

实用数字数据通信 与LSI应用

【美】保·贝茨 (著) 张 峰 (译)

中国科学院希望高级电子技术

版权所有
不许翻印
违者必究

北京市新闻出版局

准印证号：3011—900011

订购单位：北京 8721 信箱资料部

邮 码：100080

电 话：2562329

地 址：海淀路 82 号

乘 车：320、332、302 路到海淀黄庄下

办公地点：希望公司大楼 101 号房间

5.00

883053

内容简介兼译者序

《实用数字数据通信与 LSI 应用》(原名: Practical Digital and Data Communications with LSI Applications) 一书, 是保·贝茨 (Paul Bates) 先生写的一本教科书。虽然是作为教科书而编写的, 但纵向那种过分强调概念、原理、缺少实际的倾向, 而是如书名所示, 求实用性、求应用性; 但又并非从理论的极端走到实用的东西讲起, 然后才把它贯穿到实际当中。书中的另一特点是“比较”遍布大大小小论题之中, 比较是鉴别之母, 通过比较, 可以拓宽读者思路, 促进设计和实现上的优化组合。

本书系统、全面地叙述了电子数字数据通信中各个侧面的内容, 包括模拟/数字信号、串行/并行传输、同步/异步通信规程、多路复用技术、接口技术、调制解调器技术、电话交换网等。作为对现代数据通信的强大支持, 作者的笔墨紧紧扣住计算机(微处理器)在通信中的地位、作用、和应用的主题; 书中大量叙述了中、大规模集成电路在通信系统上的应用, 从对各主题内容叙述中, 具体介绍了各种芯片的使用, 这些芯片包括: 微处理器芯片、接口芯片、调制解调器芯片、通信规程芯片, 等等。介绍中既例举 Intel 系列, 又包含 Motorola 系列的例子。

本书最后用两章篇幅介绍了近年数据通信应用的活跃领域或题目, 即局部网络 (LAN) 和视报系统 (Videotex), 为人们继续在此方面进行开发应用, 提供一些素材参考。

总之, 译者认为这是一本系统全面, 实用性极强而又不失一定原理深度层次、难得的读本, 特别适合于从事数字、数据通信、计算机网络应用开发的设计、研制、开发人员参考使用, 把该书视为这些人员的“Bible”似也不为过。对“数据通信”、“计算机网络”等方面的培训班, 自然也是一本很好的参考书目。

对于出现在校新内容中的个别词汇, 在国内还没有统一译法的情况下, 译者采取了自己的“造词”, 如 videotex, 原书有书中译为“视频检索系统”, 有些则翻成“视频电报”, 而译者将其译成“视报”, 觉得既简短又妥贴。

本书在整个翻译过程中, 得到中国科学院计算所副研究员朱汉强先生的热情鼓励和大力支持, 译者在此表示衷心的感谢。

由于水平有限, 译文中必有错误、不妥之处, 肯请诸位读者批评指正。

译者

一九八九年十二月

于中关村

内容简介兼译者序

第一章 序 论.....	(1)
1.1 模拟通信系统	(1)
1.2 信道与信号表征	(2)
1.3 多路复用	(2)
1.4 数据通信	(5)
1.5 数字通信	(9)
第二章 传输线路及数字信号	(13)
2.1 脉冲波形的频率成分	(13)
2.2 传输线路参数及畸变	(14)
2.3 并行线路与同轴电缆的比较	(19)
2.4 实用线路接口电路和使用	(20)
第三章 串行异步通信	(23)
3.1 串行异步规程	(23)
3.2 硬件 UART	(24)
3.2.1 Intersil 8402 通用异步收发器 (UART)	(25)
3.2.2 Intel 8251A 通用同异步收发器 (USART)	(28)
3.2.3 Motorola 6850 异步通信接口适配器 (ACIA)	(30)
3.3 异步收发器与微处理器的接口	(34)
3.4 软件 UART	(33)
3.5 基带接口标准	(40)
3.5.1 20 毫安环流接口	(40)
3.5.2 EIA RS 232C 接口标准	(41)

3.5.3 EIA标准 RS 449, RS 423, 和 RS 422.....	(46)
3.6 流控制	(47)
第四章 电话网络.....	(48)
4.1 网络层次及转接	(48)
4.2 网络传输特性	(53)
4.2.1 回声	(53)
4.2.2 带宽	(54)
4.2.3 负载线圈	(55)
4.2.4 损耗, 电平与噪声	(56)
4.3 本地回线路与信号	(57)
4.3.1 电话机	(60)
第五章 调制解调器	(63)
5.1 网络附件及条例	(63)
5.2 线路调整与租用线路	(65)
5.3 调制解调器	(65)
5.3.1 FSK 带宽	(67)
5.3.2 Bell 103 调制解调器	(69)
5.3.3 Bell 202 调制解调器	(71)
5.3.4 PSK 调制	(72)
5.3.5 QAM 与 Bell 209 A 调制解调器	(74)
5.3.6 位/秒与波特	(75)
5.3.7 差异 PSK	(75)
5.4 调制解调器电路及 IC 应用	(76)

5.4.1	MSI 调制解调器电路	(76)
5.4.2	LSI 调制解调器	(79)
第六章	同步串行通信	(83)
6.1	引言	(83)
6.2	同步 DTE — DCE 接口	(83)
6.3	BISYNC 或 BSC 规程	(85)
6.4	IBM 360 / 370 电气接口	(86)
6.5	BISYNC 应用	(87)
6.5.1	8251A USART — 同步方式	(87)
6.5.2	Motorola 6852 同步串行数据适配器 (SSDA)	(91)
6.6	同步数据链路控制 (SDLC)	(96)
6.6.1	SDLC 控制字段	(97)
6.6.2	SDLC 废弃字符	(98)
6.7	HDLC 规程	(98)
6.8	用于 SDLC / HDLC 的器件	(98)
6.9	数据通信系统测试	(100)
6.9.1	PAR 模拟测试	(100)
6.9.2	眼图 (eye diagram)	(101)
6.9.3	EIA 接口监视器	(101)
6.9.4	位模式发生器	(102)
6.9.5	自闭测试	(102)
6.9.6	规程测试	(102)
第七章	数据编码方法	(102)

7.1	字母数字二进制码	(102)
7.2	差错检测	(105)
7.2.1	LRC 码	(105)
7.2.2	CRC 码	(105)
7.3	错误纠正码: 海明 (Hamming) 码	(110)
7.4	数据压缩编码	(111)
7.5	数据加密	(113)
第八章	用于模拟信号的数字技术	(114)
8.1	PAM(脉冲幅度调制)	(114)
8.2	PCM(脉冲编码调制)	(115)
8.3	PCM在电话网中的应用	(121)
8.4	IC编/译码器 (CODEC) 和 PCM滤波器	(123)
8.4.1	TP3020 编/译码器	(124)
8.4.2	TP3040 PCM 滤波器	(126)
8.5	增量调制和差异 PCM	(128)
8.5.1	增量调制	(128)
8.5.2	变斜率增量调制	(130)
8.5.3	差异 PCM	(133)
第九章	视报, 一个研究题目	(133)
9.1	引言	(133)
9.2	视报标准	(134)
9.3	图形编码基础	(135)
9.4	几何图形与 PDI	(141)

9.4.1 属性控制 PDI.....	(141)
9.4.2 几何图元 PDI.....	(143)
9.5 视报通信协议	(144)
9.6 视报用户终端	(144)
第十章 局部网络 (LAN)	(147)
10.1 引言	(147)
10.2 LAN 拓扑结构	(148)
10.3 LAN 协议	(149)
10.4 LAN 标准	(151)
10.5 以太网说明	(153)
10.5.1 以太网概述	(153)
10.5.2 以太网控制器功能	(155)
10.5.3 以太网收发器, 电缆及信号	(158)
10.6 LSI 以太网接口	(159)
10.6.1 Intel 82501 以太串行接口	(160)
10.6.2 Intel 82586 LAN 协处理器	(161)
附录 A 网络标准: OSI 模型和 X. 21 — X. 27.....	(166)
A. 1 开放系统互连模型	(166)
A. 2 分组交换网络	(168)
A. 3 CCITT 建议 X. 25.....	(169)
附录 B IC 说明摘录	(172)
B. 1. RS232 驱动器: MC 1488.....	(173)
B. 2 RS232 驱动器: MC1489.....	(175)

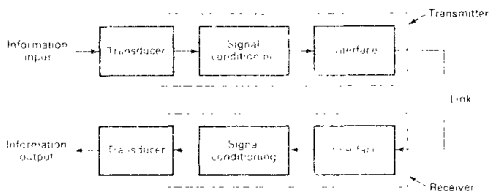
B. 3	RS422 / 423 接收器: MC 3486.....	(178)
B. 4	RS 422 驱动器: MC 3487	(180)
B. 5	RS 422 驱动器: AM26LS31.....	(182)
B. 6	IBM 系统用驱动器: MC8T13.....	(184)
B. 7	IBM 系统用接收器: MC8T14.....	(186)
B. 8	IBM 系统用驱动器/接收器: SN 75123 / SN 75124.....	(188)
B. 9	CMOS 模拟开关: MM 74 HC 4016	(191)

第一章 序 论

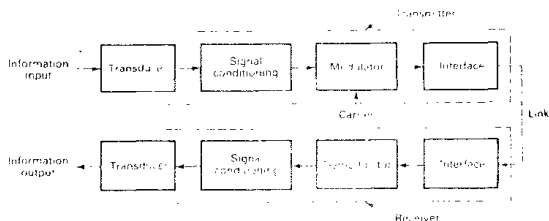
1.1 模拟通信系统

图 1.1 表示两个通信系统的功能方框图。在各情形中，其目的都是要进行模拟信息，如声音或图象的发送和接收。图 1.1(a)表示的是一个基带 (baseband) 系统——即发送出去的信号与信息源基本信号有相同的频谱。源信号在基带系统中不是经过高频调制而改变了频率成分，而是进行如放大、滤波、阻抗匹配等的处理。

图 1.1(b)表示的是一个模拟 (analog) 系统，它运用了调制解调过程。调制(modulation)是把原信号频谱变换到与发送信道相适宜的某个频段上去的过程，这也避免与该信道上其它信号间的相互干扰。这种系统常称作“频分多路复用(frequency-division multiplexing——FDM)”系统，最典型的例子是 AM 或 FM 无线电广播系统。



(a) 基带通信系统



(b) 调制通信系统

图 1.1 模拟通信系统

通信系统分为单工、半双工和全双工三种类型。单工系统只能提供单方向通信，在同一时刻可以进行双向通信的为全双工系统，而在不同时刻可以进行双向通信的为半双工系统。

1.2 信道与信号表征

电平与衰减.信号电平即信号强度通常以电压和阻抗(功率)表示，例如，100mW(阻抗 = 75Ω 时) = 0.133mW。

在描述信号增益或衰减程度时，两信号强度之比常以分贝表示：

$$\text{信号比} = 10 \log(P_2 / P_1) \text{ dB}$$

这种取对数的分贝表示法的优点在于，对含有多个组成部分的级联系统，其总增益或衰减可以方便地以代数和形式求得。

在假设一个给定参考信号强度情况下，使用分贝形式还可以扩大可表示值的范围。常用的参考信号强度值为 1mW，以 dBm 的下脚注明：

$$\begin{aligned} \text{信号强度} &= 10 \log \left(\frac{P}{1 \text{ mW}} \right) \text{ dBm} \\ 100\text{mV}(\text{阻抗} = 75\Omega \text{ 时}) &= 0.133\text{mW} = -8.76\text{dBm} \end{aligned}$$

负号说明信号强度比 1mW 低 8.76dB。

为建立分贝与电压比、或 dBm 与电压绝对值之间的联系，需要知道电路（信号在其上出现）的阻抗，然后利用 $P = V^2 / R$ 关系式即可算出各种值。在音频和电话系统中，一般以 600Ω 作为参考阻抗值。

$$100\text{mV}(\text{阻抗} = 75\Omega) = 0.133\text{mW} = -8.76\text{dBm} = 0.282\text{V}(\text{阻抗} = 600\Omega)$$

带宽.信号带宽是指含有信号大部分能量（功率）的那段频率范围。信道带宽则指这样一个频段，在该范围内各处衰减增益与中带之差只有几分贝。通常取衰减 3 分贝处来划分带宽。

信道带宽应大于信号带宽，以避免信号严重衰减甚至畸变。

信号在信道上的延迟，在中频附近基本保持不变，但在频带两端会有较陡的变化。

信号噪声比.信噪比 S/N 用于衡量信号的质量，它表示信号功率超过噪声功率的数量（分贝数），如果一个 2dBm 的信号被 -20dBm 的噪声干扰，则 $S/N = 22\text{dB}$ 。换言之，信号强度比噪声强度高 22 分贝。

1.3 多路复用

多路复用执行这样一种处理过程：使两个或两个以上的信号能够共用同一条通信链路，

而在接收端又可以将各信号实现有效的分离。

信号多路复用有两种基本方式：一种是各信号在信道带宽上分配占有指定的频段，即频分多路复用 FDM；或者各信号分占时间片，即时分多路复用 TDM。

频分多路复用.图 1.2 表示含有三个模拟信道（或说信号）的频分多路复用的情况。适当选择三个调制器的载频，使各已调信号频谱互不交叠并适当分开。在接收器输入端，利用高 Q 选择电路再将各个信号分离开来，亦即实现复用解调。

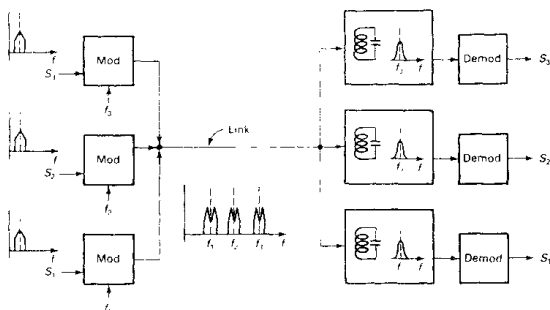


图 1.2 频分多路复用

通信链路应具有足够的频带宽度，以满足已调信号的带宽（包括边带）和间隔频率宽度的要求。

除商用电视、无线电广播外，电话网络也大量使用 FDM 技术。24 路 3KHz 的语音信路可以复用到一条双绞线路上。而这 24 路为一组，每 25 组又可以共用一条同轴电缆，于是上千个语音信路便可通过一条微波或卫星线路进行传送。

时分多路复用.时分多路复用原理如图 1.3 所示。转换开关依次将每个信号与链路接通，受用相应的时间片。假设复用解调器的转换开关与复用器保持同步，各信号就会被准确地分离开来。

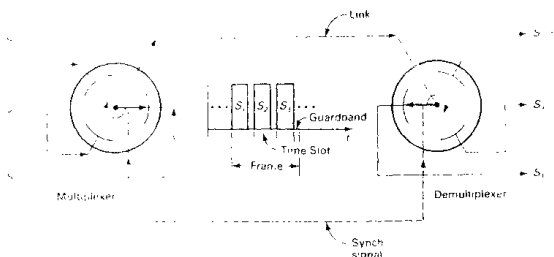


图 1.3 时分多路复用

当然，在开关接通某个信号期间，其它信号会丢失各自的一部分信息。如果开关旋转足够快，各信号发生丢失信息的间隙相对就会短，接收器能够完满地补足这些间隙。

为达到上述接收器对信号的重建目的，要求信号的采样速率至少等于基带(输入)信号最高频率的二倍。该关系的精确陈述即著名的采样定理。用于 TDM 的链路带宽可能是相当大的，对此后面章节将进行详细讨论。

用 TDM 代替 FDM 便无需使用苛刻的选择电路，而是利用数字控制的电子开关执行复用/解复用的功能。图 1.4 表示一电子开关接于三路模拟信号的应用情形。其中，多路复用器是一个 CMOS 双向模拟开关，如 MM74HC4016 (见附录)。

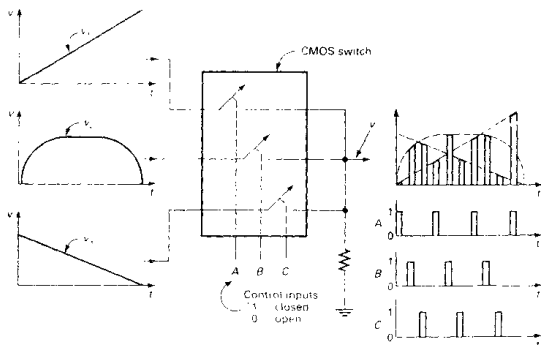


图 1.4 利用 CMOS 开关电路的模拟 TDM

1.4 数据通信

在声音、图像通信中，主要关心表示模拟量的信号的传送。与之相比，数据通信则更关心二进制代码序列的传送。代码由计算机及其附属外围设备建立、存储、加工、生成编码信息或正文文件、图形、数字数据等。

数据通信的纽带是数字，即信号表示为有限状态中的一种状态——通常为两种状态之一，分别代表逻辑 1 和 0（一个模拟信号可以占信号范围内的连续状态值）。

在正文、图形以及工业控制应用中，使用的数据元素是二进制码。一个 n 位二进制码可以表示 2^n 个数据元素。

代表字母、数字的代码集称为字母数字码，最广泛使用的代码集是 7 位 ASCII（美国信息交换标准代码），见表 1.1。ASCII 码表中有 $2^7 = 128$ 个位置，包括了大小写英文字母、数字 0 到 9、若干分隔符，以及各种专用控制字符如新行符、回车符等。有关控制符的使用，在后面章节中还要进行详细叙述。

表 1.1

Hex Low	Hex High	0	1	2	3	4	5	6	7
0		NUL	DEL	SP				P	
1		SOH	DC1					Q	
2		STX	DC2					R	
3		ETX	DC3	#				S	
4		EOI	DC4	\$				T	
5		ENQ	NAK	%				U	
6		ACK	SYN	&				V	
7		BEL	ETB	'				W	
8		BS	CAN	(				X	
9		HT	EM	)				Y	
A		LF	SG	*				Z	
B		VT	ESC	+				[	
C		FE	FS	,				]	
D		CR	GS	-				^	
E		SO	RS	.				_	
F		SI	US	/				~	DEL

Note: The code is the least significant 7 bits of the two digit hexadecimal number

串、并行传输比较。一个字符代码可以并行传输——即码字各位在单独线上同时传输，或者串行传输——码字所有位依序逐位在同一条线上传输，图 1.5 比较了这两种方法。

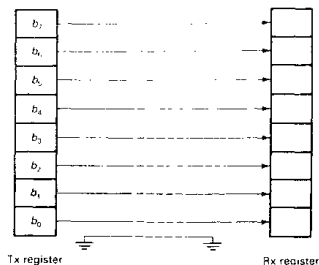


图 1.5(a) 并行

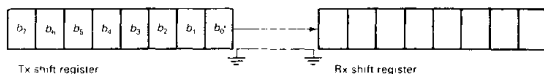


图 1.5(b) 串行

并行传输比串行传输的费用要高，因为前者需要多条传输线，但正因为如此，可以同时传输多位信息，所以其传输速率也高。并行传输多用于发送器和接收器相距较近的场所，如在同一室内。

同步、异步传输比较.代码传输除分为串行和并行外，还有同步和异步之分。对这两种方法使用串行传输的情形，如图 1.6 和 1.7 所示。

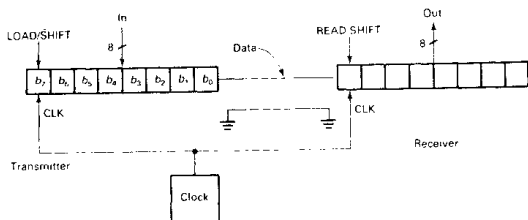


图 1.6 同步串行传输

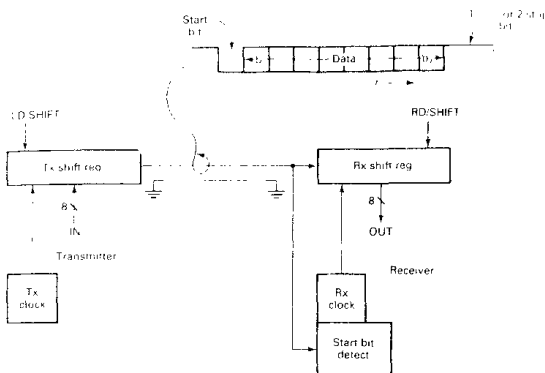


图 1.7 异步串行传输

同步传输是指接收器移入字符位的过程，与发送器保持着锁定的节奏(同一步调)。在这种传输中，收、发双方的移位寄存器均由同一时钟源信号触发移位，如图 1.6 所示。一旦与接收器建立了同步关系，长字符串序列就可以极高的速率进行传送，速度上限仅受制于链路带宽。

同步传输的缺点是，时钟信号须与数据相伴发送，因此需另增一条信道。在长距离传输场合中，为位定时(同步)信息专门提供一条信道是不可能的。为此，在同步接收器中设置了一个叫做锁相环(PLL)的专门电路。该电路可以从数据流中提取定时信息，然后产生本地的位时钟信号。无论串、并行哪种方式，同步传输都比异步传输费用高。

虽然同步传输意味着接收位定时是直接产生的，但字符与字符间的位边界仍需其它方法加以确定。通常在数据时钟到来之前，先发送几个专用字符使接收器取得字符级的同步，ASCII 表中的 SYN 字符即用于此目的(见表 1.1)。

异步传输无需在发送器、接收器之间保持连续的同步信号，各字符都是分别同步的，因此其间允许有任意的发送间隙时间。在图 1.7 中，每个字符的数据位前都加一个起始位——它可以被接收器感知并触发移位寄存器开始工作。接收和发送时钟的标称频率是相同的，并由使用的位速率决定。由于两个时钟频率非常接近，接收器就数据位对整个字符的持续时间而言，会留有很大的相位余量，因此在(接收)每个字符开始时，均要进行再同步，在各字符数据位后追加 1 至 2 个停止位，是为了尽量减小字符间的间隔时间。

因为每个字符在传送中都要附加起/止位，所以异步传输一般总比同步传输速率要低，但异步传输费用也低。异步传输的标准数据位速率是 75, 110, 300 和 1200 位/秒；同步传输速率是 2400, 4800 和 9600 位/秒。

异步传输特别适用于数据输入是非连续的场合，如从键盘或其它机械装置处输入，而传送大量的数据文件最好采用同步传输方式。

数据通信硬件 图 1.8 示出一个数据通信设备的典型配置。两条本地连接是：CPU A 与电传打字机(TTY)的连接，CPU A 与视频数据终端(VDT)的连接。在 CPU A 与 CPU B 之间，是一个利用调制解调器和电话网络的远程连接。图中所有连接均呈异步串行连接方式。

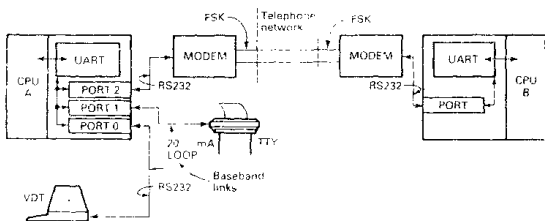


图 1.8 数据通信硬件

异步接收发送器 UART，通常为 CMOS 或 NMOS 的大规模集成电路芯片。UART 执行 CPU 并行总线与串行端口之间的并-串、串-并行的转换。此外，还有加/删字符起止位的逻辑。

调制解调器将数字数据转换为音频正弦波，由此更适宜在电话网上传送。调制解调器接收部分对音频波进行解调，恢复出原本数据；而调制解调器的发送部分则执行调制任务，即生成这一音频波。在典型应用中，常把两个幅度相同、但频率不同的音频波用在每个方向的传输中：一个频率发送逻辑 1，一个发送逻辑 0。这种调制方式称为“FSK——键控频移方式”。在本地链路上传送无需进行调制，只是在各发送端口通过输出驱动电路，增加信号强度，减小输出阻抗，以此克服通信线路上的损耗。目前，有许多对应这类通信接口的工业标准，例如较早的一个标准是“20 毫安电流环路”，见图 1.8 中 CPU A 与 TTY 的连接。它使用一个近 20 毫安的环电流发送逻辑 1，用 0 毫安发送逻辑 0。RS232 接口标准——图中 CPU A 与 VDT 连接，两 CPU 调制解调器间的连接，是由美国电子工业协会 EIA 制定的。它使用 -12V 和 +12V 发送逻辑 1 和逻辑 0。RS232 标准除定义了接收、发送线外，还定义了若干调制解调器用的控制和联络线。

数据通信连接中不使用调制/解调过程者，有时也称为基带连接。

异步并行接口 低速到中速的短程数据传送，可能会用到并行异步连接，常见的例子是微机和外设（如打印机）的连接。图 1.9 示出一个 Centronics 的并行接口。字符代码并行传送，时序由控制线和应答线掌管，这些线包括 STROBE、ACK（认可）、BUSY 等。该过程如下：