

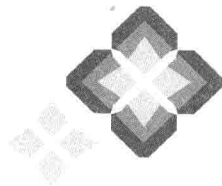


数字音频工作站原理

雷伟 著

录音艺术专业「十二五」规划教材

中国传媒大学出版社



录音艺术专业“十二五”规划教材

数字音频工作站原理

雷伟 著



中国传媒大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数字音频工作站原理 / 雷伟著.

—北京: 中国传媒大学出版社, 2014.2

(录音艺术专业“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-5657-0947-0

I. ①数…

II. ②雷…

III. ③数字音频技术—高等学校—教材

IV. ④TN912.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 055326 号

录音艺术专业“十二五”规划教材

数字音频工作站原理

著 者 雷 伟

责 任 编 辑 姜颖映

装帧设计指导 吴学夫 杨 蕾 郭开鹤 吴 颖

设 计 总 监 杨 蕾

装 帧 设 计 刘鑫等平面设计创作团队

责 任 印 制 曹 辉

出 版 人 蔡 翔

出版发行 中国传媒大学出版社

著 者 北京市朝阳区定福庄东街 1 号 邮编: 100024

电 话 86-10-65450532 或 65450528 传真: 010-65779405

网 址 <http://www.cucp.com.cn>

经 销 全国新华书店

印 刷 北京中科印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 18.5

印 次 2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5657-0947-0/TN.0947

定 价 49.00 元

版权所有 翻印必究 印装错误 负责调换



中国传媒大学“十二五”规划教材编辑委员会

主任：苏志武 胡正荣

编委：（以姓氏笔画为序）

王永滨 刘剑波 关玲 许一新 李伟

李怀亮 张树庭 姜秀华 高晓虹 黄升民

黄心渊 鲁景超 蔡翔 廖祥忠

录音艺术专业“十二五”规划教材

主编：李伟

编委：王珏 雷伟 王鑫 朱伟 李大康



前 言

关于数字音频工作站的知识，近十年来已经成为录音艺术和传媒音乐学科教学当中必不可少的组成部分。从内容归属来看，数字音频工作站的相关知识毫无疑问应该属于录音设备原理课程的组成部分。但是，无论是外观形态、内部结构还是操作方法，数字音频工作站却又与传统的录音设备存在很大区别。因此，相关学科在进行课程设计时，往往将数字音频工作站的相关知识从录音设备原理中划分出来，作为一门单独的课程来展开教学。

数字音频工作站课程的教学内容可以分为数字音频工作站原理与数字音频工作站操作两个部分。但是，在很多相关专业的教学以及学生自身的学习过程中，往往突出了后者，而对前者有所忽视。造成这一现象的原因，主要有三个。

原因之一在于，工作站软件操作的实用性很强，学生只要掌握了一些基本操作方法，便可以展开声音节目的创作实践。因此，出于让学生快速上手的目的，很多相关专业忽略了对数字音频工作站原理的教学。

原因之二在于，对数字音频工作站原理的理解，是以掌握必要的计算机、录音设备和数字音频知识为前提的。对于从事声音作品创作的学生而言，他们可以通过计算机基础和录音设备原理等课程来获得关于计算机系统和录音设备的相关知识，但却并不需要（基于学科背景，通常也没有能力）完整掌握传统的数字音频技术课程所涉及的全部内容。事实上，作为数字音频工作站原理先修课程之一，数字音频技术课程的传统内容及相关教材，对于这些学生来说显得过于宽泛，针对性不够强，难度也有些偏大，这就使得数字音频技术课程在很多相关专业的教学中难以展开，从而进一步影响了数字音频工作站原理的教学。

原因之三在于，国内目前还没有一本适合的教材能够作为数字音频工作站原理教学的参考。事实上，对于不同工作站软件操作方法的介绍，国内外的相关资料已经非常丰富了，学生完全可以根据自己的需要，参考这些资料进行学习。但是，对于数字音频工作站

原理的介绍，现有的中文资料却并不系统，难以满足教学和学生自主学习的要求。

尽管存在上述原因，但是在录音艺术及传媒音乐相关学科当中，对数字音频工作站原理的教学却又是必须的。这是因为，相关学科的培养目标，并不仅限于将学生培养为掌握软硬件操作方法的“操机员”，而是更希望让他们变成懂得原理、掌握方法，并具有自主学习能力和相关创作思维的声音艺术创作者。对于数字音频工作站原理的理解，不只是为了更好地进行工作站软件的操作，更是为了深入理解相关的音频系统，为进一步的学习和实践打下基础。因此，很多相关专业尽管没有专门开设数字音频工作站原理的课程，却都对增强这一部分知识的教学有着强烈的呼声。

中国传媒大学录音系是国内较早开始数字音频工作站教学的专业院系之一。早在1997年，录音系教师就编写了讲授数字音频工作站基础知识的专业教材。从2005年开始，录音系针对录音艺术专业的学生，开设了“数字音频工作站与MIDI概论”课程，并一直采用原理与操作并重的教学方法。2012年，经过新一轮的教学改革，该课程被划分为“数字音频工作站原理”与“数字音频工作站操作”两门课程，前者以课堂教学的形式，集中讲授数字音频工作站原理的相关知识，后者则以学生自主学习和上机实操的方法，完成软件操作方面的训练。本书便是按照相关课程教学内容的需求，在总结若干年来的教学经验并整合现有资料的基础上，对数字音频工作站原理相关知识进行的一次系统论述。

本教材在编写过程中力图解决以上提到的各种问题。教材的主要特点为：

1. 整合了数字音频和MIDI技术的相关知识，难度适中，针对性较强，使得从事声音作品创作的学生可以通过本教材的学习，理解数字音频工作站以及数字录音系统的技术基础，为接下来的学习扫清障碍。

2. 专门针对数字音频工作站原理进行论述，基本上不涉及具体软件的操作细节，使得内容更为精炼，体系更为清晰。

3. 依据最新资料进行编写，尽可能体现相关领域的前沿技术。不过，由于数字音频工作站是整个声音制作系统当中发展最为迅速的一个环节，因此建议读者在阅读时更注重对基本理论的把握。

4. 紧密结合录音设备原理，使得教材的体系与先修课程具有很好的延续性，从而帮助学生在本课程中复习和巩固录音设备原理的相关知识，并加以运用。

希望本教材的出版，能够在一定程度上改变国内相关专业教学当中轻原理、重操作的现状，也能够为广大师生和音频爱好者提供一定的参考。

致力专业核心教材建设 提升学科与学校影响力

中国传媒大学出版社陆续推出

我校 15 个专业“十二五”规划教材约 160 种

播音与主持艺术专业（10 种）
广播电视编导专业（电视编辑方向）（11 种）
广播电视编导专业（文艺编导方向）（10 种）
广播电视新闻专业（11 种）
广播电视工程专业（9 种）
广告学专业（12 种）
摄影专业（11 种）
录音艺术专业（12 种）
动画专业（10 种）
数字媒体艺术专业（12 种）
数字游戏设计专业（10 种）
网络与新媒体专业（12 种）
网络工程专业（11 种）
信息安全专业（10 种）
文化产业管理专业（10 种）



爱读@传媒人的知识库
(For IOS)



爱读@传媒人的知识库
(For Android)



微博关注我们



微信关注我们



访问我们的主页

本书更多相关资源可从中国传媒大学出版社网站下载

网址：<http://www.cucp.com.cn>

责任编辑：姜颖映

意见反馈及投稿邮箱：jyingyi@126.com

联系电话：010-6578 3601

目 录

概论	1
第一章 数字音频基础	5
第一节 数字音频信号	6
第二节 二进制	8
第三节 模 / 数转换和数 / 模转换	13
第四节 抖动与噪声整形	25
第五节 时基抖动	28
第六节 检错、纠错和掩错	29
第七节 数字音频压缩编码	32
第八节 数字音频文件格式	38
第二章 MIDI 技术基础	45
第一节 MIDI 概述	46
第二节 MIDI 信息	48
第三节 MIDI 信号的传输	50
第四节 MIDI 乐器的标准	52
第三章 数字音频设备简介	55
第一节 数字音频设备概论	56

第二节	数字音频的存储和播放	57
第三节	数字音频设备互连	80
第四章	数字音频工作站系统概述	93
第一节	数字音频工作站的分类	94
第二节	数字音频工作站系统的构成	96
第三节	数字音频工作站系统的硬件连接	121
第五章	声卡及其驱动	125
第一节	声卡的构成和工作原理	126
第二节	声卡的功能和分类	136
第三节	声卡驱动	139
第四节	专业声卡举例	150
第六章	数字音频工作站主程序	161
第一节	数字音频工作站主程序的技术要点	162
第二节	数字音频工作站主程序的类型	185
第七章	软件效果器与虚拟乐器	207
第一节	软件效果器与虚拟乐器的运算核心和运行方式	208
第二节	插件的格式和安装方法	209
第三节	软件效果器概述	216
第四节	虚拟乐器概述	245
第八章	数字音频工作站系统示例	253
第一节	Pro Tools 系统	254

第二节	Pyramix 系统	268
第三节	SADiE 系统	272
第四节	Fairlight 系统	275
参考文献		280

概论

本章要点 ■

1. 数字音频工作站的概念和地位
2. 数字音频工作站的特点
3. 数字音频工作站的技术基础

关键术语

数字音频工作站 (Digital Audio Work-station, 简称 DAW、音频工作站、工作站) 是一种用来处理、交换音频信息及其他控制信息的计算机系统。它是随着数字音频技术和计算机技术的发展而产生的音频处理设备。它的出现, 使得音频信号的录制、编辑、处理及合成变得极为便捷、高效, 也为节目的自动化播出带来了技术保障。^①

一、数字音频工作站的概念和地位

从地位上来看, 数字音频工作站目前已经代替了传统的调音台、录音机、硬件效果器和硬件声音合成设备, 成为录音系统和数字音频制作系统的核心设备, 并在扩声和音乐现场演出等领域发挥着越来越显著的作用。毫不夸张地说, 数字音频工作站的出现, 是声音传播历史上的一次革命。对数字音频工作站的理解和把握, 已经成为掌握现代录音系统、数字音频制作系统及相关技术的必备条件。

二、数字音频工作站的特点

相比于传统的录音和声音制作设备, 数字音频工作站的主要优点表现为:

1. 操作便捷, 具有可视化操作特性;
2. 基于非线性编辑, 使得编辑速度大为提高;
3. 数据存储容量大;
4. 效果处理和声音合成能力强;
5. 成品输出速度快;
6. 自动化能力强, 能够自动完成信号处理和节目播出;
7. 升级便捷, 扩展力强;
8. 协同处理能力强, 能够通过联网完成协同作业;
9. 体积小巧, 便携性好。

目前, 数字音频工作站相比于模拟音频设备和硬件数字音频设备的唯一缺点, 可能在于其稳定性仍然不如后者。原因在于, 数字音频工作站是一种计算机系统, 而计算机永远存在死机的可能性, 也容易受到计算机病毒的影响, 此外, 数字音频工作站本身强大的兼容性和扩展力也容易造成系统内部的软硬件冲突。但是, 随着目前数字音频工作站的发展完全进入成熟期, 它们的稳定性也在逐步提高, 设计合理的工作站系统, 其稳定性已经相当可靠了。

^① 参见胡泽、雷伟:《计算机数字音频工作站》, 中国广播电视出版社 2005 年版, 第 4 页。

三、数字音频工作站的技术基础

数字音频工作站建构在三大技术基础之上：计算机技术、数字音频技术和录音设备技术。首先，计算机技术是数字音频工作站的技术根本。数字音频工作站归根结底就是一台添加了特殊硬件和软件的计算机，因此它的原理和操作完全建构在计算机平台上，它的发展和计算机软硬件的发展息息相关。其次，数字音频技术是数字音频工作站的技术保障。数字音频工作站的工作方式，是将模拟信号数字化，再进行记录、编辑，或者直接进行数字声音的合成、处理，这一切都离不开数字音频技术的支持。再次，各种录音设备是数字音频工作站的技术原型。由于数字音频工作站本身属于一种录音和声音制作设备，因此，它在实际使用中的一些核心概念与传统录音设备当中的概念非常类似。比如，尽管数字音频工作站用软件调音台代替了传统的硬件调音台，但是插入、发送、母线分配、编组等概念依然存在，功能也是相似的。

此外，随着数字音频工作站功能的不断增强，MIDI 技术、网络技术、多媒体交互技术等其他技术也对它的发展产生了重大影响。可以说，数字音频工作站是录音设备中各种先进技术的集大成者，它反过来又对录音技术及录音设备的发展起到了显著的推动作用。比如，当前的数字调音台和数字音频工作站在某种程度上已经非常接近了，而某些硬件的数字效果器也开始具备按照插件方式被数字音频工作站软件调用的能力。

不过，由于数字音频工作站的具体操作是软件化的，这和传统的硬件录音设备存在很大的不同，因此数字音频工作站的相关课程应该分为数字音频工作站原理和数字音频工作站操作两个部分，前者从根本上解决对工作站系统构成和工作原理的理解，而后者则用来解决录音和声音创作过程中的软硬件操作问题。

本教材针对数字音频工作站原理展开论述，教材的内容包括数字音频技术（涵盖 MIDI 技术）和数字音频工作站系统两个部分。学生在进行本教材学习之前，应该完成计算机基础（计算机软硬件系统构成和操作方法）以及录音设备原理（传声器、扬声器、调音台、效果处理设备等传统录音设备）的学习。此外，还可以参考相关资料，扩展对数字音频技术的理解，并展开软件操作方面的训练。

思考与研讨题

1. 什么是数字音频工作站？它在现代录音系统中的地位如何？
2. 数字音频工作站有哪些优点？
3. 数字音频工作站的技术基础有哪些？

延伸阅读

1. 胡泽、雷伟：《计算机数字音频工作站》，中国广播电视出版社，2005。
2. 胡泽：《数字音频工作站》，中国广播电视出版社，2003。

chapter 1

1.1 绪论

1.1.1 绪论

1.1.2 绪论

1.1.3 绪论

1.1.4 绪论

1.1.5 绪论

1.1.6 绪论

1.1.7 绪论

1.1.8 绪论

1.1.9 绪论

1.1.10 绪论

1.1.11 绪论

1.1.12 绪论

1.1.13 绪论

1.1.14 绪论

1.1.15 绪论

1.1.16 绪论

1.1.17 绪论

1.1.18 绪论

1.1.19 绪论

1.1.20 绪论

1.1.21 绪论

1.1.22 绪论

1.1.23 绪论

1.1.24 绪论

1.1.25 绪论

1.1.26 绪论

1.1.27 绪论

1.1.28 绪论

1.1.29 绪论

1.1.30 绪论

1.1.31 绪论

1.1.32 绪论

1.1.33 绪论

1.1.34 绪论

1.1.35 绪论

1.1.36 绪论

1.1.37 绪论

1.1.38 绪论

1.1.39 绪论

1.1.40 绪论

1.1.41 绪论

1.1.42 绪论

1.1.43 绪论

1.1.44 绪论

1.1.45 绪论

1.1.46 绪论

1.1.47 绪论

1.1.48 绪论

1.1.49 绪论

1.1.50 绪论

1.1.51 绪论

1.1.52 绪论

1.1.53 绪论

1.1.54 绪论

1.1.55 绪论

1.1.56 绪论

1.1.57 绪论

1.1.58 绪论

1.1.59 绪论

1.1.60 绪论

1.1.61 绪论

1.1.62 绪论

1.1.63 绪论

1.1.64 绪论

1.1.65 绪论

1.1.66 绪论

1.1.67 绪论

1.1.68 绪论

1.1.69 绪论

1.1.70 绪论

1.1.71 绪论

1.1.72 绪论

1.1.73 绪论

1.1.74 绪论

1.1.75 绪论

1.1.76 绪论

1.1.77 绪论

1.1.78 绪论

1.1.79 绪论

1.1.80 绪论

1.1.81 绪论

1.1.82 绪论

1.1.83 绪论

1.1.84 绪论

1.1.85 绪论

1.1.86 绪论

1.1.87 绪论

1.1.88 绪论

1.1.89 绪论

1.1.90 绪论

1.1.91 绪论

1.1.92 绪论

1.1.93 绪论

1.1.94 绪论

1.1.95 绪论

1.1.96 绪论

1.1.97 绪论

1.1.98 绪论

1.1.99 绪论

1.1.100 绪论

第一章 数字音频基础

本章要点

1. 数字音频信号的概念
2. 二进制数和十进制数的相互转换
3. 补码的概念
4. PCM的三个步骤
5. 采样定理
6. 采样频率和量化精度
7. 抖动的概念及其作用
8. 时基抖晃的概念
9. 码率的概念
10. 典型的有损音频编码方案
11. 常见的数字音频文件格式

数字音频技术是数字音频工作站的技术基础之一。传统的数字音频技术课程主要包括数字音频原理与数字音频设备两个部分。本章主要介绍与数字音频工作站相关的数字音频基础知识，关于数字音频设备的知识将在第三章进行介绍。

第一节 数字音频信号

关键术语

与模拟信号相反，所谓的数字（digital）信号，是一种时间轴上的离散（不连续）信号，它仅在一定的时间点上存在振幅值，从而让数字信号成为一种跳变信号。

背景延伸

digital 一词来自于拉丁语的 digit，原意指的是手指。由于人们经常用手指来计数，后来这个词就用来表示“数位”这个概念。digit 一词本身就带有不连续的意思，因为人的 10 个手指是不连续的，不存在“6.7 个手指”这种概念。

一、数字音频信号的概念

数字信号是与模拟信号对应的概念。“模拟”（analog 或 analogue）一词，原指与当前物体类似的物体。当我们谈到模拟音频信号的时候，一般是指用其他物体的运动来“模仿”声音的波动所产生的信号，比如模拟电信号、扬声器纸盆的振动，等等。模拟音频信号的最大特点在于它是一种时间上的连续性信号，任何一个时间点上都存在一个与之对应的振幅值，这使得模拟信号成为一种渐变信号，如图 1.1 所示。

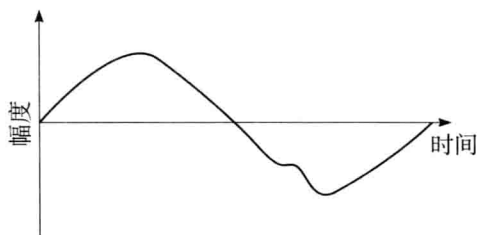


图 1.1 一个模拟信号

典型的数字信号是二进制数字信号，它只存在不连续的两种状态，比如“0/1”、“开/关”、“高/低”、“亮/灭”，等等。比如，图 1.2 所示的信号就是一个二进制数字信号：

```
010111010100101000101010101010101111010
100010101010101010111001010101010101011
110101001010101111010100010101010100010
101010100010101010100010101010100010101.....
```

图 1.2 一个二进制数字信号

如果这个数字信号代表的是一个音频信息，那么它就是一个数字音频信号。在本书中，除非进行专门的说明，否则涉及的所有数字信号，一律为数字音频信号。

二、数字音频信号的优点

数字音频技术的核心问题，就是模拟信号与数字音频信号之间的相互转换，即模/数转换和数/模转换问题。我们之所以要将模拟信号转换为数字信号，是因为数字信号存在很多优点。

（一）数字信号可以进行无损复制

数字信号的最大优点，可能就在于它容易进行无损复制。从理论上讲，任何复制操作都会对原始信号产生一定的干扰，从而使得原始信号发生失真。因此，模拟信号在经过了若干次复制以后，由于失真的累加，就会变得无法使用。这方面的典型例子就是对模拟音频磁带进行复制，当我们将原版磁带复制到第3代或第4代时，复制得到的磁带的音质就会变得很差，这也是磁带不需要进行版权保护的原因所在。

相比之下，对数字信号进行复制所得到的结果会完全不同。事实上，在进行复制的过程中，数字信号一样会产生失真，但是这种失真是很难让数字信号的振幅产生很大变化的。在复制以后，数字信号经过校验电路的处理，又可以生成与原始信号完全一致的结果。因此，从理论上说，对数字信号的复制是完全无损的（事实上无法实现）。正因为如此，我们日常进行的复制光盘、通过U盘拷贝文件、下载歌曲、发送电子邮件等一系列行为，才变得可行。

（二）数字信号容易进行加工处理

数字信号容易进行加工处理的主要原因在于，它能够被计算机识别。这样，我们就可以将各种信号处理方式转换为数字运算，然后将这些运算工作交给计算机来完成。由此，不但简化了音频处理所需要的设备，而且还能够实现自动化处理。这种通过计算机对数字音频信号进行处理的设备，实际上就是数字音频工作站。目前，它已经具备录音、转换、编辑、处理、合成、输出等一系列功能。相比之下，对模拟信号的不同处理就需要使用不同的设备来完成，使得复杂性大为增加。

（三）数字设备的成本相对较低

数字信号容易进行加工处理所带来的一个直接后果，就是数字设备相对于模拟设备来说，成本大为降低。从表面看来，数字设备似乎并没有比模拟设备便宜多少，甚至有时会更贵。但实际上，这是由于这些数字设备的功能要比同类的模拟设备丰富很多，同时声音的技术指标也会高出很多而造成的。如果一台数字设备与一台模拟设备的功能接近，那么前