

高级音响师速成实用教程

中国录音师协会教育委员会 编著

人 民 邮 电 出 版 社
北 京

图书在版编目（CIP）数据

高级音响师速成实用教程／中国录音师协会教育委员会编著．—北京：人民邮电出版社，
2007.7
ISBN 978-7-115-16088-1

I．高… II．中… III．音频设备—技术培训—教材 IV．TN912.2
中国版本图书馆 CIP 数据核字（2007）第 050810 号

内 容 提 要

本书系统讲解了高级音响师必须具备的数字音频知识以及相关设备的基本原理与音响设备的使用方法。书中主要包括数字音频技术基础、数字音频记录技术、数字调音台、数字音频工作站、CobraNet 技术、EASE 的原理与应用等，同时还介绍了音质主观评价和音响设备的维护方法。

本书是学习音响调音技术的一本很好的读物，既可供具有一定音响调音工作经验的读者阅读，也可作为音响师培训班和大、中专院校相关专业的教材使用。

高级音响师速成实用教程

- ◆ 编 著 中国录音师协会教育委员会
责任编辑 张兆晋
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 http://www.ptpress.com.cn
人民邮电出版社河北印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本：787×1092 1/16
印张：14.5
字数：354 千字 2007 年 7 月第 1 版
印数：1－5 000 册 2007 年 7 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16088-1/TN

定价：26.00 元

读者服务热线：(010)67129264 印装质量热线：(010)67129223

音响师速成实用教程审定委员会

顾 问：李志荣

主 任：王庚年

副主任：高雨春

委 员：孙庆有 刘书兰 于纪凯

高级音响师速成实用教程编辑委员会

主 任：王明臣

副主任：陈洪诚

委 员：李大康 陈洪诚 王树森 郭 忱 韩宪柱
黄志强 高 剑 付永平 王 雷

前 言

随着我国文化娱乐事业的飞速发展和音频技术水平的日益提高，专业音响师（调音师）的社会需求量越来越大。据统计，全国现有电台、电视台的数量已超过 5000 家，再加上影视制作间和歌舞厅、影剧院、厅堂扩音、电化教学等，与音响技术相关的从业人员已有数十万人。作为一个新兴的职业，音响师越来越受到人们的青睐。

要成为一个合格的音响师，必须掌握相关的理论知识，并具有一定的技能技巧，诸如电工学和电子学基础知识，电声学和建筑声学基础知识，乐理学知识和设备装配以及实用操作能力都十分重要。从 2003 年开始，音响师要求持职业资格证书上岗。即便是具有大专或本科学历的人员，也只有在考取职业资格证书后才能具有上岗资格。另外，由于音频技术发展很快，从模拟技术进入数字技术已是大势所趋，设备和技术的更新已在很多单位逐步实现，知识更新和人员素质的提高已迫在眉睫。因此，尽快培养出高水平的音响专业人才，满足社会的需求，已成为当前职业技能培训的一个重要方面。

本套教程正是为了顺应现代音频技术、音响技术的发展潮流，满足广大音频工作者，特别是大量音响技术人员的实际需求而编写的，具有较高的实用价值。由于目前市场上适合音响师实际工作需要的书籍很少，系统介绍音响调音技术的书籍尚无法满足读者的需要，因此本套教程的出版能在一定程度上弥补这种不足。

本套教程分三册出版，包括《初级音响师速成实用教程》、《中级音响师速成实用教程》和《高级音响师速成实用教程》。其中，《初级音响师速成实用教程》主要针对初学者介绍音响设备的基本原理、基本操作方法，主要讲解音响师必备的电学、声学基础知识，如声音的基本属性、电工基础知识等，重点讲解了操作性很强的音响系统的连接、主要设备的操作与使用方法，是初级音响师的入门读物；《中级音响师速成实用教程》主要讲解音响系统基础理论、系统的调整方法与使用技巧，特别是对主要设备（如调音台）与周边设备的调整方法以及各种场合的调音技巧做了比较详细的介绍；《高级音响师速成实用教程》以讲解数字音频技术为主，介绍了数字音频技术的发展和应用，数字音频设备的基本原理、使用和操作方法，以及正确判断音响设备故障、正确处理故障和维修的方法。

本套教程既适合音响调音工作的从业人员以及准备从事该行业工作的人员阅读，也可作为音响师培训班和大、中专院校相关专业的教材使用。

对于书中的错误和不当之处，请广大读者批评指正。

中国录音师协会教育委员会

序

我们每人都有两只耳朵，正因为有了它，我们才能与他人交流、学习与娱乐，并从周围环境中获取信息，参与各种社会活动。在我们这个星球上，充满了各种各样的声音，形成了一个富有生命力的世界。假如世界上没有了声音，没有了语言，没有了音乐，成群的人们互不相识——则不可能形成社会，整个地球也将成为一个寂静可怕的死亡世界。

由于文明以及与文明相协调的技术的扩展，大大地增加和丰富了大自然的声音，产生了大量新的声源，从而使人类社会的生活更加丰富多彩。人类对声音的认识和理解能力，反映了其文化修养的进步程度。然而，有时候这些新的声波却强行进入人们的耳朵，丝毫不顾及人们的意愿，常常令人们难以忍受。这种巨大的噪声干扰不仅使人们心绪烦乱，严重影响人们的生活质量，甚至还会缩短人们的生命。

如何有效地控制和利用声音更好地为人类服务，同时与噪声作斗争，是每一位声频技术工作者的光荣任务。要完成这个光荣的任务，就要求我们每一位声频工作者不但要具备数学、物理学、电声学、乐理学等方面的知识，而且还要了解生理声学和心理声学等相关学科的知识。每一位声频工作者都应当成为一个技术与艺术相结合，理论与实践相统一的综合性人才。但遗憾的是，目前在这方面合格的人才还不多，教育和培养这方面的人才已是当务之急。

编写这套书的专家教授们，也是广播影视业的行家。他们具有从事声频技术与教育工作所需的专业品质，在编写这套书的过程中也展示了他们的才干。作为一个在广播影视各个岗位都工作过的业者，我衷心地推荐这套书，并希望广大读者在阅读本书的时候能对这种品质有一种亲身的感受。让我们同心协力，为创造一个美好的声音环境，为我们在整个地球上到处可以听到美妙的声音而努力。

王 庚 辛

2007 年 4 月

目 录

第一章 数字声频技术基础	1
第一节 A/D 转换	1
一、采样	1
二、滤波和混叠	3
三、量化	5
四、采样分辨率的可闻效果	5
五、高频颤动的使用	7
六、高频颤动的种类	9
七、A/D 转换中的过采样	10
八、A/D 转换中的噪声整形	10
第二节 D/A 转换	11
一、基本的 D/A 转换	11
二、D/A 转换中的过采样	12
第三节 音质与采样率和分辨率之间的关系	12
一、心理声学限制	12
二、采样率	13
三、量化分辨率	14
第四节 数字化处理的相关问题	16
一、时基抖动及对转换器的影响	16
二、改变声频信号的分辨率（再量化）	17
三、动态范围扩展	18
四、误码校正	18
第五节 数字声频信号处理	19
一、电平控制	19
二、交叉渐变	19
三、调音	20
四、数字滤波器和均衡	20
五、数字混响和其他效果	21
六、动态处理	22
七、采样率转换	22
第二章 数字声频记录技术	24
第一节 数字录音带（DAT）	24
一、DAT 盒式磁带的构造	24
二、DAT 模式的分类与特点	25

三、DAT 硬件设计的基本方案	26
四、磁道上的记录格式	28
五、DAT 的方位记录与自动磁道跟踪	29
六、8-10 调制码记录方式	31
七、DAT 的纠错编码	32
八、DAT 的时间码	33
第二节 DVD	34
一、概述	35
二、DVD-Video	37
三、DVD-Audio	40
第三节 MP3	44
一、MP3 机的特点与主要性能	44
二、MP3 播放机的工作原理	45
三、MP3 播放机的使用	47
第三章 数字调音台	50
第一节 调音台的种类与特点	50
一、按信号处理方式分类	50
二、按用途分类	50
第二节 数字调音台的基本结构与功能特点	51
一、数字调音台的基本结构	51
二、数字调音台的功能特点	52
第三节 数字调音台的应用	53
一、D8B 数字调音台概述	53
二、D8B 操作台后背板	57
三、D8B 主机	61
四、D8B 操作台面板	63
五、D8B 的操作软件	78
六、数字效果处理第三方插件	84
七、D8B 的实际应用	89
第四章 M I D I (乐器数字接口)	93
第一节 MIDI 的硬件	93
第二节 MIDI 信息的组成	95
一、通道信息	95
二、系统信息	97
第三节 MIDI 制作系统中的设备	98
一、概述	98
二、MIDI 键盘合成器	99
三、音源	101

四、鼓机	102
五、MIDI 音序器	102
六、MIDI 效果器	103
第四节 MIDI 设备在录音中的应用	103
第五节 电脑音乐系统	104
一、电脑音乐系统的组成	104
二、电脑音乐系统在音乐节目制作中的应用	105
第五章 数字声频工作站	107
第一节 数字声频工作站的构成	107
一、专门的系统	107
二、以桌面计算机为基础的系统	108
第二节 数字声频工作站的声频处理	109
一、大容量存储媒体声音的记录原理	109
二、多声道记录和重放	113
三、声频编辑	117
四、时基和同步	123
五、变速操作	125
六、工作站中的 DSP	126
第三节 文件格式及数据交换	128
一、声频文件格式	128
二、开放媒体构架交换 (OMFI)	133
三、CD 预母版格式	134
四、数字声频接口	135
五、数字信号同步	143
六、网络	147
第四节 数字声频工作站中的视频技术	154
一、数字视频基础	154
二、视频数据压缩	156
三、MPEG 和 JPEG	158
四、桌面视频系统	159
五、用于声频工作站的数字视频选件	159
六、SMPTE/EBU 时间码	160
七、丢帧时码格式	161
八、时码的处理	162
第六章 CobraNet 技术	163
第一节 CobraNet 设备的类型	163
一、只用于作信号传送	163
二、用于信号输入、信号处理、信号输出	163

第二节	CobraNet 技术的应用	164
一、	CobraNet 技术的应用范围	164
二、	CobraNet 以太网的使用	164
三、	使用网络交换机作为 CobraNet 的网络交换设备	164
第三节	以太网与 CobraNet 的数据帧结构	167
一、	MAC 数据帧结构	167
二、	数据包结构	168
第四节	大容量数据与 CobraNet 网络优化	170
一、	生成树协议 (Spanning Tree) IEEE 802.1d	170
二、	干线生成协议 IEEE 802.3ad	171
三、	VLAN 的应用 (IEEE 802.1q)	172
第五节	简单网络管理协议	173
第六节	Conductor 与 BuddyLink	176
一、	Conductor	176
二、	BuddyLink	176
第七章	EASE 的原理与应用	178
第一节	EASE 的基本概念	178
一、	什么是 EASE	178
二、	EASE 软件研究与发展的过程	178
三、	EASE 的主要功能	179
第二节	利用 EASE 软件创建房间模型	179
一、	启动 EASE	179
二、	创建房间模型	180
三、	加上听众区	181
四、	加上听众坐椅	181
五、	加载扬声器和墙面吸声材料	182
第三节	利用 EASE 软件建立电声学模拟	182
一、	选择扬声器	182
二、	确定扬声器的瞄向	182
第四节	EASE 工程项目的检查与修正	183
一、	工程项目的一般检查	183
二、	声场特性的检查与修正	183
三、	声音质量效果的检查	185
第八章	音质主观评价	188
第一节	音质评价的意义与评定方法	188
一、	音质评价的意义	188
二、	音质评价的术语	188
三、	评定小组的组成	189

四、评定方法	190
第二节 审听室的技术性能	194
一、容积	194
二、各边比例	194
三、混响时间	194
四、噪声级	194
五、审听人员的位置	195
六、审听区内的声级和传输频率特性	195
七、审听室内吸声材料的布置	196
八、其他干扰	196
九、灯光	196
十、室内气候条件	196
十一、室内颜色	196
第三节 评价用电声设备的技术要求	196
一、磁带录音机	196
二、调音控制台	197
三、功率放大器	197
四、监听扬声器箱的声学特性	198
五、耳机的特性	198
六、CD 唱机	198
七、家用监听系统	198
第九章 音响设备的使用与维修	199
第一节 音响设备的使用	199
一、正确进行系统配置与连接	199
二、养成正确的开机关机顺序习惯	199
三、防止声反馈引起的啸叫	199
四、晶闸管干扰及防止措施	202
五、避免损坏扩音机和扬声器的措施	204
第二节 扩声系统设备故障检修的基本方法	204
一、直接观察法	205
二、测量电压法	205
三、测量电阻法	205
四、器件替代法	206
五、波形观察法	207
六、触击检查法	207
七、模拟检查法	207
八、电路分割法	208
九、在线测量法	208
十、短接旁路法	209

第三节 系统设备常见故障的检修程序 209
 一、无声故障 209
 二、电源故障 210
 三、扬声器故障 212
 四、主放大器故障 212
 五、立体声设备一个声道故障 215
 六、AV 放大器及调音台常见故障 215
 第四节 音响系统故障维修实例 216

第四章 MIDI（乐器数字接口）

MIDI 是英文 Music Instrument Digital Interface 的缩写，意为乐器数字接口，也译作迷迪。它是由一些国家的电子乐器制造厂家于 1983 年共同制订的供电子乐器间以数字信号进行传输的标准，随后得到了国际的承认，并颁布了 MIDI 标准（即 MIDI 1.0 标准）。

随着各种电子乐器的普及，MIDI 已从狭义的“乐器数字接口”发展成为以此为基础的新的声频制作系统，为录音、声频与视频节目制作，以及作曲等提供了新的手段。目前，以合成器音源及音序器（或装有音序软件的附有 MIDI 接口的计算机）为主体的电子音乐工作室正在录音和音乐制作领域得到广泛应用。

第一节 MIDI 的硬件

装有 MIDI 接口的乐器及控制设备（时序器、声音效果处理器及计算机等）一般都包含一个接收器和一个发送器。个别设备可能只包括一个接收器或一个发送器。接收器用来接收 MIDI 信息并执行 MIDI 的指令，它由光隔离器做成的光耦合器件、通用异步接收/发送器和其他硬件组成。发送器将产生的 MIDI 格式信号通过通用异步接收/发送器和线路驱动器发送出去。图 4-1 所示为 MIDI 标准硬件电路图。

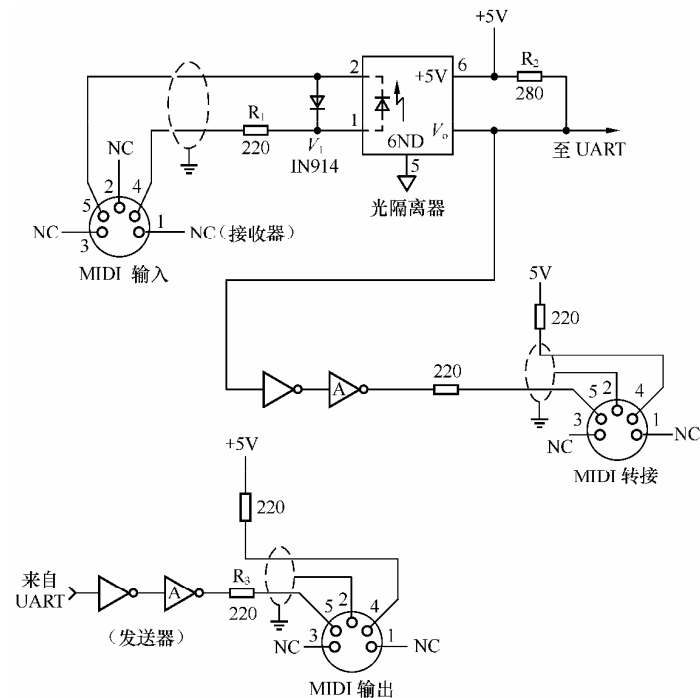


图 4-1 MIDI 标准硬件电路图

根据 MIDI 数据格式，每 10bit 组成一个字节，用来表示一个信息内容。其中起始比特（逻辑“0”）和终止比特（逻辑“1”）各占 1bit，另外 8bit 为数据比特。MIDI 接口以 31.25kbit/s 的传输速率进行串行传输，因此传输一个信息内容大约需要 320μs。MIDI 标准硬件电路是一个 5mA 的电流回路。逻辑“0”时电路导通，每一个输出只激励一个输入。接收器是由光耦合元件构成。电流小于 5mA 即可工作。采用的是高速光耦合器件，只要上升和下降时间小于 2μs 即可。

连接器使用 5 芯的 DIN 插座，连接器的插口标有“MIDI 输入”(MIDI IN)和“MIDI 输出”(MIDI OUT)。“MIDI 输入”是乐器接收外来信息的输入口；“MIDI 输出”是乐器本身产生信息的输出口。标有 1 和 3 的插脚不用，在接收器和发送器上空着不连接。

MIDI 连接线的最大长度为 15m，连线的两端装有 5 芯的 MIDI 插头。连接线为有屏蔽层的双芯扭线，屏蔽层接在输出端插头的脚 2 上。

根据情况，还可以设有“MIDI 转接”(MIDI THRU)输出口，它是用来将“MIDI 输入”来的信息原样地转接给其他乐器的信息出口。如果系统转接三件以上乐器时，就应使用 MIDI 转接盒，以免累积的上升/下降时间误差影响 MIDI 信息脉冲宽度的工作周期。图 4-2 示出了 MIDI 插口和连接线，图 4-3 为 MIDI 乐器连接示意图，图 4-4 为使用 MIDI 转接盒的连接示意图。

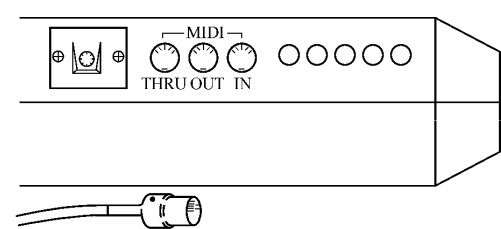


图 4-2 MIDI 插口和连接线

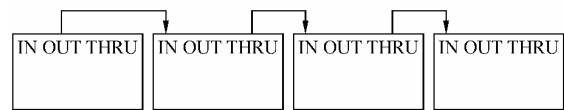


图 4-3 MIDI 乐器连接示意图

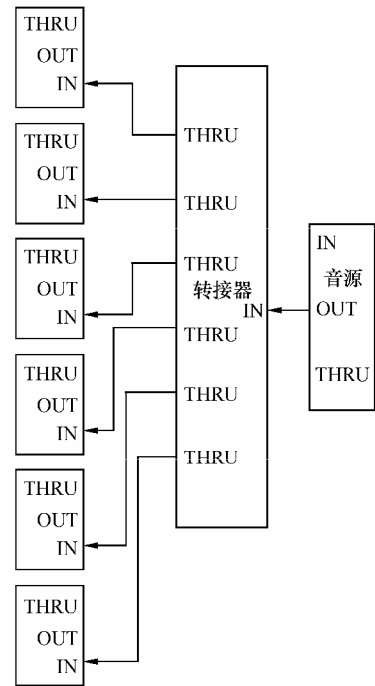


图 4-4 使用 MIDI 转接盒的连接示意图

第二节 MIDI 信息的组成

MIDI 信息可分为两大类，即通道信息和系统信息，如图 4-5 所示。

MIDI 信息的基本单位是字节。每一个字节是由 8bit 组成。因此，一个字节可表示 256 (2^8) 种信息。为了传送的需要，MIDI 规定传送的格式为 1bit 起始位，8bit 数据位和 1bit 终止位。所以，实际的一个字节为 10bit，其中起始比特为“0”，终止比特为“1”。

一个 MIDI 指令是由 1~3 个连续的字节组成。所有 MIDI 传输连络都是由一个状态字节和紧随的一个或两个数据字节组成。

系统中的实时信息中没有数据字节，专用信息的数据字节可以多于两个。

状态字节与数据字节的组成如图 4-6 所示。

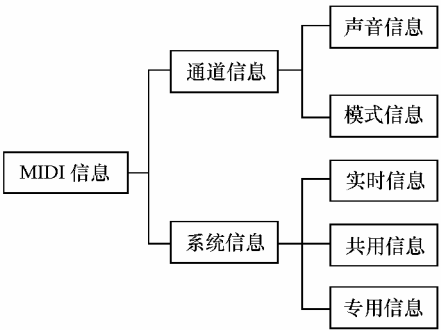


图 4-5 MIDI 信息种类图

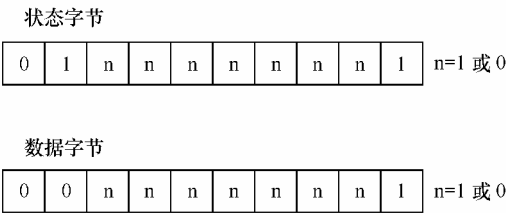


图 4-6 状态字节与数据字节

一、通道信息

通道信息中的声音信息包括：按键信息、离键信息、复合键触后信息、控制器信息、音色改变信息、通道触后信息和弯音信息。

1. 通道声音信息

(1) 按键信息

按键信息，如图 4-7 所示。

其中通道信息由 4bit 组成，表示 16 个 MIDI 通道的任何一个。数据字节 1 表示音值 (0~127)，在 GI 键的键盘上，音值 36 表示最低音符键，音值代表一个音符的键位，并不决定音高，音高是由许多其他参数决定的。例如不同音色在同一键上的音高就不相同。第二数据字节表示击键力度 (0~127)，数值越大，击键力度越大。

(2) 离键信息

离键信息，如图 4-8 所示。



图 4-7 按键信息



图 4-8 离键信息

其中离键速度通常决定被弹奏的音符在琴键释放后的衰减速率。

(3) 复合键触后信息

复合键触后信息，如图 4-9 所示。

这一信息表示作用在单独某键上的压力，它通常表示对单音附加的颤音，压力值（0~127）越大，颤音音量越大。将这一功能加到键盘上，将使乐器成本加大，因此它要为每一个键配置一个压力传感器，传感器将压力值传送给微处理器。所以只在一些高档合成器中有此功能。

(4) 控制器

控制器信息，如图 4-10 所示。

1	0	1	0	通道信息
0	音值			
0	压力值			

图 4-9 复合键触后信息

1	0	1	1	通道信息
0	控制器编码			
0	数值			

图 4-10 控制器信息

MIDI 可提供 128 种控制器的控制，其中 0~31 为低分辨连续可变的控制器号，32~63 为高分辨连续可变控制器号，64~95 为控制开关信息（通/断）的控制器号，96~122 属未定义区，123~127 为控制通道方式的控制器号。但实际只允许有 32 种控制器，每种控制器可使用两组指令，即 MSB（最高位）数据字节和 LSB（最低位）数据字节。

下面举出几个控制器编号所对应的控制：1. 调制轮；2. 气息控制器；4. 踏板控制器；5. 滑音时间；6. 数据输入；7. 主音量；64. 延音踏板；65. 滑音开关。

控制数据对于控制器为 0~127，对于开关为 0（断开）和 127（接通）。

(5) 音色改变信息

音色改变信息，如图 4-11 所示。

它只有一个数据字节，在使用该指令时，必须搞清“从乐器”中每一种音色所对应的音色号，一般不同牌号或型号的合成器及音源的音色号所对应的音色是不同的。也有的合成器或音源的音色排列是按 GS 标准排列的，则音色与音色号是一一对应的，不会发生变化，为使用自动配器软件，提供了很大方便。

(6) 通道触后信息

通道触后信息，如图 4-12 所示。

1	1	0	0	通道信息
0	音色号			

图 4-11 音色改变信息

1	1	0	1	通道信息
0	压力数值			

图 4-12 通道触后信息

它只有一个数据字节。压力数值表示作用在整个键盘上的压力，数值越大，颤音音量越强。另外，通道触后可改变许多参数，参数的变化范围取决于合成器的功能和音色。例如可控制音量、调制电平、音色的明亮度（即滤波器的截止频率）、低频振荡器的频率等。

(7) 弯音信息

弯音信息，如图 4-13 所示。

由于弯音效果要经常使用，所以在控制器指令以外，又单独设立了弯音指令。这一指令有两个数据，可有 14bit (0~16384) 级音调变化。数值 8192 为中间值，表示无音调变化，小于 8192 为音调变低，大于 8192 为音调变高。数值偏离 8192 越多，音调变化越大。

2. 通道模式信息

通道模式信息，如图 4-14 所示。

1	1	1	0	通道信息
0	低数据字节			
0	高数据字节			

图 4-13 弯音信息

1	0	0	1	通道信息			
1	c	c	c	c	c	c	c
1	v	v	v	v	v	v	v

图 4-14 通道模式信息

通道模式信息有两个数据字节，表示下列几种模式：

- (1) c c c c c c c=122 时为本机控制。
v v v v v v v=1 时为本机控制断开。
v v v v v v v=0 时为本机控制接通。
- (2) c c c c c c c=123 时，关闭所有音符对应的键。
v v v v v v v=0
- (3) c c c c c c c=124 时，全部接收为断开状态（所有音符对应的键断开）。
v v v v v v v=0
- (4) c c c c c c c=125 时，全部接收为接通状态（所有音符对应的键接通）。
v v v v v v v=0
- (5) c c c c c c c=126 时，单音色模式接通（复合音色模式断开，所有音符对应的键断开）。
v v v v v v v=M (M 为通道号)
v v v v v v v=0，表示这时的通道与接收通道相同。
- (6) c c c c c c c=127 时，复音色模式接通（单音色模式断开，所有音符对应的键断开）。
v v v v v v v=0

二、系统信息

1. 系统共用信息

状态字节如图 4-15 所示。其中：

当 ttt=1、4、5 时为未定义状态；

当 ttt=2 时为乐曲位置指示器；

1111111 为指示器低字节；

hhhhhhh 为指示器高字节。

乐曲位置指示器是一个内部寄存器，存有从乐曲开始后的 MIDI 节拍数（1 拍=6 个 MIDI 时钟）。当开始开关按下时，指示器被置为 0，并开始重放，每接收到 6 个 MIDI 时钟时，递增 1 拍，按停止键，则保持当时的数值，按动继续键，则继续递增。

当 ttt=3 时为乐曲选择指令，有一个数据字节。乐曲选择指令，用以指定演奏的乐曲和时

序器号。

当 ttt=6 时为调谐请求，它无数据字节，表示对合成器中的振荡器进行调谐。

当 ttt=7 时表示系统专用信息终止。

2. 系统实时信息

状态字节如图 4-16 所示。

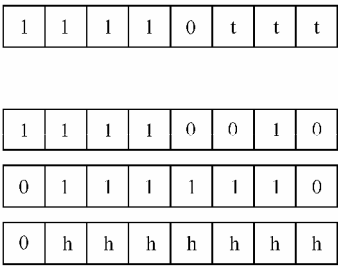


图 4-15 系统共用信息状态字节

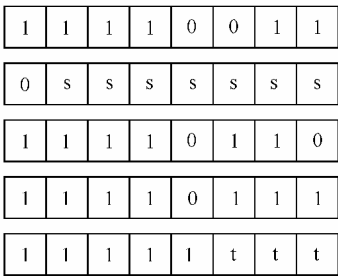


图 4-16 系统实时信息状态字节

实时信息无数据字节，它可实时地对系统进行同步，并且可在任意时刻进行传输（即将它在信息的状态字节的后面或在两个或两个以上的数据字节中插入）。

当 ttt=0（F8H）为时钟信息。它对系统同步，并以 24 个时钟/四分音符的速度发送。

当 ttt=1、5 时为未定义状态。

当 ttt=2（FAH）为时序开始信息。当音序器或鼓机的起始开关按下时，发送端立即送出该信息。

当 ttt=3（FBH）为时序继续信息。

当 ttt=4（FCH）为时序停止信息。

当 ttt=6（FEH）为伪状态字节，它以 300ms 速度被发送或接收。当接收到一个（FEH）后 300ms 内无（FBH）信息传送过来，则机器关闭声音，处于正常操作状态。

当 ttt=7（FFH），系统被复位，即系统恢复刚开始的状态。

3. 系统专用信息

格式如图 4-17 所示。

其中状态字节（F0H）之后的字节为各制造厂家的识别码。如 Roland 的 ID=41H；YAMAHA 的 ID=43H；Kamai 的 ID=40H；Casio 的 ID=44H；Korg 的 ID=42H；E-mu 的 ID=18H 等。专用信息的数据字节可以是任意的，只要数据字节的最高位为 0 即可。

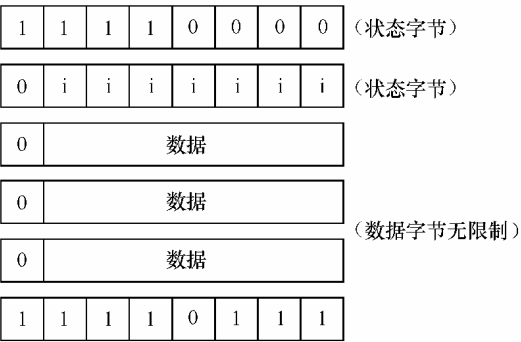


图 4-17 系统专用信息格式

第三节 MIDI 制作系统中的设备

一、概述

MIDI 制作系统中的主要设备有键盘合成器、音源、鼓机、音序器、MIDI 效果器等。在传统的音乐节目制作中，通常都是在录音室中，利用传声器拾取乐器的演奏声，采用