

PC机与单片机&DSP 数据通信技术选编 2

李朝青 主编



北京航空航天大学出版社

<http://www.buaapress.com.cn>

PC 机与单片机 & DSP 数据通信技术选编(2)

李朝青 主编

北京航空航天大学出版社

<http://www.buaapress.com.cn>

内容简介

本书筛选了1999年以后国内几十种期刊中有关测控系统及数据通信、远程自动抄表系统、DTMF和编/解码芯片及通信技术、保安及自动报警系统、光纤通信技术、USB&1394接口、CAN总线及应用、数据通信中的抗干扰及纠错技术等方面的文章148篇。均属新器件、新技术、技术透明度高的文章。

该选编可供从事通信及单片机开发的科技人员和大、中专学生学习、移植和参考。

图书在版编目(CIP)数据

PC机与单片机 & DSP 数据通信技术选编. 2/李朝青主

编. —北京:北京航空航天大学出版社, 2003. 5

ISBN 7-81077-267-8

I. P… II. 李… III. 微型计算机—数据通信—文集 IV. TN919-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 002725 号

PC 机与单片机 & DSP 数据通信技术选编(2)

李朝青 主 编

责任编辑 胡 敏

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话(010)82317024 传真(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn>

E-mail: bhpresse@263.net

河北省涿州市新华印刷厂印制 各地书店经销

*

开本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 49.25 字数: 1 261 千字

2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月第 1 次印刷 印数: 5 000 册

ISBN 7-81077-267-8 定价: 69.00 元

前 言

自 2001 年《PC 机及单片机数据通信技术》一书出版以来,得到了各院校及科研单位同行的认可,现已印刷 4 次,供不应求。同时我们也收到一些同行和读者来信来电,指出书中的错误并提出许多宝贵意见。对此我们表示衷心的感谢。

在来信来电中也诚恳地提到,书中虽然有些通信的实例,但毕竟太少,建议书中补充实例内容。为此,我们收集了近 4 年来国内几十种期刊有关“PC 机与单片机 & DSP 数据通信技术”方面的文章,从中筛选透明度高、硬件和软件齐全、实用的文章 300 多篇,供大家参考借鉴。该选编今后还将陆续出版。

本册选编(2)主要内容包括:

- ① 测控系统及数据通信技术;
- ② 远程自动抄表系统;
- ③ DTMF 和编/解码芯片及通信技术;
- ④ 保安及自动报警系统;
- ⑤ 光纤器件及其通信技术;
- ⑥ USB&1394 接口及通信技术;
- ⑦ CAN 总线技术及应用;
- ⑧ 数据通信中的抗干扰及纠错技术。

出版社将与本书中被收录文章的作者直接取得联系,并付予一次性酬金。

本书由李朝青教授主编,负责文稿收集、筛选、整理和整体结构设计。参加选编的还有曹文嫣、刘艳玲、张秋燕、张学宽、杨秀昆、沈怡林等。北航出版社王海云负责与作者取得联系及善后工作。

北航出版社地址:北京市海淀区学院路 37 号

北京航空航天大学出版社

通信地址:北京航空航天大学出版社 100083

联系人:王海云

联系电话:(010)82317034

主编:李朝青

2002 年 8 月于天津理工大学

目 录

第 1 章 测控系统及数据通信

1.1	PC 机在线监测工业数据系统的设计	2
1.2	扩展数字温度计 DS1820 通信距离的方法	6
1.3	基于 RS-485 总线的计算机分布式测控系统	11
1.4	投影仪的通信与控制	16
1.5	高温熔体温度测算仪通信系统的设计	21
1.6	基于两片 TMS320F206 芯片在遥测数据采集中的应用	26
1.7	Windows 98 下 REX-D 系列温控仪表与 PC 的通信编程	31
1.8	AT89C2051 在压力传感器标定表格查取中的应用	35
1.9	无线数据通信的分布式实时水文监测系统	40
1.10	基于双单片机通信的无刷直流电动机控制系统	44
1.11	基于单片机的低成本远程监控系统	50
1.12	基于 89C52 单片机的具有通信口的智能温控表	54
1.13	用 VC++5.0 实现 PS2003 与 PC 的串口通信	58
1.14	用 RS-485 构成远程分布式数据采集与控制网络	63
1.15	铁路雨量监测系统远程通信	70
1.16	基于 AD μ C812 和 WebChip/PS2000 的远程数据采集终端	76
1.17	网络电子密码锁监控系统的设计与实现	83
1.18	循环流化床锅炉多媒体远程监控网络研究开发	88
1.19	分布式水质监测系统	93
1.20	主从式熨烫机控制系统的设计与实现	97
1.21	一种基于 RS-485 总线的多路温度数据采集系统设计	103
1.22	群体行为进化的自主式微小型移动机器人通信系统设计和实现	107
1.23	计算机监控系统通信问题的解决与调试	112
1.24	利用移动电话实现粮仓温度测量数据的远程传输	117
1.25	基于最小二乘参数估计模型和最小方差预报的嵌入式测控网络系统	123
1.26	监控系统看门狗的设计	129
1.27	一种电网数据采集系统	134
1.28	PC 机与嵌入式计算机系统串行通信的硬软件实现	138
1.29	数据采集系统的多机分级通信	144
1.30	用单片机实现温度远程显示	149

第 2 章 远程自动抄表系统

2.1 一种远程自动电话抄表系统	156
2.2 X25043/45 的特性及其在抄表系统中的应用	161
2.3 SSC P300 芯片在低压电网抄表系统中的应用	169
2.4 单片机在抄表网络系统中的应用	174
2.5 电能计量装置的无线抄表系统	178
2.6 LonWorks 模块 TP/FT-10 及其在抄表系统中的应用	184
2.7 基于电力载波模块的远程抄表通信接口	190
2.8 基于 LonWorks 技术的远程自动抄表系统	197
2.9 智能五表远程抄表系统的设计	203
2.10 实时时钟芯片 X1203 在三表远传计量收费管理系统中的应用	207
2.11 一种高精度智能抄表系统的软硬件实现	212
2.12 基于无线通信的自动抄表系统的设计与实现	216
2.13 居民小区自动抄表系统	222
2.14 基于 RS-485/422 总线和电话线载波的电能表远程抄表系统	225
2.15 集中抄表系统	230

第 3 章 DTMF 和编/解码芯片及其通信技术

3.1 易与单片机接口的 DTMF 发生器 HT9200A	236
3.2 用 DTMF 编解码芯片实现单片机遥控键输入	241
3.3 用单片机与 MC145027 译码器实现多路数据通信	245
3.4 新型数字通信接口	250
3.5 基于双音频信号传输的 PC 通信接口电路	253
3.6 基于 DTMF 的智能电话控制器	258
3.7 单片机控制的双向呼叫系统	263
3.8 DTMF 远程通信的软硬件实现技术	267
3.9 基于 DTMF 收发器 MT8880 的智能通信预警系统	272
3.10 JPEG 编解码芯片 ZR36060 及其应用	278
3.11 用单片机软件编程实现通信的编/译码功能	283
3.12 基于 Geortzel 算法实现高效多路 DTMF 检测	290
3.13 多功能通信芯片 MSM6889 的特点及应用开发	295
3.14 基于 MT8880 的家庭自动报警终端的设计	301
3.15 一种基于 MC145027 的群模拟信号检测系统	307
3.16 DTMF 芯片 HT9170 在数据通信中的应用	313
3.17 DTMF 电话语音接收器 BU8874/BU8874F 及其应用	318
3.18 用单片机实现编码器功能	323
3.19 双音频收/发芯片 M-8888 及其应用	327
3.20 新型单片编/解码集成电路 UM3758 的应用电路设计	330

3.21 双音多频接收发送器 MT8888C 及其应用	334
-----------------------------------	-----

第 4 章 保安及自动报警系统

4.1 电话报警系统的设计	342
4.2 一种无线智能报警系统	349
4.3 自动呼出电话机	355
4.4 家用保安系统的设计与实现	359
4.5 一种远程自动报警系统的设计	363
4.6 MCU 电话语音报警器设计	368
4.7 住宅来访智能留言通信机	373
4.8 多功能居民楼互助通信器	380
4.9 多功能家用安防服务系统的设计和实现	383
4.10 遥控式远程可视电话报警系统	389
4.11 安全报警传呼系统数据的传输与发送	396
4.12 用单片机制作的遥控回应式报警装置	403
4.13 智能化小区中的家庭安全管理系统(发端)	407

第 5 章 光纤器件及其通信技术

5.1 光纤通信	414
5.2 10 M 光纤收发器的系统设计与实现	421
5.3 利用光纤发射/接收器对实现远距离高速数据采集	427
5.4 关于光纤旋转接头数据传输技术的研究	433
5.5 光纤通信中的 MOD LED 系列光源	436
5.6 光纤电压传感的 DSP 实现	439
5.7 光纤通信系统中数字复接芯片的选择及应用	442
5.8 80C196KC 单片机在光纤电压传感器中的应用	448
5.9 光纤数字通信系统 NRZ 伪随机码定时提取电路设计	452
5.10 多路光纤温度测量变送器	456
5.11 光传送网的性能监测技术	462

第 6 章 USB & 1394 接口及通信技术

6.1 USB 2.0 特性及 USB 单片机	468
6.2 USB 接口的硬件设计及驱动程序开发	475
6.3 68HC908JB8 单片机及其在 USB 外设系统中的应用	482
6.4 OTG 补充协议开辟 USB 的新篇章	487
6.5 通用串行总线(USB)及其芯片的使用	491
6.6 USB 设备的接口设计及其即插即用功能的实现	495
6.7 USB 接口在串行通信中的应用	501
6.8 安全认证系统中嵌入 USB 接口技术	505

6.9	通用串行总线(USB)在分组无线网中的应用	511
6.10	USB 控制器芯片及其在图像采集中的应用	516
6.11	1394 - VXI 零槽资源管理器的设计	520
6.12	1394 - VXI 零槽控制器的设计与实现	526
6.13	USB CSw 对 ACPI 的支持	533
6.14	双路 USB 功率分配开关 MIC2536 及其应用电路	539
6.15	全速 USB 控制芯片 SL11 的应用	545
6.16	USB 2.0 规范与 EZ - USB FX2 高速外设控制器	550
6.17	CTI 和 USB 技术在城市车流管理系统中的应用	558

第 7 章 CAN 总线技术及应用

7.1	CAN 总线在混合动力汽车电机控制系统中的应用	564
7.2	基于 CAN 总线的智能寻位制造系统	568
7.3	基于 CAN 总线的流光放电烟气脱硫电源集散控制系统的设计	574
7.4	CAN 总线技术在石油钻井监控系统中的应用	578
7.5	CAN 总线在智能家居和小区管理中的应用	584
7.6	用 87C196NT 单片机实现 CAN 总线通信	588
7.7	基于 DeviceNet 总线的从设备通信适配器设计	593
7.8	SJA1000 在 CAN 总线系统节点的应用	600
7.9	基于 CAN 总线的安全巡检系统的信息采集及处理	608
7.10	基于 SJA1000 的 CAN 总线系统智能节点设计	613
7.11	计算机与 CAN 通信的一种方法	621
7.12	基于 DS80C390 芯片的 CAN 总线在智能楼宇中的应用	625
7.13	基于 CAN 总线的分布式列检安全监控系统	628
7.14	基于 CAN 总线的双机冗余系统设计方法	632
7.15	关于 CAN 控制器 SJA1000 新特性的一些应用	637
7.16	基于 CAN 总线的仓储粮情测控系统	641
7.17	CAN 总线及其在喷浆机器人中的应用	646
7.18	基于 CAN 总线的单片机通信交换系统	653
7.19	一种新型单片微机局部网——CAN	658
7.20	一种崭新的现场测控网络 CAN	669
7.21	分布式测控系统中的 CAN 总线技术	679
7.22	现场总线适配器的软硬件设计	685
7.23	CAN 总线电参数网络化监测原理及其实现	691
7.24	CAN 总线技术在汽车视觉检测系统中的应用	695
7.25	基于现场总线的智能 PID 调节器	699
7.26	基于 CAN 总线的智能低压配电与控制系统设计	705
7.27	基于 CAN 控制器的单片机农业温室控制系统的设计	711
7.28	单线 CAN 总线收发器芯片 AU5790	715

第 8 章 数据通信中的抗干扰及纠错技术

8.1 微机在远程通信系统中的抗干扰问题	720
8.2 传真通信中的图像信号校正技术	724
8.3 循环冗余校验的软件方法	730
8.4 双机双控容错系统的设计	735
8.5 实用隔离型 RS-485 通信接口的设计	739
8.6 全隔离微机与单片机的 RS-485 通信技术	745
8.7 用 Visual C++ 改善串行通信控件的性能	750
8.8 一种实用可靠的传输码校验方法	757
8.9 CRC 校验在提高微机系统可靠性中的应用	759
8.10 CRC 校验及其软件实现	761
8.11 RS-485 总线的死锁检测与解除	765
8.12 串行通信中数据正确性的保证	769
8.13 循环冗余校验码的单片机及 CPLD 实现	775

第 1 章

测控系统及数据通信

1.1 PC 机在线监测工业数据系统的设计

余仕求 易国华 田端利

江汉石油学院电信系, 荆州, 434102

摘 要 文章介绍了由 PC 机组成的在线监测工业数据系统的结构及工作原理, 给出了软件设计方法和实验结果。

1.1.1 引 言

随着计算机技术的深入和发展, 计算机应用已渗透到各个领域。在科研和教学中, 用计算机组成数据监测仪器, 取代某些常规仪器, 具有一定的意义。这里介绍用 PC 机组成在线监测工业数据系统, 代替示波器, 对交流电机电流波形进行测量显示和存储的方法。与常规示波器相比, PC 机组成的在线监测工业数据系统有如下特点: 一是智能化, 通过软件设置和改变参数, 以适应各种信号的要求, 并可对波形进行存储和打印; 二是多通道测量; 三是扩展灵活。

1.1.2 系统组成

本系统由电流传感器及前置放大器、数据采集板、一台 PC 机三部分组成。其结构如图 1.1 所示。

1. 电流传感器及前置放大器

电流传感器的作用一是将电流信号转换为电压信号, 二是强电隔离。这里采用穿孔式霍尔型电流传感器, 它能满足上述要求。由于电流传感器的输出电压较小(为毫伏级), 需要放大器放大。前置放大器的任务是将电流传感器的输出电压进行滤波放大, 并输出幅度在 $\pm 5\text{ V}$ 以内的交流电压信号。前置放大器的放大倍数由电流传感器输出电压大小和数据采集板输入电压量程决定。直流稳压电源为前置放大器和电流传感器提供 $\pm 15\text{ V}$ 的直流工作电源。为了减小共模干扰, 前置放大器的第一级采用差动放大。其工作原理如图 1.2 所示。

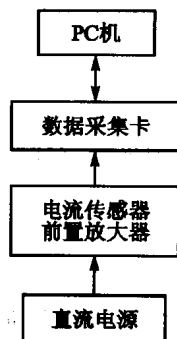


图 1.1 系统结构框图

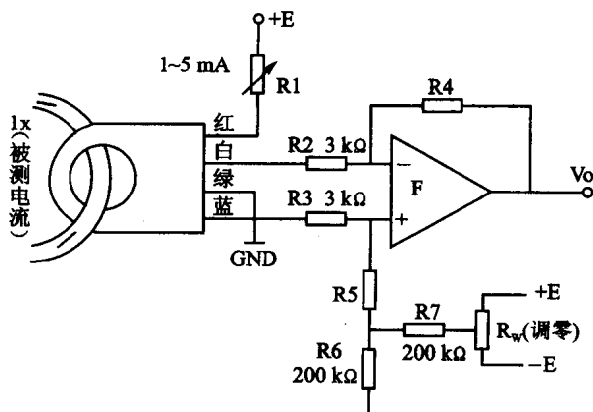


图 1.2 差动放大原理图

2. 数据采集卡

数据采集卡直接插在计算机主板的总线插槽上。其功能是 A/D 转换,任务是将前置放大器传来的电流信号转换为数字信号,再将数字信号传给计算机。采集卡的技术数据有分辨率(即数据位数)、通道数、转换速度和量程,根据实际需要选择合适的采集卡板。本系统采集卡板的技术数据为:12 位数据、单端 32 路/差分 16 路、采集速率 40 kHz、 $\pm 5\sim\pm 10\text{ V}$ 、带光电隔离。

3. PC 机

PC 机的基本配置:386 及以上机型、4 MB 以上内存、VGA 彩显、DOS 环境。

1.1.3 软件设计

软件设计内容主要内容分三部分:一是数据采集部分;二是图形显示部分;三是特定数据存储部分。

1. 数据采集部分

将采集到的数据存入内存数据区。本系统采用单通道、查询方式采集,双极性输入方式,输入量程为 $\pm 5\text{ V}$ 。输入电压与输出数码的对应关系如表 1.1 所列。

表 1.1 输入电压与数码的对应关系

输出数码	000H	200H	400H	800H	A00H	C00H	FFFH
输入电压/V	-5.000	-3.750 0	-2.500 0	0.000 0	+1.250 0	+2.500 0	+4.997 6

在采集之前,先确定采集卡的基地址。采集卡的基地址可以通过采集卡上的拨动开关来设置,但不要与计算机原有外设相冲突。

2. 图形显示部分

图形显示部分的任务是将采集到的数据转换为屏幕上点的坐标,并显示在屏幕上。若取屏幕水平中线为坐标横轴,则将输出数码转换为屏幕上点的坐标的公式为:

$$Y = D \times N \div 4096 \quad (1.1)$$

式(1.1)中 D 为采集到的数据, N 为显示器纵向分辨率(用线数表示), Y 为纵向坐标。

3. 程序流程

本系统采用汇编语言编程,模块化设计,实时性较强。主程序流程图如图 1.3 所示。其中,初始化中设置采集数据长度和数据缓冲区长度,由于一个数据占两个字节,故数据缓冲区长度是采集数据长度的两倍。一般设置采集数据长度为略小于显示器横向分辨率(线数)。采集完一批数据后立即显示,接着再采集下一批数据,如此反复。如需结束或存储,通过按键来实现。数据采集子程序如图 1.4 所示,调节延时 $T1$ 即可调节扫描频率。

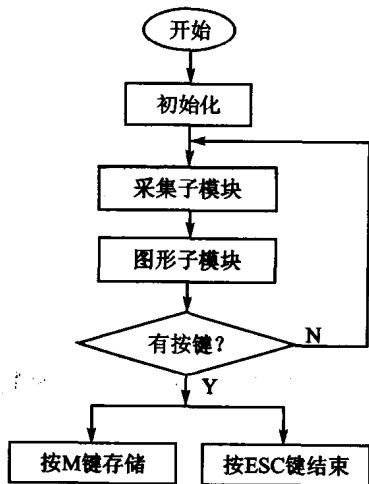


图 1.3 主程序流程图

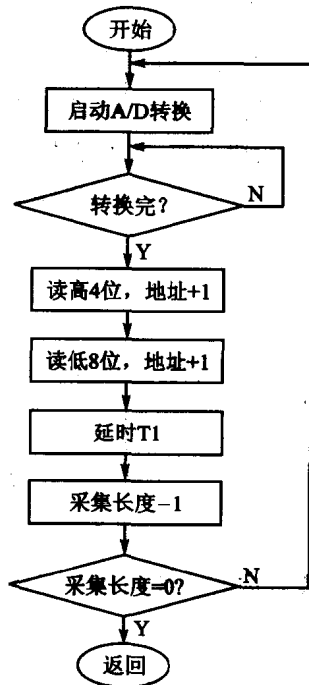


图 1.4 数据采集子程序流程图

1.1.4 实验结果

通过测量 1.5 kW 三相异步电动机正常运行时的线电流,得到实时电流波形。图 1.5 为用存储功能得到的电动机空载启动时线电流波形图。其中,横轴表示采集点数,纵轴表示电流(标么值),电流额定值为 3.68 A。

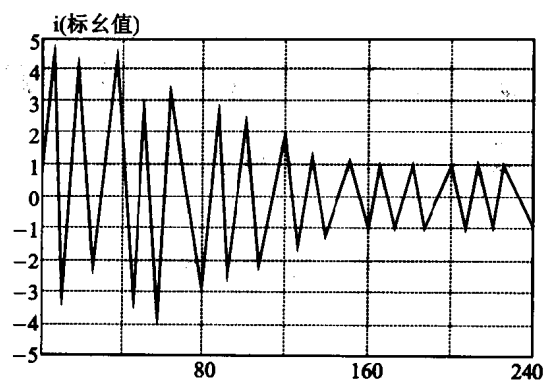


图 1.5 电动机空载启动的线电流波形图

1.1.5 结 论

本系统扩展灵活,通过软件设计和一定的硬件配置,PC 机组成的在线监测工业数据系统可用于工业系统的故障检测等,提高了工业自动化水平。

选自《电子产品维修与制作》1999.12

1.2 扩展数字温度计 DS1820 通信距离的方法

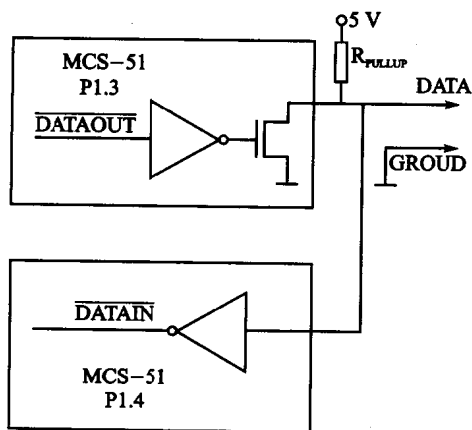
吴光彬 胡云安 徐庆九

海军航空工程学院自动控制工程系, 烟台, 264001

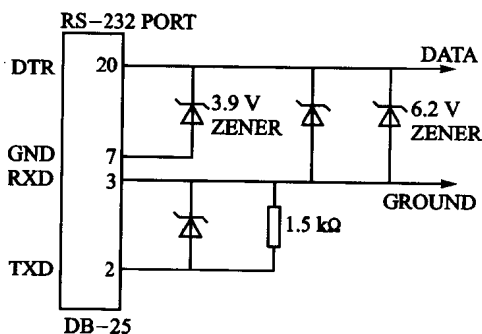
摘 要 简述了单总线数字温度计 DS1820 读/写时序的特点, 分析了电缆长度对总线处理器与 DS1820 之通信的影响, 提出了扩展 DS1820 通信距离的几种方法。

1.2.1 引 言

Dallas 公司近年推出的单总线数字温度计 DS1820, 其设计连接距离可达 100 m。在组成测温系统时, 该器件与微处理器之间、器件与器件之间需要一条双向总线通信。理想的连接介质是阻值小、分布电容小的短电缆, 当通信距离较长时, 必须采取一定的措施来保证通信信号的波形满足要求。本文介绍了电缆的长度及其分布电容对 DS1820 与两类不同的总线处理器连接时的影响, 并且讨论了在延长通信距离时应用 DS1820 的几条原则。两类总线处理器连接形式如图 1.6 所示。第一种为集电极开路带上拉电阻, 使用 MCS-51 的 P1.3 作为输出, P1.4 作为输入; 第二种为口电路, 该电路用 DS9097 串行口适配器与带有 8250 芯片的计算机来驱动数据线。本文实验使用缆为双绞线。



(a) 集电极开路带上拉电阻连接方式



(b) DS9097 串行口适配器

图 1.6 单总线处理器类型

1.2.2 读/写时序及电缆长度对读/写时序的影响

1. 单总线时序

总线处理器对 DS1820 写“0”所需时间最大为 $60\ \mu\text{s}$, 写“1”所需低电平时间最大为 $15\ \mu\text{s}$ (如图 1.7(a)所示); 总线处理器对 DS1820 读数据的方法是先把数据线拉低, 然后将其释放并监视数据线的状态, DS1820 置信号“0”的时序是它从初始下降沿开始继续保持数据线低电平最少 $15\ \mu\text{s}$, 置信号“1”的时序是它通过上拉电阻使数据线回到高电平, 从初始下降沿开始上拉电阻必须在 $15\ \mu\text{s}$ 内使数据线回到逻辑高电平(如图 1.7(b)所示)。每个时序之间的恢复时间最少为 $1\ \mu\text{s}$ 。以上这些时间值可以使数据传输率最大。对于电缆较短和容性负载较小时, 这些时序可通过一个 $5\sim 10\ \text{k}\Omega$ 的上拉电阻来获得。即通过对 DS1820 提供一个小的直流负载来最大限度地扩充设计余地, 从而在双向总线的输入端得到强的逻辑低电平。当电缆长度增加时, 对总线来讲, 其负载的容性加强了, 与上拉电阻有关的 RC 时间常数使正常操作的时序延长。对给定的上拉电阻阻值, 使用容性小的电缆可得到最大的传输距离。本文实验用的双绞线每米电容值为 $52\ \text{pF}$ 。

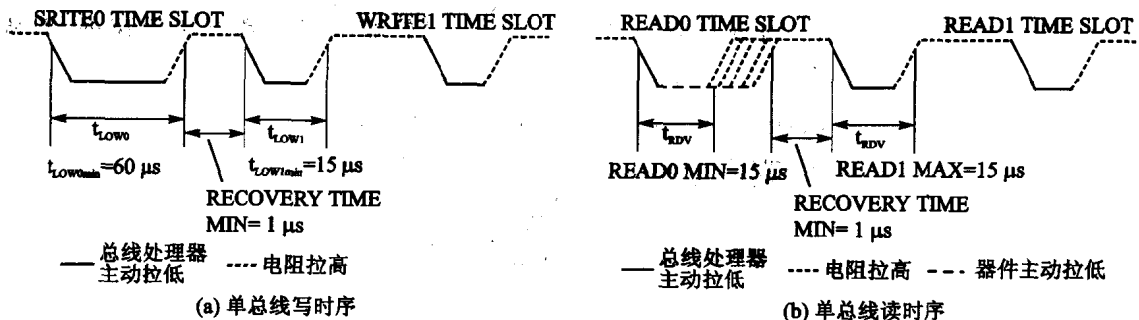


图 1.7 单总线最大数据传输率时的时序

2. 电缆长度对读“1”时序的影响

实现读“1”时序, 首先由总线处理器将总线拉至低电平, 然后释放。总线在上拉电阻的作用下回到逻辑高电平。为了符合单总线时序对逻辑“1”的要求, 从初始下降沿开始到逻辑高电平必须在 $15\ \mu\text{s}$ 内完成。如果由于负载上升时间太慢, 期望的逻辑“1”可能被总线处理器误认为逻辑“0”(如图 1.8 所示)。因此可以减小上拉电阻的阻值, 使得总线在大容性负载时有较短的上升时间。

上拉电阻的最小值估计为 $1\ 150\ \Omega$, 该阻值可以由器件吸收电流的能力(即 $0.4\ \text{V}$ 时为 $4\ \text{mA}$)推导得到。对于 $5\ \text{V}$ 系统, 落在电阻上的压降为 $4.6\ \text{V}$, 此时电流为 $4\ \text{mA}$, 则上拉电阻的阻值最小为 $4.6/0.004=1\ 150\ \Omega$ 。如果该阻值进一步地减小, 对逻辑低电平来说, 其噪声余度会降低。因此, 在应用于一定的距离时, 应选择使系统能正常工作的最大阻值。

另一种扩展连接距离的方法是, 在总线被拉低后, 尽快地使主动拉低总线的器件释放总

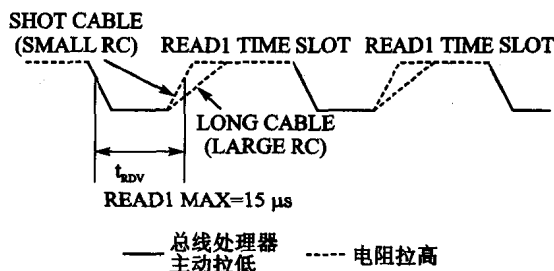


图 1.8 由于电缆负载使读 1 时序错误

线。为了符合单总线时序的要求,总线处理器必须使总线最少保持 $1\ \mu\text{s}$ 的低电平。实际上,由于微处理器端口速度的影响,低电平可能会保持几微秒;尽管这个脉冲可能已严重衰减,低电平也应该保持足够长的时间以使长电缆另一端的器件能正确接收到低电平脉冲。

3. 电缆长度对写“0”时序的影响

写“0”时序是这样定义的:总线处理器将数据线拉低并保持 $60\ \mu\text{s}$,然后由上拉电阻将其拉至高电平,两个相邻的写“0”脉冲之间应最少有 $1\ \mu\text{s}$ 的恢复时间。由于通过长电缆时,恢复脉冲可能严重衰减而使器件不能正确接收,从而产生错误。图 1.9 显示了长电缆对恢复脉冲衰减的影响,因此,当把两个相邻时序的恢复时间从 $1\ \mu\text{s}$ 增加到 $15\ \mu\text{s}$ 后,可基本消除由于长电缆对恢复脉冲衰减的影响。将恢复时间增加到 $15\ \mu\text{s}$ 只轻微地降低数据传输速率,即从 $16.3\ \text{Kbps}(60\ \mu\text{s}+1\ \mu\text{s})$ 降到 $13.3\ \text{Kbps}(60\ \mu\text{s}+15\ \mu\text{s})$ 。

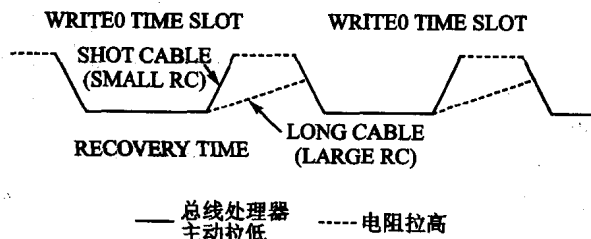


图 1.9 由于电缆负载使读 0 时序错误的情况

1.2.3 通信距离与负载的关系

1. 具有上拉电阻的集电极开路连接

开路连接端口选用 MCS-51 的 P1.3 引脚,上拉电阻阻值范围为 $1\sim 10\ \text{k}\Omega$ 。总线处理器输入端接 MCS-51 的 P1.4 引脚,该引脚与 TTL 电平兼容,它在总线被拉低 $14\ \mu\text{s}$ 后采样总线电平。测试结果显示,通信距离为 $300\ \text{m}$ 时,如果只接一个 DS1820 且上拉电阻为 $1\ \text{k}\Omega$ 时能正常工作。当连接的器件数目增加时,有效通信距离就会相应缩短,但是,使用 $1\ \text{k}\Omega$ 的上拉阻、通信距离为 $240\ \text{m}$ 时总线上连接 30 个器件可正常工作。图 1.10 给出了在给定的电缆长度时,一个特定上拉电阻所能驱动的分电容的负载。数据显示,能驱动的距离与电缆的容性成