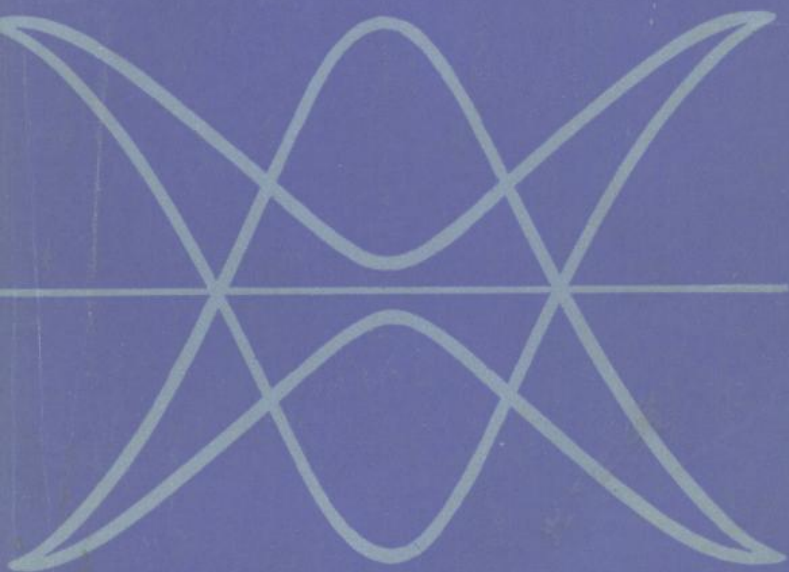


数字 传输系统

[英] P. 比兰斯基 D. G. W. 英格兰姆 著



迟 惠 生 译

人 民 邮 电 出 版 社

数字传输系统

[英] P.比 兰 斯 基 著
D.G.W. 英格兰姆

迟 惠 生 译

人民邮电出版社

Digital Transmission Systems

P. Bylanski

D.G.W. Ingram

First Published 1976

内 容 提 要

本书对数字传输系统的历史背景、各种传输业务的性能要求,传输系统的规划、传输信道和介质、数字传输系统的设计因素及其实现以及数字传输系统的发展等各个方面作了较为全面的分析、介绍和评述。可供数字通信系统的研究、设计和规划人员阅读,也可供电信专业院校师生参考。

数 字 传 输 系 统

〔英〕 P·比 兰 斯 基 著

D·G·W·英 格 兰 姆

迟 惠 生 译

*

人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北 京 东 长 安 街 27 号

天 津 市 第 一 印 刷 厂 印 刷

新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行

各 地 新 华 书 店 经 售

*

开 本: 787 × 1092 1/32 1979 年 6 月 第 一 版

印 张: 14⁸/32 页 数: 228 1979 年 6 月 天 津 第 1 次 印 刷

字 数: 323 千 字 印 数: 1—23,700 册

统 一 书 号: 15045·总 2301·有 5120

定 价: 1.45 元

译者前言

自六十年代初期数字通信系统投入使用以来，由于它显现出许多重要的优点而受到高度重视。十多年来，它的发展速度是很快的。当前有两个重要的趋势值得注意。一个是电子计算机和电信更紧密地相结合，会促进全数字化的综合业务网迅速发展。一个是低耗光缆的问世，会对大容量数字通信系统的发展予以极大的推动。可以预见，在本世纪末，整个通信的面貌将会大为改观。

数字通信所涉及的研究方面较为广泛，但系统性的专著比较缺少。本书就数字通信的一个方面——数字传输系统进行了较为完整的介绍，内容比较实际。但是，由于数字通信的发展非常迅速，所以，书中对一些问题的看法必不可免地会跟不上形势的发展。这是可以理解的。

鉴于我国数字通信事业正在发展，因而翻译了此书以供有关读者参考。由于译者水平不高，专业知识比较欠缺，错讹之处在所难免，恳请读者批评教正。

在本书翻译过程中，得到了张至善先生的许多指导和帮助，他还挤时间审阅了本书的前四章，在此表示衷心的感谢。

一九七七年十二月于
北京大学无线电电子学系

原 作 者 序

近年来，我们在从事有关数字通信系统的工作中日益感到存在两个方面的问题。首先，在这一领域中涌现的技术文章越来越多，但却很少对它进行评价并加以完整地介绍。其次，大部份已发表的材料来自学术研究的成果，自然就比较偏重开阔思想的探索性研究，而对通信工程技术人员实际感到重要的方面则有所忽视。当我们开始准备写作本书时，觉得应当改变这种状况。所以，应把本书看作是一本参考性的评述著作，而不是一本指导性的教科书。它主要是为从事数字通信（特别是数字传输系统及其有关领域）的研究、发展与规划的工程师和科研工作者而写的，使他们对当前的发展状况有一个概括的了解。对于讲授电信课程的教师，本书也能提供有用的背景材料。虽然我们不能向高年级大学生推荐全书，但希望他们能抽出一些时间来阅读本书的有关章节，从而对在组成大型而复杂的通信系统时所遇到的一些引人入胜的问题会得到某种概念。

由于各种经济上的原因限制了本书的篇幅，所以为使内容比较详细起见，我们只好大量列举参考资料来加以弥补。尽管这样作有点令人遗憾，但除此而外我们想不出更好的办法。我们尽量选择那些容易得到的参考资料；除了一些参考书和期刊外，还选列了一些会议报告和文件。

在讨论数字传输系统的有关问题时，我们使用了三种基本方法，即理论的、规划的和实际的方法。我们发现，原以为分量合适的理论部分实际上所占的篇幅却加大了。但是，由于主要是运用理论来分析解决与实际系统特性确实有关的问题，所以我们并没有过多地进行数学公式推导。凡是对解决实际问题

意义不大的数学推导过程，我们都尽量加以避免，而在每章后面补充一些有关资料。

我们感到，系统的规划方面至今尚未受到充分注意。我们力求概要而明确地说明一些国际组织（如国际电信联盟的各委员会）所通过的某些建议。我们还力图为进一步探讨这些问题提供一些指导性的线索。

同时，我们还试图自始至终地保持从实际出发来探讨问题的风格，即使在本书的理论部分也同样如此；但对详细讨论电路方面的内容却不得不割爱了。

本书基本题目的组成次序如下：第一章，历史背景；第二至第五章，所要传输的各种业务，它们的性能要求及其规划；第六至第八章，信道介质；第九至第十三章，各种设计因素；第十四至第十六章，实现设计问题及实际状况。

本书在很大程度上反映了在电信工业中我们一些同事的共同努力成果。

P.比兰斯基

D.G.W.英格兰姆

一九七五年八月

符号和缩写

a.s.k., f.s.k., p.s.k., q.s.k.	= 振幅键控, 频移键控, 相移键控, 正交键控
a.s.k.n.等	= 具有 n 个状态的 a.s.k.等, 如 a.s.k. 4
c.a.s.k.等	= 相干振幅键控等
d.p.s.k.	= 差分相移键控
dBm	= 相对于一毫瓦的信号电平
dBm 0	= 在系统中规定的参考点上用 dBm 表示的信号电平
dBm0p	= 同上, 噪声计加权后, 一般指噪声
d.s.v.	= 数字和变差
f.d.m.	= 频分复用
f.e.x.t.	= 远端串音
h.r.c.	= 假设参考电路
n.e.x.t.	= 近端串音
P_e	= 差错概率
p.c.m.	= 脉码调制
pW0	= 在系统中规定的参考点上用微瓦表示的信号电平
pW0p	= 同上, 噪声计加权
$\text{sinc } x$	= $(\sin x)/x$
s.d.r.	= 信号/失真比
s.n.r.	= 信号/噪声比

t.d.m.

= 时分复用

σ

= 均方根值

$$\overline{\Phi}\left(\frac{h}{\sigma}\right) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{h}{\sigma}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{h}{\sigma}}^{\infty} e^{-x^2/2} dx$$

目 录

第一章 概述与历史背景	1
1.1 数字通信概述.....	1
1.2 关于传输的早期想法.....	6
1.3 编码的发展.....	10
1.4 共用传输通路及复用.....	14
1.5 巩固时期——电话的冲击.....	18
1.6 噪声和串音的发现.....	19
1.7 信息论和关于编码的现代思想.....	22
1.8 模拟信号的数字传输.....	23
1.9 新型传输介质.....	25
1.10 脉码调制的使用.....	27
1.11 目前状况.....	28
1.12 参考资料.....	30
第二章 数字系统的减损	31
2.1 减损的根源.....	31
2.2 量化的影响.....	35
2.2.1 量化器的三个区域.....	35
2.2.2 量化失真的分布及功率.....	36
2.2.3 量化器限幅失真功率.....	38
2.2.4 量化器空载失真功率.....	40
2.2.5 量化器减损曲线.....	40
2.2.6 压扩.....	42
2.2.7 量化失真频谱.....	44
2.2.8 量化定理及规则.....	44

2.2.9	高频信号	45
2.3	抽样的含义	45
2.3.1	抽样定理	48
2.3.2	抽样系统中的带内功率	49
2.3.3	频率高于 $2W$ 的抽样	51
2.4	抽样量化	52
2.4.1	抽样量化器的失真	53
2.4.2	抽样系统中量化失真频谱	53
2.5	由于抖动引起的减损	54
2.6	由于解码差错引起的减损	58
2.7	由于帧失步引起的减损	60
2.8	参考资料	62
第三章 系统规划原理		63
3.1	系统结构	64
3.2	减损的积累	65
3.3	模拟传输的参考电路	67
3.3.1	电话假设参考接续	67
3.3.2	电视假设参考接续	74
3.4	数字传输的系统规划	75
3.5	参考资料	77
第四章 各种传输业务		78
4.1	一般规划	78
4.2	语言	80
4.2.1	A律和 μ 律压扩	81
4.3	数据	86
4.4	载波群信号	87
4.4.1	脉码调制编解码器的载波群信号负载	90

4.4.2	举例：载波超群信号	91
4.4.3	载波群信号的抽样	92
4.5	电视	95
4.6	可视电话	98
4.7	声音节目	99
4.8	小结	101
4.9	参考资料	102
第五章	复用	103
5.1	要求与规定	103
5.2	基本概念	104
5.3	帧结构	105
5.4	帧同步系统	110
5.4.1	状态过渡图	110
5.4.2	失步检测	114
5.4.3	母函数	117
5.4.4	检测时间	118
5.4.5	计数器系统的检测概率	119
5.4.6	实际值与最佳帧长	120
5.4.7	假失锁	121
5.4.8	再同步	123
5.4.9	选择帧同步码	128
5.4.10	分散的帧同步码字	132
5.5	复用引起的抖动与串音	134
5.6	非同步输入与码速调整	134
5.7	复用系列	139
5.8	实际复用结构	141
5.9	参考资料	146

第六章 传输线理论	148
6·1 在频域中的主要特性	149
6·2 导线阻抗与趋肤效应	153
6·2·1 与频率有关的线路参量	154
6·3 复杂情况下的导线阻抗	157
6·4 介电损耗	159
6·5 多导线线路与串音	160
6·6 时域特性	165
6·7 不规则线路	178
6·8 参考资料	181
第七章 实用的传输线	182
7·1 引言	182
7·2 音频对称电缆	183
7·3 高频对称电缆	189
7·4 明线线路	190
7·5 干线同轴电缆	191
7·6 连接电缆	200
7·7 参考资料	202
第八章 其他传输介质	203
8·1 引言	203
8·2 微波无线电传输	204
8·3 波导传输	206
8·4 光传输	207
8·5 模拟交换系统传输	208
8·6 参考资料	209
第九章 再生与波形传输	210
9·1 再生的基本功能	210

9•2	信噪比和误码率	212
9•3	差错在中继器链路上的积累	215
9•4	码间干扰和眼图	217
9•5	接收波形准则	219
9•6	基本缺陷	226
9•7	差错性能的统计评定	229
9•8	理论和实践上的最佳再生	230
9•9	参考资料	233
第十章	定时提取和抖动	234
10•1	定时的不规则及其影响	234
10•1•1	抖动的含义	235
10•1•2	规则抖动与低频抖动	238
10•2	定时信号的存在方式	239
10•3	单个再生器内的定时抖动	246
10•3•1	槽路失谐	248
10•3•2	门限检测器失调	250
10•3•3	输入脉冲形状的影响	252
10•4	定时抖动的积累	252
10•4•1	调谐电路/调相的响应	252
10•4•2	在再生器链路中定时抖动的相加	253
10•4•3	测量单个再生器的抖动	255
10•4•4	规则脉冲图形抖动的积累	256
10•5	码速调整引起的抖动	258
10•5•1	码速调整抖动的计算	258
10•6	减少抖动	263
10•7	参考资料	265
第十一章	传输码型	266

11.1	传输编码的功能	266
11.2	通透性	267
11.3	唯一可解码性	267
11.4	效率	268
11.4.1	冗余度	269
11.5	纠错、检错和监错	270
11.5.1	检错与纠错技术	272
11.5.2	最小距离	275
11.5.3	奇偶监督矩阵	277
11.6	频谱成形	279
11.6.1	频谱成形技术	280
11.6.2	减少低频能量	288
11.6.3	减少高频能量	290
11.6.4	引入频谱零点	293
11.7	定时信息	293
11.8	信号振幅信息	294
11.9	帧含量	294
11.10	差错的扩展	294
11.11	实用传输码型	295
11.11.1	纠错码	295
11.11.2	有限二进制码	296
11.11.3	双极性码	297
11.11.4	4B3T码	300
11.11.5	其它码型	302
11.12	参考资料	304
第十二章	基带系统设计	305
12.1	容量和线路速率	305

12·2	基本设计步骤	307
12·3	均衡与发送脉冲形状	312
12·4	串音限制系统	318
12·5	容限与工作边际	321
12·6	其它设计特点	332
12·6·1	简便的经验设计	332
12·6·2	混合数字/模拟系统	334
12·6·3	量化反馈	336
12·7	参考资料	338
第十三章	数字调制的载波系统	339
13·1	载波数字传输	339
13·2	最佳数字调制及解调	340
13·2·1	信号在信号空间的表示	341
13·2·2	最佳检测	341
13·2·3	非相干检测	345
13·3	相加噪声中的误码率	349
13·3·1	最佳二进制调制的 P_e	350
13·3·2	最佳多电平调制的 P_e	350
13·3·3	对 P_e 的解释	352
13·3·4	最佳系统的 P_e 公式	353
13·4	数字调制的频谱	356
13·4·1	调幅	357
13·4·2	信噪比定义	359
13·4·3	调角过程的频谱	359
13·4·4	相移键控的频谱	363
13·4·5	频移键控的频谱	364
13·5	滤波、失真和干扰的影响	365

13.6	组合调制系统	369
13.6.1	非相干载波调制	373
13.7	数字调制系统的比较	374
13.8	某些非最佳检测的方案	377
13.9	参考资料	378
第十四章	实现设计的各方面问题	380
14.1	基带系统	380
14.2	基带放大器与均衡	383
14.3	定时分系统	384
14.4	再生中继器	391
14.5	通过线路作远距离供电	394
14.6	载波系统中的同步	395
14.7	参考资料	398
第十五章	监测系统 and 故障定位	399
15.1	引言	399
15.2	所需设备	400
15.3	系统构成的原则	401
15.4	实现方法	402
15.5	参考资料	407
第十六章	现代的系统及其发展	408
16.1	世界近况	408
16.1.1	北美的发展	408
16.1.2	日本的发展	413
16.1.3	欧洲的发展	414
16.2	有关方面的动态	415
16.2.1	数字交换	415
16.2.2	数字卫星系统	416

16·2·3	专用系统	418
16·3	未来的趋势	418
16·3·1	大容量系统	419
16·3·2	更广泛的渗透	419
16·4	参考资料	420
附录	某些传输码型的简要说明	421
索引	431