

MICROCOMPUTER CONTROL OF MOTORS

电动机的微型 计算机控制

陆庭恕 余卫 编译
周 鹄 审订

南京工学院出版社

电动机的微型计算机控制

陆庭恕 余 卫 编译

周 翥 审订

南京工学院出版社

电动机的微型计算机控制

陆庭恕 余 卫 编译

周 强 审订

南京工学院出版社出版

南京四牌楼2号

江苏省新华书店发行 大丰县印刷二厂印刷

开本850×1168毫米1/32 印张8 字数207千

1986年11月第1版 1986年11月第1次印刷

印数1—10000册

书号: 15409·5 定价: 1.76元

内 容 提 要

本书根据日本见城尚志、松井信行合著《电动机的微型计算机控制》一书及著者近期内发表的部分文章编译而成。

本书共分四篇，第一篇论述微型计算机概况，第二至第四篇分别就步进电动机、交流电动机和直流电动机中应用微型计算机的原理与方法作了较详细介绍。全书内容新颖，叙述由浅入深，图文并茂，并附有较多的程序实例。

本书适合广大从事电机技术、自动控制技术、计算机应用技术的科研、生产、教学人员阅读，也可用作大专院校有关专业的参考书。

前 言

近年来,我国微型计算机的应用得到了飞速发展,其应用领域日益广泛、深入。在微型计算机的工业应用中,常涉及执行机构(包括电动机)的控制。目前,国内外虽然多有专门论述电动机及微型计算机的书籍,但将二者结合起来介绍的书籍尚属少见,而此类书籍却是广大读者感兴趣的。为此编译本书,以冀在一定程度上满足有关读者这方面的需要。

本书主要根据日本见城尚志、松井信行合著的《モータのマイコン制御》1982年第三版本以及著者近年来发表的部分有关文章编译而成。原著在日本国内是第一本将电机技术与微型计算机技术紧密结合进行介绍的专著,而且自1981年初版问世后连续再版,不断更新,受到日本读者的欢迎和好评。

本书在编译过程中保持了原著的特点,首先就微型计算机作了简要介绍,作为应用微型计算机于电机控制的基础知识,然后分别就步进电动机、交流电动机、直流电动机中应用微型计算机控制的原理与方法,从硬件到软件逐章作了比较详细的阐述。

本书内容详实,取材新颖,叙述由浅入深,图文并茂,并附有较多的程序实例。无论对初学者或有一定基础的工程技术人员,都是颇有裨益的。

本书由南京工学院电气工程系周鹗教授主审和校订,在编译过程中卜开贵副教授、史维副教授阅读了书稿部分章节,提出了不少宝贵的意见;并得到徐德渝副教授的热情鼓励与具体帮助,笔者在此一并表示衷心感谢。

由于本书涉及的知识面较广,编译者水平有限,加之时间仓

促，书中难免有错误与不妥之处，恳请读者批评指正。

陆庭恕

余 卫

一九八六年五月于南京工学院

责任编辑 施 恩

责任校对 陈东方

封面设计 徐晓平

目 录

第一篇 微型计算机简介

第一章 微型计算机发展简况与分类

- 1.1 微型计算机发展简史与特点 1
- 1.2 八位微处理器 3
- 1.3 有关术语 4

第二章 微处理器基本结构与功能

- 2.1 微型计算机基本结构 6
- 2.2 CPU 及其功能 7
- 2.3 存储器及其分类 13
- 2.4 I/O口编址方式 14

第三章 微型计算机机器语言

- 3.1 指令系统分类 16
- 3.2 指令表示法与机器码 16
- 3.3 数的表示 17
- 3.4 目标程序(机器语言程序) 19
- 附表1 8080指令系统 25
- 附表2 8080助记符与机器语言对照表 32
- 附表3 Z 80指令系统 34
- 附表4 Z 80与8080指令对照表 38

第四章 微型计算机汇编语言

- 4.1 机器语言与汇编语言 42
- 4.2 汇编语言文法简介 43

4.3	伪指令	46
4.4	宏指令	49

第二篇 步进电动机控制

第一章 步进电动机与驱动方法

1.1	步进电动机问世及其工作原理	51
1.2	驱动方法(励磁方式)	53
1.3	步进电动机数字控制	54
1.4	步进电动机的实用化	55
1.5	步进电动机的运行与微型计算机的作用	56

第二章 步进电动机开环控制

2.1	连续脉冲的产生	60
2.2	有限个脉冲的产生	66
2.3	分配器功能	68
2.4	转向判断与步数	71

第三章 步进电动机加速、减速运行

3.1	脉冲间隔确定方法	75
3.2	加速度 β 确定方法	79
3.3	寄存器使用方法	81
3.4	框图与程序	84

第四章 步进电动机闭环控制

4.1	闭环控制的必要性	99
4.2	超前角	99
4.3	具备自寻优功能的闭环系统	105
4.4	自寻优控制的硬件系统	114
4.5	系统软件	118
附 录	PMM 8713芯片全数字化微机控制系统	123

第三篇 交流电动机控制

第一章 异步电动机变频控制

1.1 异步电动机调速方法	134
1.2 频率控制特性	138
1.3 矢量控制法	141

第二章 异步电动机驱动用逆变器

2.1 逆变器工作原理	145
2.2 电压型和电流型逆变器	148
2.3 可控硅逆变器换流过程	149
2.4 换流工作分析	152
2.5 换流元件参数计算	153

第三章 换流失败恢复式电压型逆变器

3.1 换流方式	156
3.2 换流失败恢复概念	158
3.3 换流失败恢复过程分析	159
3.4 最大换流恢复能力	161
3.5 换流失败检测系统	165

第四章 电压型逆变器微机控制系统实例

4.1 逆变控制用微机系统	169
4.2 利用微机产生门控信号	171
4.3 关于直流偏磁的处理	173
4.4 反偏时间信息输入定时	175
4.5 控制处理流程	176
4.6 8080控制程序实例	180

第四篇 直流电动机控制

第一章 直流电动机速度控制方法

1.1 电枢控制法与磁场控制法	186
-----------------------	-----

1.2	直流电动机的传递函数	189
1.3	起动效率	193
第二章 直流电动机步进驱动		
2.1	直流电动机步进工作意义	197
2.2	步进工作原理	198
2.3	步进驱动电路及其工作原理	202
2.4	步进驱动电路分析	203
2.5	步进驱动特性	208
第三章 直流电动机磁场继电控制		
3.1	继电控制	212
3.2	直流电动机磁场继电控制	214
3.3	继电控制在磁场控制中的适用性	218
3.4	采用微型计算机的继电控制系统	220
3.5	继电控制存在问题与双模反馈法	223
3.6	控制程序实例	224
3.7	磁场继电控制特性	230
第四章 直流电动机电枢控制与微机控制		
4.1	无 TG 微机恒速控制系统	232
4.2	兼有故障诊断功能的微机控制系统	243

第一篇 微型计算机简介

第一章 微型计算机发展简况与分类

1.1 微型计算机发展简史与特点

计算机科学是近三十年发展起来的新兴学科。电子计算机是近代科学技术发展的结晶。世界上第一台电子计算机 ENIAC 于 1945 年制成,共用了近 18000 个电子管、6000 个开关,占地总长约 30 米,高 3 米,重 30 吨,运算速度 5000 次/秒(加法),耗资达 50 万美元。自此以后,经历了第一代电子管计算机、第二代晶体管计算机、第三代集成电路计算机,1970 年又进入了第四代,大规模集成电路计算机时代。大规模集成电路(LSI,指一个芯片上制造 1000~数万个门电路)制造技术的发展,使计算机正向巨型机、微型机、计算机网络和智能模拟方面迅速发展。

微型机是微型计算机的简称,属电子计算机的第四代产品,即大规模集成电路技术的产物。“微型”是指用大规模集成电路技术把计算机核心部件集成在一片或几片芯片上,从而使计算机的体积、成本、耗电大为减少,性能显著提高。例如,利用大规模集成电路技术,将具有 ENIAC 功能的计算机集成于面积仅有几个平方毫米的硅片上,而其售价不过数美元。

从最初的数字电子计算机发展到微型计算机的历史中,半导体器件与工艺的发展起着重要的作用。开始用锗二极管与三级管代替真空管,后来又用硅器件。由于硅的氧化物稳定,性能优良,才实现了集成。1961 年第一批集成电路已开始批量生产,此后发

展迅速。随着双极型①、TTL②集成电路进入实用阶段，又研制成了采用数百个小规模集成电路（SSI，指一个芯片上有100个以下门电路的集成电路）与中规模集成电路（MSI，指一个芯片上有100~1000个门电路）的小型计算机。

随双极型器件之后，MOSFET（金属氧化物半导体场效应管）器件迅速得到实用化，因为它的集成度高，能适应大规模集成，并且价格低、耗电少，使微处理器的制造有了可能。

世界上第一台微型机于1971年问世，即美国英特尔（INTEL）公司生产的4004微处理器，该机为4位并行处理机，速度较低，可以说是各种微处理器的雏型。如果配上相应的读/写存储器（RAM）、只读存储器（ROM）和输入/输出接口（I/O接口）等芯片，就可制成MCS-4型微型计算机。

1972年，英特尔公司又研制成功8位并行处理的微处理器8008，从此微处理器的应用开始进入各个领域。1973年该公司又推出了8080（包括8080A）微处理器，成为微处理器的一种主流产品。之后，美国莫托洛拉（MOTOROLA）公司推出了6800微处理器，齐洛格（ZILLOG）公司推出了Z80微处理器。1978年以来，以8086，Z8000，MC68000为代表的16位微处理器相继出现，1981年又出现了32位微处理器。

到目前为止，各制造厂开发了许多新的机种，这里不可能一一列举。现将一些广泛使用的8位与16位机列出如下：

8位：8080A，8085，8048，Z80，6800，6809，F8，6502等。

16位：8086，，Z8000，68000，9900等。

16位机的性能已接近小型计算机。此外，在顺序控制方面，还广泛使用着1位微处理器。

十多年来，微型计算机发展迅速，显示出强大的生命力，这

①利用PN结导电性质的器件。

②晶体管——晶体管逻辑（电路）（Transistor-Transistor Logic）。

是由于微型计算机有以下一系列优点:

- (1) 体积小、重量轻、耗电省、价格低;
- (2) 性能稳定, 工作可靠, 功能齐全, 调试和修改程序方便,
- (3) 组成灵活, 产品系列化, 便于用户选购。

微型计算机的优点使它能广泛适用于各个领域。

1.2 八位微处理器

就目前来说, 8位字长的微型机使用最为广泛。一则8位微处理器十分便宜, 二则八位字长正好等于一个字节, 尽管8位微型计算机在数值计算方面不十分适用, 但因为可以处理以字节为单位的字符型数据, 故在控制与字符处理方面用来代替过去的逻辑电路则要方便得多。在8位微处理器中最流行的机种是8080A、Z80、6800、6502等。

8080需要+12V, $\pm 5V$ 三个电源。1977年生产的高档机种8085只需要5V单一电源, 而且用三片芯片就可以构成一个简单系统, 其指令比8080A增加二条。因此, 8085本身也可以看作8080的第二来源。齐洛格公司于1976年生产的Z80芯片也是8080的高档机种, 其指令系统中除包括8080A的全部指令外, 还增加了近一倍。换句话说, 8080A的指令可以全部用于8085与Z80, 反之则不能。

除8080A系列的芯片外, 有影响的机种还有莫托洛拉公司的6800型, 仙童公司的F8等机种。

我国从1974年开始研制和生产微处理器, 分050和060二个系列, 050系列相当于8080机, 060系列相当于6800机。

8080A是8位机的基础, 也是8080系列中最基本的芯片。由图1·1可见, 它的软件与Z80、8085、8086等向上兼容。在用8080A作为CPU的微型计算机上, 初学者通过一定的程序设计训练, 就可以学会对电机进行简单的控制。掌握了8080A的基本要点后, 进一步学习Z80等8位机, 甚至16位机就能收到事半

功倍之效。

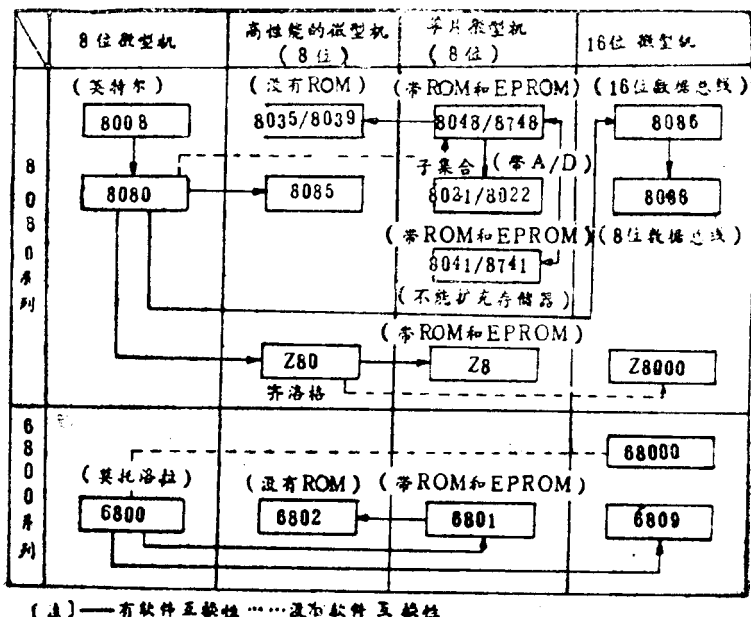


图 1.1 微型机系列

1.3 有关术语

本书所用微处理器、微型计算机、微型计算机系统和微型机四种名词的含义如下：

微处理器 指下章将要详细介绍的 CPU (Central Processing Unit, 中央处理单元) 集成芯片, 通常所说的 8080A 微处理器就是指 8080A CPU 芯片。

微型计算机 以微处理器为中心, 包括存储器(记忆元件)、时钟发生器、系统控制器和输入、输出装置等系统。当以 8080A 为 CPU 时, 为了构成微型计算机需要以下芯片：

微处理器 8080A

时钟发生器 8224

系统控制器	8228
I/O芯片	8255
存储器ROM	2716等
RAM	2114等

有时也把包括电动机、编码器等外围设备在内的整个系统，称为微型计算机。

微型计算机系统 它是一种由微型计算机、外部设备（如键盘、显示器、录音机、打印机、磁盘机等）和软件组成的系统。其含义比微型计算机更广泛，为叙述方便起见，有时也笼统地称它为微型计算机或微型机。

微型机 即微型计算机的简称，也泛指微处理器甚至微型计算机系统。实际上，随着集成电路技术的发展，微处理器与微型计算机的界限正在缩小。近年来出现的一些微处理器，如属于8080系列中的8048及8035，在一个芯片上就集成了运算器（ALU）、存储器、I/O接口以及控制电路，其本身就是一个微型计算机，一般把它称为单片计算机。目前，16位的单片计算机已投放市场。

第二章 微处理器基本结构与功能

本章以8080 A为例简略介绍微处理器的基本结构与功能。

2.1 微型计算机基本结构

用微型机控制电动机，常常需要用机器语言编程序。这种编程方式，比用FORTRAN语言编程要麻烦得多，这也是微型机用于电机控制的困难之处。为了用机器语言编写程序，首先必须知道微型计算机的结构及其各部份的作用。

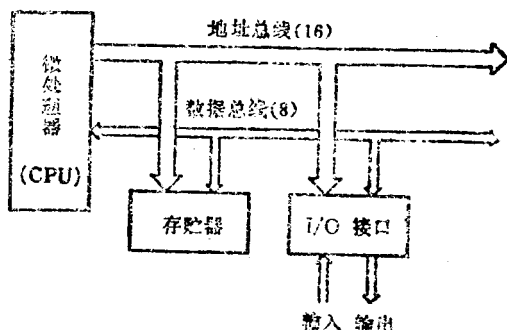


图 1.2 微型计算机的基本方框图

图1·2是微型计算机的基本框图，它由以下三大部分组成：

- (1) 微处理器 (CPU) 负责执行运算与操作；
- (2) 存储器 存放操作程序和操作数；
- (3) 输入、输出接口 (I/O接口) 负责数据的输入与输出。

这三个部分由数据总线与地址总线的信息通道互连起来。这里所说的数据总线，是微处理器对于输入、输出部分或存储器 (RAM或ROM)，送出或接受数据的双向信息通道，而地址总线是从微处理器输出地址信息的单向通道，用来确定存储器与I/O接口的编号 (地址)。在8080A中，数据总线为8位，地址总线为16位。