

调制解调器原理、 选用与测试

●于康友 封化民 李 杨 方 勇 编



●电子工业出版社

33.7612

调制解调器原理、选用与测试

于康友 封化民 编
李 杨 方 勇

電子工業出版社

9645/12
(京)新登字 055 号

图书在版编目(CIP)数据

调制解调器原理、选用与测试/于康友等编.
-北京:电子工业出版社,1994.9
ISBN 7-5053-2552-3

I. 调…

II. 于…

III. 调制解调器-选型-性能测试

IV. TN76

电子工业出版社出版
北京市海淀区万寿路 173 信箱 (100036)
电子工业出版社发行 各地新华书店经销
电子工业出版社排版室排版
北京市顺义县天竺颖华印刷厂印刷

*

开本:850×1168 毫米 1/32 印张:7.625 字数:198 千字

1994 年 10 月第一版 1994 年 10 月第一次印刷

印数:6000 册 定价:9.00 元

0000164

前 言

本书由浅入深地介绍了调制解调器的基本工作原理以及目前市场上常见调制解调器的性能和特点。本书可作为初学者的入门教材;对工程技术人员所关心的诸如调制解调器的选型、测试及应用等问题作了比较全面的阐述;并详细介绍了 CCITT 关于调制解调器的 V 系列标准及 BELL 标准。各章主要内容如下:

第 1 章从最基本的信源开始,介绍了数字通信的基本原理以及调制解调器在通信过程中所起的作用。

第 2 章介绍调制方法,从最基本的 ASK 到 80 年代的最新技术——TCM。

第 3 章介绍目前世界调制解调器制造商所遵循的标准。主要是 CCITT 的有关建议及 BELL 标准。

第 4 章介绍目前市场上常见调制解调器的性能与特点。本章中有大量详实的数据,包括 90 年代的最新产品,对应用者有很大的参考价值。

第 5 章介绍目前比较流行的智能型调制解调器,特别是标准命令集及数据压缩与差错控制的 MNP 标准。

第 6 章介绍选择调制解调器需考虑的问题。这是工程技术人员比较关心又是一个十分现实的问题,这个问题考虑得好能使投资发挥最大的效益。

第 7 章介绍调制解调器的性能测试及常见故障检测。

本书作者都是在数据通信领域中长期从事科研与教学工作的,其中许多内容是他们多年积累的经验。本书第 1 章由王仲文编写,第 2 章由于康友编写,第 3 章由李杨编写,第 4、7 章由封化民编写,第 5、6 章由方勇编写。全书由于康友统一编写提纲,并对

全书进行了统一审核修改。

由于作者水平有限,疏漏之处在所难免,希广大读者批评指正!

作 者

一九九三年十二月于北京

内 容 提 要

本书由浅入深地介绍了调制解调器的基本工作原理以及目前市场上常见调制解调器的性能和特点,比较全面地说明了智能调制解调器的 AT 命令集、寄存器、MNP 纠错协议和 CROSSTALK 通信软件,对调制解调器的选型、性能测试、故障分析和应用等也有详细的介绍。系统地介绍了 CCITT 关于调制解调器的 V 系列标准及 BELL 标准。

本书可作为初学者的入门教材,也是通信和计算机应用领域的工程技术人员的实用参考书。

328-565

335-1

6.0717

目 录

前 言

第 1 章 调制解调器概述 (1)

1.1 数字信号的基本特征 (1)

1.2 信道..... (3)

1.3 调制解调器的作用 (6)

第 2 章 调制方法及其性能 (12)

2.1 信号调制的基本原理 (12)

2.2 基本数字调制方法 (13)

2.2.1 幅移键控(ASK)..... (13)

2.2.2 频移键控(FSK) (14)

2.2.3 相移键控(PSK) (15)

2.3 其它调制方法 (16)

2.3.1 多进制调制 (16)

2.3.2 正交调幅(QAM) (21)

2.3.3 网格编码调制(TCM) (24)

2.4 调制解调器的速率 (27)

2.5 各种调制方式的性能比较 (29)

第 3 章 有关调制解调器的标准与建议 (34)

3.1 CCITT 关于调制解调器的建议 (34)

3.1.1 V. 21 公共交换电话网中使用的标准化 300bps 双工调制解调器 (34)

3.1.2 V. 22 公共交换电话网和点对点两线租用电话型 电路上使用的标准化 1200bps 双工调制解调器 (35)

3.1.3 V. 22bis 公共交换电话网和点对点租用电话型 路上使用的采用频率分割技术的标准化 2400bps

双工调制解调器	(37)
3.1.4 V.23 公共交换电话网中使用的标准化 600/ 1200 波特调制解调器	(39)
3.1.5 V.26 四线租用电话型电路上使用的标准化 2400bps 调制解调器	(40)
3.1.6 V.26bis 公共交换电话网中使用的标准化 2400/ 1200bps 调制解调器	(41)
3.1.7 V.26ter 公共交换电话网和点对点两线租用电话 型电路上使用的标准化 2400bps 使用回波消除 技术的双工调制解调器	(42)
3.1.8 V.27 租用电话型电路上使用的标准化 4800bps 带人工均衡器的调制解调器	(44)
3.1.9 V.27bis 租用电话型电路上使用的标准化 4800/ 2400bps 带自动均衡器的调制解调器	(45)
3.1.10 V.27ter 公共交换电话网中使用的标准化 4800/2400bps 调制解调器	(47)
3.1.11 V.29 点对点四线租用电话型电路上使用的 标准化 9600bps 调制解调器	(48)
3.1.12 V.32 公共交换电话网和租用话路上使用的、 以高达 9600bps 的数据传信率操作的两线双工 调制解调器系列	(52)
3.1.13 V.33 点对点租用型电话电路上使用的标准化 14400bps 调制解调器	(59)
3.2 Bell System 标准	(64)
3.2.1 Bell System 103/113	(65)
3.2.2 Bell System 212A	(66)
3.2.3 Bell System 202	(67)
3.2.4 Bell System 208	(67)
3.3 关于纠/检错及数据压缩的建议与标准	(68)
3.3.1 V.42 使用异步-同步变换 DCE 用的错误校正规程	(68)
3.3.2 MNP 标准	(69)
3.4 同步数据传输的数据传信率标准	(71)

3.4.1	V.5 公共交换电话网中同步数据传输的数据 传信速率的标准化	(71)
3.4.2	V.6 租用电话型电路上同步数据传输的数据 传信速率的标准化	(71)
3.5	V.7 电话网上数据通信术语的定义说明	(72)
第4章	典型调制解调器的性能与特点	(74)
4.1	调制解调器的种类与性能	(74)
4.1.1	调制解调器的主要功能	(74)
4.1.2	调制解调器的种类	(74)
4.1.3	调制解调器的主要性能指标	(76)
4.1.4	调制解调器的技术发展	(76)
4.2	典型调制解调器的性能与特点	(77)
4.2.1	HAYES SMARTMODEM 系列	(78)
4.2.2	MOTOROLA USD 系列	(82)
4.2.3	英国雷卡公司的调制解调器系列	(89)
4.2.4	MULTITECH 调制解调器	(98)
4.2.5	天津无线电五厂的调制解调器	(105)
4.2.6	邮电部数据通信技术研究所的调制解调器	(115)
第5章	智能型调制解调器	(117)
5.1	智能型调制解调器概述	(117)
5.2	智能型调制解调器的命令集	(119)
5.2.1	AT 命令使用概要	(119)
5.2.2	Hayes AT 命令集详解	(123)
5.2.3	MNP 控制的 AT 命令详解	(137)
5.3	智能型调制解调器寄存器详解	(143)
5.4	MODEM 差错检测与控制	(151)
5.4.1	差错检测与控制概述	(151)
5.4.2	MNP 纠错协议	(151)
5.4.3	MNP 各级功能介绍	(155)
5.4.4	LAP-M 规程	(158)
5.4.5	MNP 规程与 LAP-M 的比较	(160)

5.5	CROSSTALK 通信软件及使用	(161)
5.5.1	CROSSTALK 通信软件介绍	(161)
5.5.2	XTALK 的使用	(164)
5.5.3	CROSSTALK 命令一览表	(166)
第6章	选择调制解调器时需考虑的问题	(185)
6.1	理解 MODEM	(185)
6.2	产生与发展状况	(185)
6.3	功能简介	(188)
6.4	MODEM 分类	(193)
6.5	工作原理	(194)
6.5.1	MODEM 的组成	(194)
6.5.2	各部分的功能与组成	(194)
6.6	MODEM 的技术性能与兼容性	(196)
6.6.1	标准	(196)
6.6.2	速率	(197)
6.6.3	电话线路连接方式	(198)
6.6.4	工作方式	(198)
6.6.5	数据格式	(199)
6.6.6	调制方式	(200)
6.6.7	均衡方式	(200)
6.6.8	应答呼叫方式	(201)
6.6.9	差错控制方式	(201)
6.6.10	软件兼容性	(201)
6.7	生产厂家与 MODEM 产品简介	(202)
6.8	MODEM 的使用	(205)
6.8.1	MODEM 的安装与连接	(205)
6.8.2	MODEM 指示灯说明	(206)
6.8.3	MODEM 的使用	(208)
6.9	MODEM 的进网管理及技术要求	(209)
6.9.1	MODEM 的进网管理	(209)
6.9.2	MODEM 进网标准接口	(210)

6.9.3	MODEM 进网传输能力的基本要求	(211)
6.9.4	MODEM 进网检测动态(购买 MODEM 应考虑的因素)	(212)
6.9.5	进网注意事项	(213)
第 7 章	调制解调器的测试及故障分析	(214)
7.1	调制解调器各指示器的标记意义	(214)
7.2	调制解调器的测试	(219)
7.2.1	自测试	(219)
7.2.2	回路测试	(221)
7.2.3	S16 寄存器与其测试功能	(225)
7.3	调制解调器故障测试	(227)
7.3.1	电话拨号故障测试	(227)
7.3.2	RAM 存储器测试	(227)
7.3.3	非易失性(永久性)存储器测试	(228)
7.3.4	电话线路中继测试	(228)
7.3.5	电话线路测试	(228)
7.3.6	振铃测试	(229)
7.4	调制解调器常见故障的识别与排除	(229)
参考文献		(233)

第1章 调制解调器概述

调制解调器对许多人来说是比较陌生的,人们对它的认识仅仅局限于名称。这一章我们将从数字信号的基本特征开始,通过对整个数据传输过程所涉及到的各个主要环节的介绍,把调制解调器的作用及基本工作原理概要介绍一下,为后续各章打一个基础。同时,通过这一章可以了解数据传输的基本原理以及调制解调器的基本操作过程。

1.1 数字信号的基本特征

众所周知,电信号通常分为模拟信号和数字信号两大类。大家熟悉的话音信号是模拟信号,而传真机、计算机等产生的则是数字信号。例如,计算机给出的是原始二进制数据,用有一定规则的电信号来代表。要在通信信道上传输计算机的数据,实质上就是要在通信信道上传输这些代表二进制数据的电信号。这些代表二进制数据的电信号就是通常所说的数字信号。常用的数字信号有多种,图1.1所示是数字信号的一例。

研究数字信号的详细特性,超出了本书范围。但数字信号有一个共同的特性,即都是由基本脉冲波形组成的。这些表征数据通信的最基本单元——脉冲波形,其特性对通信信道有严格的要求。为描述脉冲波形通过信道以后的变化,首先要了解脉冲波形的频率成分。

脉冲波形的频率成分含有奇次谐波。事实上,一个脉冲波形可以由其所有各奇次正弦波的幅度叠加而被综合起来,如图1.2所示。这种综合必须保持各次谐波的正确幅度和相位。从图上可以

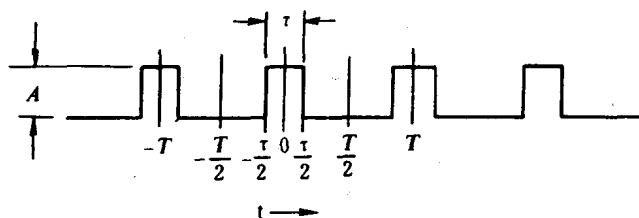


图 1.1 数字信号

看出,方波可以近似地由一次谐波和三次谐波合成,而其高次谐波幅度都随谐波次数的增加而按指数规律减少。事实上,方波波形可以用富氏序列描写。

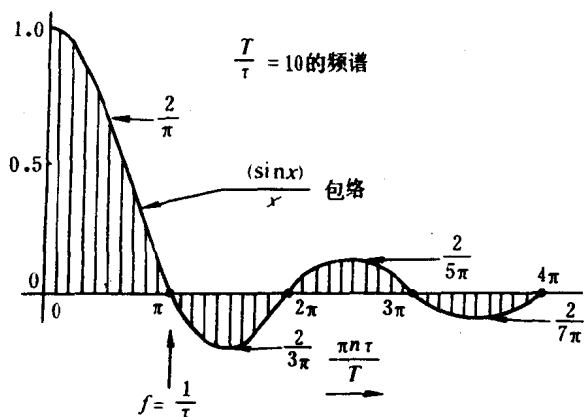


图 1.2 方波的频率成分

图 1.1 给出的基带数字信号虽然是矩形波,但其占空比并不都是按 50%的方式对称的,所以并不是真正的方波,这样它就会产生更高次谐波。而且,通常数字信号并不都是双极性的。在计算机内部使用的 TTL 电路,其电平是从 0~5V 变化,这就意味着它

们的直流电压成分大于 0V。

为了在信道上不失真地传输这些数字信号,就要求线路对各次谐波分量(从直流分量到最高次谐波频率分量)的衰减都应是相同的。当然这个要求对避免波形失真还不是充分条件。第二个要求是所有谐波频率分量的相位延时都应当完全一致,因为如果对各频率成分延时不一致时,它们就不能同时到达接收端,也就不能正确恢复出原信号波形,从而导致信号波形失真。

从数字信号的上述特点看,要保证其在传输过程中不失真,就要求信道特性在整个信号频率范围内的衰减系数和相位延时保持常数。但是,上述要求对一个实际信道是不可能的,必须在成本、距离、速率和允许失真等方面做折中考虑。

1.2 信道

数据传输系统包括三大部分:发送设备、接收设备和传输信道。数据通信的任务就是以一定的速度和准确度,将数据(二进制数字序列——比特流)从数据源传送给数据宿。信道是为通信双方提供的电通路,它可能是由电缆或光纤等构成的有线线路,也可能是由地面微波接力或卫星中继等构成的无线线路,还可能是有线与无线的混合线路。信道为数据信号提供通道,同时又会使数字信号产生畸变并增加噪声与干扰。结果使数据在到达接收端时产生错误,最终结果是限制数字信号的传输速率。

目前,在数据传输中最常用的信道是有线(包括明线、对称电缆和光纤)及微波中继(地面微波接力与卫星中继)等。

解决数据传输的信道问题有二个基本的途径。其一是设计建造专门传输数据的网络,例如综合业务数字网(ISDN);其二是利用现有的电话信道。目前,比较现实的方法是利用已有的电话信道传输数据,它是非常方便和经济的。利用现有电话信道传输数据会带来一系列的技术问题,这些都要在调制解调器中加以解决。

现有的以电话业务为主的公共交换电话网(PSTN)拥有大量的信道可供传输数据。公共交换电话网由用户终端设备、用户回路、交换机和中继线四个部分组成。终端设备是电话机也可以是话音频带数据终端。用户回路提供用户到交换机的电连接,一般采用音频电话电缆中的双线。交换机按照用户的要求实现一个用户回路与网内另一个用户回路的接续。中继线提供交换机之间的相互连接,中继线又分为市话中继线(市话局之间用来连接各交换机)、长途中继线(用来连接长途局)和用来连接长途局和市话局的中继线。长途中继线一般采用载波传输多路复用的四线制,主要使用同轴电缆,也有用微波无线线路的。市话中继线及连接长途局和市话局的中继线采用音频传输二线制的对称电缆,在与市话局连接的长途局内实现二线与四线的转换。这样便构成国际国内四通八达的通信网。

由上所述可知,有线信道的大部分传输媒质容许的传输频带是相当宽的,其中对称电缆可达到 $100\sim 240\text{kHz}$,同轴电缆超过 10MHz ,因此都可用来传输高速数据。问题是传输数据往往都安排在一个话路内进行,这样较方便的是既通话又传输数据,其典型速率在 $1200\sim 2400\text{bps}$,能满足一般用户的要求。通过均衡及采用高效调制解调器,传输速率可提高到 $4800\sim 9600\text{bps}$ 。公共电话网本来是为了传输话音而设计的,对传输数据会产生一些不利影响,主要有:

衰减

信号在公共交换电话网上传输一般要经过交换机的多次转换,信号在传输中要受到衰减。尽管在网中有增音器放大信号,但因传输路径是随机的,因此衰减是影响数据传输的主要因素。CCITT 规定数据传输最大净损耗不得超过 28dB 。

衰减-频率失真

信号通过信道不仅幅度被衰减,而且波形也可能产生畸变,波形畸变又称失真。上面讨论过数据脉冲波形是由多种不同频率分

量构成的,接收信号可视为这些分量分别通过信道后的叠加。如果这些不同的频率成分的分量分别受到不同的衰减或不同的时延,就会引起失真,这种失真主要来源于音频电缆及各种滤波器。图 1.3 给出一个话路频带的典型频率特性。这种失真限制了一个话路的带宽只能在 300~3400Hz 范围内。

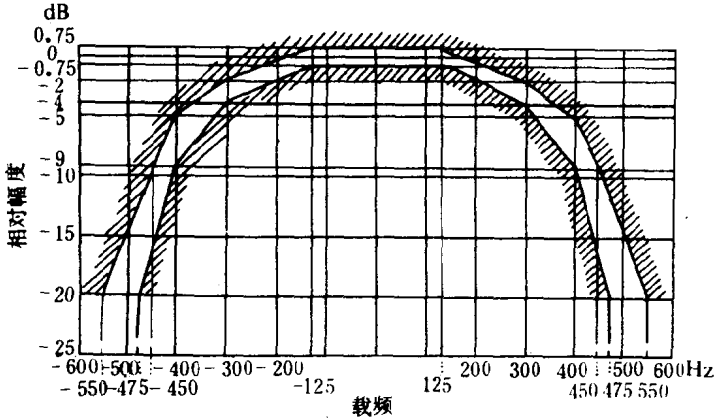


图 1.3 典型话路频率特性

相位-频率失真

由相位-频率特性的非线性或不同频率分量传输速度不同引起的失真,称为相位-频率失真。这种失真主要由网络中大量的滤波器和音频通路引起的。因为人耳对相位失真不敏感,所以对电话通话影响不大;但对数据来说是非常敏感的,主要是展宽码元信号波形,造成码元的码间干扰,直接限制了码元传输速率。

此外,还有噪声因素的影响。以上这些因素决定了数据在公共交换电话网上传输不能采用基带传输方法,只能借助某种变换,即调制解调来完成。

1.3 调制解调器的作用

本书主要介绍用于公共交换电话网(PSTN)中的调制解调器,这是目前应用最为普遍的领域。下面我们看一下公共交换电话网的拓扑结构以及调制解调器在其中所处的位置,见图 1.4。通过这个网络拓扑结构我们可以很直观地了解调制解调器的基本作用。

因为电话线是用于声音传输的,所以电话网的频带宽度有限,如图 1.5 所示。这些有限的频带使电话网难以直接传输数字信号。传输数字脉冲信号的信道带宽必须有比脉冲信号更宽的频带,否则,高频分量将被滤掉,使方波出现毛刺而变形。如果频带过窄,数字脉冲将完全变形,接收一方的数字脉冲信号的逻辑电平会变得模糊不清,从而导致通信失败。图 1.6 示出了一个 2000bps 的脉冲数字信号在不同频带下的变形,可以看出信道频带在 2500Hz 和 4000Hz 时比较好。

调制解调器的基本作用就是解决如何利用有限频带的问题。既然在话音频带(300~3400Hz)内不能直接传送数字脉冲信号,那么要传输这些数字脉冲信号就必须设法将数字脉冲信号变换成(映射)适合在信道频带范围内传输的波形信号组。这种变换实际上就是将不适合在特定信道上传输的数字脉冲进行相应的变换,使之与信道相匹配。当然,在接收端必须做相应的反变换以恢复出发送端的原发信息。这种变换过程就是调制,而反变换过程称为解调。完成这种变换与反变换作用的设备就叫调制解调器。

调制解调器的英文表示为 MODEM,是由 Modulation(调制)和 Demodulation(解调)合并缩写得来的。

从原理上来说要把数字脉冲变换成适合信道传输的波形,一般是用一个单频正弦波作为载波,而将数字信号的内容(变换规律,即信息)变成载波参数的变化(调制),接收端再把这些参数的变化还原出来(解调)。