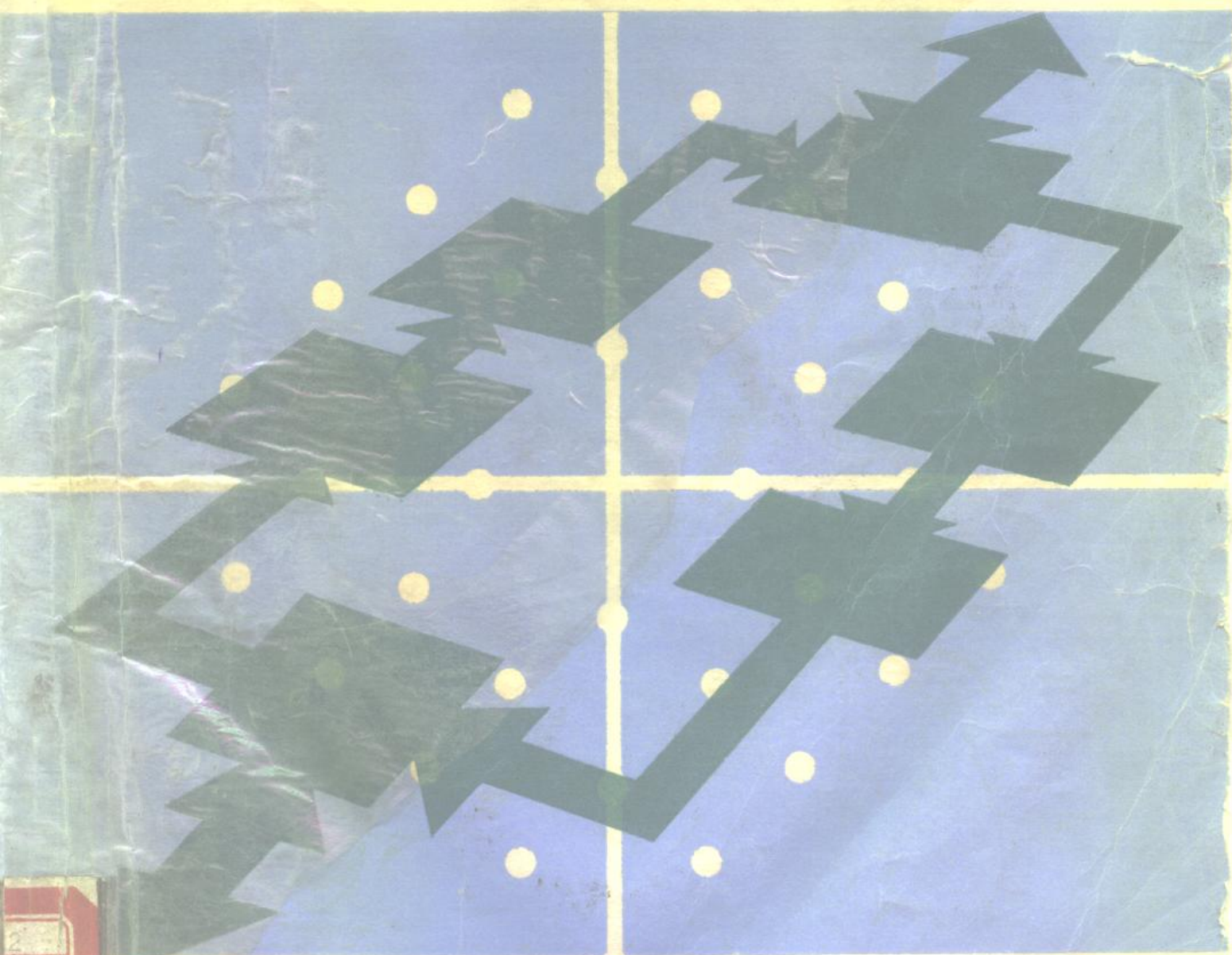


数据采集技术

沈兰荪 编著



中国科学技术大学出版社

数据采集技术

沈兰荪 编著

中国科学技术大学出版社

1996年11月

数 据 采 集 技 术

沈兰荪 编著

*

责任编辑: 黄 德 封面设计: 王瑞荣

中国科学技术大学出版社出版

(安徽省合肥市金寨路96号)

中国科学技术大学印刷厂印刷

安徽省新华书店发行

*

开本: 787×1092/16 印张: 14.75 字数: 353 千

1990年8月 第1版 1990年8月第1次印刷

印数: 1-3000册

ISBN 7-312-00205-6/TP·19 定价: 3.00元

内 容 简 介

本书是一本关于数据采集基本理论、方法与实际应用技术的著作，其内容及时反映了国内外的最新成果与技术发展状况。

本书系统介绍了数据采集的基本概念、数字化方法、软硬件技术；详细论述了现代数据采集系统的设计方法以及有关的装配技术、干扰抑制、程序设计；着重阐述了如何采用微型计算机、单片机、数据采集部件和各种 LSI 集成芯片等高科技产品来构成现代的低电平或高速数据采集系统；对于具体、精细、巧妙地解决工程中的实际问题，本书提供了丰富的实践经验和有效的解决途径。

本书可供从事计算机、通信、仪器仪表、自动控制等专业的科研、教学及从事工程实践的人员参考；也可作为有关专业的研究生、高年级大学生的教材或参考书，以及电子技术培训班的教材。

前 言

数据采集技术 (Data Acquisition) 是信息科学的一个重要分支, 是以传感器、信号的测量与处理、微型计算机等高技术为基础而形成的一门综合应用技术, 其实用性很强。例如, 在航天飞行器的遥感、遥测与遥控中, 在自动飞行控制系统中, 在气动、强度、发动机试验中, 数据采集技术都具有非常重要的作用。在国民经济的各个领域, 如核电、石化、冶金、机器制造等方面也有很重要的地位。人们可以通过信号的测量 (数据获取)、处理、控制及管理来实现测、处、控、管的自动化与一体化。

在本世纪末及下世纪初, 很多新技术, 如光纤、超导、人工智能等都将会应用到数据采集领域。可以预言: 随着大规模集成电路技术与计算机科学技术的发展, 数据采集技术将有广阔的发展前途。

从 1986 年开始作者多次在中国科学技术大学研究生院讲授了“数据采集技术”这门课程。本书主要是根据几年来的教学经验, 科研工作的一些积累, 并参考了国内外一些文献而写成的。

全书共十九章, 可分为四个部分: 第一部分包括: 第一、二、三、十五章, 阐述了数据采集的基本概念, 模拟信号的数字化方法以及数据采集技术的硬件与软件, 这是本书的基础。第二部分, 包括第四章至第十一章, 介绍了数据采集的一些典型部件 (包括 DAC, ADC, MUX, IA, 以及 SHA 等) 与子系统 (模块化与板级产品), 并讨论了总线技术, 进一步为数据采集系统的设计奠定了基础。第三部分包括第十二、十三、十四、十六章, 详细研究了现代数据采集系统的设计方法, 并讨论了有关的装配技术、干扰抑制以及程序设计。最后三章为第四部分, 研究了三类数据采集技术, 特别是对低电平以及高速数据采集技术的讨论, 实质是全书内容的综合运用。

希望这本书对从事与数据采集技术有关的科研、教学、工程界的同志有所帮助。不妥之处望同行与读者指正。

作者特别感谢王大珩先生的一贯鼓励与指导。在本书编写过程中, 作者的研究生韦晓岩、贾克斌、戴旭初给予很多帮助。中国科学技术大学计算机系沈晓卫同志帮助写了第十五章部分初稿, 贾克斌同志帮助写了第十六章第五节大部分内容的初稿。韦晓岩同志校对了全书。在此一并致谢。

沈兰荪

1989 年 12 月 20 日于中国科学技术大学

目 录

前言	(I)
第一章 概述	(1)
第一节 数据采集技术的广泛应用	(1)
第二节 数据传感器	(1)
第三节 数据采集系统的典型结构	(2)
第二章 接口技术	(4)
第一节 概述	(4)
第二节 微处理器的控制信号	(4)
第三节 外设接口的寻址方式	(6)
第四节 输入与输出的控制方式	(9)
第五节 外设接口的数据传输	(14)
第六节 PC 机的 I/O 通道	(16)
第七节 PC 机总线周期的使用	(21)
第三章 模拟信号的数字化	(24)
第一节 概述	(24)
第二节 采样频率的选取	(25)
第三节 采样方式的讨论	(26)
第四节 量化过程与量化噪音	(27)
第五节 孔径时间	(29)
第六节 模数转换器的精度与特性	(31)
第七节 编码	(31)
第四章 数模转换器	(35)
第一节 概述	(35)
第二节 DAC 的 I/O 隔离接口电路	(37)
第三节 具有锁存器的八位 DAC	(39)
第四节 完整的八位 DAC	(43)
第五节 12 位 DAC 的接口方法	(46)
第六节 DAC 的内存映射接口电路	(48)
第七节 带通用接口的 12 位 DAC	(52)
第八节 实际产品	(54)
第五章 模数转换器	(57)
第一节 概述	(57)
第二节 ADC 的工作原理	(58)
第三节 ADC 与微处理器的接口	(62)

第四节	通用的八位 ADC	(62)
第五节	数据采集的定时	(64)
第六节	使用 8255 的 ADC 接口方法	(67)
第七节	数字面板表	(68)
第八节	实际产品	(72)
第六章	模拟多路开关	(74)
第一节	概述	(74)
第二节	等效电路与主要技术指标	(75)
第三节	模拟多路开关的配置	(78)
第四节	两类实用的模拟多路开关	(78)
第五节	带有多路开关的 ADC	(79)
第七章	测量放大器	(82)
第一节	概述	(82)
第二节	测量放大器的增益调节	(83)
第三节	主要技术指标	(84)
第四节	测量放大器的使用	(86)
第五节	隔离放大器	(87)
第八章	采样保持电路	(89)
第一节	概述	(89)
第二节	工作原理与主要技术指标	(89)
第三节	系统通过速率的讨论	(90)
第四节	采样保持电路的使用	(91)
第五节	SHA 器件 AD583	(92)
第九章	数据采集模块	(93)
第一节	概述	(93)
第二节	数据采集模块 DT5712	(93)
第三节	DT5712 的扩展使用	(97)
第四节	数据采集模块的接口设计	(98)
第五节	其他的数据采集模块	(99)
第十章	板级结构的数据采集产品	(101)
第一节	概述	(101)
第二节	模拟输入输出接口板	(102)
第三节	MS1209 模拟输入输出接口板	(104)
第四节	实际使用中的一些问题	(107)
第五节	与 IBM-PC 机的兼容设计	(109)
第十一章	总线的标准与技术	(116)
第一节	概述	(116)
第二节	S-100 总线	(117)
第三节	STD 总线	(121)

第四节	IEEE-488 总线	(124)
第五节	串行总线的讨论	(127)
第十二章	数据采集系统的设计	(131)
第一节	概述	(131)
第二节	系统的结构配置	(131)
第三节	几个温度测量系统的设计	(134)
第四节	一个采用 Intel 8086 的典型数据采集系统	(142)
第五节	采用双微处理器的数据采集系统	(146)
第六节	数据缓冲区的设置	(148)
第七节	数据传送速率的讨论	(150)
第十三章	实际装配中的一些问题	(152)
第一节	概述	(152)
第二节	分布参数的影响	(152)
第三节	数据采集部件的正确使用	(153)
第四节	接地	(157)
第五节	电源干扰与去耦	(158)
第六节	IBM-PC 机系统总线的使用	(159)
第七节	传感器与系统的连接	(160)
第十四章	浮空测量与保护屏蔽	(165)
第一节	概述	(165)
第二节	共模电压	(165)
第三节	浮空测量	(166)
第四节	有保护屏蔽装置的系统	(168)
第五节	保护端的连接	(169)
第六节	关于注入电流的讨论	(173)
第七节	关于技术指标的一些问题	(174)
第八节	共模抑制能力的测量	(176)
第十五章	程序设计基础	(178)
第一节	概述	(178)
第二节	程序设计的模块化结构	(178)
第三节	软件系统的模块化设计原则	(179)
第四节	软件系统的程序控制结构	(182)
第五节	软件系统的评价标准	(183)
第十六章	监控程序的设计	(184)
第一节	概述	(184)
第二节	循环优先任务调度程序	(184)
第三节	键码分析任务调度程序	(184)
第四节	状态分析任务调度程序	(185)
第五节	实时多任务监控程序设计	(187)

第十七章	低电平的数据采集技术	(194)
第一节	概述	(194)
第二节	传感器与系统的连接	(194)
第三节	系统输入电路	(196)
第四节	多路后调理电路	(200)
第五节	典型的输入误差源分析	(200)
第十八章	高速的数据采集技术	(204)
第一节	概述	(204)
第二节	数据采集部件的选用	(204)
第三节	高速数据传送的实现	(205)
第四节	ADC 的并行工作	(208)
第五节	图象信号的高速采集	(210)
第六节	双端口存贮器的使用与设计	(212)
第十九章	采用单片机的数据采集技术	(216)
第一节	概述	(216)
第二节	单片机的介绍	(216)
第三节	智能检测仪	(217)
第四节	智能动态线径测量仪	(219)
第五节	一个采用 8031 的典型数据采集系统	(223)
参考文献		(225)

第一章 概 述

第一节 数据采集技术的广泛应用

数据采集技术 (Data Acquisition) 是信息科学的一个重要分支, 它研究信息数据的采集、存贮、处理以及控制等作业。在智能仪器、信号处理以及工业自动控制等领域, 都存在着数据的测量与控制问题。将外部世界存在的温度、压力、流量、位移以及角度等模拟量 (Analog Signal) 转换为数字信号 (Digital Signal), 再收集到计算机并进一步予以显示、处理、传输与记录这一过程, 即称为“数据采集”。相应的系统即为数据采集系统 (Data Acquisition System, 简称 DAS)。

数据采集技术已在雷达、通信、水声、遥感、地质勘探、振动工程、无损检测、语音处理、智能仪器、工业自动控制以及生物医学工程等领域有着广泛的应用。

图 1-1 示出数据采集技术与外部模拟世界的关系。

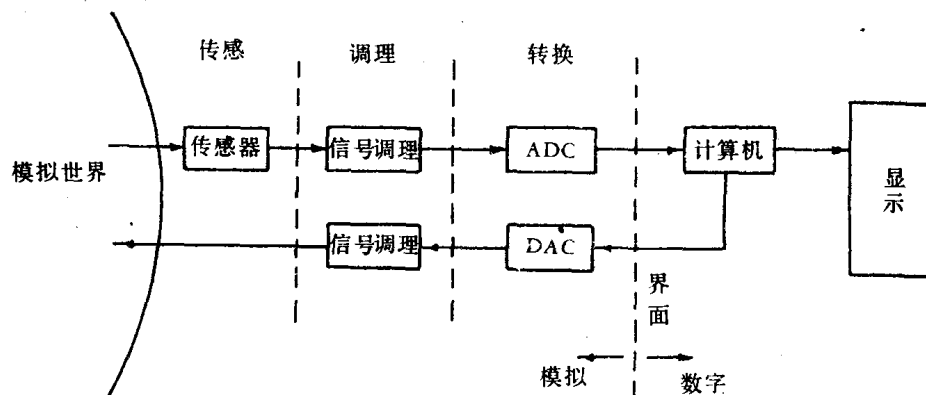


图 1-1 在模拟世界中的数据采集系统

应该强调指出的是: 科学技术的发展, 已在速度、分辨率、精度、接口能力、软件设计以及抗干扰能力等方面向现代数据采集技术提出了越来越高的要求。可以预言: 随着大规模集成电路技术与计算机科学技术的发展, 数据采集技术的应用领域将更为广阔。

第二节 数据传感器

数据采集技术对外部模拟世界各种被检测量 (物理、化学、生物等各种参数) 的测量, 依赖于各种类型的数据传感器 (Data Transducer)。数据传感器是按一定规律将被检测数据转换成便于进一步处理的物理量 (一般为电压、电流、电脉冲或电阻) 的器件。理想的传感器应该能够将各种被检测量转换为高输出电平的电量, 能够提供零输出阻抗, 噪声极低, 并具有良好的线性与重现性。

常用的数据传感器有热敏传感器、光敏传感器、力与压力传感器、位移、速度以及加速度传感器等。还有用于生物医学方面的血压、血流、脉象、胎心、以及血液中电解质和血气中酸碱度的传感器。一些新型数据传感器也很引人注目, 如光纤传感器、CCD 固体

摄像传感器、以及 MOS 场效应结构传感器。

值得指出的是，目前出现的智能传感器(Intelligent Transducer)，已具有体积小、灵敏度高和一定的信号预处理功能。例如，智能化的热敏传感器由于包含有片内 EPROM，能够预先存贮在各种温度下的校验常数，从而大大提高了传感器的精度。EPROM 内的程序也可以为传感器提供线性化公式。

有些智能传感器的研究，致力于现场放大采集信号，并转换成数字信号，以提高信号传输的抗干扰性。可以看到，智能传感器各项功能的进一步提高，特别是精度、自诊断、辨识等方面功能的增强，将极大地促进数据采集技术的发展。

显然，只有少数数据传感器可以将待测的模拟量直接转换为数字信号，大部分传感器输出的仍是电压或电流等模拟量。一般地说，数据采集技术所收集的信号有以下三类：

1. 开关信号(Switch signal)

开关信号也即只有两个状态 (0 或 1) 的信号，如开关的合与断；继电器的吸合与释放等。

2. 数字信号 (Digital signal)

数字信号即指用二进制形式表示的数，如数字电压表、键盘等的输出信息。频率输出型数据传感器输出的信号也是数字信号。

3. 模拟信号 (Analog Signal)

模拟信号系在规定的连续时间内，对输入信号的幅值可以在连续范围内任意取值。数据采集技术主要讨论这一类信号。

第三节 数据采集系统的典型结构

图 1-2 是数据采集系统的典型结构。系统由四部分组成。

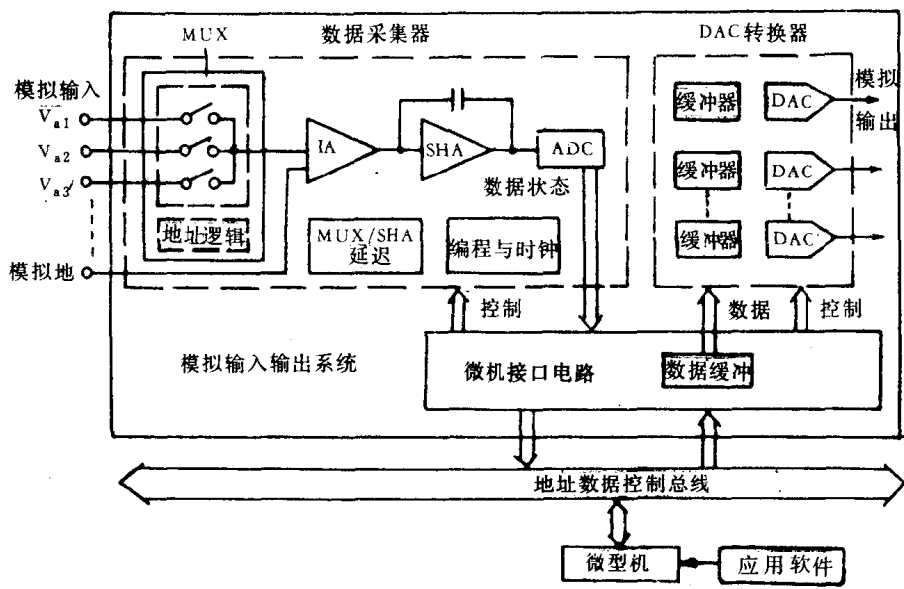


图 1-2 数据采集系统的典型结构

1. 数据采集器：包括多路开关 MUX，测量放大器 IA，采样保持放大器 SHA，模数

转换器 ADC 等。将多个现场模拟信号逐个采样再量化成数字信号后送往微型计算机。

2. 微机接口电路：用来传送数据采集系统运行所需要的数据、状态信息以及控制信号。

3. 数模转换器：将微机输出的数字信号再转换为模拟信号，以实现系统要求的显示、记录与控制任务。有时人们也将包含数模转换器 DAC 的数据采集系统称为模拟输入与输出系统 (Analog input output system)。

4. 应用软件。

在许多应用场合，多路开关 MUX 之前或之后还要配置滤波、前放等信号调理电路 (Signal conditioning circuit)。

第二章 接口技术

第一节 概 述

接口(Interface)的含义,通常是指两个对象之间的边界。接口的动词意义系指为两个对象提供一条跨过边界的通道。

如果定义界面的两个对象是物理设备,接口技术就是设计硬件,为两个设备提供需要的物理连接,此即为“硬件接口”。

如果定义界面的两个对象是计算机程序,接口技术就是设计软件,为两个程序之间提供通信,此即为“软件接口”。例如,一个程序是打印机驱动程序,另一个程序是一般的应用程序,“软件接口”实际上就是要弄清楚应用程序要将待打印的字符输出到何处,然后再调用打印机驱动程序完成字符的输出。

显然,接口技术是解决微处理器、微计算机与外部世界相联系的技术。它是数据采集技术的基础。本章以常用的八位微处理器为例,讨论硬件接口中的一些基本问题。它包括微处理器控制信号的使用,外设接口的构成,寻址方式,输入输出的控制方式,数据传送方式等。这些讨论也适用于十六位或更高档的微处理器接口的设计。在本章的后一部分,以 IBM-PC 机为例,进一步介绍了个人计算机 I/O 通道的定义以及总线周期的使用等问题。

第二节 微处理器的控制信号

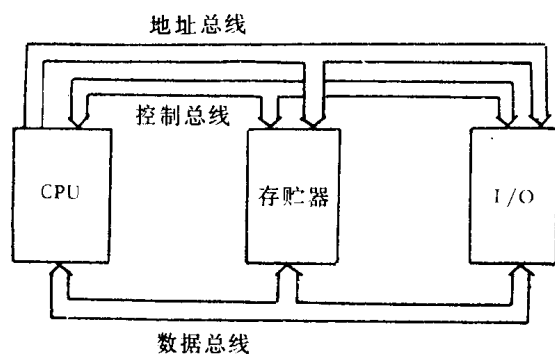


图 2-1 三总线系统

微处理器的总线和控制连线。8080 与 8085 必须外接其他元件对总线信号进行锁存和缓冲。在要求使用适量存储器的场合,6800 与 Z80 也需要使用外部总线缓冲器。表 2-1 列出了四种常见的八位微处理器的各种控制信号,且粗略地按功能进行分类并作了说明。在本章的后部分我们将讨论这些控制信号的使用。

通常的微处理器系统均为三总线系统(图 2-1)。地址总线(Address Bus)连向两个逻辑地址空间:内存地址空间与 I/O 地址空间。数据总线(Data Bus)提供一条双向路径,微处理器与内存空间或 I/O 设备之间的数据可以沿该路径传输。控制总线(Control Bus)提供控制数据总线上信息流的信号。这些信号是对应正在执行的总线周期类型的。

图 2-2 ~ 图 2-5 给出了四种常见的八位

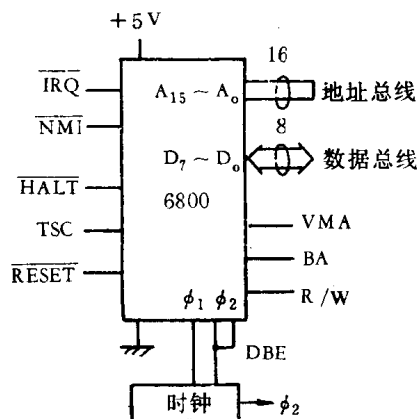


图 2-2 6800 的总线与控制连线

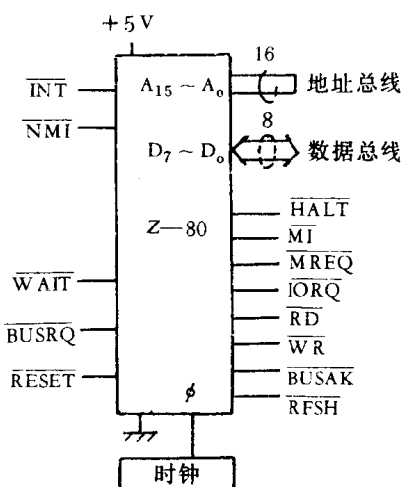


图 2-3 Z80 的总线与控制连线

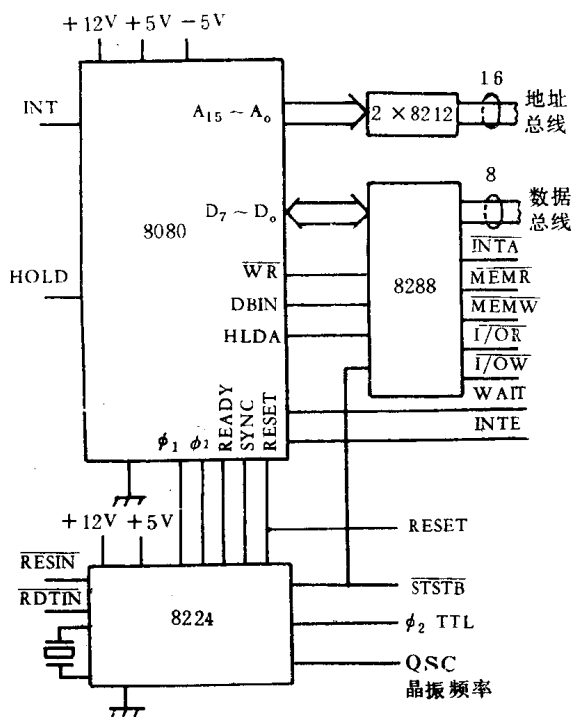


图 2-4 8080 的总线与控制连线

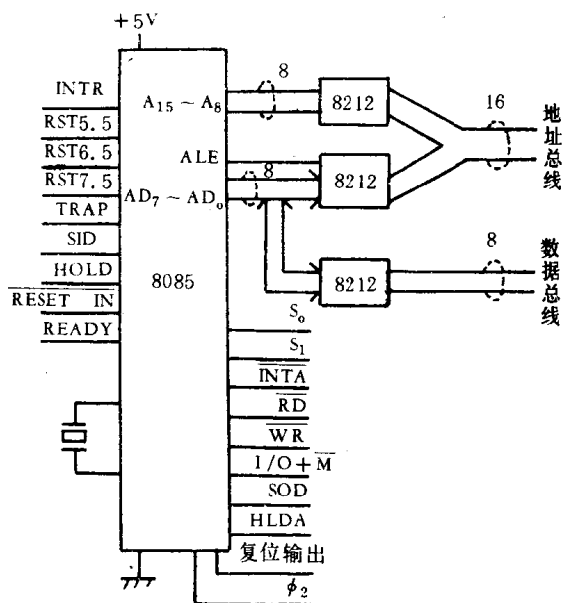


图 2-5 8085 的总线与控制连线

表 2-1 常见的八位微处理器的控制信号

功 能		6800	8080	8085	Z80	说 明
控 制 输 入	复 位	$\overline{\text{RESET}}$	$\overline{\text{RESIN}}$	$\overline{\text{RESETIN}}$	$\overline{\text{RESET}}$	异步复位信号
	准 备 好		$\overline{\text{RDTIN}}$	READY	$\overline{\text{WAIT}}$	机器进入等待状态
	总线控制	TSC	HOLD	HOLD	$\overline{\text{BUSRQ}}$	使各条总线脱离 CPU
		$\overline{\text{HALT}}$ DBE				机器停机, 各条总线脱离 CPU 数据总线脱离 CPU
	中断请求	$\overline{\text{IRQ}}$	INT	INTR RST _{5.5} RST _{6.5} RST _{7.5}	$\overline{\text{INT}}$	普通的请求信号 中断请求
	特殊信号	$\overline{\text{NMI}}$		TRAP SID	$\overline{\text{NMI}}$	高优先级请求 “串行输入数据”
总 线	地 址	A ₁₅ ~A ₀	A ₁₅ ~A ₀	A ₁₅ ~A ₈ AD ₇ ~AD ₀ ALE	A ₁₅ ~A ₀	地址端 多路转换的地址/数据端 地址选通
	数 据	D ₇ ~D ₀	D ₇ ~D ₀		D ₇ ~D ₀	数据端
控 制 输 出	数 据 传 送 控 制	R/W VMA	$\overline{\text{MEMR}}$ $\overline{\text{MEMW}}$ $\overline{\text{I/OR}}$ $\overline{\text{I/OW}}$	$\overline{\text{RD}}$ $\overline{\text{WR}}$ I/O + $\overline{\text{M}}$	$\overline{\text{RD}}$ $\overline{\text{WR}}$ $\overline{\text{MREQ}}$ $\overline{\text{IORQ}}$	这时输出信号经组合后允许 信息沿着数据总线在规定单 元和设备之间进行传送, 并 进行定时
	中断计时		$\overline{\text{INTA}}$	$\overline{\text{INTA}}$	$\overline{\text{MI}}$	从数据总线读取中断指令用 的定时信号
	CPU 状态		WAIT INTE	SOD HLDA	$\overline{\text{HALT}}$ $\overline{\text{BUSAk}}$	关于 CPU 状态的信息 关于数据总线状态的信息(总 线是否可用, 或当前的传送 操作的方向和性质)
	总线状态	BA		S ₁ S ₀		
	特殊信号 同步的输出 信 号		RESET	$\overline{\text{RESET-OUT}}$	RFSH	动态 RAM 的刷新定时脉冲 供接口使用

第三节 外设接口的寻址方式

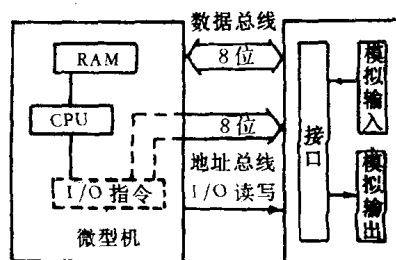
微机寻址外设有两种方式: 内存映射 I/O (Memory-mapped) (又可称为按存储器分配的输入/输出) 与 I/O 隔离 (Independent I/O) (又可称为按输入输出分配的输入/输出)。寻址方式的选择直接影响微处理器控制信号 (接口信号) 的使用以及接口的结构, 从而影响内存的分配、程序的编制、微处理器的时间负荷以及微机对多外围总线请求

的处理能力。图 2-6 示出了八位微处理器的两种寻址方式所对应的两种接口结构。

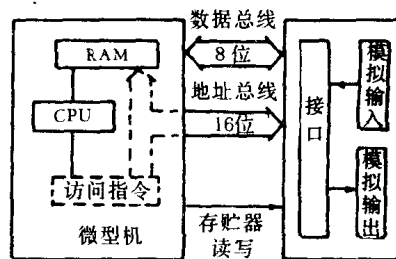
图 2-6(b)所示为内存映射 I/O 方式接口，把一台外部设备作为存贮器的一个单元来对待，每一台外设占用存贮器的一个或多个单元地址。这种接口具有 16 位的地址总线，但外设接口要占用内存地址空间。它可以使用访内指令，包括允许使用直接寻址、间接寻址与变址等访内指令。此种接口结构允许一条访内指令（16 位地址字段）在一个计算机周期中执行，12 位数据可以用一条单指令寻址。

该寻址方式的优点还在于可以使用大量的功能很强的访内指令，对外设中的数据直接进行操作（如算术或逻辑运算、循环或移位等），不需要另外专设输入输出指令。

然而，此种结构会严重影响存贮空间。若将低阶地址位分配给输入输出使用，容易造成译码混乱。若高阶地址位分配给输入输出，则会失去不少存贮空间，而整个系统的进一步扩展会受到极大限制。



(a) I/O 隔离



(b) 内存映射

图 2-6 两种接口结构

访内寻址需要 16 位地址，占用两个字节，指令执行时间长，而且要求 16 位地址译码。所写程序不易区分是输入输出操作还是正常访内操作，从而使程序较难阅读和调试。

与此不同，图 2-6(a)所示的输入输出隔离接口结构，是由分配给输入输出专用的控制信号所控制；使用专门的输入输出指令。通常专用的输入输出指令，只用一个字节作为端口地址，最多可寻址 256 个端口。

这种方案，译码线路简单，程序中很容易区分哪些是输入输出操作，且不占用存贮空间。但程序设计不如存贮映射方式灵活。一般每条输入输出指令仅传输一个字节，存取 12 位数据必须使用两条指令。这样传输多个字节就要使用多条指令，而且控制指令执行较慢，会限制接口的速度。显然，当应用场合要求最大存贮空间利用率时，采用 I/O 隔离接口结构是适宜的。

当 8080 系统采用内存映射方式接口时，可以使用 16 位地址译码信号（至外部设备的片选 CS 端）以及 $\overline{\text{MEMR}}$ （存贮器读）与 $\overline{\text{MEMW}}$ （存贮器写）选通信号（图 2-7(a)）。当 8080 系统采用 I/O 隔离接口时，使用 $\overline{\text{IOR}}$ （I/O 读）与 $\overline{\text{IOW}}$ （I/O 写）选通信号，以及 8 位地址 $A_0 \sim A_7$ （或 $A_8 \sim A_{15}$ ）译码信号（图 2-7(b)）。8080 采用输入输出指令时，输入输出数据均要通过累加器 A 进行存取。

Z80 系统没有象 8080 那样专用于 I/O 通道的读、写控制信号，而是 I/O 端口与存贮器共用 $\overline{\text{RD}}$ （读）、 $\overline{\text{WR}}$ （写）信号，依靠 $\overline{\text{MREQ}}$ （存贮器请求）与 $\overline{\text{IORQ}}$ （输入输出请求）来作进一步区分。图 2-8 示出 Z80 系统两种接口结构图。但 Z80 系统具有功能很强的输入输出指令组。通过寄存器 C 间接寻址的 I/O 指令，可使外设接口直接与微处理器 Z80 的任一内部寄存器交换信息。通过数据块 I/O 指令，可实现外设接口与内存成块地交换信息。Z80 系统使用 I/O 隔离寻址方式的另一特点，在于 CPU 将自动插入一个等待状态（ $\overline{\text{RD}}$ 与 $\overline{\text{WR}}$ 选通信号扩展一个时钟周期），以允许外设有更多时间响应。

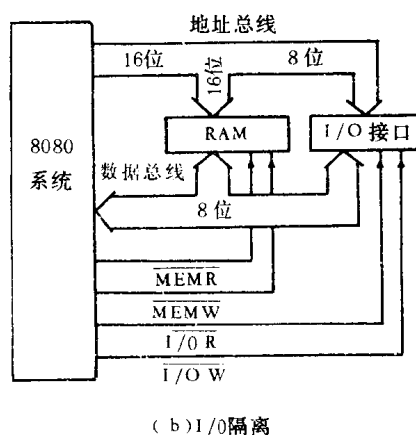
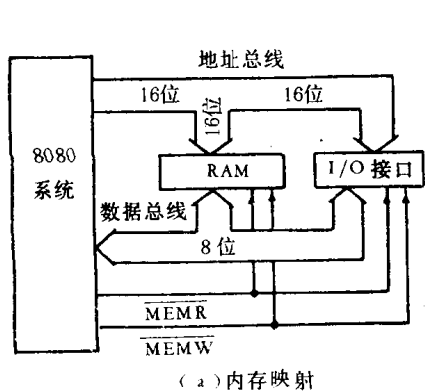


图 2-7 8080 系统接口结构图

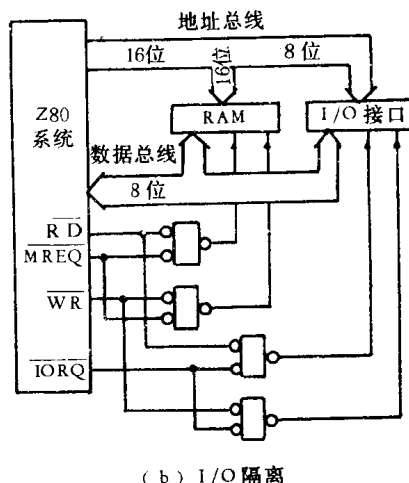
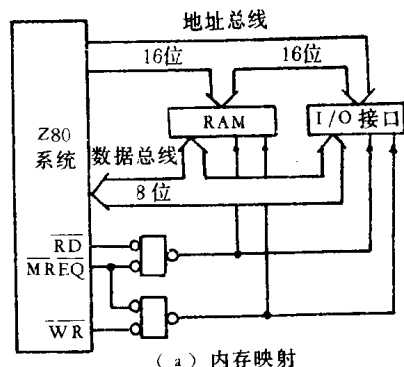


图 2-8 Z80 系统接口结构图

与 Z80 系统不同，8080 系统只有两条输入输出指令 IN 与 OUT 用于传输 8 位数据。而在采用内存映射接口时，8080 系统可以使用功能相当强的一些访内指令，下面列出一组 8080 访内指令，右面为相应的 Z80 指令：

(8080)		(Z80)
STA	80	LD (80), A
LDA	81	LD A, (81)
MOV	M, C	LD (HL), C
STAX	D	LD (DE), A
SHLD	84	LD (84), HL

STA 指令可以将累加器 A 中的 8 位数据送到指定的内存单元中去，如此内存单元已分配给一个内存映射接口，则此 8 位数据即被送给相应外部设备。LDA 指令可用来将相应外设接口的 8 位数据送到累加器 A 中。指令 MOV M, C 可用来将寄存器 C 的数据送往寄存器对 HL 指定的内存单元。指令 STAX D 将累加器 A 中的数据送往 DE 寄存器对指定的内存单元。指令 SHLD 可以把 HL 寄存器对包含的 16 位数据直接传送到两个相邻的内存单元，即一条指令可以同时为两个相邻接口服务。

8085 系统也没有象 8080 那样专用于 I/O 通道的读、写控制信号，而是 I/O 端口与存储器共用 $\overline{RD}$ (读)、 $\overline{WR}$ (写) 信号，并用机器周期状态信号 $IO/\overline{M}$ 来区分。8085 还使用了一个多路复用的地址总线，地址锁存线 ALE 用以说明 $AD_0 \sim AD_7$ 为地址而非数