



“十二五”江苏省高等学校重点教材
江苏高校品牌专业建设工程资助项目
普通高等教育电气工程与自动化（应用型）“十三五”规划教材

Single Chip Microcomputer
Theory and Applications

单片微机 原理与应用

第2版

© 罗印升 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



“十二五”江苏省

2014-1-127)

江苏高校品牌专业建设工程资助项目 (编号: PPZY2015B133)

普通高等教育电气工程与自动化 (应用型) “十三五”规划教材

单片机原理与应用

第2版

主 编 罗印升
副主编 陈连玉 邢绍邦
参 编 范力旻 毕玉春 罗 晓 陈伦琼
主 审 张 鑫

第2版 (CIP) 目录页码表

机械工业出版社

本书基于将“微机原理与应用”和“单片机原理与应用”课程相融合的思路,从微型计算机的基本知识和概念、基本原理和基本分析方法入手,以目前最广泛使用的51系列单片机为核心,选取AT89S51单片机作为典型对象,以相关知识的综合运用能力、工程实践能力的培养和提高为教学目标。构建了从原理到具体对象、从局部功能到整体应用的模块化递进式组织形式,充分体现了先进性、应用性、适用性和启发性。

全书共11章,7个模块,内容为:模块一 微型计算机基础知识与单片微型计算机(微型计算机基础知识,51系列单片机的结构及原理);模块二 指令系统与汇编语言程序设计方法(51系列单片机的指令系统和程序设计方法);模块三 中断系统与应用(中断系统);模块四 定时器/计数器及其应用(51系列单片机的定时器/计数器);模块五 串行通信及其应用(51系列单片机的串行通信);模块六 微机应用系统设计(51系列单片机的系统扩展,51系列单片机的接口技术,51系列单片机应用系统设计);模块七 微机应用系统集成开发工具与应用新技术(C51程序设计基础与开发环境,基于单片机核的SoC技术)。

本书符合当前单片机课程的教学需求,可作为大学本科电气类、自动化类、电子信息类,以及机械设计制造及其自动化、机械电子工程、测控技术与仪器等专业的教材。

本书配有免费电子课件,欢迎选用本书作教材的教师发邮件到jinacmp@163.com索取,或登录www.cmpedu.com注册下载。

图书在版编目(CIP)数据

单片微机原理与应用/罗印升主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2016.7

普通高等教育电气工程与自动化(应用型)“十三五”规划教材
ISBN 978-7-111-53885-1

I. ①单… II. ①罗… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材
IV. ①TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第113621号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:吉玲 责任编辑:吉玲 王康 刘丽敏

责任校对:张征 封面设计:张静

责任印制:常天培

唐山三艺印务有限公司印刷

2016年6月第2版第1次印刷

184mm×260mm·20印张·550千字

标准书号:ISBN 978-7-111-53885-1

定价:42.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

普通高等教育电气工程与自动化（应用型）“十三五”规划教材

编审委员会委员名单

主任委员：刘国荣

副主任委员：

张德江 梁景凯 张 元 袁德成 焦 斌

吕 进 胡国文 刘启中 汤天浩 黄家善

钱 平 王保家

委 员（按姓氏笔画排序）：

丁元明 马修水 王再英 王 军 叶树江

孙晓云 朱一纶 张立臣 李先允 李秀娟

李海富 杨 宁 陈志新 周渊深 尚丽萍

罗文广 罗印升 罗 兵 范立南 娄国焕

赵巧娥 项新建 徐建英 郭 伟 高 亮

韩成浩 蔡子亮 樊立萍 穆向阳

前言

“微机原理与应用”课程是本科院校电气类、电子信息类和自动化类专业的重要平台课程，也是机械设计制造及其自动化、机械电子工程、测控技术与仪器等专业的重要专业基础课程，是学生学习计算机硬件原理与应用知识最主要的课程，对提高学生的计算机硬件应用能力至关重要，也是学生学习部分专业课程、完成毕业设计的重要技术基础课程。

自从 Intel 公司推出 MCS-51 系列单片微型计算机（简称单片机）以来，单片机作为一种微控制器在工程实践中得到更加广泛的应用。电气类、电子信息类和自动化类以及机械设计制造及其自动化、机械电子工程、测控技术与仪器等专业均开设了“单片机原理与应用”课程。特别是对应用型本科院校来说，如何处理好“微机原理与应用”“单片机原理与应用”这两门相关度极大的课程的关系，做到既注重三基（基本知识、基本原理和基本技能），又突出工程实践教育且须在有限的教学课时内组织好教学工作一直是学者思考和探索的问题。基于尝试将“微机原理与应用”和“单片机原理与应用”课程合并，本书名称定为《单片微机原理与应用》。从微型计算机的基本知识和概念、基本原理和基本分析方法入手，采用模块化的组织方式，以目前最广泛使用的 51 系列单片机为核心，选取 AT89S51 型号单片机作为典型对象。教学目的绝不是仅教会学生掌握某一类型单片机的应用方法，而是以 51 系列单片机技术教学为主线，将微型计算机基础知识、寻址方式与指令系统的基本知识、汇编语言程序设计的一般方法、中断系统的一般知识与应用方法、定时器/计数器的基本工作原理与应用方法、存储器与并行 I/O 接口扩展的基本方法、A-D 转换器和 D-A 转换器接口基本方法、显示器与键盘接口技术的基本方法、单片机应用系统设计技术和基于单片机核的 SoC 技术等贯穿于本书中，以微型计算机相关知识的综合运用能力、工程实践能力的培养和提高为目标。构建了从原理到具体对象、从局部功能到整体应用的模块化递进式组织形式，充分体现了先进性、应用性、适用性和启发性。

为了便于学习，全面了解各章内容，掌握基本知识点与要求，把握各章的重点和难点。每章的开始部分提供了“**内容提要**”“**基本知识点与要求**”“**重点与难点**”。在基本要求的基础上，部分章节中增加了“**延伸与拓展**”部分，对微机基础知识的延伸、单片机的新型号、应用新技术和开发新手段进行了拓展，对有助于理解章节内容的背景知识或者延伸与拓展的内容进行了介绍和导读。

本书符合当前单片机课程的教学需求，可作为大学本科电气类、电子信息类和自动化类专业以及机械设计制造及其自动化、机械电子工程、测控技术与仪器等专业将“微机原理与应用”和“单片机原理与应用”课程合并后开设“单片微机原理与应用”课程的教材，也可作为上述各专业单独开设“单片机原理与应用”课程的教材，还可供高

职院校电气类专业学生和自学者使用。

本书是在普通高等教育电气工程与自动化(应用型)“十三五”规划教材编审委员会、“十二五”江苏省高等学校重点教材评审专家的指导下完成的。

本书由罗印升教授担任主编,张鑫教授担任主审。罗印升教授编写第1章、第2章,范力旻、罗印升编写第3章、第4章,罗晓、邢绍邦编写第5章、第6章,陈连玉编写第7章、第9章,毕玉春编写第8章,陈伦琼编写第10章,邢绍邦、罗印升编写第11章。全书由罗印升统稿。张鑫教授对本书内容进行了全面、详细的审阅,提出了许多具有建设性的意见和建议,在此对张鑫教授表示诚挚的感谢。

书中参阅的参考资料均列入章节参考文献中,在此,也对各参考资料的作者表示感谢。由于编者的学识水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

模块一 微型计算机基础知识与 单片微型计算机

第1章 微型计算机基础知识 1

1.1 微型计算机系统概述 1

1.1.1 微型计算机系统的基本组成 和各部分的作用 1

1.1.2 单片微型计算机的发展及其 应用 6

1.2 计算机中的数制与编码 9

1.2.1 进位计数制及其转换 9

1.2.2 编码 11

1.3 计算机中数的表示与运算 14

1.3.1 机器数及其表示方法 14

1.3.2 数的运算 16

延伸与拓展 19

本章小结 21

思考题与习题 22

参考文献 22

第2章 51 系列单片机的结构及

原理 23

2.1 51 系列单片机的结构 23

2.1.1 51 系列单片机的基本组成 23

2.1.2 51 系列单片机的内部结构 24

2.1.3 51 系列单片机的引脚及 功能 25

2.2 51 系列单片机的存储器组织 28

2.2.1 程序存储器的地址空间 29

2.2.2 数据存储器的地址空间 30

2.2.3 特殊功能寄存器简介 32

2.3 51 系列单片机并行输入/输出端口 的结构与操作方法 36

2.3.1 P0 口 36

2.3.2 P1 口 37

2.3.3 P2 口 37

2.3.4 P3 口 38

2.3.5 端口的带负载能力与应用方法 38

2.4 51 系列单片机的时钟电路与时序 39

2.4.1 片内振荡器及时钟信号的产生 39

2.4.2 时序及有关概念 40

2.4.3 指令的取指令/执行时序 40

2.4.4 访问片外存储器的操作时序 41

2.5 51 系列单片机的复位电路 42

2.5.1 复位与复位电路介绍 42

2.5.2 单片机复位后的状态 43

2.6 AT89S51 单片机的低功耗工作方式 与“看门狗”定时器 43

2.6.1 低功耗工作方式 43

2.6.2 低功耗方式下的“看门狗” 定时器 44

本章小结 45

思考题与习题 45

参考文献 46

模块二 指令系统与汇编语言程序设计方法

第3章 51 系列单片机的指令系统

和程序设计方法 47

3.1 指令系统概述 47

3.1.1 指令分类 47

3.1.2 指令格式 48

3.1.3 指令中常用缩写符号的意义 49

3.2 寻址方式 49

3.2.1 立即寻址 49

3.2.2 直接寻址 50

3.2.3 寄存器寻址 50

3.2.4 寄存器间接寻址 50

3.2.5 变址寻址 50

3.2.6 相对寻址 51

3.2.7 位寻址 52

3.3 数据传送类指令 53

3.3.1 片内 RAM 数据传送类指令	53
3.3.2 片外 RAM 数据传送类指令	55
3.3.3 程序存储器向累加器 A 传送 数据类指令	56
3.3.4 数据交换类指令	58
3.3.5 堆栈操作类指令	58
3.4 算术运算类指令	59
3.4.1 加法指令	60
3.4.2 减法指令	61
3.4.3 乘法指令	62
3.4.4 除法指令	64
3.5 逻辑运算类指令	65
3.5.1 累加器 A 的逻辑运算指令	65
3.5.2 两个操作数的逻辑操作运算 指令	66
3.6 位操作类指令	68
3.6.1 位变量传送指令	68
3.6.2 位变量修改指令	69
3.6.3 位变量逻辑操作指令	69
3.7 控制转移类指令	69
3.7.1 无条件转移指令	69
3.7.2 条件转移指令	71
3.7.3 调用与返回指令	74
3.8 汇编语言程序设计	76
3.8.1 汇编语言程序设计概述	77
3.8.2 常用伪指令	78
3.8.3 顺序结构程序设计	80
3.8.4 分支结构程序设计	80
3.8.5 循环结构程序设计	83
3.8.6 子程序设计	86
3.8.7 综合编程举例	90
本章小结	93
思考题与习题	94
参考文献	96

模块三 中断系统与应用

第 4 章 中断系统	97
4.1 中断系统概述	97
4.1.1 中断的概念	97
4.1.2 中断系统的功能及特点	98
4.2 51 系列单片机的中断系统	98
4.2.1 中断系统的结构与中断源	98
4.2.2 中断控制	99
4.3 中断处理过程	102
4.3.1 中断响应与过程	102

4.3.2 中断处理	103
4.3.3 中断返回	104
4.3.4 中断请求撤销	104
4.3.5 中断响应时间	105
4.4 中断系统应用	105
延伸与拓展	110
本章小结	112
思考题与习题	113
参考文献	113

模块四 定时器/计数器及其应用

第 5 章 51 系列单片机的定时器/ 计数器	114
5.1 定时器/计数器简介	114
5.1.1 定时器/计数器的一般工作 方式	114
5.1.2 定时器/计数器的结构与原理	115
5.2 定时器/计数器控制	116
5.2.1 定时器/计数器的工作模式 寄存器	116
5.2.2 定时器/计数器的控制寄存器	117
5.2.3 定时器/计数器的初始化	117
5.3 定时器/计数器的工作模式及应用	119
5.3.1 模式 0 及应用	119
5.3.2 模式 1 及应用	120
5.3.3 模式 2 及应用	124
5.3.4 模式 3 及应用	127
5.3.5 定时器/计数器门控位的应用	129
5.3.6 “看门狗”定时器	131
延伸与拓展	131
本章小结	136
思考题与习题	136
参考文献	136

模块五 串行通信及其应用

第 6 章 51 系列单片机的串行通信	137
6.1 串行通信概述	137
6.1.1 串行通信的基本方式	137
6.1.2 串行通信的数据传送方式	139
6.1.3 串行通信的接口标准	139
6.2 串行接口的结构与控制	141
6.2.1 串行接口的结构	141
6.2.2 串行接口的控制	141
6.2.3 波特率设计	143
6.3 串行接口的工作模式	144

6.3.1 模式0	144
6.3.2 模式1	145
6.3.3 模式2	146
6.3.4 模式3	147
6.3.5 串行接口的初始化与应用编程方法举例	147
6.4 51 系列单片机的通信	151
6.4.1 51 系列单片机的双机通信技术	151
6.4.2 51 系列单片机的多机通信技术	155
6.4.3 51 系列单片机与 PC 通信技术	161
延伸与拓展	163
本章小结	164
思考题与习题	164
参考文献	165

模块六 微机应用系统设计

第7章 51 系列单片机的系统扩展

7.1 程序存储器扩展	166
7.1.1 总线扩展	166
7.1.2 典型程序存储器芯片	167
7.1.3 程序存储器扩展举例	169
7.2 数据存储器扩展	171
7.2.1 典型数据存储器芯片	171
7.2.2 数据存储器扩展举例	171
7.3 并行 I/O 接口扩展	173
7.3.1 I/O 接口电路的功能	173
7.3.2 简单并行 I/O 接口扩展	174
7.3.3 8255A 可编程并行 I/O 接口扩展	175
7.3.4 8155 可编程并行 I/O 接口扩展	180
7.4 用串行接口扩展并行接口	185
7.4.1 串行接口扩展并行输入	186
7.4.2 串行接口扩展并行输出	186
延伸与拓展	186
本章小结	190
思考题与习题	190
参考文献	191

第8章 51 系列单片机的接口技术

8.1 键盘接口技术	192
8.1.1 键盘工作原理	192
8.1.2 独立式键盘接口技术	193
8.1.3 矩阵式键盘接口技术	194

8.2 显示器接口技术	198
8.2.1 LED 显示器的结构与原理	198
8.2.2 静态显示接口技术	199
8.2.3 动态显示接口技术	202
8.2.4 液晶显示接口技术	203
8.3 键盘和显示器组合接口技术	210
8.3.1 键盘及动态显示接口电路	210
8.3.2 键盘及静态显示接口电路	212
8.4 D-A 转换器与单片机接口技术	214
8.4.1 D-A 转换器概述	214
8.4.2 DAC0832 芯片及其与单片机的接口	216
8.4.3 DCA 与微处理器 (MPU) 的连接技术	219
8.5 A-D 转换器与单片机接口技术	220
8.5.1 A-D 转换器的工作原理	220
8.5.2 A-D 转换器的技术指标与选取原则	220
8.5.3 ADC0809 接口芯片及其与单片机的接口	221
8.5.4 AD574A 芯片与单片机接口	225
8.5.5 ADC 与微处理器 (MPU) 的连接技术	228
8.6 开关量输入/输出接口技术	229
8.6.1 开关量输入接口技术	229
8.6.2 开关量输出接口技术	231
本章小结	234
思考题与习题	235
参考文献	235

第9章 51 系列单片机应用

系统设计	236
9.1 单片机应用系统设计概述	236
9.1.1 单片机应用系统的结构与设计要求	236
9.1.2 单片机应用系统的设计过程	238
9.2 单片机应用系统的设计方法	238
9.3 单片机应用系统的抗干扰技术	240
9.3.1 单片机应用系统的硬件抗干扰技术	240
9.3.2 单片机应用系统的软件抗干扰技术	241
9.4 单片机应用系统设计举例	243
9.4.1 电阻炉温度控制系统设计	243
9.4.2 步进电动机控制系统设计	250

延伸与拓展	253	10.5.1 数组	272
本章小结	255	10.5.2 结构	273
思考题与习题	255	10.6 C51 的指针与函数	274
参考文献	255	10.6.1 C51 的指针概述	274
模块七 微机应用系统集成开发工具与 应用新技术		10.6.2 C51 函数的定义	277
第 10 章 C51 程序设计基础与 开发环境	257	10.7 Keil C51 开发环境与程序调试	279
10.1 单片机的 C 语言概述	257	10.7.1 建立 Keil C51 程序	279
10.1.1 C51 程序开发流程	258	10.7.2 Keil C51 的程序调试	282
10.1.2 C51 程序结构	258	10.8 Proteus 6.9 与 Keil C51 的 联合调试	285
10.2 C51 的数据类型	262	10.8.1 Proteus 6.9 与 Keil C51 的联调 环境建立	285
10.2.1 C51 的标识符与关键字	262	10.8.2 Proteus 6.9 与 Keil C51 的 联调举例	287
10.2.2 C51 的数据类型与存储类型	263	延伸与拓展	290
10.2.3 51 系列单片机硬件结构的 C51 定义	266	本章小结	292
10.3 C51 的运算符、表达式和规则	268	思考题与习题	292
10.3.1 C51 的算术运算符和 算术表达式	268	参考文献	293
10.3.2 C51 的关系运算符、关系表达 式和优先级	269	第 11 章 基于单片机核的 SoC 技术 ...	294
10.3.3 C51 的逻辑运算符、逻辑表达 式和优先级	269	11.1 单片机扩展 FPGA 及单片机核应用 技术概述	294
10.3.4 C51 的位操作及表达式	270	11.2 FPGA 扩展方案的技术与应用	295
10.3.5 逗号表达式与条件表达式	270	11.3 单片 FPGA 方案的设计 技术与应用	299
10.4 C51 流程控制语句	271	本章小结	304
10.5 C51 的数组和结构	272	参考文献	304
		附录 51 系列单片机指令表	305

微型计算机基础知识与单片微型计算机

第1章 微型计算机基础知识

【内容提要】

本章从一般微型计算机的概念入手,首先介绍其组成、各部分的作用、发展及其应用;然后介绍进位计数制及其转换和编码;最后介绍计算机数的表示与运算。

【基本知识点与要求】

- (1) 理解微型计算机的组成、各部分的作用、工作原理与工作过程。
- (2) 了解单片机的产生、应用与发展趋势,理解单片机的特点。
- (3) 掌握进位计数制的表示及其相互转换的方法。
- (4) 掌握机器数及其表示方法和运算。

【重点与难点】

本章重点是微型计算机的组成及各部分的作用、单片机的特点、进位计数制的表示及其相互转换方法、机器数及其表示方法和运算;难点是补码的概念、运算及微型计算机的工作原理与过程。

1.1 微型计算机系统概述

1.1.1 微型计算机系统的基本组成和各部分的作用

1946年,由约翰·莫奇利(John Mauchly)和埃克特(John Presper Eckert Jr.)等研制的第一台电子计算机“ENIAC”(Electronic Numerical Integrator And Calculation)在美国宾西法尼亚大学诞生。从此,电子计算机经历了电子管、晶体管、集成电路、大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI)的更新换代。它一方面向着高速、智能化的超级巨型机的方向发展;另一方面向着微型计算机的方向发展。

微型计算机(Micro Computer,简称微机)也称为个人计算机(Personal Computer, PC)。它由微处理器(Micro Processing Unit, MPU)、内存存储器、用于传送信息的总线和连接外部设备的基本输入/输出(Input/Output, I/O)接口等组成——这也就是通常所说的主机。这些部分组装在一块印制电路板上,即微型计算机的主板。要使计算机能够和人交互,一方面要配置输入/输出设备(键盘、鼠标、显示器和打印机等),另一方面还必须安装能够在其上运行的操作系统(Operating System, OS)和相关的软件(Software,简单地说就是程序,按软件工程的观点,还包括所有相关的文档)。这样才能构成真正的微型计算机系统。微型计算机的硬件组成如图1-1所示。微型计

计算机系统的组成如图 1-2 所示。

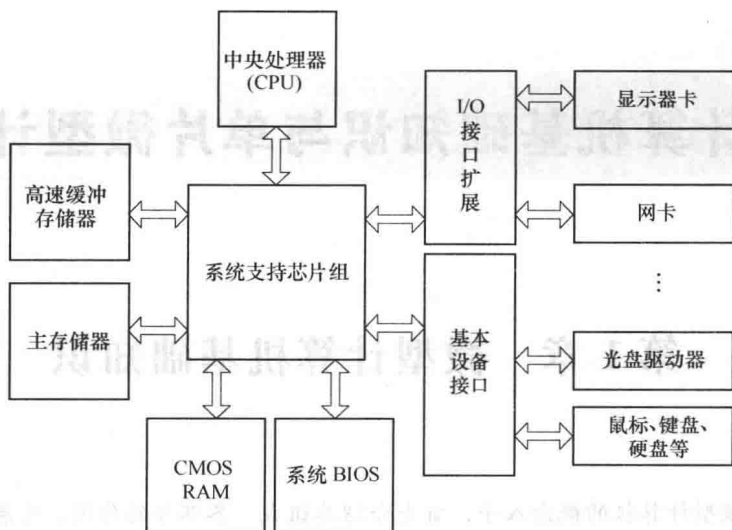


图 1-1 微型计算机的硬件组成

1. 中央处理单元

中央处理单元 (Central Processing Unit, CPU)，是一种大规模或超大规模集成电路器件，是整个微型计算机系统的核心。其内部包括运算器 (Operator)、控制器 (Controller)、寄存器组 (Register Group) 和总线接口，具有运算和控制功能。

运算器能够实现算术运算 (如加、减、乘、除等)、逻辑运算 (如与、或、非、异或等)、比较、移位 (如算术移位、逻辑移位、循环移位等)、BCD 码运算调整和位运算等。运算器由累加器、暂存器和算术/逻辑运算单元 (Arithmetic and Logical Unit, ALU)、程序

状态字 (Program Status Word, PSW) 寄存器及通用寄存器组成。

控制器协调并控制计算机的各个部件，按程序中排好的指令序列执行程序。程序是实现既定任务的指令序列，计算机执行程序的过程就是不断取指令、分析指令和执行指令这样一个不断重复的过程。CPU 把每条指令分解成若干微操作，顺序地完成相应的微操作就是执行了该指令。因此，CPU 必须具备指令部件、时序部件和微操作控制部件。

寄存器组可以存放数据或者地址，CPU 可以处理其中存放的数据和地址，这样可以减少 CPU 访问存储器的次数，节省访问时间，提高运算速度。

2. 存储器

存储器 (Memory) 是计算机中用来存放指令、数据、运算结果和各种需要保存信息的器件或设备。存储器通常包括三类：用于存放当前正在执行的程序和数据的主存储器 (内存存储器)；为解决 CPU 与主存储器间的数据传输率差异而设计，以提高系统处理效率的高速缓冲存储器 (Cache)；为增大微型计算机系统信息存储容量而设置的磁盘存储器和光盘存储器 (外存储器，简称外存)。存储器中所能存储的二进制信息 (bit) 的总量称为该存储器的存储容量，通常以字节

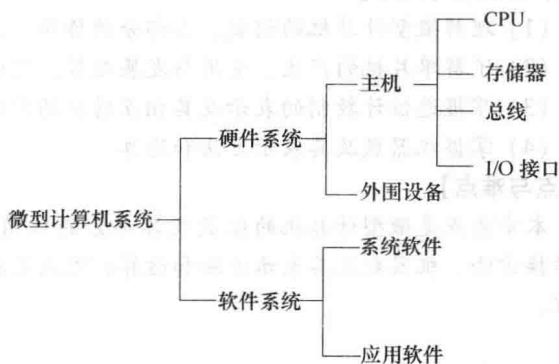


图 1-2 微型计算机系统的组成

表示。存储容量用“存储单元个数 $\times$ 每存储单元的位数”来计算,是微型计算机系统主要性能指标之一。表示存储器容量的单位有KB、MB、GB和TB。1KB表示1024字节。字节(Byte)是指相邻的8个二进制位;1MB=1024KB,1GB=1024MB,1TB=1024GB。

3. 总线

微型计算机系统采用总线结构。总线(Bus)是微型计算机系统中各部件之间传递信息的信号线的集合。按总线传递信息的类型,总线可分为地址总线(Address Bus, AB)、数据总线(Data Bus, DB)和控制总线(Control Bus, CB)。

地址总线传送由CPU发出的用于选择要访问部件的地址,是单向三态的。地址总线的位数决定了CPU可直接访问的内存空间大小和I/O端口的多少。在微型计算机系统中存储器单元 and 所有的I/O端口都有唯一的地址。这样,CPU就可以通过地址总线访问它们,完成相应的操作。

数据总线用来传送微型计算机系统内各种类型的数据信息,如数据、指令码等,数据既可以从外部流向CPU,也可以从CPU流向外部。因此,数据总线是双向三态传输线。一个 n 位的CPU,通常有 n 根数据总线,也就是计算机内部一次可以处理 n 位二进制数,即字长为 n 位。有时,为了减少引线数目,采用数据总线和地址总线分时复用技术。

控制总线用于传送保证微型计算机同步和协调的控制信号和状态信号。不同型号的CPU其控制总线的数量、方向和用途各异。最基本的包括:①读选通线,当CPU需要输入数据时,通过它向被选的存储单元或I/O设备发出读命令,以进行读出操作;②写选通线,当CPU需要输出数据时,通过它向被选的存储单元或I/O设备发出写命令,以进行写操作;③中断请求线,当外界要求CPU暂停当前的工作,转去为其服务时,通过中断请求线向CPU发出请求信号;④中断应答线,当满足中断响应条件时,CPU通过此线通知发出中断请求的外设,CPU开始为它服务;⑤同步信号线,传送同步信号,以协调微型计算机内各个部件的工作。

在微型计算机系统中按照由CPU到外设的顺序,总线又可以分为三个层次:第一层次为微处理器级总线,也称为CPU总线;第二层次为系统级总线,用于与控制芯片组、存储器、输入输出接口相连接。也称为I/O通道总线;第三层次为外设总线,是指主机与外部设备接口的总线。

4. I/O 接口

CPU按其固有的时钟和操作特点进行工作,而各种I/O设备也按各自的规定进行操作,因此两者之间的信息交换需要一个桥梁,这个桥梁就是I/O接口电路,简称I/O接口。I/O接口可实现信息的有效转换(信息的交换速度匹配、信息格式转换、信息类型转换及电平匹配等)、选择所需设备(一台主机可连接多个I/O设备)、对所选的设备发布命令(启动、停止、读和写命令)及将I/O设备的状态(“忙/闲”、缓冲器的“满/空”等)发给CPU等。为了区分状态信息、控制信息和数据,就必须有不同的寄存器和控制逻辑。把接口电路中用于存储信息的寄存器及其控制逻辑称为I/O端口(I/O Port)。每一个端口都有自己的地址,称为端口地址。CPU是按照端口地址进行操作的。外设扩展能力也是微机系统主要性能指标之一。

5. I/O 设备

I/O设备的作用是负责从外部输入程序和数据,并将运算结果以人们可以识别的形式输出,如键盘、条码识别器、打印机、显示器等。

6. 微型计算机的基本工作原理与工作过程

微型计算机的基本工作原理:用户把解决问题的过程用计算机语言描述为由许多条指令按一定顺序组成的程序,然后通过输入设备把程序和所需要的数据输入到计算机的存储器中保存起来。

指令通常是按照其执行的先后(转移指令除外),顺序存入到连续的存储器单元中(即存储程序)。因此,当计算机启动时,若要执行该程序只要将它的起始地址送入程序计数器,CPU就会找

到该存储单元并从中取出要执行的指令送到指令寄存器(Instruction Register, IR)中。

通过指令译码器(Instruction Decoder, ID)对指令译码、分析和解释,产生各种控制命令,由微操作控制电路发出相应的微操作序列,从而完成该指令的操作。例如,该指令为非转移指令时程序计数器(PC)自动加1,指向下一条指令;若该指令为转移指令,则将IR中的地址码送入PC,准备转移。

不断重复该过程,直到最后一条指令执行结束为止。这就是微型计算机的基本工作原理,也就是冯·诺依曼(John Von Neumann)提出的存储程序工作原理。程序执行过程如图1-3所示。

微型计算机的基本工作过程就是执行程序的过程。程序的执行过程又可以细分为取指令、分析指令、执行指令和为取下一条指令做准备的循环操作过程。要明确的是取指令、分析指令和执行指令这三段操作在微机中并非都是串行执行的,可将其分配给两个或两个以上的独立部件并行完成,形成流水线结构,从而加快程序的执行。

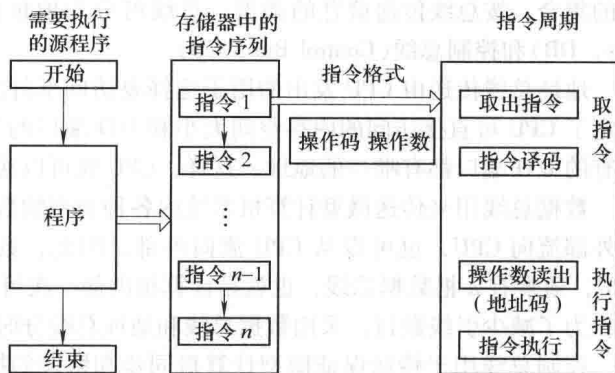


图 1-3 程序执行过程示意图

以完成6+9的运算为例,说明程序执行过程。这里使用能够直接对计算机系统硬件进行操作的汇编语言编写。表1-1给出了完成运算的指令格式、对应的机器码及其操作含义。

表1-1中第1列是所用指令的名称,编写程序时书写指令名称是不方便的,因此,人们给每条指令规定了一个英文缩写词,称为助记符,如第2列所示。但是计算机能够直接识别和执行的是0、1代码,所以助记符还必须翻译为对应的二进制代码形式,如第3列所示。第4列是指令长度,标明本指令有几个字节。最后一列说明执行了本条指令所完成的具体操作。

表 1-1 指令和机器码

指令名称	助记符	机器码	指令长度	操作
数据传送	MOV A, #06H	01111000B; 00000110B	2	把立即数6送累加器
加法	ADD A, #09H	00100100B; 00001001B	2	累加器A中的内容6与立即数9相加,结果15保存在A中
停机	SJMP \$	10000000B; 11111110H	2	停机

将该程序的机器码送入计算机的指定单元开始的存储器中,本例中从0100H单元开始,如图1-4所示。因此在运行本程序之前程序计数器PC的值应为0100H。启动程序运行后,步骤如下:

- 1) 将PC的内容0100H送地址寄存器AR。
- 2) 之后PC值自动加1,为取下一字节机器码做准备。
- 3) 地址寄存器AR的内容经地址总线送至存储器,经地址译码器译码,选中内存储器0100H单元。
- 4) CPU的控制器发出读命令。
- 5) 在读信号有效的情况下,把0100H单元的内容74H读出,经过数据总线送至数据寄存器DR。



7)指令译码器 ID 译码, 由操作控制器发出相应于操作码的控制信号。

8) 将 PC 的内容 0101H 送地址寄存器 AR。

9) 之后 PC 值自动加 1, 变为 0102H, 为取下一字节机器码做准备。

11) CPU 的控制器发出读命令。

13) 因 CPU 已经知道这时读出的是操作数, 且指令要求把它送入累加器 A, 所以数据寄存器内容就通过内部数据总线送到累加器 A。

至此，第1条指令执行完毕。其余几条指令的执行过程类似，都是先读取、分析操作码，再

根据操作码的性质确定是否要读操作数及读取操作数的字节数,最后执行操作码规定的操作。只是各条指令的 PC 内容不同,类型、性质不同,执行的具体步骤也不完全相同。

【注意】 字是计算机内部进行数据传送和处理的基本单位,一个字包含的二进制位数称为字长。字长是计算机性能的一个重要指标。通常它与计算机内部的寄存器、运算装置、总线宽度相一致。常见的微型计算机的字长有 8 位、16 位、32 位和 64 位。通常微型计算机中,把字定义为 2 字节,双字(Double Word)定义为 4 字节,四字(Quad Word)定义为 8 字节。

有关微型计算机的进一步发展情况请阅读本章的延伸与拓展。

1.1.2 单片微型计算机的发展及其应用

1. 单片微型计算机介绍

在一块半导体芯片上集成 CPU、一定容量的存储器(ROM 和 RAM)、输入/输出(I/O)接口、定时器/计数器和中断系统等微型计算机的基本部件,所构成的一个完整的微型计算机,就称为单片微型计算机(Single Chip Microcomputer, SCM),简称单片机。由于它的结构和功能均是按照工业控制要求设计的,主要用于嵌入式应用,即通常嵌入到各种智能化产品中,所以单片机也称为嵌入式微控制器(Embedded MicroController, EMCU),国际上通常称为微控制器(Micro Controller Unit, MCU)。

2. 单片机的发展过程

单片机作为微型计算机的一个重要分支,应用面广、发展十分迅速,现已发展为 60 多个系列、600 多个机种。如果以 8 位单片机的推出作为起点,那么单片机的发展历史大致可划分为以下几个阶段。

第一阶段(1947—1978 年):单片机的初级形成阶段,以 Intel 公司 1976 年推出的 MCS-48 系列单片机为代表。在单个芯片上集成了 8 位 CPU、1KB 程序存储器、64B 数据存储器、27 根 I/O 端口线、1 个 8 位定时器/计数器、2 级中断系统等部件。其特点是存储器容量小,寻址范围小,无串行接口,指令系统功能较弱。

第二阶段(1978—1983 年):单片机性能提高阶段,以 Intel 公司于 1980 年推出的 MCS-51 系列单片机为代表。在单个芯片上完成了 8 位 CPU、4KB 程序存储器、128B 数据存储器、4 个 8 位 I/O 并行口、1 个全双工串行接口、2 个 16 位定时器/计数器、2 级中断系统(5 个中断源)等部件的集成。其特点是寻址范围为 64KB,结构体系不断完善,性能大大提高,具有控制功能较强的布尔处理器,面向控制的特点进一步突出。

第三阶段(1983 年至今):微控制器阶段,以 Intel 公司 1983 年推出的 MCS-96 系列单片机为代表。在单个芯片上集成了 16 位 CPU、8KB 程序存储器、232B 数据存储器、5 个 8 位 I/O 并行口、1 个全双工串行接口、2 个 16 位定时器/计数器、1 个 16 位监视定时器、2 级中断系统(8 个中断源)等部件。其特点是寻址范围 64KB,结构体系面向复杂测控系统,增加了 8 路 10 位 A-D 转换器、1 路脉冲宽度调制(PWM)输出、高速 I/O 部件等。

3. 51 系列单片机

80C51 是 MCS-51 系列单片机中采用互补高性能金属氧化物半导体结构(CHMOS)工艺的一个典型品种,MCS-51 系列单片机结构和功能按照工业控制要求设计,应用非常广泛。许多著名厂商,如 Atmel、PHILIPS 等公司申请了版权,以 80C51 为基核生产了与 80C51 兼容的单片机系列,如 AT89C51/AT89S51、AT89C52/AT89S52 等。这些产品也称为 80C51 系列。这些与 80C51 内核相同的单片机及 MCS-51 系列单片机统称为 51 系列单片机。51 系列单片机是目前应用最广泛的 8 位高档单片机,其性能见表 1-2。

表 1-2 51 系列单片机的性能

分类		芯片 型号	存储器类型及其容量		片内其他功能单元数量				
			程序存 储器 (ROM)	数据存 储器 (RAM)	定时器/计数器 (个数× 位数)	中断源 /个	并行口 /个	串行口 /个	看门狗 (WDT) /个
基 本 型	无 “C”	8031	—	128B	2×16	5	4	1	—
		8051	4KB 掩膜 ROM	128B	2×16	5	4	1	—
		8751	4KB EPROM	128B	2×16	5	4	1	—
	带 “C/S”	80C31	—	128B	2×16	5	4	1	—
		80C51	4KB 掩膜 ROM	128B	2×16	5	4	1	—
		87C51	4KB EPROM	128B	2×16	5	4	1	—
		89C51 *	4KB Flash ROM	128B	2×16	5	4	1	—
		89S51	4KB ISP	128B	2×16	5	4	1	1
增 强 型	无 “C”	8032	—	256B	3×16	6	4	1	—
		8052	8KB 掩膜	256B	3×16	6	4	1	—
		8752	8KB EPROM	256B	3×16	6	4	1	—
	带 “C/S”	80C32	—	256B	3×16	6	4	1	—
		80C52	8KB 掩膜 ROM	256B	3×16	6	4	1	—
		87C52	8KB EPROM	256B	3×16	6	4	1	—
		89C52 *	8KB Flash ROM	256B	3×16	6	4	1	—
		89S52	8KB ISP	256B	3×16	6	4	1	1

注：表中带“*”符号的被 Atmel 公司的 AT89S51 和 AT89S52 所代替，新产品具有在系统编程功能（ISP）；AT89C51（89C51）已经停产；“—”表示无。

在功能上，51 系列单片机分基本型和增强型两大类，以芯片型号的末位数字 1 和 2 来区分。末位数字 1 表示基本型，如 8031/8051/8751、80C31/80C51/87C51、AT89C51/AT89S51。末位数字 2 代表增强型，如 8032/8052/8752、80C32/80C52/87C52、AT89C52/AT89S52。从表 1-2 中可以看出增强型的功能具体如下：

- 片内 ROM 从 4KB 增加到 8KB。