



电脑音乐半月通

HOW MUSIC AND COMPUTERS WORK

[美] ERIK HOLSINGER 著

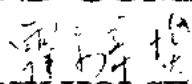
钟道隆 译



電子工業出版社

电脑音乐半月通

HOW MUSIC AND COMPUTERS WORK


[美] ERIK HOLSINGER 著

钟道隆 译



電子工業出版社

(京) 新登字055号

内 容 简 介

电脑技术进入音乐领域,有的人感到莫名其妙,有的人反对,认为此类音乐是“非自然”和“枯燥无味”的。本书用令人信服的事实说明,今日的音乐已经离不开电脑了,随着电脑的普及,人们对于家庭电脑音乐制作的兴趣也会越来越高。

数字音响与“迷笛”(MIDI 乐器数字接口)是电脑音乐的两项关键技术,本书有专门章节论述。

本书图文并茂,语言通俗,插图生动,不论读者有多少电脑知识和电子音乐知识都可以阅读。



Copyright©, 1994, by Erik Holsinger. All rights reserved.

Ziff-Davis Press and ZD Press are trademarks of Ziff Communications Company.

本书英文原版由美国Ziff-Davis Press出版, Ziff-Davis Press已将中文版独家版权授予北京富国电子信息有限公司,未经许可,不得以任何形式和手段复制或抄袭本书内容。

电脑音乐半月通

• HOW MUSIC AND COMPUTERS WORK

[美] ERIK HOLSINGER 著

钟道隆 译

责任编辑 王 敏

*

电子工业出版社出版

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

中国科学院印刷厂印刷

北京富国电子信息有限公司排版

开本: 787×1092 毫米1/16 印张: 8 字数: 200千字

1995年2月第1版 1995年2月第1次印刷

印数: 0001~4000册 定价: 15.00元

ISBN 7-5053-2886-7/TP·956

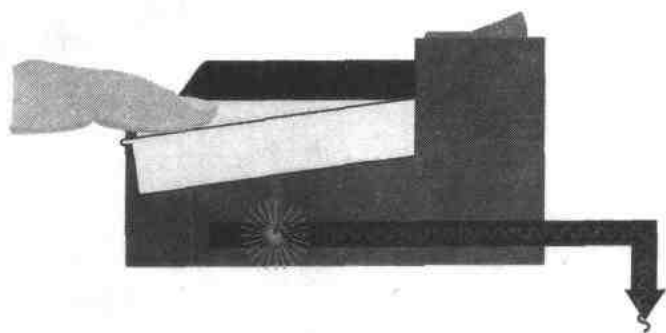
出版说明

计算机科学技术日新月异，为了引进国外最新计算机技术，提高我国计算机应用与开发的水平，中国电子工业出版社与美国Richina Medio Holdings Limited合资兴办的北京富国电子信息有限公司取得了美国Ziff-Davis Press的独家版权代理。Ziff-Davis Press授权本公司通过电子工业出版社等出版机构全权负责在中国大陆出版该公司的中文版和英文版图书。

美国Ziff-Davis Press是全美最大的计算机出版商之一，在全世界96个国家中都有它的书刊，它出版的书籍、杂志和光盘，主办的展览和会议，提供的咨询和网络服务，形成了整个行业潮流的主导。我们优选翻译出版的第一批图书是Ziff-Davis Press最新计算机图书，并采用了该公司提供的电子排版文件，由我公司采用当今世界一流的图文系统排版制作。提高了图书质量并大大缩短了图书的出版时间，从根本上改变了以往翻译版图书要落后原版书较长的“时差”现象，这在电子技术日新月异的时代具有深远的意义。今后我们还将陆续推出Ziff-Davis Press的最新计算机图书和软件，为广大读者提供更好的服务，传递更多的信息。

北京富国电子信息有限公司

1994年9月



谨将此书献给我的音乐老师莱斯特·雷赫尔博士、伊凡·奥尔逊博士、罗杰尔·尼克松博士和玛丽·托格林女士。他们以惊人的技能、幽默和耐心，培养了我对新奇、美好和音乐的热爱。不论我在钻研电脑技术方面走得有多远，他们对我的教导将永远提醒我，音乐在我的生活中占有多么重要的地位。

致 谢

毫无疑问，我应该深深地感谢我的朋友、杰出的艺术家内文·伯杰，他绘制了本书的所有插图。他把卓越的插图技巧与奇妙的幽默感结合在一起，保证了本书按时出版。在我们一起工作的几个月时间里，他总能把我粗糙的草图变成简洁明了的插图。即使在我们从一本书的创作计划转移到另一本书的创作时，他的工作热情、创造性和乐观精神仍一如既往。我向他，杰出的插图专家致敬。

ZD 出版社的许多人在本书的出版过程中也作出了极大的贡献。尤其要感谢 ZD 出版社社长辛迪·赫得森、组稿编辑埃里克·斯通，由于他们的关心，此书才得以出版。我再一次有幸与本书的责任编辑瓦力利·海恩思一起工作。我也要感谢本书的印刷编辑克里·格林，他与责任编辑瓦力利一起，使书的内容和风格前后连贯一致。由于他们的坦率、耐心和技巧，才使得本书的内容明晰易懂。

我的项目协调员艾米·诺克帮助我落实出版前书中差错的改正和内容增减。我要感谢 ZD 出版社艺术部的同事们（斯蒂夫·德拉西、M·D·巴勒拉、乔·施切纳德尔、丹·布罗德尼兹以及查利斯·考文斯）。乔负责所有彩色的印前工作，这件事情对于一本有大量插图的书来说并不是一件小事情。M·D·在进行页面布局时，出色地把书中的文字部分与插图结合在一起，并对每一幅图象进行了精彩地加工。霍华德·布莱奇曼完成了本书的文字处理工作，我向他表示感谢，同时对他在阅读我潦草的手改稿过程中所受的苦深表歉意。

我有幸与克雷格·安德顿一起工作。他是音乐工业界的传奇式人物，他是本书的技术性评阅者。他经验丰富，诚实，追求简洁明了，在本书生产过程中及时提出了很多重大的意见。多年来，我一直读他的评论、论文和著作，能为自己写的一本书而与他一起工作，实在是我莫大的荣幸。

书中色含有大量的信息，这些信息是我过去几年里通过各种途径收集的。虽然有限的篇幅不允许我感谢所有给过我帮助的人，但是我要特别感谢那些在完成本书过程中特别重要的一些人。感谢玛莎·沃通迪，一位出色的公共关系专家；感谢 OSC、Digidesign 和其它许多音乐软件厂商；感谢《Keyboard Magazine》杂志的马克·维尔，他耐心地帮助我找到很多难以找到的资料，让我使用他的巨大的数据库，以寻找非常需要的合同。

许多音乐硬件和软件厂商向我提供详细的技术资料、软件支持、借给我设备并给了我很多鼓励。我要感谢 Roland Corporation 公司的拉尔夫·戈尔德海姆、Opcode 公司的保罗·德比尼迪克特斯和柯德·泰勒、Invison Interactive 公司的丹尼·梅耶尔、Passport Designs 公司的劳拉·爱莲斯。

在此书写作过程中，我参考了许多著作。其中有的书对于音频各种内容有详细的论述，因而值得特别提一提。其中包括：保罗·海维特的《概念性物理（Conceptual Physics）》、林达·雅可比森编辑的《电脑艺术（Cyberarts）》、戴维·M·佛尼克

和M·D·康斯坦斯·格泽尔卡合著的《听觉损耗手册 (Hearing Loss Handbook)》、杰弗里·罗娜的《MIDI 伙伴 (MIDI Companion)》、克雷格·安德顿的《音乐家用的 MIDI (MIDI for Musicians)》、内维尔·H·佛莱奇尔和托马斯·D·罗辛合著的《乐器物理学 (The Physics of Musical Instruments)》、约翰·M·沃瑞姆的《录音手册 (Sound Recording Handbook)》、达兰·R·比高尔特博士著的《虚拟现实和多媒体中的三维声音 (3D Sound for Virtual Reality and Multimedia)》、马克·维尔的《合成器评述 (Vintage Synthesizers)》等。

在“限期地狱”里花费几个月时间写一本书时特别需要友谊。我要感谢我的好朋友们，特别是琼和约翰·斯塔可维奇夫妇、罗比和马贝尔·罗宾斯夫妇、安德瑞斯·仙德尔、戴维和莫尼卡·鲁道夫夫妇、戴维·霍布金斯、波利·斯密斯、罗伯特·鲁恩、比尔·米斯以及凯仁·维克里，他们在我写此书处于困难时表现出耐心、关心和支持。没有他们，我根本不可能写成这本书。

我也愿意感谢我的双亲，伊夫和劳埃德·霍尔辛格。他们十年来忍受了我蹩脚的演奏、深夜的练习和嘈杂的讨论。当我第一次练习单簧管时，我父亲还以为是一只恶魔似的鹤闯进了家里。双亲为我提供了六件不同的乐器和乐队的全套设备。真的，没有比坐着听我第一年的独奏会 and 此后一直支持我这种父母之爱更好的了。

最后，我要感谢苏姗娜，她使我的心儿歌唱，使我的眼睛明亮，使我脸带微笑。

目录

导言



1 音乐 + 电脑 = 真实音乐

第一章

数字音响和

MIDI技术简介 4

第二章

MIDI技术在

音乐作曲中的应用 8

第三章

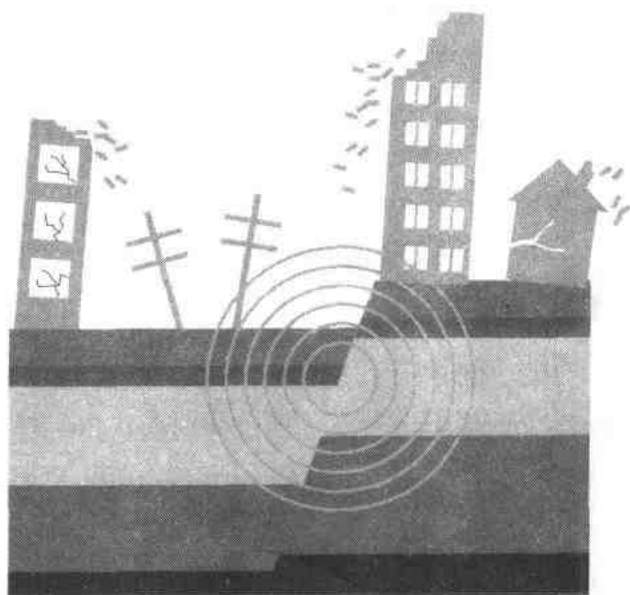
MIDI技术在

现场表演中的应用 13

第四章

影视业中的

数字音响 17



21 音频技术基本概念

第五章

声波的基本特性 24

第六章

人耳的听觉范围 31



35 数字音响基本概念

第七章

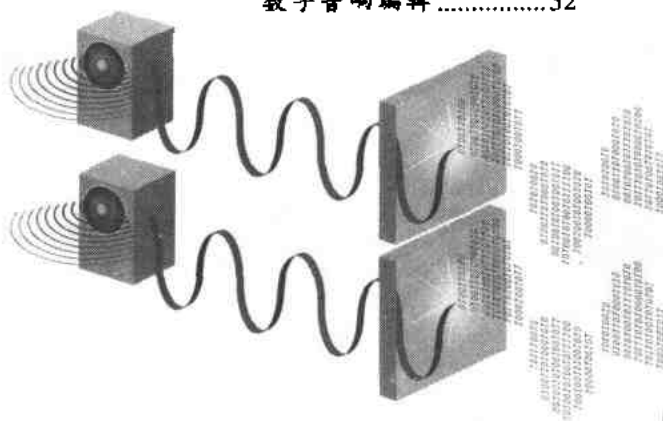
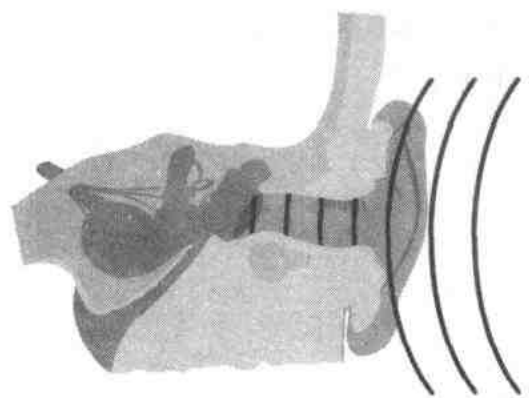
数字音频录音 38

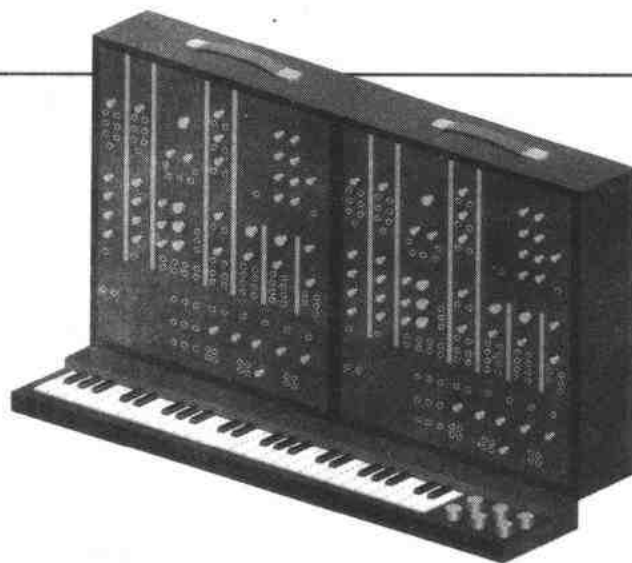
第八章

个人电脑如何
处理数字音响 44

第九章

数字音响编辑 52





57 MIDI 基本概念

第十章

MIDI 是如何工作的 61

第十一章

MIDI 硬件基本概念 66

第十二章

MIDI 软件基本概念 74

第十三章

自制 MIDI 系统 82

91 合成器与 MIDI 控制器

第十四章

模拟合成器：早期的电子键盘

..... 94

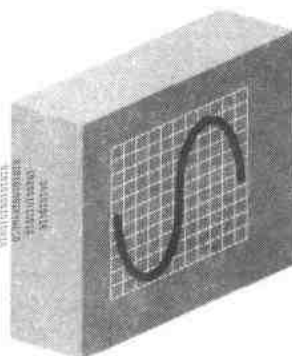
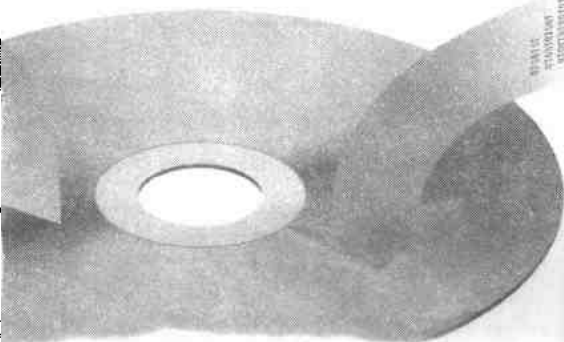
第十五章

合成器技术 98

第十六章

MIDI 控制器 106

译名一览 114



1

第一部分

音乐 + 电脑 = 真实音乐



- 第一章 数字音响和 MIDI 技术简介
- 第二章 MIDI 技术在音乐作曲中的应用
- 第三章 MIDI 技术在现场表演中的应用
- 第四章 影视业中的数字音响

概 述

不少人认为只是在近十年来音乐才“电脑化”的，其实电子工程师和科学家们已经在音乐的“电脑化”方面进行了 40 多年的研究了。尽管在研究工作的初期，电脑的体积有一座小房子那么大，只能发出“嘟嘟”、“砰砰”、“呼呼”等一类声响，但它确是一种新技术的开始。今天电脑音乐技术的能力令人惊叹不已，使用带微电脑的键盘，可以令人信服地把各种音响乐器的演奏复制成各种各样的电脑音乐程序，运行这些电脑程序，可以同时播放一部交响乐的任何一个单独的声部。



有的人觉得把电脑和音乐融合在一起不伦不类，是对音乐的曲解。我的一位朋友一次对我说，真实的音乐与电脑毫无关系。真实的音乐继续保持着贞洁，没有被电脑和数字技术所沾污。我向他解释说，不论你是听口白音乐、蓝格拉斯（bluegrass）、古典音乐、重金属音乐、爵士乐（jazz），来种摇滚乐（硬的 hard、软的 soft、当代的 contemporary、乡村的 country 或现代的 modern）、庞克（punk）或者牙买加音乐（reggae），其中都少不了电脑和数字技术，只不过是你在没有觉察到而已。我的解释使他莫名其妙。你之所以听不出来是因为电脑和数字技术是用来提高音乐质量的，而不是代替音乐质量。

不过音乐技术看起来也确实令人感到有点令人摸不着头脑。在一个专业录音棚的高科技控制室里，我千上万个指示灯、仪表和按钮令人眼花缭乱，好象比波音 747 飞机的驾驶舱还要复杂。再加上电脑，更使人感到神秘莫测了。然而，你只要抓住一些基本的概念，对于电脑如何和音乐结合在一起就再也不会感到神秘了。事实上，你只要懂得两个基本概念就行了：数字音响（digital audio）与“迷笛”（MIDI Musical Instrument Digital Interface 乐器数字接口）。过两项成要技术是电脑和音乐结合中最关键的突破。你不必为不了解这两项技术而担忧，读完本书你就会明白它们是怎么一回事了。我将讲解过些技术，讲解它们是

如何影响到你所听到的音乐的，以及如何利用这些技术的优点等。

也许你现在正在使用这些技术。第一章举出一些或许你正在房子里使用的数字音响和 MIDI 技术的例子。第二章举出专业音乐家和录音工程师在制作唱片、现场演出或创作影视片的音响效果时是如何应用数字音响和 MIDI 技术的例子。这些例子是相当广泛的，我引用这些例子的目的在于说明电脑是如何在专业和业余的音乐系统中与音乐紧密结合在一起的。这些章节也将讲解一些本书中要用到的基本概念和术语。





第一章

数字音响和 MIDI 技术简介

当 你开始学习电脑如何与音乐结合在一起的时候，可能会感到整个课题有点令人摸不到头脑。你用不着因为只拥有一台激光唱机（compact disk player），或只拥有一部应答机（answering machine），或只拥有一台家用键盘（home keyboard）或者只拥有一台个人电脑（personal computer）而感到无从下手，实际上你已经在与数字音响和 MIDI 技术打交道了。

数字音响引起的冲击是相当广泛的，例如，你可能刚买一张塑胶唱片（vinyl record）不久，CD（compact disk 激光唱片）就完全代替了塑胶唱片。如同盒式磁带（cassette）取代八轨道磁带（eight-track tape）一样，CD 已经成为优选的听觉媒体。随着 Sony 和 Phillips 推出 MiniDisc（迷你盘）和 DCC（digital compact cassette 数字式盒式磁带），作为记录媒介的盒式磁带可能也会消失。MiniDisc 和 DCC 不仅能播放，而且还能记录立体声数字音响。

个人电脑系统也把数字音响和 MIDI 技术作为其组成的一部分。许多个人电脑系统也可以用来录制 CD 质量的音响。大部分电脑系统能播放电子游戏和多媒体 CD-ROM 中的数字音响。即使你只是为玩电子游戏才买声卡（sound board）的，它也可以用来播放和录制 MIDI 音乐。仔细看一下个人电脑的声卡，可以发现上面有一个 MIDI 端口，用以连接 MIDI 键盘。

今日的技术有一个有趣的优点：现在出售的音乐和音频设备的功能比过去的多得多，但其价格却比过去低得多。随着电子设备越来越小和越来越便宜，使得今日高质量的音乐和音频设备更易于为普通人所接受。

电子琴就是一个很好的例子。10 年前 Casio、Kawai、Yamaha 等公司的价廉便携式电子琴首次出现的时候，没有受到人们的重视，因为它们看起来不像庞大的木质家用钢琴那样真实。然而今日的 1000 美元以下的电子琴具有比过去大型的昂贵的家用钢琴更多的功能和更好的音质。

今日家用的高档键盘乐器在种类和保真度方面比得上高档的专业键盘乐器。例如 Kurzweil 出品的华丽钢琴 (Grand Piano) 的音响具有音乐会大钢琴的质量。在过去只有高档合成器才能有这得的质量, 而今日该公司的普通家用电子琴都具有了。今日不到 1500 美元就可以买到的键盘乐器, 其声音保真度达到了专业音乐家过去梦寐以求的价值高达 10000 美元的合成器的水平。

正如你可以看到的, 数字音响和 MIDI 技术越来越普及, 价格也不像你想象的那么高。当你读这本书的时候, 有些技术问题的难点可能需要花点时间才能弄懂。不过你要记住: 你已经熟悉了音乐技术的基本原理, 因为它已经体现在家中经常看到和用到的物品之中了。

家庭中的音乐和电脑



激光唱盘：激光唱盘是数字技术最引人注目的例子。你从激光唱盘听到的音乐中应用了一项称为“取样（sampling）”的技术，把模拟音频信号变换成数字形式。在模拟音频信号中，用电压的大小表示声音的高低。在取样的时候，一个模拟信号，例如弹拨吉它时的录音，被变换成一系列的数值，这些数值是电脑的数字编码的基础。

电子游戏：家用和游艺室的电子游戏的令人兴奋的各种音响效果实际上也是数字音频声响，它们是被取样后存储在电子游戏的程序盒里的。电子游戏里的声响与音乐和激光唱片一样，也应用取样技术，但其取样率较低，以便制造商把更多的声响装到游戏里，因为随着数字声音质量的提高，数字音频文件的长度也增加了。



家用电子琴：目前市场上有各种牌号带有节奏单元、自动和音以及别的有趣功能的电子琴。虽然许多此类电子琴看起来像是缩小了的家用钢琴，但是不少电子琴具有一个很重要的附加功能：MIDI 输入、MIDI 输出以及背后的直通端口（through port）。使用这些端口，你可以把一架电子琴与其它电子琴或电脑连接在一起。Software Toolworks 公司出品的“神奇的钢琴系统（Miracle Piano System）”是一个目前很普及的家用 MIDI 技术电子琴的例子。该系统用一架 MIDI 电子琴和一部电脑或者一个电子游戏机，组成一个自我定速的钢琴练习系统。





第二章

MIDI 技术在作曲中的应用

MIDI 对音乐的影响很广，其中最重要的影响之一是改变了作曲的方式。MIDI 是由乐器商建立的通信标准，它规定电脑、合成器 (synthesizer) 与其它电子设备之间交换信息和控制信号的方法。使用各种软件工具、一台个人电脑和 MIDI 硬件，今日的作曲家可以作出复杂的、具有专业作曲家水平的曲子。

MIDI 作曲系统的核心部分是一个称为“序列器 (sequencer)”的软件。这个软件既可以装入到个人电脑里，也可做在一个专门的硬件里。序列器实际上是一种音乐词处理器 (word processor)，应用它，可以记录、播放和编辑各种不同 MIDI 乐器备出的乐曲。序列器并不真正记录声音，它只记录和播放 MIDI 信息，这些信息是从 MIDI 乐器来的电脑信息。你就把 MIDI 数据想象成数字式乐谱好了。和印在纸上的乐谱本身不能直接产生音乐一样，MIDI 本身也不能直接产生音乐，但是它包含有如何产生音乐所需要的所有指令：用什么乐器、奏什么音符、备得多快和多强。

和专业的录音棚应用多道磁带录音机 (multitrack tape player) 记录音乐一样，作曲家用序列器记录 MIDI 信息：当你弹键盘的时候，序列器记录下从键盘来的 MIDI 数据。一旦把这些数据存储下来以后，只要按下“放音”键，就可以把它送回到键盘上，播放出你刚弹过的曲子。如果你觉得这一声部的曲子不错，你可以把别的声部加上去。新加上去的声部播放时完全与第一道同步。

对于作曲家来说，MIDI 序列器与传统的磁带录音机比，具有以下优点：首先是价格低。大部分作曲家买不起带有优质音频混合器 (audio mixer) 和配件的专业录音系统，尤其是在不经常使用的情况就更是如此。而 MIDI 音乐系统的价格只有专业录音系统的几分之一。一个典型的 MIDI 作曲系统由一个或多个具有 MIDI 输入和输出端口的键盘、专用的 MIDI 电缆、把 MIDI 电缆接到电脑上用的 MIDI 接口设备 (interface) 以及电脑组成。

大部分作曲家使用“多音色” (Multi-timbral) 键盘或模块 (module)，以