



电磁测量与仪表丛书

微处理器在 电测技术中的应用

高光润 夏雪生 编

机械工业出版社

本书共分七章。第一章介绍了8080和6800微处理器、存储器、I/O接口电路及常用外围设备。第二章介绍8080微处理器的基本指令系统、汇编语言程序设计和具体程序设计举例。第三章介绍微处理器在智能仪器和测量设备中的各种功能。第四章介绍1071型数字电压表,通过对该仪器的介绍使读者对智能仪器有较为完整的概念。第五章重点介绍带微处理器的数据采集装置的工作原理和软件设计。第六章介绍微处理器在电磁测量及非电量电测装置中的应用。第七章介绍智能仪器中应用的二种标准接口,即HP-IB接口和RS232C接口。

本书可供从事电磁测量与仪表方面工作的科技人员以及各大专院校有关专业师生参考。

微处理器在电测技术中的应用

高光润 夏雪生 编

费正生 周顺昌 审校

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $14^{1/8}$ · 字数 369 千字

1984年12月北京第一版·1984年12月北京第一次印刷

印数 00,001—15,300 · 定价 2.15 元

*

统一书号: 15033·5573

编辑说明

电磁测量技术的应用非常广泛，在工农业生产及科学实验中起着极为重要的作用。用于电磁测量的仪表种类繁多，发展迅速。建国以来，我国各有关部门从事电磁测量和仪表方面工作的科技人员迅速增加。为了总结电磁测量及仪表方面的经验，普及有关电磁测量及仪表知识，中国计量测试学会电磁专业委员会和中国仪器仪表学会电磁测量信息处理仪器学会联合成立了《电磁测量与仪表》丛书编委会，组织编写了这套丛书。编委会成员是：

主编：唐统一

副主编：郭志坚 丁银云 张钟华

编委(以姓氏笔划为序)：

尤德斐	王 鎰	叶妙元	陈印琪	何振瀛
李显扬	庞仲予	沈平子	杨华山	余鹤栋
张叔涵	张润康	张德实	林瑞昌	费正生
赵修民	赵新民	秦起佑	翁瑞琪	梅文余
袁 楠	彭时雄	程世镛	雷枫桐	

本丛书预定为二十余册，分别为：《电磁量的单位制和单位的复现与传递》、《误差理论在电磁测量中的应用》、《电磁测量与仪表的屏蔽防护》、《感应分压器与电流比较仪》、《交流电桥》、《测量用互感器》、《大电流测量》、《微电量的检测》、《微处理器在电测技术中的应用》、《运算放大器在电测技术中的应用》、《数字电压表的电气性能测试》、《电磁测量数字化及其应用》、《磁测量基础》、《磁场的产生》、《磁场的测量》、《直流磁性测量》、《动态磁性测量》、《硅钢磁性测量》、《磁性元件测量》等。将陆续出版。

IV

本丛书为中级科技读物，其内容主要介绍电磁测量与仪表的基本原理，但更侧重介绍实际应用方面的知识，例如实验技术、仪表的设计计算、仪表的使用及有关的数据、资料等。对国内外最新成就及发展方向也有一定的反映。

本丛书力求深入浅出，通俗易懂。希望能为读者在电磁测量与仪表方面提供有益的知识。但由于水平所限，书中一定存在不少缺点，甚至错误，欢迎读者批评指正。

《电磁测量与仪表丛书》编委会

1982 年北京

编 者 的 话

微处理器的发展和广泛应用，推动着电测技术向数字化、智能化发展。因此，微处理器在电测技术中的应用，是目前电测技术发展的主要方向之一。

本书通过对国内外已生产或研制的带微处理器的智能仪器和测量装置的介绍，使读者对“微处理器在电测中的应用”有一个初步的了解。

本书绪论、第一、二、五、七章由夏雪生编写，第三、四、六章由高光润编写。费正生副教授和周顺昌工程师详细审阅了全部书稿，他们提出了许多宝贵的改进意见，对本书的水平提高有很大帮助，编者对此表示衷心感谢。

由于微处理器在电测中的应用是一门新技术，我们的实际经验很少，因此书中必然存在一些缺点和错误，欢迎读者批评指正。

编 者

目 录

编辑说明

编者的话

绪论..... 1

第一章 微处理器和微型计算机..... 5

一、微处理器..... 5

（一）微处理器的分类和发展趋势..... 6

（二）典型微处理器的结构和主要性能..... 8

（三）微处理器的选择.....23

二、存贮器24

（一）只读存贮器 ROM25

（二）读写存贮器 RAM27

三、微型计算机的输入/输出技术与接口电路33

（一）输入/输出传送方式34

（二）输入/输出基本接口电路39

（三）通用大规模集成电路输入/输出接口电路举例44

四、测量装置中常用外围设备.....58

（一）简易键盘.....58

（二）数码显示器.....58

（三）行式打印机.....60

第二章 微型计算机程序设计基础.....68

一、概述.....68

（一）程序设计语言.....68

（二）程序设计步骤.....70

（三）程序结构.....71

二、微处理器的基本指令系统.....73

（一）指令格式和寻址方式.....74

（二）基本指令的分类.....77

三、汇编语言程序设计.....81

（一）指令语句的组成.....82

(二) 数据语句·····	84
(三) 伪指令及其应用·····	85
(四) 宏指令·····	87
四、程序设计方法·····	88
(一) 程序框图·····	89
(二) 分枝程序设计·····	92
(三) 循环程序设计·····	97
(四) 例行子程序设计·····	108
(五) 定点机上的浮点运算程序·····	128
(六) 程序正确性的检查·····	133
五、应用程序设计举例·····	138
(一) 启动程序·····	138
(二) 定时程序·····	139
(三) 输入/输出程序·····	142
(四) 中断程序·····	146
(五) 控制程序·····	148
第三章 微处理器在测量设备中的功能·····	155
一、概述·····	155
二、控制功能·····	156
(一) 测量过程的自动化·····	156
(二) 键盘扫描·····	157
(三) 数据的采集·····	162
(四) 模/数、数/模转换器的控制·····	164
(五) 数据的传输·····	177
(六) 极值的判别·····	179
(七) 显示变换·····	183
(八) 报警器·····	186
(九) 自动检测·····	189
(十) 标准存贮·····	191
(十一) 实时控制·····	193
三、数据处理功能·····	196
(一) 偏移运算·····	197

(二) 乘运算	198
(三) 比例运算	201
(四) 比例运算的另一种形式	203
(五) 寻找最大值与最小值	203
(六) 热电偶的线性化	206
四、系统误差的消除	207
(一) 内插法	208
(二) 自动校正	209
(三) 零电流补偿	213
(四) 直流零位校正	214
五、统计及随机误差的处理	214
第四章 带有微处理器的数字电压表	221
一、系统框图及工作原理	221
(一) 直流数字电压表	221
(二) 数字万用表的系统框图及作用原理	223
二、模拟电路	226
(一) 模拟接口	227
(二) 直流隔离放大器	228
(三) 模数转换器 (A/D)	230
三、其它转换器	234
(一) 交流转换器	235
(二) 欧姆变换器	238
(三) 电流转换器	241
四、数字电路	242
(一) 微处理器和存贮器	242
(二) 模/数转换器的数字部分	245
五、其它部件	249
(一) 前面板	249
(二) IEEE 数字接口	251
六、系统软件	251
(一) 系统软件	251
(二) 自动检测时序	253

七、其它几种功能	255
(一) 各种自校功能	255
(二) 可以显示测量值的允许误差	257
(三) 数据运算	257
八、齐纳管与精密线绕电阻	259
(一) 齐纳二极管的选择	259
(二) 精密线绕电阻与直流隔离器	260
九、主要技术指标	261
十、带微处理器的 8500A/8502A 数字万用表	262
(一) 系统框图及原理	262
(二) 模/数转换器	265
(三) 系统软件	270
(四) 主要技术指标	271
第五章 微型计算机在数据采集系统中的应用	273
一、概述	273
二、系统框图和工作原理	274
(一) 系统框图	274
(二) 系统工作原理	276
三、微型计算机与接口	279
(一) 如何选择微处理器组成微型计算机应用系统	280
(二) 多路数据通道接口	280
(三) 报警控制器与接口电路	283
四、系统应用软件设计	285
(一) 液压元件性能试验过程分析与步骤	286
(二) 系统应用程序流程图	288
(三) 主要子程序设计	288
五、快速多路数据采集装置简介	299
六、国外带微处理器的数据采集装置举例	307
(一) YODAC-8 小型多点温度记录装置简介	307
(二) THERMODAC Ⅲ 型数据采集系统简介	309
(三) 系统 35 数据采集装置简介	312
第六章 微处理器在其它方面的应用	317

一、B605 自动元件电桥	317
(一) 技术性能	317
(二) 测量原理	319
(三) 系统结构	320
(四) 软件流程图	323
二、5100 系列校准器	323
(一) 特性及技术指标	325
(二) 工作原理及框图	326
(三) 功能组件框图	328
(四) 控制系统	335
三、高频标准电压发生器	338
(一) 带有微处理器的高频标准电压发生器的结构	340
(二) 程序流程图	341
四、微处理器在磁测量中的应用	343
(一) 概述	343
(二) 带有微处理器的磁参数测量装置	345
(三) 程序设计思想	348
五、带有 μ P的应变测量数据处理装置	351
(一) 系统技术指标	351
(二) 应变测量原理	352
(三) 整机原理	353
(四) 系统软件	355
六、微处理器在圆度仪上的应用	356
(一) 概述	356
(二) 圆度仪的工作原理	356
(三) 装置硬件框图	359
(四) 系统软件	359
第七章 程控仪器常用两种标准接口	363
一、概述	363
二、HP-IB 标准接口总线简介	364
(一) HP-IB 标准接口总线的基本性能和总线结构	364
(二) HP-IB 接口总线的功能及三线连锁挂钩过程	368

(三) HP-IB 接口功能的状态图及逻辑设计	374
三、程控仪器用的 HP-IB 接口电路举例	395
(一) 为国产 PZ-8 数字电压表和 LY-4 数字打印机分别设计 标准接口, 并通过接口在两者之间进行数据的传输	395
(二) HP-3455A 数字电压表中的 HP-IB 接口	400
四、RS-232C 接口简介	410
(一) RS-232C 标准接口性能和交换线的功能	411
(二) RS-232C 交换线等效电路	415
(三) 7065 微处理器电压表中的 RS-232C 接口简介	416
附录	420
一、INTEL8080 的指令系统	420
二、MOTOROLA6800 的指令系统	425
三、用 16 进制数表示的 7 位 ASCII 码	435
参考文献	437

绪 论

近年来,微处理器和微型计算机得到了极为迅速的发展,其产量每年成倍增长,这主要是由于它具有价格低廉、体积小、功耗低、可靠性高、使用灵活等优点。它的出现和发展不仅对计算机技术本身的发展有着重要的意义,而且已被广泛应用于工业、农业、交通运输、商业、医疗卫生等部门。

微处理器在电测技术中的应用是一个极其重要的领域。自1973年美国BOONTON电子公司生产了第一台带微处理器的智能仪器[⊖](76A型电容电桥)以来,微处理器在电测技术中的应用得到迅速的发展,据美国1974、1975二年实际统计的资料来看,在测量仪器方面使用的微处理器最多,占全部微处理器需用量的16~18%。据不完全统计,目前美、日、英、法和西德等国家已生产的智能仪器有数字电压表、电子计数器、数据采集装置、元件参数测量仪、合成信号发生器、电压电流校准装置、示波器、数字集成电路测试仪、印刷电路板测试仪、网络分析仪、频谱分析仪、逻辑分析仪和函数发生器等。可以预期80年代生产的电子测量仪器将会较普遍地采用微处理器。

微处理器在电测技术中主要是应用其两方面的功能:其一为控制功能;另一为数据处理功能。前者强有力地推动了测量仪器和测量技术的自动化和多功能化;后者用来处理测量结果,实现数据变换和误差校正,从而可以提高仪器的测量精度。如能把上述两个功能很好地结合并考虑采用新的测量方法和仪器的组成方案,微处理器在测量仪器中的应用必将引起测量仪器的根本变革。

⊖ 由于微处理器将赋予测量仪器以智力,所以人们把采用微处理器的测量仪器称为智能仪器。

目前生产的智能仪器，大多是测量仪器与微型计算机的组合，测量仪器部分是一台可控的数字化测量仪器，它可以单独操作，即由人工操作与读数，微型计算机并不影响测量本身的进行，而只是告诉仪器应进行何种测量，然后处理测量结果，其原理框图如图 0-1 所示。这样组成的智能仪器结构一般较为复杂，造价有所增加，但是可以获得如下一些重要功能。

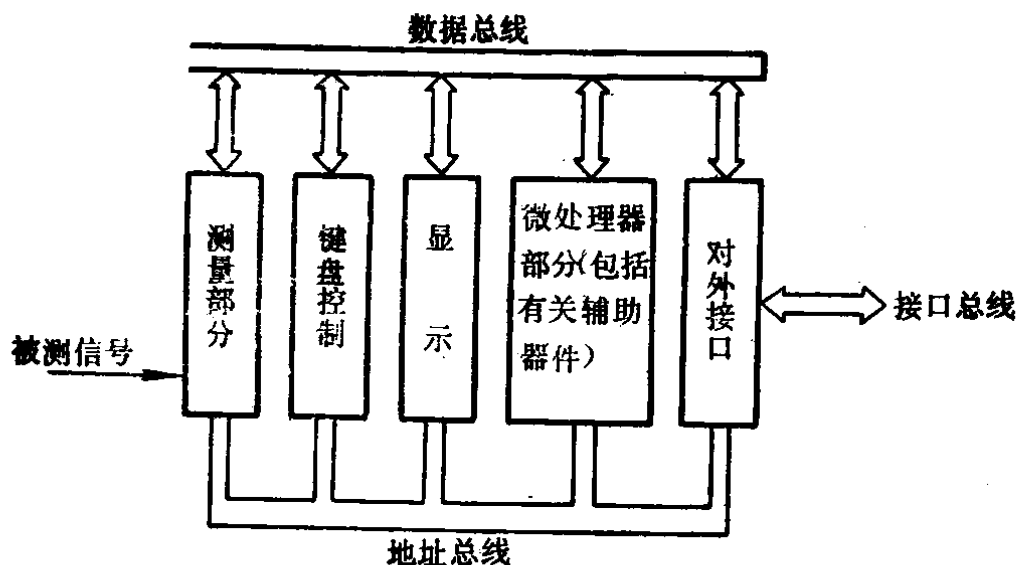


图0-1 一种典型的采用微处理器仪器的方框图

1) 程控操作：一般是将预先编制好的操作程序存放在只读存储器中，操作人员按下前面板（或键盘）上的某一功能键，仪器即可按照预先编制好的程序自动操作。

2) 自动调节：仪器根据需要可以对某一需要调节的量自动进行调节。如自动量程控制，自动校零。

3) 指标判断与自动分选：仪器可以根据预先给定的容限判断被测对象的指标是否合格，必要时还可对被测对象进行自动分选。

4) 误差校正：仪器可以通过机内的测量基准进行自校，并把系统误差存储起来，再从测量数据中扣除系统误差以提高仪器的测量精度。

5) 数据变换和非线性校正：仪器可以利用机内的计算功能

对测量数据进行计算处理，将测量结果变换成其它数据，从而直接显示间接测量结果。仪器还可以利用计算功能进行测量结果的非线性校正。

6) 自诊故障：当仪器发生故障时，仪器可以自动诊断故障所在的部分并给出必要的显示，从而简化了维修工作。

随着智能仪器的进一步发展，人们逐步感到采用上述设计方案构成的智能仪器电路比较复杂，造价较高，而且也尚未充分发挥微处理器的“智能”作用。于是出现了打破原有测量仪器的框框，采用新的测量方法、新的组成方案，充分发挥微处理器的运算与逻辑功能来简化仪器，尽量用软件的作用来代替硬件的作用，尽量利用程序逻辑来代替硬件逻辑。例如，在交流阻抗的测量中，如果需要测量出等效的串联阻抗与并联导纳以及品质因数 Q 与耗散因数 D 等多种参量时，就要采用各种不同的测量电路。然而，带微处理器的阻抗测量仪器，只要测量出并联的 G 与 C 值，然后再用微处理器计算出其它参量，这就可以使电路显著简化。目前，虽然采用新的测量方法的智能仪器为数还不多，但这是智能仪器的发展方向。

智能仪器是微处理器在电测技术中应用的一个重要方面，但不能忽视微处理器在测量技术和自动测试系统中代替小型计算机的作用。采用微处理器的自动数据分析系统和采用小型计算机相比，有两个突出的优点：一是价格显著降低，另一个是使用、维护较为简便。

本书主要讲述微处理器在电测技术中的应用，详细分析了微处理器在测量设备中的主要功能，如程控操作、数据处理和误差校正等。本书还通过对1071智能电压表和带微处理器的数据采集装置的分析，让读者了解如何把微处理器与测量仪器组合成一台智能仪器。采用微处理器的智能仪器，微处理器部分是这种仪器的核心，因此，在设计带微处理器的智能仪器时，首先要考虑如何选择微处理器和设计输入输出接口电路；但是，软件的研制往往是采用微处理器仪器设计的最重要的部分。所以本书用了较大

的篇幅向读者介绍了微处理器和微型计算机的硬件与软件设计的知识，较详细地介绍了程序编制的技巧和实例，作为微处理器在电测技术中应用的基础知识。介绍微处理器在电测技术中其它方面的应用和程控仪器的两种标准接口总线——HP-IB 标准接口总线和 RS-232C 接口，其目的是借以开扩读者眼界和帮助读者如何利用可编程仪器组成一个自动测试系统，但是，由于篇幅所限，本书只能进行简单的介绍。

第一章 微处理器和微型计算机

微处理器是在一片或少数几片芯片上集成具有电子计算机中央处理单元功能的大规模集成电路。有时也称作微处理机。微型计算机是以微处理器为核心，并加上由大规模集成电路实现的存储器 and 输入、输出接口等组装成的计算机。以微型计算机为基础，再配备辅助电路，输入、输出设备，电源和控制面板等就构成微型计算机系统，如图 1-1 所示。随着大规模集成电路工艺的发展，目前已出现单片微型计算机，即在一块芯片上集成了微型计算机的三个主要组成部分。

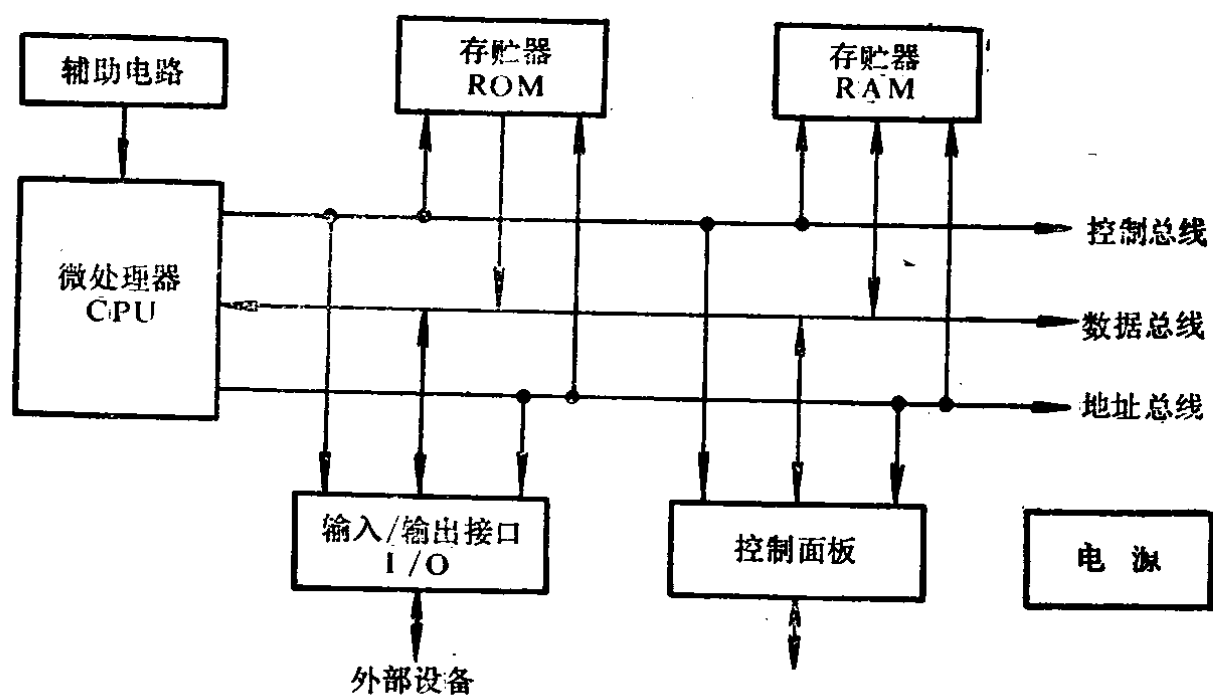


图1-1 微型计算机系统框图

一、微处理器

微处理器就是微型计算机的中央处理单元，它具有运算器和控制器的功能。运算器直接进行各种运算操作，它在控制器的控

制下完成各种算术运算和逻辑运算。控制器统一指挥和控制计算机的各个部分，它按照程序所给出的顺序依次取出指令，一步一步地分析每条指令，并相应地发出各种控制信号，使运算器、存储器等各部分自动而又协调地执行这些指令所规定的基本操作。因而微处理器是微型计算机的核心部分，微型计算机的特点、功能主要由它决定。

(一) 微处理器的分类和发展趋势

从系统设计的需要出发，一般根据并行处理的位数，将微处理器分为如下几类：

1. 4 位并行微处理器

4 位并行微处理器主要采用 PMOS 工艺，集成度和速度都较低，基本指令执行时间约为 5~20 微秒。由于能用 4 位二进制表示十进制的 1 位，故对于 BCD 码的运算是有效的。4 位微处理器的硬件设备简单，容易组成系统。但是，它的处理能力有限，功能较低，仍未脱离台式电子计算器的结构格式，因此主要用来代替可编程序的高级台式计算器，或用来作简单的控制，在早期的电测仪器中也有使用。其典型产品有：INTEL4040；TMS1000；PPS-4 等。

2. 8 位并行微处理器

8 位并行微处理器主要采用 NMOS 工艺，集成度和速度都有较大提高，基本指令执行时间约 1.3~2 微秒，它大致具有计算机的结构格式（寻址方式、中断功能、输入输出接口等），其功能接近小型计算机。但是，由于处理位数是 8 位，其运算精度还不够，为了提高其运算精度，往往采用多字节运算，这就影响程序的处理速度。8 位微处理器主要用于工业生产过程自动控制、智能数据终端、数据通信和电测仪器中。其典型产品有：INTEL8080；M6800；PPS-8；Z-80 等。

3. 16 位并行微处理器

16 位并行微处理器主要采用 NMOS 和 HMOS 工艺，集成度和速度都有更大提高，基本指令执行时间约 0.5~5 微秒，且