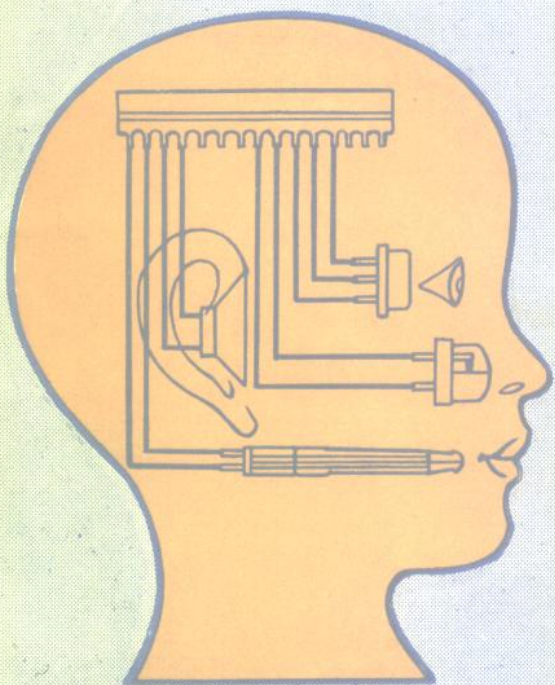


刘家松 编著



# 智能仪器入门

中国计量出版社

73.82  
855

# 智能仪器入门

刘家松 编著



中国计量出版社

8810282

DT83/20

## 内 容 提 要

本书共分四章。第一章介绍智能仪器的概况，第二章以 MC 6800 为典型微处理器，讲述微处理器各部分及微型计算机，第三章介绍智能仪器的结构与特点，并简述智能仪器的设计与研制问题。第四章较详细地介绍了英国 Solartron 7055/7065/7066 微处理器和数据存贮电压表，介绍了国产 HG-1850 微处理器电压表、美国 GR-1658 数字电桥、国产 ED-2810 RLC 自动测量仪，还介绍了逻辑分析仪与特征分析仪。结束语介绍了智能仪器的使用问题和个人仪器的基本概念。

本书为中级科普读物，可供有关技术人员、工人、干部，高等和中等专业学校师生参考。

## 智能仪器入门

刘家松 编著

♦

中国计量出版社出版

北京和平里11区7号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

♦

开本 787×1092/32 印张 4.5 字数 100 千字

1987年10月第1版 1987年10月第1次印刷

印数 1—8 000 定价 1.15 元

统一书号 15210·794

ISBN 7-6026-0013-2/TB·14

830128

## 前 言

微处理器于1971年问世后不久,就在仪器中得到应用。1973年出现了采用微处理器的电容电桥,这是最早的智能仪器。随后电压表、繁用表、电子计数器和示波器等传统仪器都出现了智能化产品。智能仪器发展极为迅速,不断有新型的智能仪器出现,其品种和销售量年年成倍增长。早在70年代中期,就有人指出:今后新设计的仪器,如果不是带微处理器的智能产品,就没有销路。近年来智能仪器取代了许许多多的传统仪器,证实了这种预见。我国在智能仪器方面起步较晚,但近年来也研制出一些质量较好的产品,取得可喜的成绩。今后应吸取国外的先进技术,努力开发我国自己的智能仪器产品,争取早日赶上世界的先进水平。

智能仪器应用日益广泛,普及智能仪器的知识十分迫切。本书是为适应这种需要而编写的一本智能仪器的入门书,目的在于讲述智能仪器的基本原理、结构、特点与使用。全书共分四章。第一章“绪论”,概括说明智能仪器的主要特点与基本结构、发展简况与趋势。第二章以MC 6800微处理器系列为典型器件,说明了CPU、ROM、RAM和I/O接口芯片与微型计算机。第三章阐述智能仪器的结构与特点,并给出了一些具体例子。还简述了智能仪器的设计与研制问题。第四章“典型智能仪器”,首先较详细地介绍了英国Solartron 7055/7065/7066微处理器与数据存贮电压表,随后对另两种较先进的智能电压表和繁用表HP-3455A和Fluke 8500 A/8502 A进行了扼要说明。然后介绍我国自

行研制的 HG-1850 微处理器电压表及其在编程功能方面的新特点。对智能 RLC 测试仪和美国 GR-1658 数字电桥及我国自行研制的 ED-2810 RLC 自动测量仪也作了概要介绍。后者采用功能更强的 Z 80 微处理器,在功能与性能上赶上了前者,在自诊断等方面又有所发展。对数据域测量仪器中的逻辑分析仪与特征分析仪也作了约略介绍。由于篇幅所限,许多常用的智能仪器,如智能电子计数器、示波器、信号与波形发生器等等,都未能作为典型产品加以介绍,但读者对一、二种智能仪器有较深入的了解后,也不难了解其他智能产品。结束语中简述了智能仪器的使用问题和近年来迅速发展的个人仪器。

本书承蒙上海科技大学王飞龙副教授审阅稿件,提出许多宝贵意见,深为感谢。

作者学浅才疏,加上时间仓促,书中一定存在不少缺点,欢迎读者批评指正。

作者 1985.7.14

# 目 录

<b>第一章</b>	<b>智能仪器发展概况</b> .....	( 1 )
<b>第二章</b>	<b>智能仪器中的微处理器与微型计算机</b> .....	( 8 )
<b>一</b>	<b>微型计算机的基本结构</b> .....	( 8 )
<b>二</b>	<b>微处理器</b> .....	( 15 )
<b>1.</b>	<b>微处理器的基本结构</b> .....	( 15 )
<b>2.</b>	<b>MC6800微处理器</b> .....	( 17 )
<b>3.</b>	<b>MC6800的指令系统</b> .....	( 25 )
<b>4.</b>	<b>从哪些方面了解一种微处理器</b> .....	( 30 )
<b>第三章</b>	<b>智能仪器的构成</b> .....	( 32 )
<b>一</b>	<b>智能仪器的结构与特点</b> .....	( 32 )
<b>1.</b>	<b>集中控制</b> .....	( 37 )
<b>2.</b>	<b>自测试和自诊断</b> .....	( 38 )
<b>3.</b>	<b>键盘与编程</b> .....	( 39 )
<b>4.</b>	<b>通用接口总线</b> .....	( 39 )
<b>二</b>	<b>智能仪器的设计与研制简述</b> .....	( 41 )
<b>1.</b>	<b>微处理器的选择</b> .....	( 42 )
<b>2.</b>	<b>智能仪器设计与研制的主要内容</b> .....	( 45 )
<b>3.</b>	<b>智能仪器设计的一些原则</b> .....	( 47 )
<b>第四章</b>	<b>典型智能仪器</b> .....	( 50 )
<b>一</b>	<b>智能数字电压表与繁用表</b> .....	( 50 )
<b>1.</b>	<b>Solartron 7055/7065/7066 智能电压表</b> .....	( 50 )
<b>2.</b>	<b>国外其他智能电压表和繁用表简介</b> .....	( 83 )
<b>3.</b>	<b>国产HG-1850微处理器电压表介绍</b> .....	( 90 )
<b>二</b>	<b>智能RLC或阻抗测试仪</b> .....	( 102 )
<b>1.</b>	<b>智能RLC测试仪概述</b> .....	( 104 )

2. 美国GR-1658型RLC数字电桥.....	(106)
3. 国产ED-2810 RLC自动测试仪简介 .....	(113)
<b>三 逻辑分析仪.....</b>	<b>(116)</b>
1. 逻辑分析仪的主要特点 .....	(118)
2. 逻辑分析仪的基本原理与结构 .....	(120)
3. 显示格式和显示举例 .....	(122)
4. 逻辑分析仪的发展简况 .....	(125)
<b>四 特征分析法与特征分析仪.....</b>	<b>(130)</b>
1. 特征分析的原理.....	(130)
2. 特征分析仪简介.....	(133)
<b>结束语.....</b>	<b>(137)</b>

## 第一章 智能仪器发展概况

在人类历史上，工具的创造与革新常常推动生产力的发展。过去人类创造的种种工具，大都是人体某些部分的模仿、扩大或延长。手工业时代的工具，多是人的手、脚、腿、腕等部分的模仿、扩大或延长。十八世纪七、八十年代蒸汽机的发明和广泛应用，引起了第一次产业革命。蒸汽机把热能变换成机械能，在一定意义上起了代替人体肌肉的作用，从而推动了生产力的大发展。后来，一些仪器和设备的出现，起着扩大和延长人的某些器官的作用。显微镜和望远镜正是扩大和延伸了人的视野。本世纪以来出现了一种新的机器，它的主要功能是“信息处理”，因而人们叫它“信息机器”。电报电话、无线电广播和电视等设备，看来也是人的口、耳和眼的扩大与延伸。但在这种将声音、文字和图像等信息传送到远方的过程中，包含着相当复杂的信息处理。上述几种设备当然是信息机器，而它们的信息处理功能相当于人类神经系统或大脑的一部分功能。通信和电子技术的迅速发展，尤其是计算机的迅速发展和广泛应用，生产自动化技术的突飞猛进，这标志着一场新的技术革命的到来，现代的社会已进入信息社会。信息技术也叫“三C”技术，即通信（communication）、计算机（computer）和控制（control）技术。通信主要解决信息传递问题；计算机主要解决信息存贮、处理和应用问题；而控制技术则是把它们与生产和管理系统连接起来并促使生产与管理自动化。如果以人体作比喻，计算机相当于人的大脑，通信设备相当于神经系统；而

8810282



自动控制系统中的测量仪器与设备、执行和控制设备中的敏感器件和执行部件相当于人体的眼、耳、鼻、口和触觉等感官和手、脚、腿、腕等“执行机构”。“三C”技术构成了完整的信息技术。近年来微电子技术的迅速发展，促进了信息技术的发展，使一些先进的通信、测量和控制设备与系统具有相当于人的大脑的部分功能，即智能。计算机技术和微电子技术相结合，造成了微处理器的问世。微处理器这种体积小积极其微小的大规模集成电路是神通广大的，刚出现时一个芯片就相当于计算机的核心部分——中央处理器，后来出现了一个芯片就相当于一台计算机的“单片计算机”。微型计算机随着微处理器的出现也问世了。这种体积微小的计算机不但可以单独使用，而且可以装入机器设备的内部。从而出现了各种各样的智能化机器设备，包括智能仪器在内。智能仪器是指那些内部装有微处理器或者说带微型计算机即计算机化了的仪器，具有编程能力、本机存贮、数据处理、显示和读出能力以及自校准和自诊断等功能。

自1971年微处理器问世后，1973年出现了第一台智能仪器——内部装有4位微处理器（4004）的电容电桥。随后又出现了内部装有微处理器的智能电子计数器、繁用表和电压表等等。智能仪器发展很迅速，1975年有七十多种，1979年增至六百多种，1980年已增到一千种左右，现在大多数电子仪器已有相应的智能产品。而且出现了不少全新的仪器品种，如合成器官、声音识别器和合成器，以及某些复杂的智能仪器。

智能仪器的发展和自动测试系统的发展是密切相关的。特别是采用程控仪器通用接口总线（GP-IB、IEEE-488、IEC-625）的第二代自动测试系统的出现，促进了智能仪器的发展，几乎所有的智能仪器都和这种通用接口总线兼容。

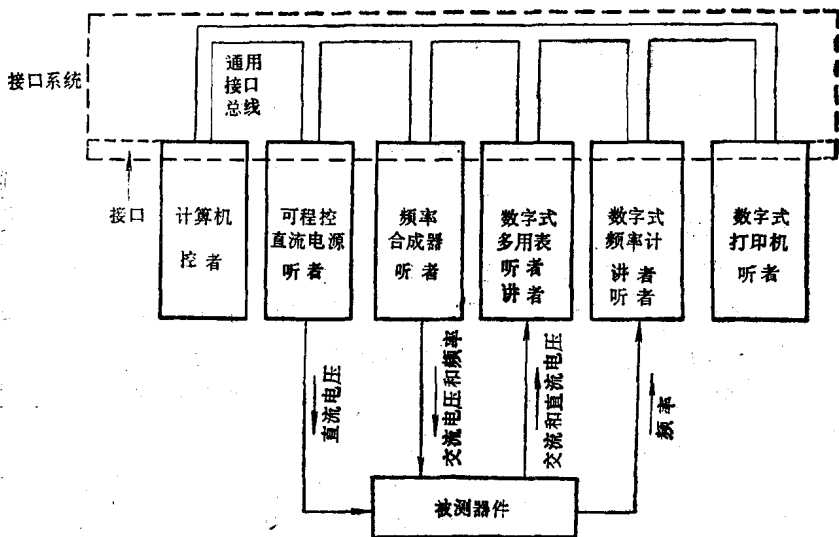


图 1-1 第二代自动测试系统框图

图 1-1 是第二代自动测试系统框图。它由计算机（控制器或控者）、信号源（频率合成器）、测量仪器（多用表、频率计）和显示与记录器组成，用通用接口总线把它们连接起来成为系统。这种通用接口总线由 24 或 25 根线组成，其中 8 根是并行传送数据用的数据，8 根是控制和管理线，8 或 9 根地线。和这种总线兼容的仪器都有一个专门的接口插座，用来和这种总线连接。“与通用接口总线兼容”常常成为智能仪器的一个指标。这种测试系统可根据需要由有关智能（或程控）仪器和计算机组装起来，使用完了后拆卸开，原来的仪器可做别用。自动测试系统也在发展，已有第三和第四代的测试系统。

智能仪器的发展是受着多种因素影响的。这些因素从大的方面来看，不外乎是需要和可能。科学技术、工农业、国防军事、文教卫生以及国民经济其它部门对智能仪器的发展提出了种种要求，而微电子学（特别是大和超大规模集成电路）、计算机、测量技术以及其他有关技术的发展又为智能仪器的发展提供了可能性。下面从几个侧面说明智能仪器的发展简况。

(1) **传统仪器智能化** 传统的电子仪器，如数字电压表和繁用表、电子计数器等，都是广泛应用的通用仪器。早在 1974 或 1975 年，这类仪器就出现了智能化产品。它们以微处理器为核心，重新设计，使功能增多了，性能提高了，许多笨重的硬件淘汰了，结构简化，体积与重量下降，尤其是面板大改观，取消大多数开关和调节器而代之以键盘，和原来的传统仪器大不相同。早期的智能繁用表 Donner 7115 就有一定的自诊断功能，而稍后的智能电压表 HP 3455 A、Fluke 8500 A/8502 A 等已具有良好的自校准功能，可以扣除系统误差，显著提高测量准确度。早期的智能计时器/计数器 DANA 9000 系列首先实现了测试点（触发电平）自动调节，至今仍受重视。当然，最突出的特点还是它们的数据处理功能，近年来这类智能产品通常具有算术运算（+、-、 $\times$ 、 $\div$ ），百分率、上下限、最大/最小等数据处理程序；有的还有解算代数方程式（二次或三次的）、求对数、指数、平方根和立方根，正弦、正切、方差、标准偏差、平均值、均方根值等的数据处理程序。

电桥和 RLC 测试仪也是历史悠久，应用广泛的传统仪器，第一台智能仪器就是电容电桥。近年来，智能 RLC 测试仪已有不少品种。它们不仅能够测量各种阻抗、导纳，而且可以测量品质因数和损耗因数。利用微处理器可以进行各

种计算、数据存贮和元件分选等。例如美国 ESI 公司的图像电桥 (video bridge) 能够存贮数据, 在示波管屏幕上显示结果, 备有打印机接口和被测件固定装置接口。它不仅显示测量的参数 (如电容、损耗因数), 而且显示和它们有关的全部测量结果。它可以把全天生产中的测量结果存贮起来和打印出来, 并可帮助用户进行分析, 例如配备上产量分析和温度系数计算之类的软件, 操作者按几个按键, 就可以完成这类分析和计算。此外, 电子示波器这种传统的模拟仪器, 早已出现智能化产品。例如美国 Norland 公司的 NI-2001 可编程计算示波器, 将输入信号经模数变换后送入数据存贮器, 以后既可直接显示, 又可以由微处理器进行数据处理后再显示处理结果; 其数据处理功能是很强的, 包括 +、-、 $\times$ 、 $\div$ 、求平均值、均方根值, 以及傅里叶变换和信号平均与相关性计算等。

(2) 数据域测量仪器的出现与发展 由于电子计算机、各种数字装置和器件的广泛应用, 人们要经常与二进制(0, 1)数据打交道, 从而出现了“数据域测量”这一新领域及其仪器设备。二进制数据的测量, 看起来似乎简单, 其实相当复杂。例如一块大规模集成电路内部结构很复杂 (相当几千或几万个晶体管), 但外部引线 (管脚) 却很有限 (几十条), 即测试点很有限。如何通过这有限测试点的测量, 推断内部电路发生的过程和有无故障, 绝非轻而易举的。对于带微处理器的仪器设备的检测还有一些其他困难, 如动态操作和某些操作隐藏在软件之中等。传统的模拟测量仪器对这种测量束手无策。从而出现了数据域测量仪器与设备, 其中最重要的是逻辑分析仪。它是数字设备、计算机以及带微处理器的仪器设备调试与故障诊断用的强有力工具, 近年来发展很快, 品种很多。逻辑分析仪既可用于软件的调试与检验, 又

可用于硬件的调试与检验，由它发展出来的逻辑分析系统和逻辑开发系统，还可用来对仪器设备进行性能分析。此外，带有微处理器的仪器设备发生故障，如果能够现场检修，便可以降低维修费用和缩短其“不工作时间”（down time），从而提高生产率。美国惠普（HP）公司提出了特征分析法和研制出特征分析仪，较好地解决了这个问题。特征分析仪是一个简单的无源（无信号源）便携式仪器，有几个（通常是四个）数码管显示“特征”。“特征”是指在被检测仪器电路板的节点上用四位十六进制数字表示的数据流。检测时由被测仪器设备的微处理器产生激励信号，将特征分析仪的探针放在有关节点上，检验显示的“特征”和节点上的“特征”是否一样。这样可以迅速找到故障的所在，直到元器件。这种仪器使用方便，不要求使用者有专门的知识，而且故障检出率很高。数据域测量仪器的种类很多，如应用广泛的集成电路测试仪或测试系统、电路板测试设备或系统、微处理器开发系统等也可列入数据域测量仪器门类中。

(3) 智能仪器在功能上接近自动测试系统 新的多功能智能仪器出现，使智能仪器的功能和性能不断扩大和提高。例如有的智能多用表除了测量交、直流电压和电流、电阻之外，还可以自动测量增益与衰减、自动进行分选（如分七个档）测量、上下限测量、最大最小读数存贮与显示，还可以进行各种数学计算和数据处理。这种强有力的仪器的功能已超过数字多用表的传统定义，很象小型的自动测试系统。还有采用两个或更多微处理器的产品，其中包括功能接近小型自动测试系统的“数字多用表/计算器簇”（cluster）。

例如美国 Fluke 公司 8860 A  $5\frac{1}{2}$  位数字多用表，有一个选购的计算器，可以装上和拆下。不计算时，多用表中的两个微

处理器有一个控制模拟部分和模数变换，另一个监视面板的键盘与开关、通知模拟部分微处理器进行什么测量并接收它的数据，处理数据和显示结果。计算器有自己的微处理器，作为程序/存贮和输入/输出扩展之用。它可以扩大数据处理功能，而且可以控制外部设备。这种繁用表/计算器簇虽然功能上还赶不上采用通用接口总线的自动测试系统，但成本低得多。在许多不需要自动测试系统那么多功能的场合，这种“繁用表/计算器簇”是适合的。此外，智能示波器也发展成波形分析系统或信号分析系统，情况是类似的。近年来出现了一些功能很强的智能仪器，两三台仪器就能组成一个自动测试系统，而功能则和以前用许多台仪器与计算机组成的自动测试系统类似或更高。今后可能出现功能接近或赶上自动测试系统的复杂智能仪器。

**(4) 集成电路的发展推动智能仪器的发展** 过去智能仪器多采用4位和8位微处理器。近年来出现了16位微处理器和32位微处理器以及各种配套的大和超大规模集成电路。目前已有少数采用16位微处理器的智能仪器，在功能和性能上都显著增多和提高。智能仪器的发展和专用集成电路也是分不开的。许多智能产品正是靠专用集成电路的帮助才研制出来并提高了性能。

以上简略地说明了智能仪器的发展情况。

总之，智能仪器将会迅速发展，广泛应用。有人预言，今后设计新的仪器，不是智能产品便没有销路，这种说法有一定道理。

## 第二章 智能仪器中的微处理器

### 与微型计算机

微处理器是智能仪器最关键的器件。智能仪器通常是以微处理器、存储器 and 输入/输出等器件组成的专用微型计算机为核心的。本章扼要说明微处理器及主要辅助器件的结构与功能，并且以微处理器 MC 6800 为例作简要说明。

#### 一 微型计算机的基本结构

计算机在不到四十年的历史中，已经历四代，目前正向第五代发展。

计算机种类繁多，既有功能极强的巨型机和大型机，又有适合较大的机关企业用的功能较强的中、小型机和微型机，还有适合于小单位、家庭甚至个人用的廉价微型机即所谓个人计算机。虽然未来的计算机，特别是称作人工智能计算机的第五代产品，在结构上可能有较大的改变，现有的计算机在结构上也有种种差异，但对多数计算机来说其结构框图仍可用图 2-1 表示。其主要单元有运算器、控制器、主存储器(或内存贮器)、输入设备和输出设备等五部分组成。(1) 运算器也叫算术逻辑单元 (ALU)，是对数据进行算术和逻辑运算的部件。(2) 控制器是控制计算机工作的部件。它自动接受来自存储器的逐条指令并进行译码，产生执行指令所需的信号。(3) 主存储器或称内存贮器，简称主存或内存，是存储大量信息(数据、指令等)的部件，它包括许多存

单元，每个单元都有自己的地址。要访问哪个存贮单元，要按其地址去找即“寻址”。存贮器有点象仓库。可把信息存（写）入存贮器，也可从存贮器取（读）出信息。内存的容量毕竟是有限的，因而为了大量存贮信息常采用外部存贮器，简称外存（图 2-1 未绘出）。目前常用的外存有软磁盘、

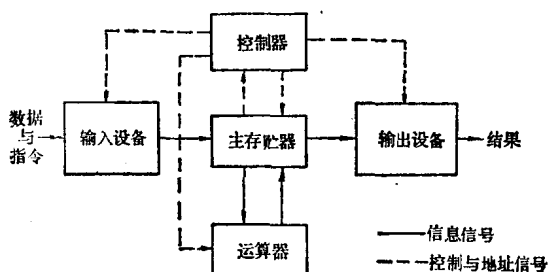


图 2-1 计算机结构框图

硬磁盘、磁带等。(4) 输入设备和输出设备是计算机的两种终端部件，用来和外界联系。通常说外部（围）设备包括输入和输出设备。键盘、穿孔纸带或卡片阅读器（光电输入机）等是输入设备；纸带或卡片穿孔机、打印机，屏幕（CRT）显示器等是输出设备。电传打字机（TTY）既是输入设备，又是输出设备。如果和模拟量（连续量）打交道，在输入方面要用模数（A/D）变换器将模拟量变换成数字量，在输出方面再用数模（D/A）变换器将数字量变换成模拟量。

运算器与控制器合在一起叫做中央处理器（CPU），是计算机的核心部分。在外部设备方面，通常说控制台（或操作台），就包括键盘和屏幕显示时，终端（设备）包键盘和屏幕显示器有时还包括打印机甚至外存贮器。



运算器、控制器、存贮器以及和输入/输出设备连接用的接口部件(图2-1中未绘出)一起构成主机。主机和外部设备合在一起称为计算机系统。图2-1中实线表明信息信号传送的路径,即数据总线;虚线表明控制与地址信号传送的路径,即控制总线和地址总线。

微型计算机是计算机的一种,图2-2是它的结构框图。图2-2和图2-1基本相同。运算器和控制器合在一起成为中央处理器,通常采用大规模集成电路微处理器( $\mu P$ );时钟电路也应包含在中央处理器内,它可能是一片单独的集成电路,也可能在微处理器芯片上。存贮器也是中、大规模集成电路,但有两种:(1)

只读存贮器(ROM),顾名思义,只能读而不能写;(2)随机存取存贮器(RAM)也叫读写存贮器(RWM),既能读也能写。输入/输出

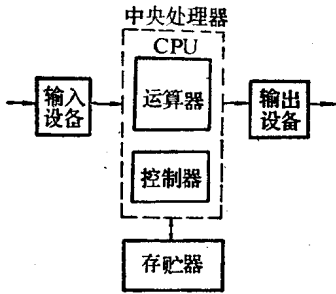


图 2-2 微型计算机结构框图

(I/O)接口部件也是集成电路。也就是说微型计算机

的主机主要由中、大规模集成电路组成,而且某些微型机还包含超大规模集成电路。其输入和输出设备以及外存仍是前面讲述的那些,但可能是小型化或微型化的产品。

微处理器和微型计算机发展很快,种类很多。微型机的体系结构大体上有以下几种:

(1) 用微处理器组成的微型计算机的标准结构 如图2-3所示。通常以通用微处理器为中央处理器,根据需要的有关的存贮器(ROM和RAM)和输入/输出(I/O)接口芯片,组成微型计算机。它有数据、地址和控制三条总线。存