

高等学校计算机教育规划教材

单片机 原理及接口

陈忠平 曹巧媛 编著
曹琳琳 刘 琼 申晓龙 主审
李刚民

<http://www.tup.com.cn>

清华大学出版社



TP368.1

325

2007

高等学校计算机教育规划教材

单片机 原理及接口

陈忠平 曹巧媛 曹琳琳 刘 琼 申晓龙 编著
李刚民 主审

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以常用的 P89C5x 系列单片机为核心, 通过大量的实例, 系统地介绍了单片机的工作原理及接口技术。全书分 10 章, 主要包括单片机概述、内部结构、指令系统与寻址方式、汇编语言程序设计、定时器/计数器、中断系统、串行通信、外部系统扩展、输入输出及接口技术、单片机系统开发和应用实例。

本书在参考国内外大量资料的基础上, 并结合编者多年的教学和科研实践编写而成。在编写过程中, 既做到内容全面、叙述清楚, 又注重最新的单片机应用技术, 并且在第 8 章和第 9 章中介绍当前流行的 SPI、IIC、1-Wire 等串行总线的工作原理、接口技术及其应用。

本书理论体系完整, 内容翔实, 语言通俗易懂, 实例实用性和针对性强, 既适合作为高等院校信息工程、计算机应用、自动化、电气工程和机电等专业的教材, 又可供有关技术培训及工程技术人员自学参考之用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及接口 / 陈忠平等编著. —北京: 清华大学出版社, 2007.3

(高等学校计算机教育规划教材)

ISBN 978-7-302-14077-1

I. 单… II. 陈… III. ①单片微型计算机-理论-高等学校-教材 ②单片微型计算机-接口-高等学校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 127596 号

责任编辑: 汪汉友

责任校对: 李建庄

责任印制: 何 芊

出版发行: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机: 010-62770175

投稿咨询: 010-62772015

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编: 100084

邮购热线: 010-62786544

客户服务: 010-62776969

印 刷 者: 北京国马印刷厂

装 订 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印张: 19.5 字数: 471 千字

版 次: 2007 年 3 月第 1 版 印次: 2007 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 26.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题, 请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: 010-62770177 转 3103 产品编号: 021292-01

编 委 会

名誉主任：陈火旺

主 任：何炎祥

副 主 任：王志英 杨宗凯 卢正鼎

委 员：（按姓氏笔画为序）

王更生 王忠勇 刘先省 刘腾红 孙俊逸

芦康俊 李仁发 李桂兰 杨健霭 陈志刚

陆际光 张焕国 张彦铎 罗 可 金 海

钟 珞 贲可荣 胡金柱 徐 苏 康立山

薛锦云

丛书策划：张瑞庆 汪汉友

本书主审：李刚民

序 言

PREFACE

随着信息社会的到来,我国的高等学校计算机教育迎来了大发展时期。在计算机教育不断普及和高等教育逐步走向大众化的同时,高校在校生的入数也随之增加,就业压力随之加大。灵活应用所学的计算机知识解决各自领域的实际问题已经成为当代大学生必须具备的能力。为此,许多高等学校面向不同专业的学生开设了相关的计算机课程。

时代的进步与社会的发展对高等学校计算机教育的质量提出了更高、更新的要求。抓好计算机专业课程以及计算机公共基础课程的教学,是提高计算机教育质量的关键。现在,很多高等学校除计算机系(学院)外,其他系(学院)也纷纷开设了计算机相关课程,在校大学生也必须学习计算机基础课程。为了适应社会的需求,满足计算机教育的发展需要,培养基础宽厚、能力卓越的计算机专业人才和掌握计算机基础知识、基本技能的相关专业的复合型人才迫在眉睫。为此,在进行了大量调查研究的基础上,通过借鉴国内外最新的计算机科学与技术学科和计算机基础课程体系的研究成果,规划了这套适合计算机专业及相关专业人才培养需要的、适用于高等学校学生学习的《高等学校计算机教育规划教材》。

“教育以人为本”,计算机教育也是如此,“以人为本”的指导思想则是将“人”视为教学的主体,强调的是“教育”和“引导”,而不是“灌输”。本着这一初衷,《高等学校计算机教育规划教材》注重体系的完整性、内容的科学性和编写理念的先进性,努力反映计算机科学技术的新技术、新成果、新应用、新趋势;针对不同学生的特点,因材施教、循序渐进、突出重点、分散难点;在写作方法上注重叙述的逻辑性、系统性、适用性、可读性,力求通俗易懂、深入浅出、易于理解、便于学习。

本系列教材突出计算机科学与技术学科的特点,强调理论与实践紧密结合,注重能力和综合素质的培养,并结合实例讲解原理和方法,引导学生学会理论方法的实际运用。

本系列教材在规划时注重教材的立体配套,教学资源丰富。除主教材外,还配有电子课件、习题集与习题解答、实验上机指导等辅助教学资源。有些课程将开设教学网站,提供网上信息交互、文件下载,以方便师生的教与学。

《高等学校计算机教育规划教材》覆盖计算机公共基础课程、计算机应用技术课程和计算机专业课程。既有在多年教学经验和教学改革基础上新编

著的教材，也有部分已经出版教材的更新和修订版本。这套教材由国内三十余所知名高校从事计算机教学和科研工作的一线教师、专家教授编写，并由相关领域的知名专家学者审读全部书稿，多数教材已经经受了教学实践的检验，适用于本科教学，部分教材可用于研究生学习。

我们相信通过高水平、高质量的编写和出版，这套教材不仅能够得到大家的认可和支持，也一定能打造成一套既有时代特色，又特别易教易学的高质量的系列教材，为我国计算机教材建设及计算机教学水平的提高，为计算机教育事业的发展和高素质人才的培养作出我们的贡献。

《高等学校计算机教育规划教材》编委会

2005年7月

前言

FOREWORD

随着科技的发展,微型计算机特别是单片机的发展十分迅速,其档次不断提高,功能越来越强。由于单片机集成度高、体积小、控制功能强、可靠性高、性价比高等优点,使其广泛应用于工业测控、智能仪器仪表、民用电子产品等领域中。

单片机的广泛应用,使其科技地位日益提高。广大师生及科技工作者不断掀起了学习、开发、应用单片机的热潮。

目前,单片机系列繁多,上百种机型,有8位、16位、32位的单片机,但是8位单片机仍是主流产品。本书以当前流行的P89C5x系列单片机为主线,将传统技术与最新前沿技术结合起来,系统介绍了单片机工作原理、接口技术及其应用。

全书共分10章,第1章为单片机概述及P89C5x系列简介;第2章为P89C5x单片机内部结构,详细介绍了它的内部结构、工作原理、时序及flash编程与加密;第3章介绍了单片机汇编指令及7种寻址方式;第4章通过实例介绍单片机汇编语言程序设计;第5章、第6章、第7章分别介绍单片机的计时器/计数器、中断系统及串行通信等技术;第8章主要介绍了SPI、IIC、SMBus、1-Wire 串行总线的工作原理及扩展方法;第9章以串行扩展方式为主,介绍了LED、LCD、D/A、A/D、实时时钟、语音接口、温度测量等串行输入输出接口的原理及应用方法;第10章列举了几个单片机实用开发实例。前9章均配有大量的习题,以帮助读者复习巩固及提高所学知识。

本书可作为应用型本科、高职高专等高等院校的电子工程、计算机应用、通信工程、自动控制及相关专业的教材,也可供从事单片机开发与应用工程的技术人员参考。

参加本书编写的有陈忠平、曹巧媛、曹琳琳、刘琼、申晓龙等。全书由李刚民教授主审,赵万毅教授、王景芳教授审校。在本书的编写过程中还得到了湖南三一重工王汉其、侯玉宝、刘同法、胡彦伦等众位高工、老师的大力支持及帮助,在此向他们表示衷心的感谢。同时对在编写过程中参

考的多部单片机原理及相关著作的作者表示深深的谢意!

由于编写时间仓促、编者水平有限,书中难免有错误及不妥之处,恳请读者批评指正。若有好的建议请与我们联系, E-mail:czpmcu@126.com 或 caozoop@yahoo.com.cn。

编者

2007年1月于长沙岳麓山

目 录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 单片微型计算机	1
1.2.1 单片机的发展简史及最新发展状况	2
1.2.2 单片机的特点、分类及应用	5
1.3 P89 系列单片机简介	7
1.3.1 P89C5x 系列单片机性能	7
1.3.2 P89C5x 系列单片机外形封装	8
1.3.3 P89C5x 单片机应用系统结构	9
1.4 单片机的学习方法及系统开发启示	9
1.4.1 学习单片机应具备的知识与能力	10
1.4.2 单片机学习的方法引导	10
1.4.3 单片机的学习要点	10
1.4.4 单片机系统的开发步骤	11
小结	12
习题	12
第 2 章 P89C5x 单片机内部结构	13
2.1 P89C5x 单片机的组成	13
2.1.1 单片机的引脚及功能	13
2.1.2 P89C5x 单片机内部结构	15
2.2 P89C5x 单片机存储器结构	19
2.2.1 程序存储器	20
2.2.2 数据存储器	21
2.2.3 特殊功能寄存器	22
2.3 P89C5x 单片机 I/O 端口	25
2.3.1 P0 端口结构及其操作	25
2.3.2 P1 端口结构及其操作	26
2.3.3 P2 端口结构及其操作	27
2.3.4 P3 端口结构及其操作	28
2.3.5 I/O 端口的应用特性	29

2.4	单片机工作方式及时序	30
2.4.1	复位方式	30
2.4.2	程序执行方式	32
2.4.3	低功耗方式	32
2.4.4	在线仿真	35
2.4.5	振荡器与时钟电路	35
2.4.6	可编程时钟输出	36
2.4.7	机器周期和指令周期	36
2.5	单片机 flash 存储器的编程及加密方法	37
2.5.1	flash 存储器的编程	37
2.5.2	单片机的加密方法	37
	小结	38
	习题	38
第 3 章	单片机指令系统与寻址方式	40
3.1	概述	40
3.2	寻址方式	41
3.2.1	立即寻址方式	42
3.2.2	直接寻址方式	42
3.2.3	寄存器寻址方式	42
3.2.4	寄存器间接寻址方式	42
3.2.5	基址加变址间接寻址方式	43
3.2.6	相对寻址	44
3.2.7	位寻址方式	44
3.3	指令系统	44
3.3.1	指令分类	44
3.3.2	数据传送类	45
3.3.3	算术运算类指令	51
3.3.4	逻辑运算类	57
3.3.5	控制转移类	60
3.3.6	位操作类传送指令	65
3.4	伪指令	67
	小结	69
	习题	69
第 4 章	汇编语言程序设计	72
4.1	概述	72
4.2	顺序程序设计	73
4.3	分支程序设计	74
4.4	循环程序设计	77
4.5	子程序设计和参数传递	80

4.6	查表类程序设计	82
4.7	软件延时程序设计	83
4.8	输入输出类程序设计	84
	小结	88
	习题	88
第 5 章	P89C5x 的计时器/计数器	89
5.1	计时器/计数器的内部结构及工作原理	89
5.1.1	计时器/计数器的内部结构	89
5.1.2	计时器/计数器的工作原理	89
5.1.3	计时器/计数器的控制寄存器	90
5.2	T0 和 T1 的工作方式与应用	94
5.2.1	方式 0 及其应用	94
5.2.2	方式 1 及其应用	96
5.2.3	方式 2 及其应用	98
5.2.4	方式 3 及其应用	101
5.3	T2 计时器/计数器的工作方式与应用	103
5.3.1	捕获方式及其应用	103
5.3.2	自动重装方式及其应用	106
5.3.3	波特率发生器方式及其应用	108
5.4	计时器/计数器的综合应用	110
	小结	112
	习题	112
第 6 章	中断系统	113
6.1	中断技术概述	113
6.1.1	中断技术的优点	114
6.1.2	中断处理流程	114
6.2	中断系统	117
6.2.1	中断系统的结构	117
6.2.2	中断源及矢量地址	118
6.2.3	中断控制	119
6.3	外部中断源的扩展	122
6.3.1	利用计时器扩充外部中断源	122
6.3.2	中断和软件查询相结合扩充外部中断源	123
6.3.3	矢量中断扩充外部中断源	124
6.4	中断系统的应用	127
	小结	131
	习题	131
第 7 章	串行数据通信	132
7.1	串行数据通信基础	132

7.1.1	串行通信的分类	132
7.1.2	串行通信的数据通路形式	134
7.1.3	RS-232-C 总线标准	135
7.1.4	串行端口芯片	137
7.2	P89C5x 的串行端口及控制寄存器	138
7.2.1	串行端口的内部结构	138
7.2.2	通信过程	139
7.2.3	串行通信控制寄存器	139
7.3	串行通信工作方式及波特率	141
7.3.1	串行通信的工作方式	141
7.3.2	串行端口的通信波特率	142
7.4	串行端口工作方式的应用	144
7.4.1	方式 0 的应用	144
7.4.2	方式 1 的应用	147
7.4.3	方式 2 和方式 3 的应用	152
	小结	163
	习题	163
第 8 章	外部系统的扩展	165
8.1	并行扩展总线	165
8.1.1	并行扩展总线方法	165
8.1.2	地址译码方法	166
8.1.3	总线驱动	166
8.2	串行总线扩展	167
8.2.1	SPI 总线	167
8.2.2	MICROWIRE 总线	171
8.2.3	IIC 总线	172
8.2.4	SMBus 总线	177
8.2.5	单总线	179
8.3	并行存储器的扩展	183
8.3.1	程序存储器的扩展	183
8.3.2	数据存储器的扩展	186
8.4	串行 EEPROM 的扩展	189
8.4.1	二线制 IIC EEPROM AT24CXX 系列的扩展	189
8.4.2	三线制 SPI EEPROM AT25010/020/040 系列的扩展	195
	小结	197
	习题	197
第 9 章	输入输出及接口技术	199
9.1	键盘	199
9.1.1	键盘的工作原理	199

9.1.2	独立式键盘和矩阵式键盘	200
9.1.3	串行 I/O 端口扩充键盘	200
9.2	LED 显示器	203
9.2.1	LED 显示器的结构及分类	203
9.2.2	LED 显示器的显示方式	204
9.2.3	MAX7219 串行输入输出共阴极显示驱动器	205
9.2.4	LED 点阵显示器	210
9.3	LCD 显示器	211
9.3.1	LCD 液晶显示器的基本知识	211
9.3.2	字段式 LCD 显示器	214
9.3.3	点阵字符式 LCD 显示器	215
9.4	数模转换器接口及应用	218
9.4.1	数模转换器的原理及分类	218
9.4.2	10 位串行 D/A 转换器 TLC5615	219
9.4.3	TLC5615 的应用	221
9.5	模数转换器接口及应用	222
9.5.1	模数转换器的分类	222
9.5.2	11 路 12 位串行 A/D 转换器 TLC2543	223
9.5.3	TLC2543 与单片机的连接及应用	225
9.6	PCF8563 实时时钟日历	227
9.6.1	PCF8563 外部封装及引脚功能	227
9.6.2	PCF8563 芯片内部结构	228
9.6.3	16 个 8 位寄存器的功能及其控制	229
9.6.4	PCF8563 与单片机的连接	231
9.7	语音接口	234
9.7.1	ISD4004 的外部封装及引脚功能	235
9.7.2	ISD4004 的内部结构	236
9.7.3	ISD4004 串行 SPI 传输接口	236
9.7.4	操作指令及工作过程	237
9.7.5	ISD4004 的应用	237
9.8	温度测量	242
9.8.1	DS18B20 封装形式及引脚功能	242
9.8.2	DS18B20 内部结构	242
9.8.3	DS18B20 测温原理	244
9.8.4	DS18B20 的 ROM 命令	245
9.8.5	DS18B20 与单片机的连接及其应用	246
	小结	249
	习题	249

第 10 章 单片机系统开发和应用实例	250
10.1 μ Vision2 使用简介	250
10.1.1 启动 μ Vision2	250
10.1.2 创建应用	250
10.1.3 调试程序	254
10.2 单片机演奏音乐的设计	254
10.2.1 单片机产生音调的基础知识	255
10.2.2 音乐软件的设计	257
10.2.3 歌曲的设计	258
10.3 交通信号灯模拟控制	261
10.3.1 交通信号灯模拟控制原理	261
10.3.2 单片机模拟控制交通灯程序设计	262
10.4 步进电动机控制	265
10.4.1 步进电动机的工作原理及分配形式	265
10.4.2 步进电动机的单片机控制	266
10.4.3 键盘控制步进电动机正反转及转数的设计	267
10.5 红外线遥控彩灯的设计	271
10.5.1 红外线遥控原理	271
10.5.2 红外线遥控彩灯硬件电路设计	273
10.5.3 红外线遥控彩灯软件设计	274
附录 A 单片机指令表	281
附录 B ASCII 码表	286
附录 C Philips 单片机选型指南	288
附录 D 常用集成电路引脚图	290
参考文献	295

1.1 概述

当今是信息化时代。随着技术的不断发展,计算机在工业、农业、科研、国防和日常生活等方面都做出了卓越的贡献,而且人们对它的依赖程度也越来越高,因此计算机的应用和发展水平体现了国家的综合实力。

从1946年美国宾夕法尼亚大学研制了世界上第一台数字电子计算机ENIAC (electronic numerical integrator and computer) 以来,计算机的发展经历了4个时代。经过短短几十年,已发展为大规模、超大规模集成电路的计算机,运算速度可达每秒万亿次以上。近年来,计算机朝着巨型化、智能化、网络化和微型化的方向不断发展。

微型化的发展也就是微型计算机的发展。在微型计算机中,单片微型计算机(简称单片机)是其重要的成员。单片机的发展也非常迅速,它依靠一定的硬件基础,根据特定环境,能完成一定的需求。因其结构比较简单、工作任务针对性较强,使得在国民经济各个领域中都有它的踪迹。因此,人们揭开它神秘的面纱,掌握和更好的利用它是必要的,学习单片机技术也是适应时代的发展、满足社会的需要。

1.2 单片微型计算机

单片微型计算机(single chip microcomputer, SCM)简称单片机,它在一块芯片上集成了中央处理器(central processing unit, CPU)、数据存储器(random access memory, RAM)、程序存储器(read only memory, ROM)、计时器/计数器和多种输入输出(I/O)端口、振荡器和时钟电路等功能部件,片内各功能部件通过内部总线相互连接起来,如图1-1所示。

由于单片机的结构与指令功能都是按照工业控制要求设计的,因此称为单片微控制器(single chip microcontroller)。目前国外大多数厂商、学者普遍将其称为微控制器(micro controller),又称为MCU(micro controller unit)

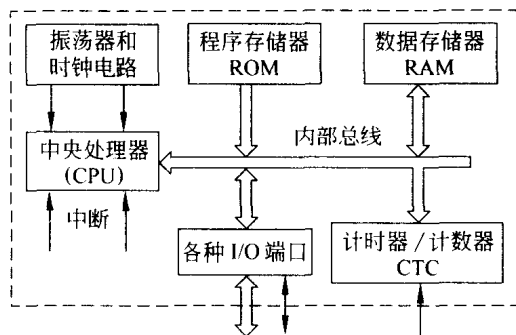


图 1-1 单片机结构框图

以与 MPU (micro processor unit) 相对应。国内习惯性将其称为单片机, 但其含义为 micro controller, 而非 micro computer。

单片机的重要应用领域为智能化产品, 这些设备一般需要将单片机及其技术嵌入到其内部, 所以目前也有人根据这种特点将单片机称为嵌入式微处理器 (embedded micro processor) 或嵌入式微控制器 (embedded microcontroller)。

1.2.1 单片机的发展简史及最新发展状况

计算机最初是为了满足大量的数值计算而诞生的。长期以来, 都是朝着不断提高运算速度、加大存储容量而发展。自从 1974 年美国仙童 (Fairchild) 公司运用计算机技术生产了世界上第一块单片机 (F8) 以来, 在短短的几十年中, 单片机作为微型计算机中的一个重要分支, 其应用面极广, 发展速度也很惊人。

单片机的发展主要经历了 4 个阶段。

第一阶段 (1974—1976 年), 单片机初级阶段。此阶段的单片机结构比较简单, 控制功能比较单一。例如仙童公司的 F8 系列单片机, 只包含了 8 位的中央处理器 (CPU)、64B (512b) 的 RAM 和两个并行端口, 还需外接具有 ROM、计时器/计数器、并行端口的芯片。

第二阶段 (1976—1978 年), 低性能阶段。以 Intel 公司的 MCS-48 系列为代表, 其特点是采用专门的结构设计, 内部资源不够丰富。该系列的单片机片内集成了 8 位 CPU、并行 I/O 端口、8 位计时器/计数器、RAM 和 ROM 等。无串行 I/O 端口, 中断处理系统也比较简单, 片内 RAM, ROM 容量较小, 且寻址范围小于 4KB。

MCS-48 系列单片机包括基本型 8048、8748 和 8035; 高档型包括 8050、8750 和 8040; 低档型包括 8020、8021 和 8022; 专用型包括 UPI-8041 和 8741 等。

这一代的单片机产品除了 MCS-48 系列之外, 还有 Motorola 公司的 6801 系列和 Zilog 公司的 Z8 系列。

第三阶段 (1978—1983 年), 高性能阶段。这类单片机是在低、中档单片机基础上发展起来的。以 Intel 公司的 MCS-51 系列为代表, 它完善了外部总线, 丰富了内部资源, 并确立了单片机的控制功能。采用 16 位的外部并行地址总线, 能对外部 64KB 的程序存储器和数据存储器空间进行寻址; 还有 8 位数据总线及相应的控制总线, 形成完整的并

行三总线结构。同时还提供了多机通信功能的串行 I/O 端口,具有多级中断处理,16 位的计时器/计数器,片内的 RAM 和 ROM 容量增大,寻址范围可达 64KB。有的单片机片内还带有 A/D 转换器、DMA、PSW 等功能模块。

在 MCS-51 单片机指令系统中,增加了大量的功能指令。如在基本控制功能方面设置了大量的位操作指令,使它和片内的位地址空间构成了单片机所独有的布尔逻辑操作系统,增强了单片机的位操作控制功能;还有许多条件跳转、无条件跳转指令,从而增强了指令系统的控制功能。在单片机的片内设置了特殊功能寄存器 SFR (special function register),为外围功能电路的集中管理提供了方便。

第四阶段(1983 年至今),8 位超高性能单片机的巩固发展及 16 位、32 位、64 位单片机的推出与发展阶段。这一代单片机全速发展其控制功能,并且许多电气商纷纷介入,使其在各个领域得到广泛应用。

在第四阶段,一方面为满足不同用户的需要,不断完善 8 位高档单片机,改善其结构;另一方面发展 16 位单片机及专用单片机。超 8 位单片机增加了 DMA (direct memory access,直接数据存储存取)通道、特殊串行端口等。16 位单片机的 CPU 为 16 位,片内 RAM 和 ROM 的容量进一步增大,片内 RAM 为 232B,ROM 为 8KB,片内带有高速输入输出部件,多通道 10 位 A/D 转换器,8 级中断处理功能,实时处理能力更强,并开发了片内带 flash 程序存储器 (flash memory) 等功能。

在今后相当长的时期内,主流机型仍是 8 位单片机。因为 8 位廉价型单片机会逐渐侵入 4 位机领域;另一方面 8 位增强型单片机在速度及功能上向现在的 16 位单片机挑战。故今后的机型很可能是 8 位机与 32 位机共同发展的时代。但从应用方面而言,在相当长的时间里 32 位机数量不会很多,16 位机仍有一定的使用时期。

从单片机的结构功能上看,单片机发展的趋势将会朝着不断提高容量、性能、集成度、降低价格等方面发展;在内部结构上将会由 RISC (reduced instruction set computer) 结构取代传统的 CISC (complex instruction set computer) 结构的单片机。主要体现在以下几方面。

1. CPU 的改进

(1) 采用双 CPU 结构,提高单片机的处理速度和处理能力。例如 Rockwell 公司的 R65C289 系列单片机就采用了双 CPU。

(2) 增加数据总线宽度,提高数据处理速度和能力。例如 NEC 公司的 μ PD-7800 系列内部数据总线为 16 位。

(3) 采用流水线结构,指令以队列形式出现在 CPU 中,从而提高运算速度。以适用于实时数字信号处理。例如德州仪器 (Texas Instrument, TI) 公司的 TMS320 系列。

(4) 加快单片机的主频,减少执行指令时的机器周期。例如 Philips 公司的 87C5X 系列单片机主频在 33MHz,执行一条指令时的机器周期减少为 6 个。

(5) 增加串行总线结构,减少单片机引脚,降低成本。Philips 公司的 P87LPC76、P87LPC87 系列单片机采用 IIC (inter-integrated circuit) 两线式串行总线来代替现行的 8 位并行数据总线。

2. 指令集结构的转变

CISC 结构的单片机是传统的冯·诺依曼 (von Neumann) 结构,这种结构又称为普