

计算机测控技术

JISUANJI CEKONG JISHU

— 张明 谢列敏 编著 —



国防工业出版社

National Defense Industry Press

计算机测控技术

张明 谢列敏 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书可作为测控技术及仪器、自动控制、机电一体化等专业的大学本科生或研究生的教材,也可作为相关专业学生或技术工作者的参考书。

本书具有实用、新颖、系统的特点。

针对目前国内大学生动手能力差的弱点,教材编写时注重实用性。不是只讲原理,对实际如何在系统中应用避而不谈,而是将重点放在如何用的问题上。要求学生对于基本内容,学过必须会用,实际遇到问题时知道如何去解决。

由于电子技术的迅猛发展,目前多数教材的内容陈旧,有许多内容已经淘汰,因此本书编写时,力求反映当前最新技术。由于历史原因,读者通常已经接触过一些以前常用的技术和产品,从系统性考虑,这些技术和产品也有一定的介绍和对比。

系统性是本书作为教材编写时主要考虑的问题。本书是作为工业测控系统编写的,对高频电子技术的测控并未涉及。本书系统地介绍了工业测控系统中所需的常用技术,使学生能对测控系统有一个全面的了解,从而应用于实际工作中。

测控系统的许多技术都有一定的难度,本书由浅入深,使学生容易掌握。对于深入的,技术难度较高的内容,需要时应该知道如何去学。当然,要想在一本书中解决所有问题是不现实的,而通过对本书的学习,可以知道如何去有目的地学,到哪儿去找资料,需用到哪些相关技术。

图书在版编目(CIP)数据

计算机测控技术/张明,谢列敏编著. —北京:国防工业出版社,2007.3
ISBN 978-7-118-04991-6

I. 计... II. ①张...②谢... III. 计算机控制系统
IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 021374 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17 1/4 字数 461 千字

2007 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 33.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前言

计算机技术发展迅速,令计算机领域的所有开发人员既兴奋,又头痛。兴奋的是给我们带来了大量新产品、新技术、新信息,使我们的产品开发效率倍增,技术含量不断提高,产品性能大幅度增强,产品质量越来越高。头痛的是大量的信息要我们去掌握,大量的技术要我们去学习,使我们没有更多的喘息时间,不敢有抱着知识用一辈子的念头。

作为计算机测控领域的教师,为找不到新教材而烦恼。现有教材大多是几年前出版的,其最新的内容也已有许多是过时的。给学生讲授过时的技术,无疑是浪费学生的宝贵时间,而在大学不能学到最新的技术,可以说是学校的失责,是教师的失责。因此,作者根据多年的工作经验,编写此书作为课程的教材。

大多数教材讨论某一器件的应用,必先讨论其原理。似乎不了解其原理,就必定不能用好它。然而,由于科技的发展,我们使用的元器件越来越复杂,以至于我们无法完全了解我们所使用的每一个元件的结构及原理。为了使一般工程设计人员可以使用这些新器件、新技术,需要对器件、接口技术等“傻瓜化”处理,这就是技术的封装,即将复杂的技术封装起来。设计人员只需知道该器件的功能、输入信号、输出信号、使用方法及注意事项,就可正确使用该器件,而对于器件的内部结构、工作原理及实现方法有一个大概了解即可,甚至可以不必知道。

事实上,国内外许多企业都在做技术封装工作,从硬件的技术封装到软件的技术封装;从简单产品的技术封装到高科技产品的技术封装。有不少企业因此从不起眼的小企业成长为有一定规模的大中型企业。如国内的许多固态继电器企业即是在做基本的技术封装,而像南京恒沁电子这样的企业则是在做IT产品的元件级封装(USB接口芯片、PCI接口芯片),包括硬件及软件两方面的技术封装。国内不少驱动模块的生产企业,用相对简单的技术,成就了他们的事业,而液晶显示器件的生产,也有不少企业用技术封装来拓展他们的市场,使工程设计人员可以快速而高效地开发新产品。

作者从事电子产品的开发及电子技术的教学工作已有十多年,认识到许多产品的开发得益于经过技术封装的元器件产品,因此希望国内能有更多的企业加入到这一行列,这对国内的产品更新和技术发展十分有利。本教材即是以此为出发点编写的,旨在降低学习的难度,提高实用性。

这并不是说学习器件的内部结构和工作原理有什么不妥,对于某些器件或模块,了解它们的工作原理能更好地掌握该器件的使用要点,因此本书仍将介绍有关内容,以便让读者更好地用好该器件或模块。

本书的重点在于计算机测控系统的硬件设计。作为一个完成的系统,测控软件起着至关重要的作用,有许多复杂的数据处理工作,需通过相应的算法实现。有关这方面的内容,可参看测控系统设计的相关资料。本书仅对计算机虚拟仪器作简要介绍。

本课程的目标是:对于基本内容,学过必须会用,而不是遇到实际问题不知所措;对于技术难度较高的内容,应用时知道如何去学深、学透,而不是敬而远之;对最新的技术,必须有所了解,并知道何时、何地应该花精力去学习、应用这些新技术,而不是只知道用简单、低级的技术面对未来。

自己设计计算机测控系统硬件,必须经历许多实践,才能做到得心应手。所以,本书举的例子,也遵循由简到繁的原则。

事实上,实现同样功能的电路设计,往往有许多不同的方案。各方案可能各有千秋。设计人员应该像对待设计艺术品一样设计自己的电路,不断优化、不断改进,这样才能不断提高自己的设计水

平。

本书的大多数实例是作者的实际工作电路,因而可能并未用到最新的技术。原因是:电路开发时间较早;较新的集成电路不易购买(尤其是零星购买);由于时间关系不能花许多时间和精力去探索新器件、新方法;生产批量小,不能花许多经费去购买新开发装置等。随着网络技术的发展,许多新器件都可以从网上采购,因而现在有些障碍已不存在。但人总是先学会走路,才可能学习跑步,这些实例对测控系统开发的入门者是很有用的。总之,本书是作为教材编写的,读者对象主要是大学本科三、四年级的仪器仪表、测控技术类学生或研究生。原则上,本书想尽可能反映当今的新技术,并使用新技术解决新老问题。对于本书介绍的新技术、新内容,有些可能并未经过本人的实践验证,或者在本人的实践验证中还存在着这样那样未解决的问题,请读者在开发自己的应用系统时注意。

本书的电路图有许多使用 PROTEL 的网络名称(Net Label)约定,即同一张原理图中网络名称相同者即为相连的线路,图中可能并未用实际的连线相连。

本书的第九章由谢列敏同志编写,其余部分由张明执笔。由于作者水平有限,书中错误在所难免,希望读者能提出宝贵意见,以便在下次再版时更正。本书的部分内容得到了 ADI 公司、NI 公司、MAXIM 公司的支持,在此表示感谢,书中涉及大量各公司的产品资料,因篇幅原因不能一一列出,在此一并表示感谢。所提意见或建议可直接发到本人邮箱:zhangyiming@263.net。

张 明

目 录

第一章 计算机串行通信接口技术	1
1.1 异步串行通信	1
1.1.1 异步串行通信硬件	1
1.1.2 异步串行通信的直接连接	3
1.1.3 RS-232C	3
1.1.4 RS-422 和 RS-485	5
1.1.5 硬件接线连接方式	8
1.1.6 数据包组成及数据包的同步	9
1.1.7 数据的主动发送与主从通信方式	10
1.2 SPI 接口	11
1.2.1 使用 SPI 接口的芯片实例	12
1.2.2 软件 SPI 接口的实例	12
1.2.3 硬件 SPI 接口	14
1.3 I ² C 总线与 2 线接口	15
1.3.1 标准的 I ² C 总线	15
1.3.2 符合 I ² C 总线硬件规范的两线接口	16
1.3.3 不符合 I ² C 总线硬件规范的两线接口	16
1.4 USB 总线	17
1.5 长距离通信问题	18
1.5.1 用电流环实现隔离的长线通信	18
1.5.2 使用 RS-422/485 的长线通信	19
1.5.3 使用光纤传输 RS-422/485 信号	21
1.6 开机握手与波特率自动同步	21
1.7 实例:数字温度计电路设计	22
1.7.1 数字测温电路 DS1626/DS1726	22
1.7.2 电路设计	23
1.8 实例:RS-232C 与电流环、RS-422/ RS-485 转换电路设计	24
1.8.1 RS-232C 与电流环转换及光电 隔离	24
1.8.2 RS-232C 与 RS-422 转换及光电 隔离	26
习题	27
第二章 发光二极管显示器件的接口 技术	29
2.1 静态显示	29
2.1.1 发光二极管的类型及特点	29
2.1.2 使用串行芯片的静态显示	30
2.1.3 发光二极管的限流	31
2.1.4 共阴、共阳及其驱动	32
2.2 LED 的动态刷新显示	33
2.2.1 人眼的视觉特点与发光二极管的 动态显示方式	33
2.2.2 驱动电压、驱动电流与显示刷新 频率的关系	34
2.2.3 单色、双色、三色显示	35
2.3 动态显示刷新的专用模块	37
2.3.1 并行接口电路 82C79	37
2.3.2 串行接口电路 MAX7219/ MAX7221	37
2.3.3 MAX7219/MAX7221 的再驱动	39
2.4 大尺寸显示器的接口	40
2.5 动态显示驱动管的散热问题	41
2.6 实例:24 路对线器的设计	42
2.6.1 设计思路	42
2.6.2 原理图	42
2.6.3 软件设计	42
2.7 实例:2.3 英寸 LED 显示器驱动 电路设计	44
2.7.1 器件特性	44
2.7.2 驱动电源选择与电路设计	44
习题	45
第三章 继电器及电机的驱动技术	47
3.1 直流继电器的驱动及泄流	47
3.1.1 微型直流继电器的驱动	47
3.1.2 大型直流继电器或电磁阀的驱动	48
3.2 直流固态继电器(DC SSR)及驱动	48

3.2.1 直流固态继电器的驱动模式	49
3.2.2 直流固态继电器性能参数	49
3.3 交流固态继电器(AC SSR)及驱动	50
3.3.1 交流固态继电器的控制元件	50
3.3.2 交流固态继电器的过零触发	50
3.3.3 交流固态继电器的使用注意 事项	52
3.4 直流电机的 PWM 驱动	53
3.4.1 用功率晶体管驱动直流电机	53
3.4.2 用场效应晶体管驱动直流电机	54
3.5 IGBT	54
3.5.1 IGBT 的封装形式	55
3.5.2 IGBT 对驱动电路的要求	56
3.5.3 IGBT 专用驱动器	56
3.5.4 IGBT 智能功率模块	58
3.5.5 IGBT 模块使用上的注意事项	59
3.6 直流电机的正反转控制	60
3.6.1 H 桥直流电机正反转控制电路	60
3.6.2 用 IGBT 智能功率模块组成 H 桥 直流电机正反转控制电路	61
3.6.3 正负供电直流电机正反转控制 电路	61
3.6.4 直流电机的 PWM 控制逻辑	62
3.7 交流电机的 PWM 控制逻辑	63
3.7.1 模拟正弦波输出的三相 PWM 波形	63
3.7.2 模拟正弦三相 PWM 脉冲发生器	63
3.8 驱动模块的封装	65
3.9 实例:制动试验台电机控制电路 设计	65
3.9.1 接近开关及接口电路	66
3.9.2 转速测试传感器及测试原理	67
3.9.3 电机控制电路	69
3.9.4 控制板电路原理图	71
习题	72

第四章 开关量输入输出的隔离技术

4.1 开关量输入的隔离	74
4.1.1 廉价实用的 TLP521 - X	74
4.1.2 负载电阻对开关速度的影响	75
4.1.3 高频脉冲的隔离	75
4.2 DC-DC 变换器的应用	77

4.2.1 集成电路 DC-DC 变换器	78
4.2.2 隔离变压器型 DC-DC 变换器	79
4.3 专用隔离芯片及模块	80
4.3.1 RS-422、RS-485 隔离芯片	80
4.3.2 模拟隔离放大器	81
4.3.3 高频逻辑门专用隔离电路	82
4.4 新型的光电隔离产品	84
4.4.1 微电流光电隔离器件	84
4.4.2 线接收器专用电路	87
4.4.3 20mA 电流环专用隔离器件	88
4.4.4 AC/DC 逻辑接口电路	90
4.4.5 智能功率模块专用驱动隔离 模块	91
4.4.6 光电 MOS 继电器	91
4.5 强干扰源(功率电机、变频器等) 的隔离及抗干扰问题	93
4.6 A/D、D/A 的隔离问题	94
习题	95

第五章 液晶点阵屏接口及存储器扩展

技术	96
5.1 显示 RAM 及其扩展	96
5.1.1 32KB 存储器的扩展	96
5.1.2 512KB 存储器的扩展	97
5.2 字库 ROM 的扩展	97
5.3 并行接口的液晶点阵屏	98
5.3.1 单色点阵图形液晶显示屏	98
5.3.2 彩色点阵图形液晶显示屏	99
5.4 汉字显示原理	102
5.4.1 汉字国标码与区位码	102
5.4.2 字库的来源	103
5.4.3 不常见字的显示	103
5.4.4 小容量字库及其汉字显示	103
5.4.5 软件设计	104
5.5 图形显示方法	105
5.5.1 基本图形命令	105
5.5.2 点的显示	105
5.5.3 直线的显示	105
5.5.4 圆、圆弧的显示	106
5.5.5 函数的显示	107
5.6 D 系列中文液晶显示模块简介	107
5.6.1 D 系列中文液晶显示模块性能 特点	107

5.6.2 接口方式	108	6.6.3 不同阻值应变片的供桥电流 自动调整	137
5.7 触摸式面板的接口	109	6.7 其他典型测量电路	138
5.7.1 电阻式触摸式面板的工作原理	109	6.7.1 位移传感器 LVDT 电路	138
5.7.2 检测电路接口	109	6.7.2 热敏电阻测温电路	142
5.8 实例:通用彩色液晶点阵屏接口	110	6.7.3 铂电阻测温的软件非线性修正	143
5.8.1 系统组成	110	6.7.4 热电偶测温电路	147
5.8.2 硬件电路	110	6.7.5 热电偶冷端的温度补偿	151
5.8.3 软件接口	112	6.7.6 热电偶专用集成电路	151
习题	114	6.8 实例:12 路应变传感器放大电路 设计	153
第六章 传感器及小信号放大技术	116	6.8.1 供桥驱动电路设计	153
6.1 运算放大器性能特点	116	6.8.2 放大电路	154
6.1.1 通用运放	116	6.9 实例:带数据采集功能的动态电阻 应变仪	155
6.1.2 场效应运放	117	6.9.1 供桥电路	155
6.1.3 低噪声低漂移运放	118	6.9.2 放大电路	156
6.1.4 宽频带运放	119	6.9.3 自动调零电路	157
6.1.5 满摆输入、输出运放	119	习题	157
6.2 应变测量电路原理	120	第七章 数字量与模拟量的转换技术	159
6.2.1 测量电桥	121	7.1 数模转换原理	159
6.2.2 测量电桥的平衡	121	7.1.1 梯形电阻网络型数模转换器	159
6.2.3 等臂电桥的电压输出	121	7.1.2 数字电位器	160
6.2.4 全桥、半桥与半桥单片测量,温度 补偿	122	7.2 方便实用的数模转换器件	160
6.3 静态电阻应变仪	123	7.2.1 8 位 D/A 转换器	160
6.3.1 交流供桥、双电桥零读数静态应 变仪	123	7.2.2 12 位 D/A 转换器	161
6.3.2 数字式电阻应变仪	124	7.2.3 14 位以上分辨率的 D/A 转换器	162
6.3.3 静态电阻应变仪的应变片公共 补偿技术	124	7.3 实例:简易函数发生器	165
6.3.4 数字式静态电阻应变仪重要电路	125	7.3.1 函数发生器的基本结构	165
6.4 动态应变仪	126	7.3.2 波形发生器	165
6.4.1 交流供桥动态电阻应变仪	126	7.3.3 信号合成和输出	168
6.4.2 直流供桥动态电阻应变仪	127	7.4 模数转换原理	168
6.5 应变仪基本电路	127	7.4.1 双积分型模数转换器	169
6.5.1 应变仪直流供桥电路	127	7.4.2 逐次逼近型模数转换器	169
6.5.2 程控恒压源	129	7.4.3 $\Sigma-\Delta$ 型模数转换器	171
6.5.3 应变仪直流放大电路	130	7.5 模数转换器接口电路	172
6.5.4 应变仪的预调平衡电路	132	7.5.1 双积分型模数转换器的接口	172
6.5.5 应变仪的校准及灵敏系数补偿	135	7.5.2 逐次逼近型模数转换器的接口	173
6.6 双恒流源供桥技术	136	7.5.3 参考电压源	178
6.6.1 恒流源供桥的基本电路	136	7.5.4 $\Sigma-\Delta$ 型模数转换器的接口	179
6.6.2 双恒流源全桥测试电路	137	7.6 实例:典型的模数转换电路实例	182

7.6.1 AD1674 接口实例	182	8.6.3 通过串行口调试程序	214
7.6.2 MAX110 接口实例	183	8.6.4 程序下载	215
7.7 实例:动量矩定理演示仪电路设计 ..	183	8.6.5 单脚仿真器	217
7.7.1 隔离的 RS-485 驱动	184	8.6.6 用户板设计要点	217
7.7.2 键盘、显示器接口	185	8.7 实例:使用 ADuC845/847 组成	
7.7.3 传感器信号放大与 A/D 转换		高分辨率数字电子秤	219
电路设计	187	8.7.1 系统组成	219
7.7.4 位置检测电路设计	188	8.7.2 电源电路	219
习题	188	8.7.3 供桥及基准电源	220
第八章 片上系统及在系统可编程技术 ..	189	8.7.4 传感器连接与数据采集	221
8.1 C8051F 系列全集成混合信号片上		8.7.5 显示键盘系统	221
系统	189	8.7.6 与上位机通信	222
8.1.1 C8051F020 系列	189	习题	222
8.1.2 C8051F040 系列	191	第九章 ARM 及其 ARM 技术	224
8.2 μ PSD3xxx 系列 51 片上系统	192	9.1 ARM 嵌入式系统概述	224
8.2.1 μ PSD32xx 系列	193	9.1.1 什么是 ARM	224
8.2.2 可编程逻辑(PLD)	194	9.1.2 ARM 微处理器及其技术应用	
8.2.3 USB 接口	194	特点	224
8.2.4 快速开发工具	194	9.1.3 ARM 微处理器的特点	225
8.2.5 高速系列 μ PSD33xx	198	9.2 ARM/Thumb 微处理器结构	225
8.2.6 μ PSD34xx 系列	198	9.2.1 ARM7 系列微处理器	226
8.3 高精度数据采集系统 ADuC8xx ..	199	9.2.2 ARM 的三级流水线结构	226
8.3.1 ADuC845/847/848 基本性能	199	9.2.3 ARM 和 Thumb 指令集	226
8.3.2 ADuC845/847/848 基本系统配置 ..	200	9.2.4 ARM 和 Thumb 状态	227
8.3.3 ADuC824 基本系统配置	202	9.3 ARM 处理器的编程模型	227
8.3.4 开发环境	203	9.3.1 处理器模式	228
8.4 廉价实用的 P89LPC900 系列	203	9.3.2 内部寄存器的组织	228
8.4.1 P89LPC90x 系列	203	9.3.3 程序状态寄存器	232
8.4.2 P89LPC92x 系列	204	9.3.4 ARM 的异常中断	233
8.4.3 P89LPC93x 系列	205	9.3.5 ARM 存储器格式	235
8.4.4 P89LPC95x 系列	206	9.4 初识 ARM 处理器程序	236
8.4.5 开发环境	207	9.4.1 一个简单的 ARM 指令集的汇编	
8.5 在系统可编程技术	208	程序	236
8.5.1 使用串行口编程	208	9.4.2 一个简单的 ARM、Thumb 指令集	
8.5.2 使用 SPI 接口编程	209	混合汇编程序	237
8.5.3 使用边界扫描技术编程	209	9.5 基于 ARM7TDMI 内核的 S3C44B0X	
8.5.4 通过 USB 接口编程	211	微处理器简介	237
8.6 实例:ADuC845/847/848 用户板		9.5.1 S3C44B0X 微处理器片上主要	
设计	211	集成的功能	237
8.6.1 ADuC845/847/848 评估板	211	9.5.2 S3C44B0X 微处理器芯片的引脚	
8.6.2 开发软件	214	功能	238

9.6 使用 ADS1.2 进行嵌入式软件开发	240	10.2.3 PXI 仪器	253
9.6.1 建立工程	240	10.2.4 模块化仪器	254
9.6.2 源文件编辑	242	10.2.5 其他仪器硬件	255
9.6.3 汇编程序与 C 程序的混合编程	244	10.3 LabVIEW 虚拟仪器入门	256
9.6.4 编译和连接	244	10.3.1 LabVIEW 的突出功能	256
9.6.5 程序调试	249	10.3.2 一个简单的 VI 实例	258
习题	250	10.3.3 利用 Express VI 进行信号分析	262
第十章 计算机虚拟仪器技术	251	10.3.4 创建自己的仪器驱动 VI	265
10.1 计算机虚拟仪器的概念	251	10.3.5 LabVIEW 实时模块	266
10.2 计算机虚拟仪器的硬件资源	251	习题	267
10.2.1 虚拟仪器系统中的专用仪器	252	术语、符号及器件参考	268
10.2.2 数据采集硬件	252	参考文献	274

第一章 计算机串行通信接口技术

串行通信由于连线的简洁和通信距离远,使其应用范围极广。根据应用对象的不同及发展时间的变化,形成了若干种不同的规范或标准。多数串行通信标准仅是硬件标准,不做软件规定,但最新发展起来的几种标准(如 I²C、USB 和 IEEE1394 等)则同时规定了软件标准。

1.1 异步串行通信

多数单片计算机及计算机系统都支持异步串行通信(UART),所谓异步串行通信是指不使用同步时钟信号进行通信的方案。只要通信的收发双方使用相同的位速率(即波特率:每秒传送的数据位数),并使用适当的方法对数据校验,异步串行通信是可以可靠传送数据包的,因此在工业控制中应用很广。

1.1.1 异步串行通信硬件

异步串行通信接口通常指以下三类:RS-232C(A、B、C),20mA 电流环和 RS-422/RS485。用于很短距离的通信时,也可以直接连接。直接连接时,通信距离通常不应大于 5m。

RS-232C 属异步串行通信标准之一,是 RS-232 的第三次修订标准(A、B 已不用),发展于 20 世纪 70 年代前后,它使用三线通信,负逻辑。支持 5b、6b、7b 及 8b 字长,后来为支持单片计算机的多机通信,又扩展了 9b 字长的通信方式。可使用 1 个、1.5 个或 2 个停止位,还可带奇偶校验位。目前应用最多的是 8b 或 9b 字长方式,1 个或 2 个停止位,无奇偶校验位,数据的低位在前,高低在后,逐位发送。

RS-232C 规定,当信号电平为-3V~-15V 时,为逻辑 1,称 SPACE 状态,当信号电平为+3V~+15V 时,为逻辑 0,称 MARK 状态。 -3V~+3V 的信号为无效信号,所以 RS-232C 是负逻辑。RS-232C 信号电平与 TTL 信号电平的转换通过专用器件完成,常用的有 1488/1489, MAX232 等。TTL 信号通常使用正逻辑,其通信状态如图 1.1 所示。其实现在 RS-232C 信号电平与 TTL 信号电平的转换器件通常并不区分 SPACE 信号与无效信号,都当 SPACE 信号处理。

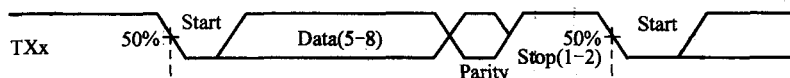


图 1.1 标准异步通信逻辑

能产生异步通信逻辑的器件有很多,8031 系列单片机就有支持标准异步通信的逻辑,当串行口工作在模式 1 时为 8b 字长方式,模式 3 时为 9b 字长方式。

异步通信定义了一系列标准波特率(Baud Rate),110 是最低值,用于电传打字机,现在已不用。300,600,1200,2400,4800,9600,19200,38400 是标准波特率序列,多数器件支持更高的非标波特率,如 PC 机最高支持 115.2Kb/s 的波特率。许多单片机支持高达数兆的非标波特率,但通常不能用于长距离通信。

在最常用的方式下(8b 数据位, 1b 停止位, 无校验), 每发送 10b 信号才能传送 1 个字节(称为一帧数据), 因而实际通信速度只有每秒波特率的 1/10 或更慢。即使是 19200 波特, 每秒也仅能传送 1800B 左右, 对要求有大量通信数据的场合是不适用的。

如果收到的停止位不是 1, 则说明通信有错, 多数异步通信逻辑能够检测出这种错误, 称为帧溢出错误。然而即使发生了这种错误, 一般仍能接收信息, 不会影响下面的接收, 但如果前面一个收到的字节未取走, 而又收到了新的帧数据, 则对于无 FIFO 缓冲器的异步通信器件, 就会发生丢数据的错误(称溢出错误), 此错误应尽量避免发生, 通常使用硬件中断可有效避免数据溢出错误。

可以使用其他器件扩展异步通信口, 如 Intel 公司的 8250、8251 等。这些标准异步通信控制器不仅支持对调制解调器的控制, 还可以用同步串行通信方式工作。但大多数工业控制使用简易的 RS-232C 3 线通信。需扩展的端口数量不多时, 使用 MAX3100 是最方便的选择。

MAX3100 与 CPU 以 SPI 串口方式通信, 提供标准异步通信逻辑, 可进行 9b 方式通信, 以支持主从通信模式(与 8031 模式 3 兼容)。MAX3100 内含 8B 的 FIFO, 所以即便计算机不及时响应, 一般也不会丢失数据。图 1.2 为 DIP 封装的 MAX3100 引脚图。

当 CPU 支持硬件 SPI 接口时, 如 Atmel 的 AT89S53, 与 MAX3100 的接口将非常简单。对于无专门 SPI 接口硬件的器件, 仅需使用 3 根通用 I/O 口即可实现, 但软件开销将大幅度增加。在这种情况下, 对于需要以较高波特率传送大量数据的情形, 使用 MAX3100 将不甚合适。这时建议使用并行接口电路扩展, 如德州仪器(Texas Instruments)的 TL16C550A 或 TL16C554。

仅需增加单路异步串行口时, 选用 TL16C550A 是合适的。该器件支持所有标准的异步串行通信功能, 但不支持扩展的 9b 通信功能, 输入、输出都支持 16B 的 FIFO 方式。事实上, 扩展的 9b 通信功能可以使用奇偶校验位模拟, 虽然不方便, 但仍可以做到。对调制解调器的支持, 在大多数工业控制中用不上, 因此, 通常 RTS(请求发送)、DTR(数据终端准备好)、DSR(数据装置准备好)、DCD(数据载体检测)、CTS(清除发送)、RI(振铃信号)等信号通常不连接, 因为这些信号是连接调制解调器的专用信号, 自然也不需将这些信号转换为 RS-232C 的逻辑电平, 如图 1.3 所示。

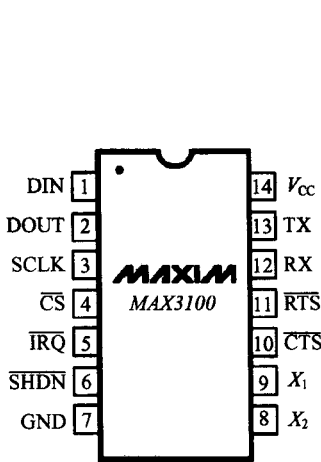


图 1.2 DIP 封装的 MAX3100

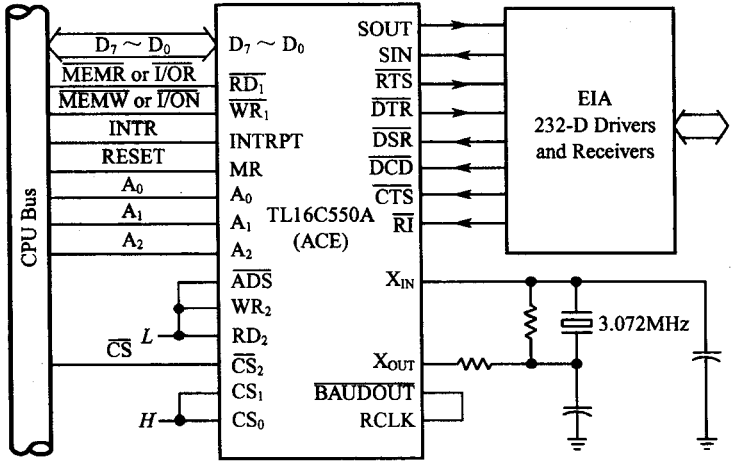


图 1.3 TL16C550A 的基本应用连接

当需要多路异步串行信号时, FN 封装的 TL16C554 适合于小批量生产。图 1.4 为其内部功能图。该器件含有 4 路支持同步/异步通信的标准接口逻辑, 并支持全部端口的调制解调器控制接口。每路的输入、输出都支持 16B 的 FIFO 方式, 所以 CPU 的资源开销可大幅度减小。TL16C554 其实就是单片内封装了 4 个 TL16C550B, 其性能特点与 TL16C550A 相同。

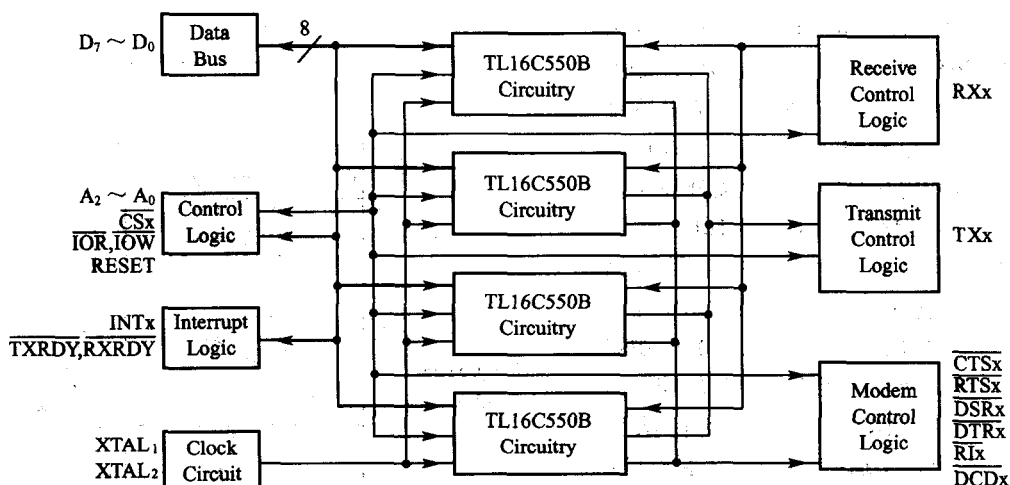


图 1.4 TL16C554 内部功能逻辑图

1.1.2 异步串行通信的直接连接

仪器内部不同的微处理器相连时，可以采用直接相连方式。当两个微处理器直接相连时，微处理器 1 的 TXD 连接微处理器 2 的 RXD，微处理器 1 的 RXD 连接微处理器 2 的 TXD(如图 1.5 所示)。注意：由于直接连接时，为 TTL/CMOS 兼容信号，不可使用长线连接，连接距离通常控制在 1m 以内，而最大不应超过 5m（视波特率而定）。

51 系列微处理器还允许多个微处理器以总线方式相连。以总线方式相连时，必须指定 1 个为主机(Master)，其余为从机(Slave)。从机可以连续接收信号，但发送信号受主机控制。由于 51 系列微处理器 TXD 的驱动能力限制，当连接的从机较多时(如 4 个以上)，主机的 TXD 应使用总线驱动器(如 74HC244)驱动，所有从机的 TXD 都应使用 OC 门(如 7407)输出，并在主机端使用上拉电阻。上拉电阻阻值可选择 2.2kΩ 左右，如图 1.6 所示。

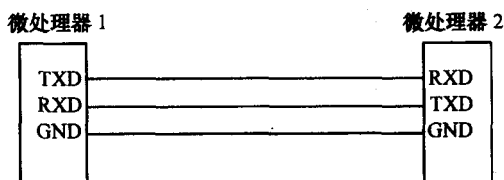


图 1.5 异步串行通信的直接连接

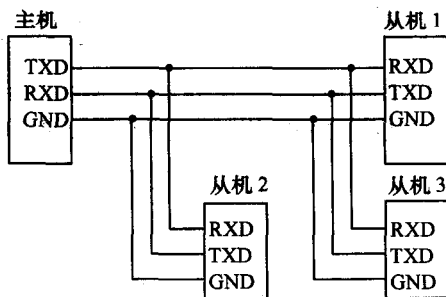


图 1.6 异步串行通信的多机直接连接

51 系列微处理器的异步串行口以总线方式相连时，通常以 9b 方式工作，主机以第 9 位控制从机的数据接收。当第 9 位为 1 时，通常解释为地址字节，所有从机都应接收，当第 9 位为 0 时，仅地址被选中的从机接收。51 系列微处理器的串行口为此专门设计了使用极为方便的控制逻辑，可参看相关资料。

1.1.3 RS-232C

由于 RS-232C 以较高电平输出，且正负输出，所以其驱动器需提供 ±10V 以上的对称电源。早期的 RS-232C 常使用 MC1488 驱动器驱动输出，它能提供 4 路 RS-232C 信号输出，但需要提供 ±12V 驱动电源，使用很不方便。MC1489 是相应的 4 路 RS-232C 信号接收器，仅需 5V 供电。

将 TTL 的异步通信逻辑转换为 RS-232C 逻辑电平, 最方便的器件即是使用 MAX232A。如图 1.7 所示, 即是其内部逻辑框图。可以看到, 片内包含了能产生 $\pm 10\text{V}$ 电源的电荷泵电路, 仅需外接 4 个 $0.1\mu\text{F}$ 电容 (MAX232A) 或 $1\mu\text{F}$ 电容 (MAX232) 即可。每个器件含有两路 TTL/CMOS 到 RS-232 的转换输出电路, 同时含有两路 RS-232 到 TTL/CMOS 逻辑的输入电路。所以, 当不需要其他控制信号时, 一片 MAX232 即可支持两路 RS-232C 作全双工通信, 而且不需要 $\pm 12\text{V}$ 供电电路。

与 MAX232A 功能相当的器件有很多, 仅 Maxim 公司就有许多型号, 如 MAX202、MAX220~249 等, 有些器件甚至不必外加电容。许多其他的芯片生产厂也生产类似器件, 如模拟器件公司 (ADI) 的 ADM202 就是与 MAX202 相当的器件。

有许多型号的引脚排列是相同的, 性能上仅有细微区别, 可以直接代用。

尽管 RS-232C 并未严格规定必须使用何种连接器, 但通常使用与 PC 机相同的连接器及引脚排列比较方便。现在一般使用 9 针 D 形连接器 DB9 (较老的计算机使用 25 针 D 形连接器 DB25)。计算机端使用 DB9 针, 连线使用 DB9 孔。其中 2 脚连接信号 RXD, 3 脚连发送信号 TXD, 5 脚为信号地 GND (注意: DB25 针的信号为 3 脚连接信号 RXD, 2 脚连发送信号 TXD, 7 脚为信号地 GND)。当两个设备相连时, 应使用交叉连接的通信线, 如图 1.8 所示。这种连接线有商品线出售, 价格低廉且质量较好, 可直接购买。注意: 当使用商品电缆时, 不使用的引脚请不要连接。电缆线长度超过 15m 时, 最好使用三芯屏蔽线, 屏蔽层接地。(RS-232C 规范规定终端设备应使用孔型连接器, RXD 与 TXD 的排列次序与计算机端相反, 不过实际系统中较少采用。)

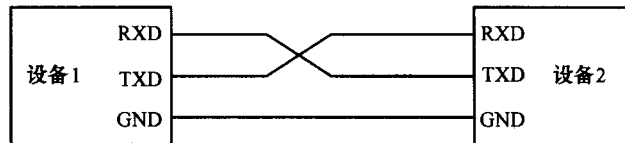


图 1.8 两个 RS-232C 串行口的连接

如果上位机需与多个串口设备通信, 每个串口设备必须使用 1 个独立的 RS-232C 串口, 这时就要用到多串口卡, 或多路串口接口芯片, 如以上的 TL16C554 等, PC 机中插入 1 个多串口卡是最方便的做法, 有 2 路、4 路或 8 路的多串口卡可以选用。台湾的 MOXA 提供 ISA 总线及 PCI 总线的工业级多串口卡, 有 MOXA C168H、MOXA C168P、MOXA C168H/PCI 等型号。ISA 总线的多串口卡由于其对 CPU 的使用效率低下, 已逐渐淘汰, 应选用 PCI 产品, 但 MOXA 公司的 PCI 多串口卡价格昂贵。北京捷瑞电信设备有限公司提供的 PCI 总线有 2 路、4 路或 8 路的多串口卡, 其性能指标接近或超过 MOXA 公司的同级 PCI 总线产品, 其性能价格比高。其型号有 JARA1112S、JARA1104、JARA1108 等。

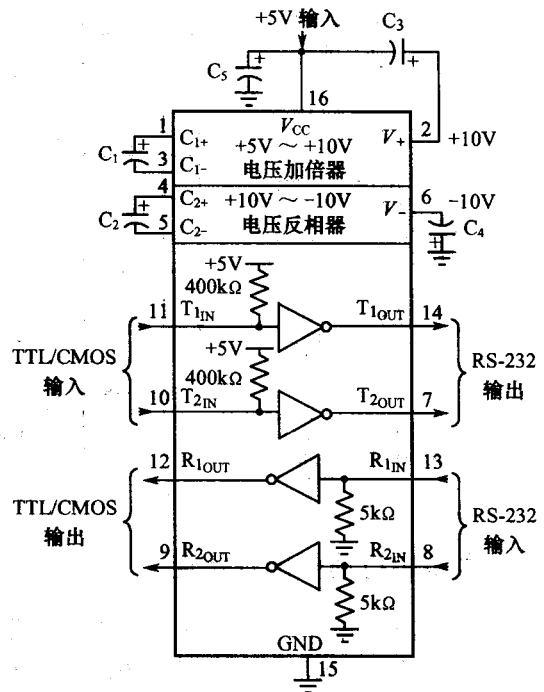


图 1.7 MAX232 功能框图

北京捷瑞的 4 路、8 路多串口卡使用 TL16C554 串行接口芯片。由于其输入、输出都支持 16B 的 FIFO 方式，加上通过 PCI 总线接入主机，因而通信过程对系统资源的占用很少。

PCI 总线的多串口卡支持即插即用(PnP)，所以驱动程序的安装通常比较简单。在 Windows 系统中，通过系统访问通信卡的方法与通过系统访问机器自带串行口(COM1)的方法完全相同。但在 Windows2000 系统中，如果在系统启动过程中串行口有数据输入，系统可能会误认为是鼠标定位信息，从而造成鼠标定位箭头乱跳，使系统不能正常工作。有两种办法可解决这一问题：一种办法是在系统启动过程中(或启动前)切断串口输入信号，或关断串口输入源；另一种办法是，在出现鼠标乱跳后关断串口输入(对不能关断者，拔掉串口线)，然后在控制面板中打开“鼠标”栏，在“硬件”页禁用被 Windows2000 误认为是鼠标的硬件。再重新打开串行输入口(或接上串口线)，重新启动系统，则系统将正常运行。

图 1.9 为使用多串口卡连接多个串口设备的系统。

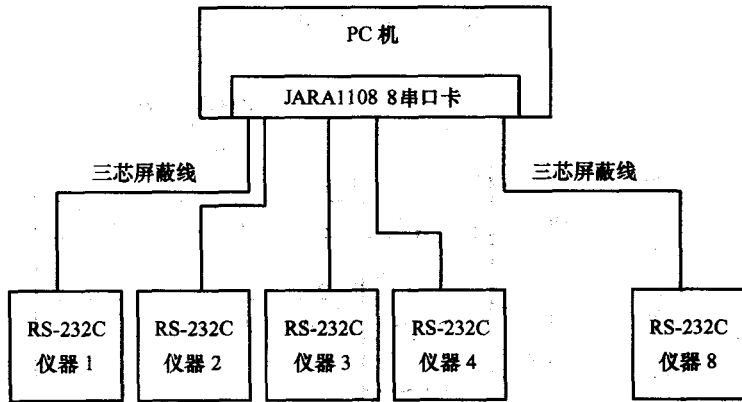


图 1.9 使用多串口卡连接多个串口设备的系统

标准的异步串行通信 RS-232C 能很好支持对调制解调器的控制。需进行远程访问连接时，使用调制解调器连接到电话线是方便而又廉价的选择，所以上述结构实际上很容易扩展空间使用范围。但工业控制系统很少使用这种通信方式，因为电话拨号连接方式是不可靠的，而可靠性对工业控制系统来说通常是最重要的。

如果需通信的数据并不很多，使用 RS-485 接口是不错的选择。RS-485 是异步串行通信的一种实现方式，它不仅简化了硬件连接方式，还可提供很远的通信距离。

1.1.4 RS-422 和 RS-485

RS-232C 在长距离通信时，常常发生通信错误，即便波特率低至 300Kb/s，通信距离也达不到 100m，因而发展了使用差动电流驱动的 RS-422 协议。电流驱动时，抗干扰性能本身远高于电平驱动，加上差动方式可以用双绞线进一步提高抗干扰，因而传输性能大幅度提高(正常情况下 9600 波特率能可靠传输 1200m 以上)，而传输介质仅需价格低廉的双绞线。

RS-422 与 RS-232C 的异步通信逻辑完全相同，不同的仅是驱动及接收逻辑。使用 MAX488/MAX489/MAX490/MAX491、AM26LS32A、SN75176B 等器件均可实现 TTL/CMOS 的异步通信逻辑与 RS-422 的转换及驱动，图 1.10 为 MAX488/490 封装图与通信连线图，这时的连接方式是点对点的。图 1.11 为 MAX489/491 封装图与通信连线图。MAX489/491 具有输出关断功能，以方便按总线方式连接多台仪器到总线上。未选中地址的从机应通过 DE 端禁止 RS-422 输出。这时的工作方式与 RS-485 相同，但能以全双工方式工作，所以有人称之为 4 线方式的 RS-485。

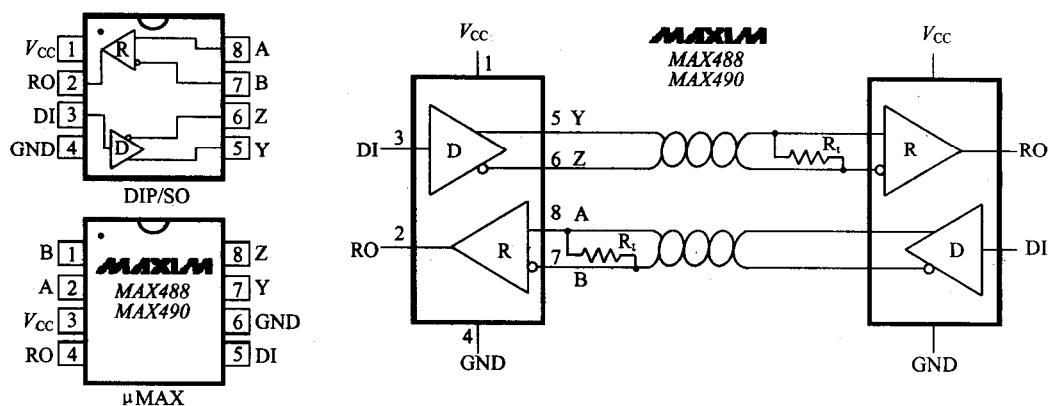


图 1.10 MAX488/490 封装图与 RS-422 通信连线图

注：图中引脚编号为 DIP 封装。

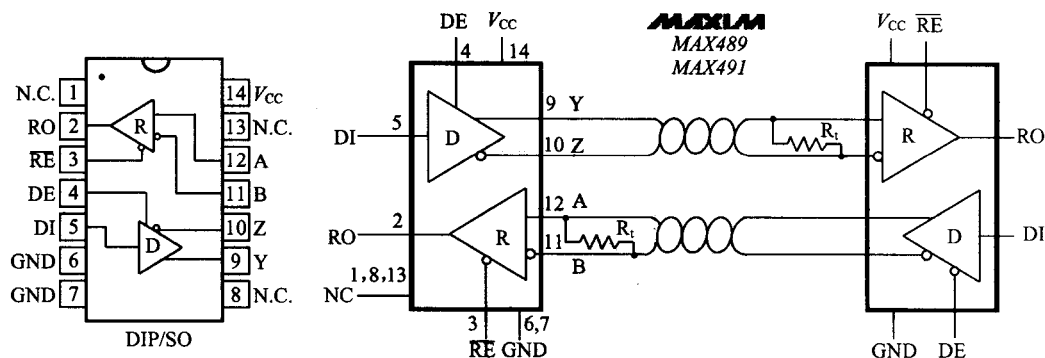


图 1.11 MAX489/491 封装图与 RS-422 通信连线图

为防止高频信号在线路中的反射影响通信质量，在接收端加接负载电阻是必要的。通常 R_t 取 $100\Omega \sim 120\Omega$ ，实际上，负载电阻还起到取样电阻的作用，将发送器的电流输出转变为电压信号。

既能发送，又能接收(即双向通信)称为双工，否则称为单工，能同时进行发送和接收的称为全双工，发送和接收需分时进行的称为半双工。

RS-422 使用两对双绞线通信，发射和接收可同时进行(全双工)。如果使用一对双绞线，RS-422 即成为 RS-485。RS-485 的驱动器，其电性能与 RS-422 的驱动器相同，但由于只用一对双绞线工作，网络上不允许同时有多个信号发送源，所以 RS-485 的驱动器有与 RS-422 驱动器不同的地方：RS-485 驱动器通常不允许同时发送和接收，以免收到自己发出的信息。

RS-485 网络必须工作在主从(Master-Slave)模式。由一台计算机工作在主模式(Master)，称为主机，其他计算机工作在从模式(Slave)，称为从机。从机不可主动向总线发送信息。正常工作时，从机总工作在监听模式(Listen)。当监听到主机向本机发送“讲话”命令时，从机才可向总线发送信息。从机发送的信息可以由主机接收，也可由其他从机接收。显然，RS-485 的实时性较差，从设备无法主动向主设备报告设备状况或传送数据，而点对点连接的 RS-422 网络无此限制。

如果 RS-422 驱动器的收发端独立可控，则只需将 A 与 Y 相连、B 与 Z 相连，可以作为 RS-485 驱动器使用。不过 MAXIM 公司专门开发了用于 RS-485 的驱动器，如 MAX485/MAX487/MAX1487 等，德州仪器公司的 SN75176B 也是 RS-485 驱动器。还有带光电隔离的 RS-485/RS-422 驱动器如 MAX1480/MAX1490 等。图 1.12 为用 RS-485 组建的网络。

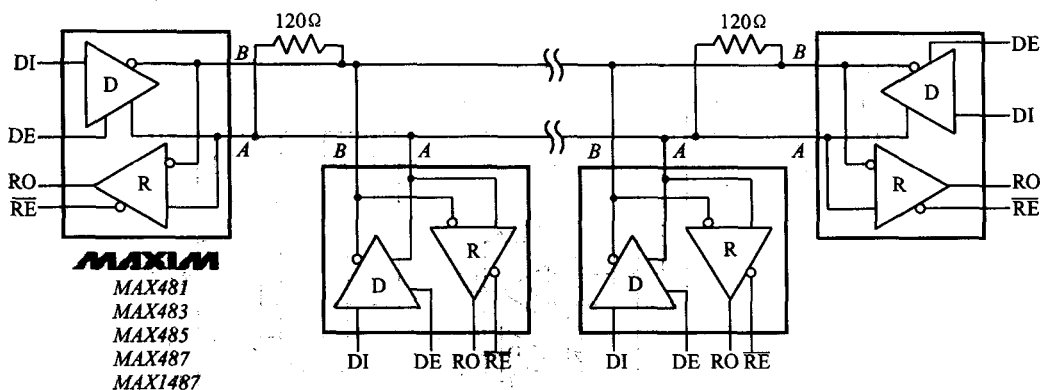


图 1.12 用 RS-485 组建的网络

图中驱动器的发送控制端 DE 与接收端控制端 $\overline{RE}$ 通常连接在一起，以控制数据的流向。也可以将发送控制端与接收端控制端分别控制，以实现器件的绿色节能功能，因为 MAXIM 的许多 RS-485 收发器件具有节能功能：DE=0 且 $\overline{RE}=1$ 时器件处于节能状态。发送控制端与接收端控制端分别控制，可实现本机发送的信号由本机接收，用于网络硬件的诊断。PC 机加接 RS-232C 到 RS-422/485 转换模块即可实现 RS-422/485 通信。

图 1.13 为使用 RS-422 组成的点对点网络示意图。这种网络在通信数据量较大时常被采用，但显然使用起来不如 RS-485 网方便。

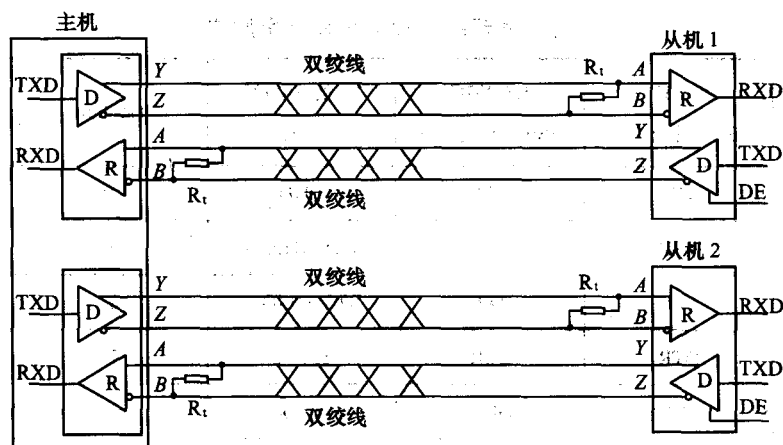


图 1.13 点对点方式的 RS-422 组网

微处理器系统可使用 MAX3100 或 TL16C554 扩展串行口后组建图 1.13 的 RS-422 点对点网络。PC 机或工业控制计算机可使用 RS-422 多串口卡。R_t 通常取 100Ω~120Ω。

兼顾速度与方便性两方面，RS-422 网络也可组成总线网(也称为 4 线方式的 RS-485)。图 1.14 为使用 RS-422 组成总线网络的示意图。为防止同时有多个设备往网络上发送信息，图 1.14 所示的网络仍使用与 RS-485 相同的主从控制方式，总线上应指定一台计算机为主控计算机，数据收发由主控计算机决定。大多数情况下，从机仅与主机进行数据交换，但主机也可用广播方式向所有从机发送相同信息，总线方式组网时，未处于发信方式的 RS-422 从机必须控制 DE 端禁止发送端输出。与标准 RS-485 不同的是，4 线方式的 RS-485 从机不可接收其他从机发送的信息，而标准 RS-485 从机则可以接收其他从机发送的信息。