

高等学校教学用书

电子技术基础

微处理机部分

华中工学院电子学教研室编

康华光 主编

高等教育出版社

高等学校教学用书

电子技术基础

微处理机部分

华中工学院电子学教研室 编

康华光 主编

高等教育出版社

EAP 12

本书是《电子技术基础》第三版的延伸部分，它是数字部分的扩充，二者彼此衔接一脉相承。

本书是在原编讲义——《微处理机基础》的基础上修改补充而成。内容包括：微处理器和微型计算机概述，Z80CPU，Z80指令系统及汇编语言程序设计基础，接口与中断技术，微处理器系统及应用，单片微型计算机。

本书以传统的数字集成器件（如可预置的计数器等）为引导，以模型机为手段，介绍可编程器件的基本概念，并逐步过渡到大规模集成器件，包括硬件结构和软件基础，以及典型应用。书中配有一定数量的例题、思考题和习题。

本书由南京工学院李士雄教授主审。

本书可作为高等学校电气类、电子类专业“电子技术基础”、“微处理机原理及应用”等课程的教材，也可供从事电子技术和微机应用的工程技术人员参考。

本书责任编辑 任庆陵

〔京〕112号

★ 中等专业学校用书

电子技术基础

微处理机部分

华中工学院电子学教研室 编

李华光 主编

★

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

天津新华印刷二厂印装

★

开本850×1168 1/32 印张 11.25 字数270 000

1989年8月第1版 1991年8月第3次印刷

印数 9 871—15 391

ISBN 7-04-002290-7/TN·120

定价 3.75元

序

现代微电子技术的迅猛发展,已使微处理机成为当今世界上应用最广泛、销售量最大的高技术产品之一。

从本质上来说,微处理机是一种功能较完备的数字系统,它只不过是传统的数字电路的发展,并加上软件功能而已。另一方面,一些学校电子技术的教学实践表明,将微处理机部分纳入电子技术基础课程中来讲授,有其内在的连贯性和逻辑性。本书正是在这样一个背景之下形成的。自1985年秋季开始,采用自编的微处理机讲义,在我校电气工程类专业本科生班中进行试点,经过四届学生班级的教学实践,效果比预期的要好。证实这一方案可行,并显示出了它的优越性。

作为《电子技术基础》第三版的延伸部分,本书内容的安排,有如下考虑:

1. 把“微处理机”和“数字电路”二者有机地揉和在一起,精选内容,彼此衔接,一脉相承。既克服了过去“微机原理”与“数字电路”分开设课所造成的内容脱节,也避免了二者自成体系而引起的章节重复之弊,从而使结构紧凑,有利于缩减学时和组织教学。

2. 本书以数字电路中的集成器件(如可预置的计数器、可编程逻辑阵列等)为引导,以模型机为手段,介绍可编程器件的基本概念,并逐步过渡到大规模集成器件,包括硬件结构和软件基础。特别强调软件如何通过硬件起作用,从而加深读者对可编程器件工作过程的理解。

3. 当前国内较流行的微处理机有两种类型,即以Z80 CPU

为核心构成的微处理机和 8031 单片机。书中以前者为主,重点介绍组成微处理机小系统的建筑模块 (LSI 芯片) 及其建筑艺术 (系统连接方法), 旨在引导读者掌握构成微处理机系统的基础知识。有了这个基础,就可以在实际应用中,根据任务的要求,随意裁剪,创造出各种经济、可靠、灵活而实用的系统。至于单片微处理机,则着眼于熟悉它的硬件和软件,以便于有效地使用。

4. 为了加强对读者的接口电路设计和程序设计能力的培养,各章末均附有小结,并配有一定数量的例题、思考题和习题,以期收到“启迪思维、举一反三”的效果。

5. 学习本书,应注重理论联系实际,注重对学生实验研究能力的培养。为此,我们特别重视学生自行组装微处理器小系统的实验和调试程序的训练,以期增长实践才干,发挥创造精神。

参加本书编写工作的有彭容修(第 1 章)、赵德宝(第 2~6 章)等同志。康华光同志为主编,负责全书的组织和定稿;赵德宝同志为副主编,协助主编工作。瞿安连同志协助校订了部分原稿。丁素芳、张德芳、杨晓安等同志绘制了全书的插图。教研室的其他同志也参加了部分工作。

本书由南京工学院李士雄教授主审,参加审阅工作的有丁康源副教授和丁杰讲师,编者谨此致以谢忱。

本书是电子技术基础教学与教材改革的一种尝试。限于编者水平和经验不足,书中错误和不妥之处在所难免,恳请使用本教材的师生和其他读者,予以批评指正。

编 者

1988 年 9 月 于武昌 华工园

本书常用符号表

A/ACC	累加器
AB	地址总线
$A_{15} \sim A_0$	地址线
ALE	地址允许锁存
ALU	算术逻辑单元
B	二进制数
CB	控制总线
CLK/CP	时钟脉冲
CLR/cr	清零
CS	片选信号
CPU	中央处理单元
CTC	计数/定时器
Cy	进位标志
DB	数据总线
$D_7 \sim D_0$	数据线
F	标志寄存器
FF	触发器
f_{CP}	时钟脉冲频率
H	十六进制数
I	中断矢量寄存器, 输入
IORQ	输入/输出请求
M	机器周期

MREQ	存储器请求
N	减标志
O	输出
PC	程序计数器
PE	奇偶校验偶标志
PIO	并行输入/输出接口
PO	奇偶校验奇标志
PSW	程序状态字
P/V	奇偶/溢出标志
R	刷新寄存器
RD	读
R _d	直接置 0 端
RFSH	刷新
S	符号标志, 开关
SP	堆栈指示器
S _d	直接置 1 端
T	时钟周期
t	时间
WR	写
Z	零标志
ϕ (CP)	时钟脉冲

目 录

1 微处理器和微型计算机概述

引言	1
1.1 数字电路与微处理器	1
1.1.1 数字逻辑的两种处理方式	1
1.1.2 微处理器发展概况	3
1.2 微型计算机	4
1.2.1 微型计算机的基本概念	4
1.2.2 微型计算机的简化模型	9
1.2.3 程序的编制和执行过程	15
1.2.4 模型机的时序与时序控制电路	18
小结	24
思考题和习题	24

2 Z80 CPU

引言	27
2.1 Z80 CPU的基本结构	27
2.1.1 Z80 CPU的结构框图	27
2.1.2 CPU寄存器及其功能	30
2.2 Z80 CPU的引脚线	34
2.3 Z80 CPU的基本操作时序	37
2.4 Z80 CPU与存储器的连接	43
2.4.1 存储器的地址选择	43
2.4.2 存储器时间参数与CPU时序的配合	46

*2.4.3 动态 RAM 的刷新	54
小结	57
思考题和习题	58

3 Z80 指令系统及汇编语言程序设计基础

引言	63
3.1 指令的寻址方式	63
3.2 Z80 指令系统	67
3.2.1 数据传送指令	67
3.2.2 数据处理指令	77
3.2.3 程序控制指令	80
3.2.4 状态管理指令	84
3.3 汇编语言程序设计基础	85
3.3.1 汇编语言的基本概念	85
3.3.2 汇编语言程序的基本结构	89
*3.3.3 汇编语言程序设计举例	107
小结	118
思考题和习题	120

4 接口与中断技术

引言	125
4.1 接口的功能及接口技术的特点	125
4.2 CPU 与外设间传送信息的控制方式	129
4.2.1 程序传送	129
4.2.2 中断-程序传送	135
4.2.3 硬件传送	137
4.3 中断和中断控制	141
4.3.1 CPU 对中断的管理	141

4.3.2 中断优先级	143
4.3.3 中断的响应过程	146
4.3.4 中断服务程序的编制	152
4.4 并行可编程接口芯片	154
4.4.1 概述	154
4.4.2 Z80 PIO	157
4.4.3 Z80 CTC	181
小结	196
思考题和习题	198

5 微处理器系统及其应用

引言	200
5.1 TP801 单板计算机	200
5.1.1 七段发光管显示器	204
5.1.2 键盘	209
5.1.3 EPROM的写入电路	215
*5.1.4 盒式磁带机的接口电路	221
*5.2 应用实例	226
5.2.1 微机计算秤	226
5.2.2 简易数字频率计	231
5.2.3 步进电机的微机控制系统	235
小结	244
思考题和习题	244

6 单片微型计算机

引言	246
6.1 MCS-51系列单片机的结构	247
6.1.1 引脚功能	249
6.1.2 存储器结构及其操作定时	252

6.1.3 定时/计数器	258
6.1.4 串行接口	262
6.1.5 中断	271
6.2 8031指令系统及程序设计举例	278
6.2.1 寻址方式	278
6.2.2 8031的指令系统	282
6.2.3 程序设计举例	289
6.3 单片机功能扩展	299
6.3.1 I/O 接口的扩展	299
6.3.2 系统连接	302
小结	314
思考题和习题	315
附录A Z80指令表	317
附录B MCS-51 微机指令表	338
附录C 参考文献及进一步阅读资料	342
索引(汉英对照)	345

1 微处理器和微型计算机概述

引言 随着大规模集成电路工艺的发展,微处理器及以微处理器为核心部件构成的微型计算机也应运而生。它们的出现,为电子计算机的普及应用开拓了极其广阔的前景。目前,不论是工厂、机关、部队、学校,还是医院、商店、银行等各部门、各行业,都留下了它们的身影。而且几乎每天又有新成果和由微处理器做成的新产品问世,其对社会的影响不亚于当年迎来第一次技术革命的蒸汽机。

微处理器何以有如此神奇的威力,它是由什么组成的,又是怎样工作的等等,都是人们所非常关心的问题。本章将以一个简化的模型,揭示微处理器的基本结构、工作过程及其主要特性,并简要地介绍一下微处理器的发展概况及微型计算机常用的习惯术语,旨在使读者建立起微处理器系统中所涉及的一系列基本概念,对以后各章的学习有所裨益。

1.1 数字电路与微处理器

1.1.1 数字逻辑的两种处理方式

在数字电路中,逻辑电路设计主要局限于硬件电路设计,即由逻辑门、触发器以及中、小规模集成电路(统称**硬件**)相互连接构成各种数字逻辑系统。这些系统,其功能完全取决于电路的结构,它们只能完成特定的逻辑任务。若改变系统的功能,则其结构也将发生相应的变化:或者更换器件,或者改变布线。逻辑处理的这

种方式,称为**硬件逻辑方式**或**布线逻辑方式**。

随着集成电路工艺的进一步发展,人们能够在一块芯片上制造出逻辑复杂程度达100个门以上的大规模集成(LSI^①)组件。利用大规模组件组装系统,不仅可以降低系统功耗,而且也减少了组件间引线,提高了系统的可靠性。

然而,大规模集成组件的研制费用远远高于中、小规模集成组件。为降低成本,人们试图生产出更灵活通用、能满足多种需要的大规模集成组件,以增加产品批量,从而减少器件分摊的研制费用。在这种思想指导下,各种可编程的逻辑部件被制造出来了,其典型代表就是微处理器。

微处理器用符号 μP 或MP^②表示,它是把计算机的核心部件——中央处理单元(CPU^③)集成在一块或几块电路芯片上。由于微处理器价格低廉和具有可编程的特点,因而对数字逻辑设计产生了巨大的影响。人们从传统的电路设计开始向程序设计转变,即通过编制适当的程序来实现系统的逻辑功能。这样,当需要改变系统功能时,系统的电路结构可以不做任何改动,只需要更改一下程序即可满足新的功能要求。逻辑处理的这种方式,称为**程序(软件)逻辑方式**或**计算机方式**。

逻辑处理的这两种方式是密切相关的。尤其是在微处理器日益普及的今天,逻辑设计人员必须非常熟悉计算机硬件和软件两方面的知识,才能充分发挥微处理器的内在潜力。为此,我们将在数字电路的基础上进一步讨论微处理器及与其有关的可编程集成组件,以便使读者能透彻地理解设计微处理器系统所必须的有关

① LSI系 Large Scale Intergration 的缩写。

② MP系 Microprocessor 的缩写。

③ CPU系 Central Processing Unit 的缩写。

硬件和软件的一些基本知识,了解各具体器件及其有关的实际问题,为更好地应用、开发微处理器系统打下基础。

1.1.2 微处理器发展概况

从1971年世界上第一个微处理器问世到现在,虽然仅有十几年的历史,但其发展速度却极其惊人,几乎每隔2~4年就更新换代一次。据统计,目前世界上微处理器的种类不下数百种,字长也从4位、8位、16位发展到32位。表1.1.1列出了各代微处理器的典型产品及其主要特点。

微处理器的改进,主要表现在以下几个方面:

1. 字长 字长表示一次处理信息的量。微处理器的字长愈长,表示其一次处理的信息量愈多。从这一点讲,字长愈长愈好。但是字长愈长,其结构愈复杂,造价也愈高。微处理器由于技术上的限制,最初字长为4位,后来增到8位、16位,现已生产出了32位的微处理器。

2. 速度 速度是衡量微处理器的一项重要指标。为了适应快速实时控制和实时数据处理的需要,人们不断提高微处理器的运行速度。从表1.1.1可以看出,执行一条同样的指令,第一代微处理器需10~20 μs ,第二代微处理器需1~2 μs ,第三代微处理器需0.5~1 μs ,而第四代微处理器所需的时间还不足0.125 μs 。可见微处理器的速度变化之大,短短的十几年,速度就提高了近百倍。

3. 集成度 随着LSI/VLSI^①技术的发展,微处理器的集成度也不断提高。初期的微处理器的集成度为2000晶体管/片,如今HP公司研制的32位微处理器,其集成度达45万晶体管/片。可以想象,随着集成技术的深入发展,必将有结构更复杂、功能更

① VLSI为Very Large Scale Integration的缩写。

强的微处理器问世。

表 1.1.1 微处理器发展概况

代 项目	第一代 1971~1973年	第二代 1974~1977年	第三代 1978~1981年	第四代 1981年以后
集成度 (管数/片)	1200~2000	5000~9000	20000~68000	10万只以上
字 长	4 位、8 位	8 位	16位	32位
基本指令执行时间(μ s)	10~20	1~2	0.5~1	<0.125
典型产品	Intel 4004 Intel 8008	Intel 8080 Motorola 6800 Zilog Z80	Intel 8086 Motorola 68000 Zilog Z8000	Intel iApx432 Bell MAC-32 HP公司32位 μ P
构成微型计算机配置的软件	机器语言 汇编语言	采用汇编语言,有交叉驻留汇编程序,还配有高级语言,如 BASIC、FORTRAN 等解释程序和编译程序	采用汇编语言,高级语言配有驻留的汇编程序、解释程序、编译程序及操作系统	操作系统、高级语言软件硬化
主要应用	家用电器 计算器 简单控制	智能终端、仪器仪表,工业控制,数据处理等	实时控制、科学计算、大型事务处理、局部网络等	大型事务处理、多用户数据处理、科学计算、分布式多微机系统、局部网络等

1.2 微型计算机

1.2.1 微型计算机的基本概念

微型计算机常用 μ C 或 MC^① 表示,是指以微处理器为核心,配

① MC 为 Microcomputer 的缩写。

有存储器、输入/输出接口电路及系统总线所构成的计算机(简称微型机)。如果把 CPU、存储器和接口电路都集成在一块芯片上,则构成单片微型计算机,简称单片机。如把微型机的基本部件加上简易键盘、发光二极管(LED^①)显示器等组装在一块印刷电路板上,则称之为单板机。若以微型机为核心,配上输入/输出(I/O)设备、电源及系统软件,则构成微型计算机系统,简称系统机。

1. 硬件

通俗地讲,硬件是指那些看得见、摸得着的部件或设备。一台计算机的功能受到其硬件结构的限制,要想充分发挥计算机的功能,就需要弄清楚其硬件结构。

微型计算机是在电子计算机的基础上,借助于大规模集成电路技术而发展起来的。它在结构、原理上同一般电子计算机有许多共性。下面我们讨论电子计算机的结构框图。

图 1.2.1 为通用电子计算机的结构框图,它由五个基本部分组成,即:运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。

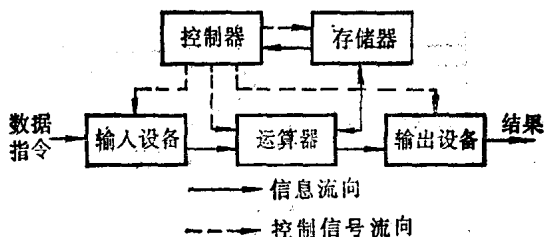


图1.2.1 计算机基本结构框图

这五部分的功能简述如下:

输入设备 它是人与计算机联系的窗口。人们通过输入设备,

① LED 系 Light Emitting Diode 的缩写。

将原始数据、现场采集来的信息以及各种命令等传送给计算机。常用的输入设备有键盘、纸带输入机、模/数(A/D)转换器等。

输出设备 它也是人-机联系的窗口。计算机通过输出设备把处理结果以声音、字符、图象等各种方式显现出来。常用的输出设备有 LED 或 CRT^①显示器、打印机、绘图仪等。

存储器 具有记忆功能的器件, 相当于计算机的“仓库”。用来存放数据、程序及运算结果等各种信息。

运算器 运算器是完成数据运算的部件。它能够执行加、减之类的算术运算, 也能够执行与、或、非等逻辑运算。

控制器 它是整个计算机的指挥系统。其主要功能是: “翻译”指令代码, 根据翻译结果, 发出相应的控制信号, 用以指挥各功能部件动作, 执行指令所要求的操作, 如输入数据、处理数值、显示结果等等。

上述组成计算机的几个基本部分中, 运算器和控制器是计算机的核心, 通称为**中央处理单元**或 CPU。而把 CPU 和存储器合称为**主机**。主机以外的输入/输出设备统称为**外部设备**或**外设**。

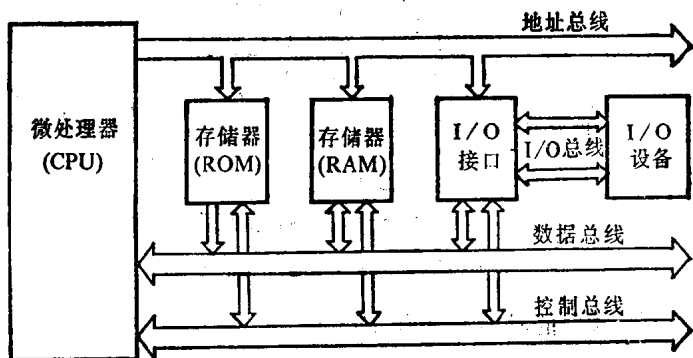


图 1.2.2 微型计算机系统框图

① CRT 为 Cathode Ray Tube 的缩写。