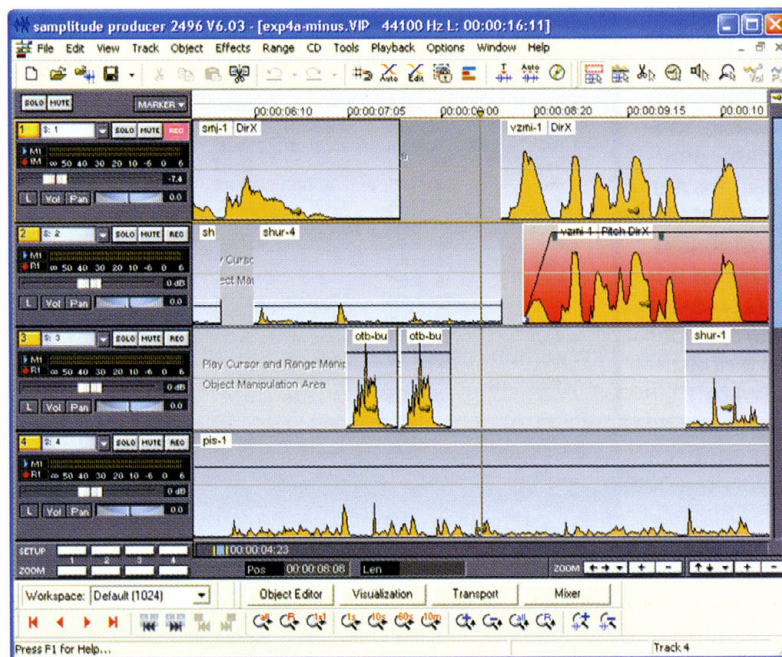
тельно через два часа он охрип и петь больше не мог. А в течение следующих пяти часов звукорежиссер с помощью двойной перезаписи (с соответствующей потерей качества, но делать было нечего) пытался вставить злополучную партию куда надо. В конце концов он, конечно, справился с этим, но после одного времени 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 компьютер с многоканальной системой сведения, эта работа заняла бы не пять часов, а, в худшем случае, минут десять-пятнадцать. Да и певца бы тогда не муржили два часа до этого – 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! В течение же следующих семи часов все могли бы заниматься более осмысленной деятельностью.

Среди подобных программ можно отметить Samplitude Studio от компании Magix, а также программу Adobe Audition и Vegas Audio. Есть и множество других похожих решений.

*Продолжение следует...*



теля на отдельную дорожку многоканальника. И один из них не то от волнения (запись им нужна была вечером того же дня), не то еще от бог весть чего спел свою партию верно, но точненько на 0,2 секунды 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 попадать чуть позже нужных моментов. Прибли-

# Музыкант

## И КОМПЬЮТЕР

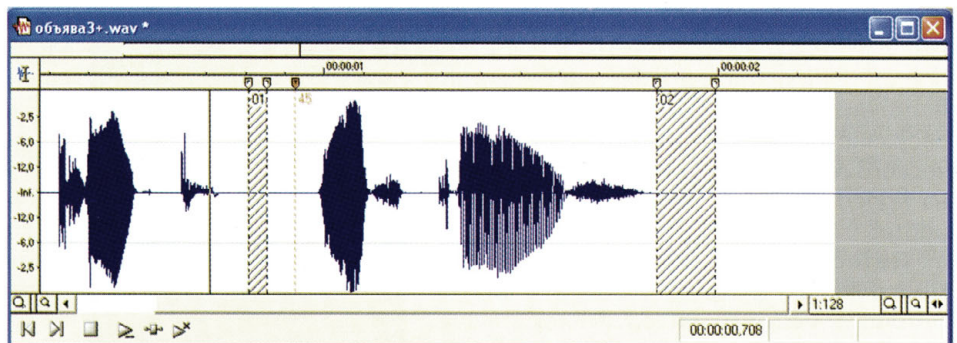
### 7. Как обрабатывают звук

Программы для обработки звука, как правило, внешне очень похожи. 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 лишь визуально. Таким образом, зримое изображение звука на экране хоть и помогает в работе, но “последней инстанцией” контроля все равно остаются уши.

Среди программ обработки звука встречаются как совсем простые, которые обычно прилагаются к звуковым картам или различным программным пакетам (например, Nero Wave Editor), так и предназначенные для профессиональной работы. Среди последних выделяются Sound Forge от компании Sony,

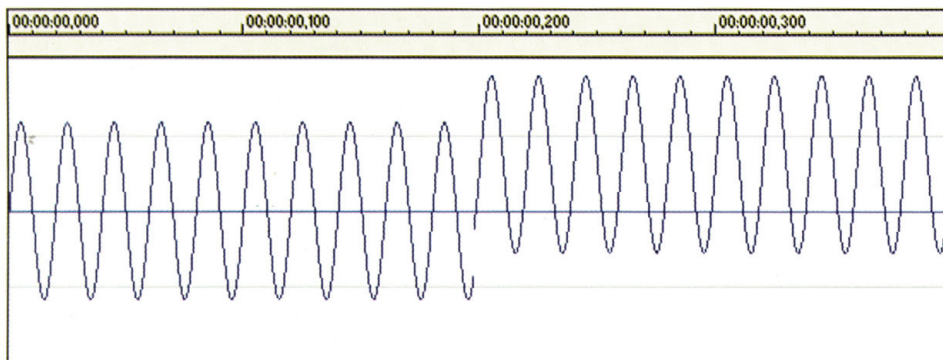
Эти операции можно условно разделить на четыре группы: простейшее редактирование, звуковые процессы, звуковые

рекрестное слияние (crossfade) двух волновых форм, инверсия, изменение амплитуды, удаление постоянной составляющей звука,



эффекты и дополнительные инструменты. К группе простейшего редактирования относятся те операции, которые не затрагивают внутренней структуры звука – копирование, перемещение, удаление звуковых фрагментов, реверс и т.п. Собственно говоря,

нормализация (оптимизация), постепенное нарастание/затухание, расширение панорамы и т.п. Что касается звуковых эффектов, то они добавляют звучанию особый колорит и иногда могут изменить звук очень сильно. К ним относятся задержка, реверберация, амплитудная модуляция (вibrato), эффект фленджера, фазовые сдвиги, изменение высоты и/или времени звучания, построение амплитудных и/или высотных огибающих, особые эффекты и т.п. Дополнительные возможности включают использование фильтров, спектральный анализ, систему обмена данными с семплером, а также систему шумопоножения.



уже упомянутый Adobe Audition и некоторые другие. Все они позволяют производить различные действия над звуком, так или иначе изменяя его (порой до неузнаваемости).

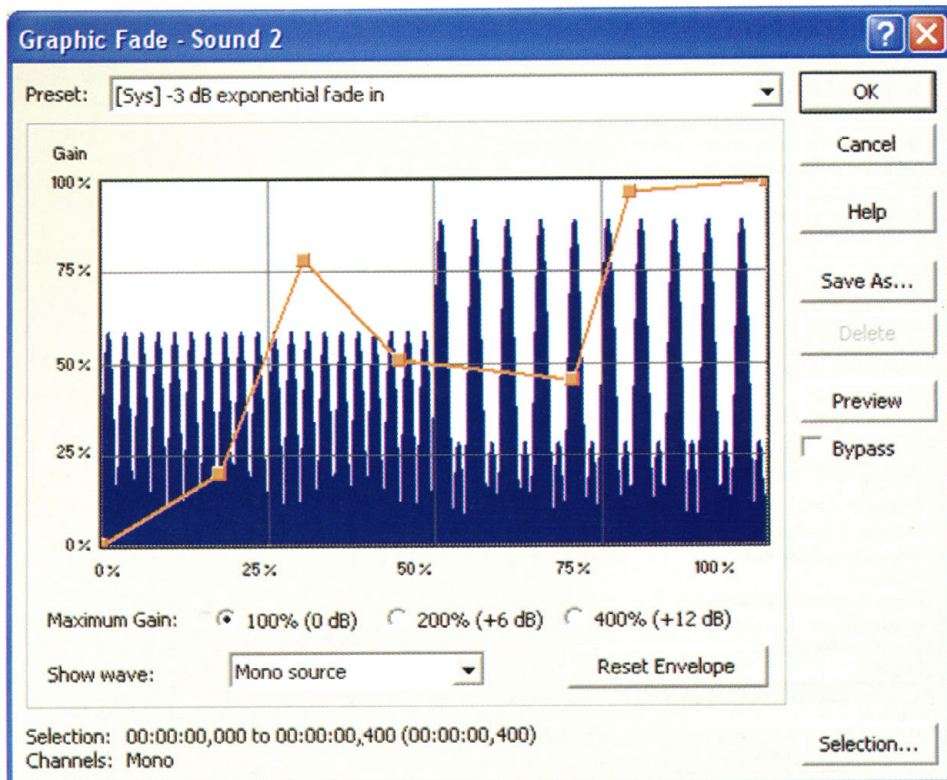
такие операции можно осуществить и с обычной магнитофонной записью, но с потерей качества и гораздо меньшим удобством в работе. К звуковым процессам относятся микширование или пе-

Вообще говоря, хорошие компьютерные системы шумопоножения породили целый “подтип” программ – системы реставрации старых звукозаписей. Система реставрации – это не только шумопоножение, это целый



комплекс взаимодополняющих функций, например, таких, как удаление щелчков, система распознавания и удаления характерного “шипения” грампластины и другие. Одна из самых трудных задач при реставрации звукозаписей – устранение нелинейных искажений.

Звук, измененный в программах обработки, может представлять собой как самостоятельное явление (например, электронная композиция, или же “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 через цифровой интерфейс, например, в семплер, который будет использоваться как одно из MIDI-устройств, управляемых секвенсером.



## 8. Мы наш, мы новый звук построим...

**В**се программы обработки звука предполагают, что у них “на входе” уже имеется некий звук-источник, с которым можно производить различные действия. Но откуда же этот звук берется?

Есть три различных способа получения такого источника. Во-первых, можно записать с микрофона “живое” звучание какого-либо инструмента, голоса или любой другой звук. Другой способ заключается в “рисовании” волновой формы – программы обработки часто позволяют это делать, переключившись в “карандашный” режим (который так зовется потому, что курсор мыши принимает вид карандаша). Но этот способ иногда бывает хорош при создании звуков ударного характера, в то время как периодический сигнал создать таким способом практически невозможно. Наиболее эффективным методом создания звука “с нуля” является его синтез.

При синтезе звука программа использует математические функ-

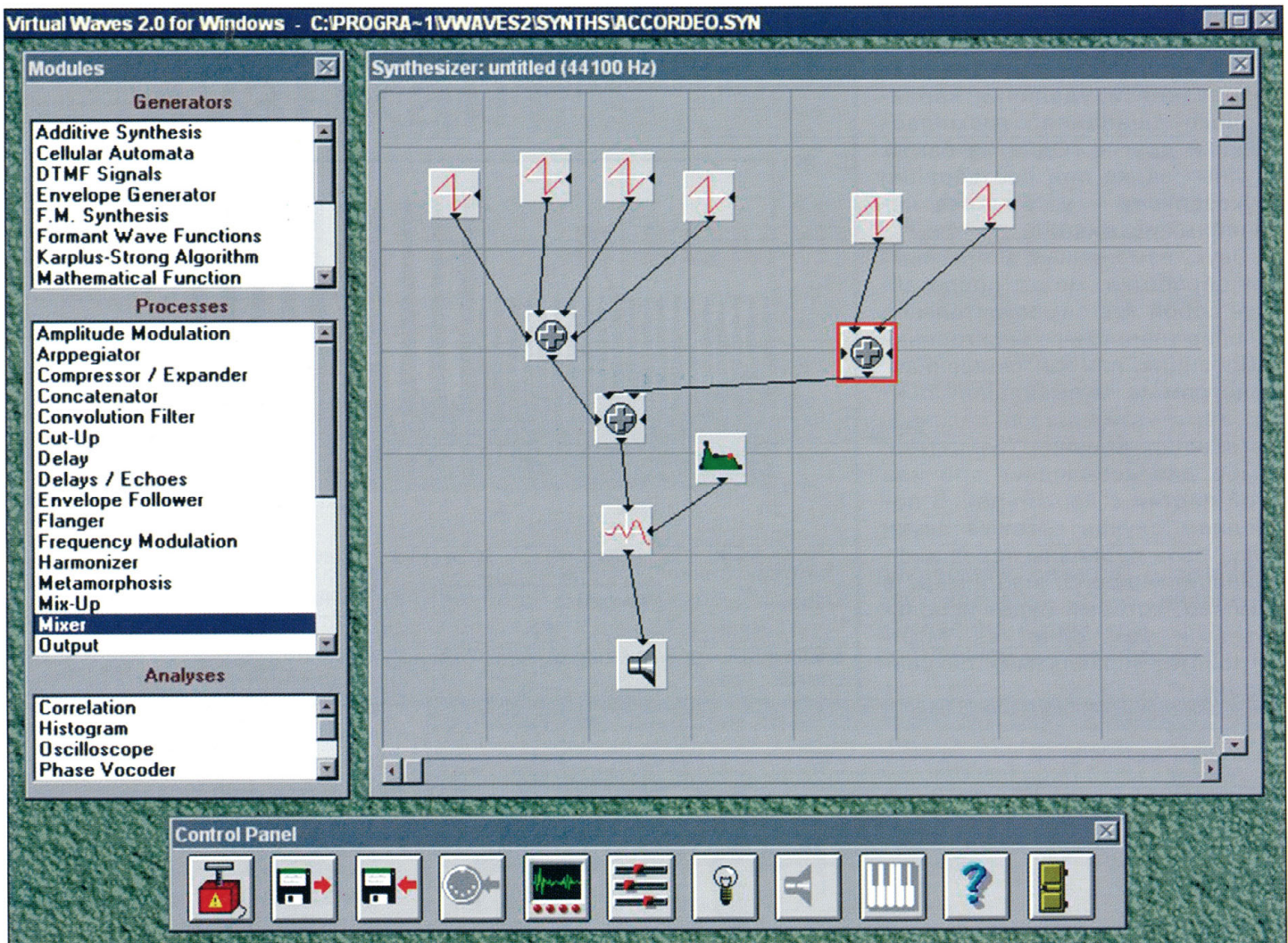
ции, генерирующие простейшие периодические сигналы – синусоидальные, треугольные, пилообразные, импульсные, прямоугольные, а также шумы. Эти простейшие сигналы могут тем или иным образом трансформироваться в процессе синтеза. Синусоидальные сигналы (они же *чистые тоны*) имеют особое значение, поскольку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

При *аддитивном синтезе* используются синусоидальные сигналы с различной частотой и амплитудой, из которых складывается сложный спектр. Количество его составляющих будет в точности 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. *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 обычно имеются модули и для синтеза звука, хотя и не очень развитые. В Sound



Forge, например, имеется возможность “простого синтеза” основных периодических сигналов, а также четырехоператорного FM-синтеза<sup>1</sup>. Однако существуют и специальные программы, специально созданные для синтеза звука, например, Virtual Waves.

Синтез звука – мощное средство для создания, “сочинения” собственных тембров. Конечно, для того чтобы быстро и эффективно 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 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”.

## 9. Компьютер “сочиняет” музыку

Некоторые мои знакомые музыканты страшно пугаются, услышав подобную фразу. 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 использовались 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 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, чем как творчество. Однако уже в следующем, 1957 году была опубликована (и впоследствии не раз исполнялась)

<sup>1</sup> То есть с использованием четырех простейших периодических сигналов.

сюита для струнного квартета, “сочиненная” в лаборатории электронной музыки Иллинойского университета с помощью компьютера “Иллиак” (ее так и назвали – “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” однопольные музыкальные пьесы на машине “Урал” (опять-таки в До мажоре). Они назывались “Уральские напевы” и опять носили характер эксперимента. При их сочинении ис-

пользовались различные случайные процессы для различных элементов музыкальной фактуры (форма, ритм, звуковысотность и т.д.). А Р. Бухарев и М. Рывтинская на

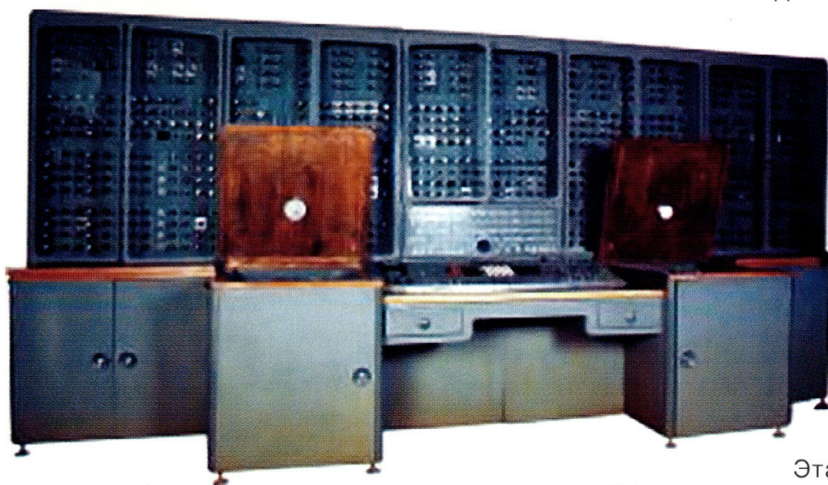
“на один раз”, для личного использования. В отличие от подобных программ 50-х годов некоторые современные разработки позволяют достичь довольно хороших результатов.

Яркий пример интеграции алгоритмической музыки с другими направлениями музыкально-компьютерных технологий – класс программ перевода графики в звучание. Таких программ тоже существует не одна и не две. Например, существовала в свое время программа “Kandinsky Music Painter” (KMP) для компьютера Atari.

Эта программа предоставляла развитые средства для создания рисунка. Отдельно можно было создать рисунки для звуковысотной фактуры и для громкости инструментов. А потом все это транслировалось в MIDI-события. Причем в начале проигрывания экран очищался, и по ходу проигрывания рисунок постепенно прорисовывался по горизонтали, что давало 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.

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



том же “Урале” программировали “сочинение” 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?<sup>2</sup>*

Правда, мерцающий из крошечной черной мглы “Урал” предоставил на выходе неуклюжую, абсолютно не вокальную мелодию. 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,

## 10. Универсальная система “программирования” музыки

Компьютерная музыка как таковая начиналась когда-то с музыкальных языков программирования. Несмотря на то что с тех пор разработчики музыкального ПО 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 пользовательский 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

<sup>2</sup> Цитирую по статье Р.Зарипова “Обзор исследований в музыке с применением электронных вычислительных машин” (“Кибернетика и музыка”, 1971).

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 нужные ему фрагменты текста программы на языках C или Ассемблер.

C-Sound позволяет работать как с синтезированным звуком, так и со звуком из внешнего источника. Широкий выбор операторов генерации и модификации сигналов делает работу удобной, а система меток и ссылок на них –

привычной для хоть сколько-нибудь знакомого с программированием человека. Поначалу, правда, некоторые мои знакомые испытали некоторое разочарование при знакомстве с C-Sound, потому что надеялись, что это просто что-то вроде расширения классического C или C++, – а это вовсе не так. Но по мере знакомства с языком разочарование довольно быстро сменялось радостью его широким возможностям, а также простотой и удобством работы со звуком.

Действительно, в любом синтезаторе содержится некоторый набор алгоритмов, реализующих звуковой синтез. Иногда эти алгоритмы поддаются редактированию, но, как правило, очень ограниченному. В семплерах 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. В C-Sound же мы имеем такие же наборы алгоритмов, полностью открытые (ибо они существуют в виде простого текста) для изменения по нашему вкусу. Кроме того, можно самому написать все эти алгоритмы “с нуля”.

Программа C-Sound, кстати, распространяемая бесплатно, – не единственное средство “программирования” музыки. Существуют и другие подобные программы, из которых наиболее популярной сейчас является SuperCollider.

## 11. Другие применения компьютера музыкантами

**В**се 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 музыкальную 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 музыкальных 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 объ-

яснений. Правда, на сегодняшний день не существует единого стандарта на формат нотного текста, но уже делаются попытки разработать его, и попытки эти небезуспешны (прежде всего я имею в виду, конечно, язык Music XML).



Тем не менее пока что большинство нотных примеров, размещенных в глобальной сети, выполнены в виде графических файлов или в формате Adobe PDF.

Еще одна интересная область применения компьютеров музыкан-

тами – 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 понастоящему заинтересовать учащегося. Причиной этого является, как мне кажется, вовсе не отсутствие специальных методик, а несколько формальный подход к алгоритмизации педагогического процесса. Здесь довольно-таки приятным исключением является симпатичная программка “Play It By Ear”, которая, несмотря на внешнюю простоту, зачастую бывает способна заинтересовать учащегося.

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 осветить наиболее важные аспекты этого вопроса.