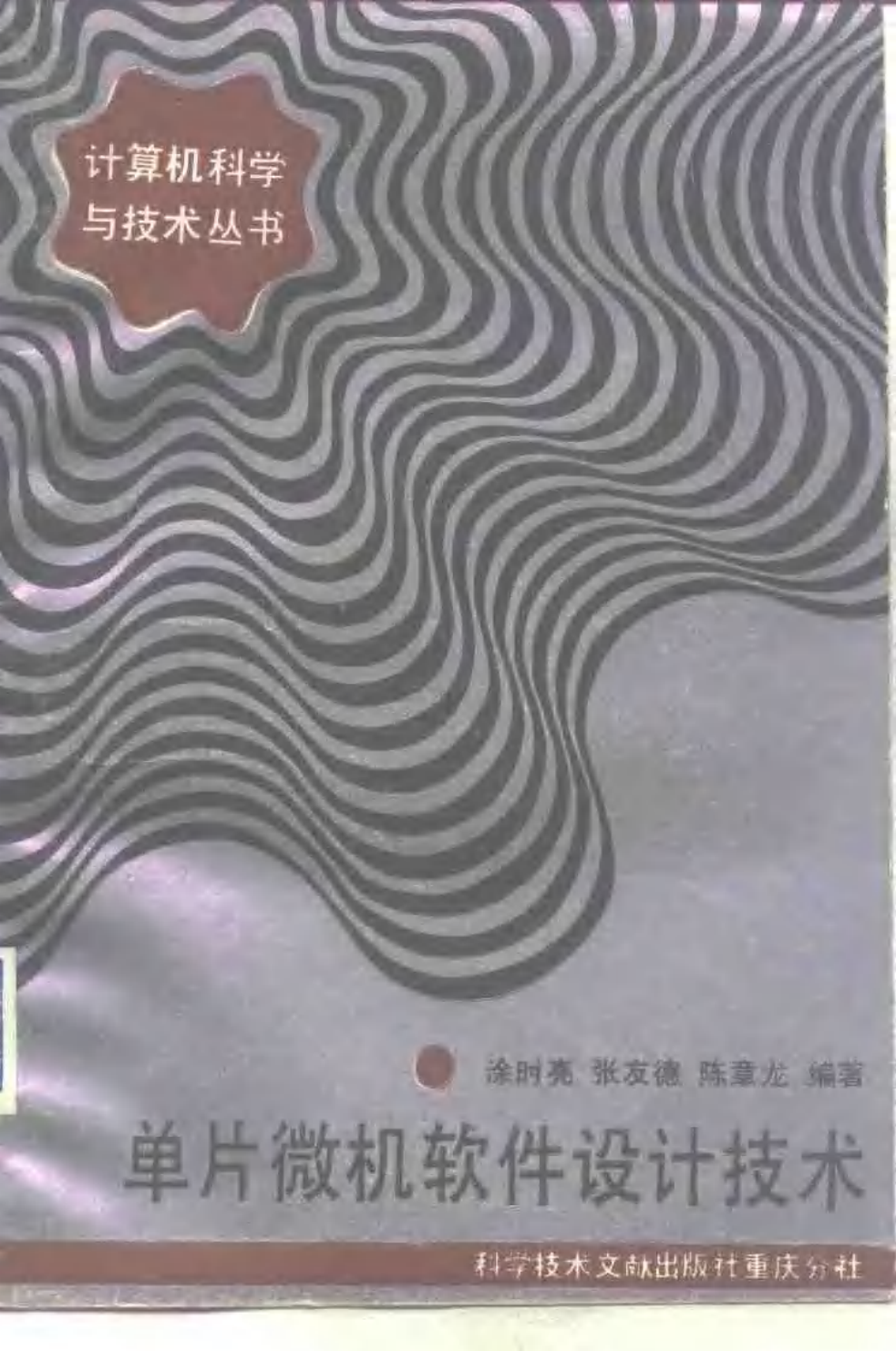




计算机科学
与技术丛书

涂时亮 张友德 陈章龙 编著

单片微机软件设计技术

科学技术文献出版社重庆分社

· 内 容 简 介

本书较全面地介绍单片微机常用的各种软件设计技术,包括程序设计、数值方法、数据结构、数字滤波、控制技术、实时操作系统等内容。按实际应用的需要取材,既有理论分析,又有实现方法和详细的框图。适宜从事计算技术及其应用的工程技术人员和高等院校师生参考。

单片微机软件设计技术

编著者 涂时亮 陈章龙 张友德

责任编辑 林云梯

科学技术文献出版社重庆分社 出版

重庆市市中区胜利路132号

新华书店重庆发行所 发行

中国科学技术情报研究所重庆分所印刷厂 印刷

开本: 787×1092毫米1/32 印张: 18.375 字数: 40万

1983年7月第1版

1988年7月第1次印刷

科技新书目: 172--295

印数: 1--17000

ISBN 7-5023-0194-1/TP·17 定 价, 4.35元

序 言

计算机科学与技术丛书是由计算机教育学会主编的，它以推广和普及计算机应用、培训计算机人才为其主要目标。

丛书以三个面向为宗旨。面向基础，为大专院校提供教材，为工程技术人员提供更新知识、扩大知识面的参考书；面向应用，为各行业从事计算机应用的工程技术人员提供实用的设计和编程范例，以资借鉴；面向提高，介绍计算机技术发展的新动向，使读者及时了解国内外最新技术。

丛书编委会认为，本丛书力求做到：理论联系实际，既有一定的基础理论知识，又有应用理论解决实际问题的方法和实例；著及与提高相结合，有一定的先进技术，又着眼于为当前应用服务，以满足各层次人员学习和运用计算机的需要。

本丛书力求做到内容新颖，重点突出，科学性强，条理清楚，叙述严谨，简单易懂，以适应自学的要求。

参加本丛书编写的作者，都是在计算机教学、科研、开发与应用第一线工作的同志。既有一定的理论基础，又有丰富的实践经验。相信本丛书会得到广大读者的欢迎。我们真诚地希望广大读者对丛书提出批评和监督，以利我们改进工作，更好地为读者服务。

计算机科学与技术丛书编委会

计算机科学与技术丛书编委会成员

名誉主任	邹海明	华中工学院
主 任	徐洁磐	南京大学
副 主 任	王攻本	北京大学
	左孝凌	上海交通大学
委 员	(以姓氏笔划为序)	
	庄心谷	西北电讯工程学院
	朱宗正	华东工学院
	李 勇	国防科技大学
	李盘林	大连工学院
	陈 禹	中国人民大学
	陈增武	浙江大学
	张太行	华中工学院
	郑人杰	清华大学
	周冠雄	华中工学院
	杨文龙	北京航空学院
	杨祥金	南京工学院
	胡铭曾	哈尔滨工业大学
	侯广坤	中山大学
	洪声贵	辽宁大学
	袁开榜	重庆大学
	徐君毅	复旦大学
	董继润	山东大学
秘 书	朱树春	南京大学

前 言

本书是作者近年来在从事单片微型计算机教学和科研工作的基础上编写的。书中较全面地介绍了单片微机常用的各种软件设计技术,包括程序设计、数值方法、数据结构、数字滤波、控制技术、实时操作系统等内容。

本书共分八章。第一章简单介绍了单片微机特别是MCS-51、MCS-48的结构和使用方法,重点介绍它们的指令系统。第二章简述了单片微机软件开发的方法和手段。第三章介绍了各种运算程序的设计方法,包括定点数、十进制数、浮点数的四则运算及各种数制转换方法,并且还首次介绍了适用于MCS-51的高速除法。数值方法是计算机计算物理、数学、工程技术等各方面实际问题的基础。为此,第四章介绍了单片微机应用系统常用的各种数值方法,包括进行数据补偿和函数计算用的代数插值方法和数值积分、数值微分及求解方程的基本方法,并且介绍了常用函数如正弦函数、指数函数、对数函数和反正切函数的计算方法和具体程序。第五章介绍了适用于单片微机的数据结构、数字滤波等的程序设计方法,并叙述了数据处理中常用的快速富里叶变换及8032的FFT计算程序。第六章为控制技术,介绍了各种PID控制算法和模糊控制的基本概念及其程序设计方法。实时多任务操作系统是较复杂的单片机实时应用系统特别是多机系统的必备软件,它可实现多个任务并行操作,使应用程序结构模块化,容易设计、调试和修改。第七章从中断系统入手,较系统地介绍了适于单片微机的实时多任务操作系统的功能、结

构和设计方法，并介绍了一个实用的MCS-51操作系统——iRMX-51的功能和使用方法。第八章以三个实际的应用系统为例，叙述了单片微机应用系统，包括智能仪器、实时控制系统和多机系统的设计方法。

本书内容均按实际应用的需要为标准来选取，每部分既有理论分析，又有实现方法和详细的框图。为了方便读者使用，书中大部分内容均以MCS-51或MCS-48的汇编语言为例，给出了具体的应用程序，包括从最简单的定点运算程序到比较复杂的函数计算程序和FFT计算程序。

本书第一章由张友德编写，第二章由陈章龙编写，第三、四、七章由涂时亮编写，第五章由涂时亮、陈章龙合写，第六章由陈章龙、张友德合写，第八章由涂时亮、张友德合写，陈章龙还参加了第一章、第七章的编写工作。复旦大学计算机系徐君毅同志为本书的出版做了大量工作。本书由中国纺织大学自动化及计算机系谢驹谟教授主审。

由于编者水平有限，书中可能存在一些缺点和错误，恳请读者批评指正。

编著者

1987年7月

目 录

第一章 单片机概述	(1)
1.1 引言	(1)
1.1.1 单片机的特点	(1)
1.1.2 单片机的现状和发展趋向	(2)
1.1.3 单片机的应用	(4)
1.2 MCS-48系列单片机	(4)
1.2.1 MCS-48 结构	(6)
1.2.2 MCS-48 指令系统	(13)
1.3 MCS-51 系列单片机	(24)
1.3.1 MCS-51 结构	(25)
1.3.2 定时器/计数器	(34)
1.3.3 串行接口	(37)
1.3.4 中断系统	(44)
1.3.5 MCS-51指令格式和寻址方式	(50)
1.3.6 MCS-51指令系统	(56)
第二章 单片机软件开发的方法	(75)
2.1 软件开发的方法	(75)
2.1.1 程序开发的步骤	(75)
2.1.2 程序设计方法	(76)
2.1.3 编程技巧	(79)
2.2 测试和调试	(81)
2.2.1 排错的手段	(81)
2.2.2 程序的测试	(82)

2.2.3 程序的调试.....	(84)
2.3 单片机开发的手段和工具	(85)
2.3.1 开发的目的.....	(85)
2.3.2 开发的手段.....	(87)
2.3.3 常用的单片机开发系统.....	(88)
第三章 运算程序设计方法	(97)
3.1 定点数运算	(97)
3.1.1 定点数的表示方法.....	(97)
3.1.2 定点数加减运算.....	(105)
3.1.3 定点数乘法运算.....	(109)
3.1.4 定点数除法运算.....	(119)
3.2 十进制数运算	(139)
3.2.1 十进制数表示方法.....	(140)
3.2.2 十进制数加减法运算.....	(143)
3.2.3 十进制数乘法运算.....	(148)
3.2.4 十进制数除法运算.....	(153)
3.3 浮点数运算	(157)
3.3.1 浮点数表示方法.....	(158)
3.3.2 浮点数加减法运算.....	(168)
3.3.3 浮点数乘除法运算.....	(180)
3.3.4 定点数与浮点数的转换.....	(186)
3.3.5 浮点数多项式计算.....	(189)
3.4 数制转换	(195)
3.4.1 定点数数制转换.....	(196)
3.4.2 浮点数数制转换.....	(208)

第四章 单片微机常用数值方法

4.1 代数插值	(223)
----------------	-------

4.1.1	插值多项式	(223)
4.1.2	插值多项式的应用	(227)
4.1.3	拉格朗日插值公式	(231)
4.1.4	分段插值	(233)
4.2	最小二乘曲线拟合和函数逼近	(234)
4.2.1	离散点的最小二乘拟合	(234)
4.2.2	连续函数的逼近	(237)
4.2.3	切比雪夫多项式	(240)
4.3	方程的根	(254)
4.3.1	对分法	(254)
4.3.2	迭代法	(255)
4.3.3	牛顿迭代法	(256)
4.3.4	开平方	(258)
4.4	数值微分与数值积分	(263)
4.4.1	数值微分	(263)
4.4.2	数值积分	(266)
4.5	常用函数计算方法	(270)
4.5.1	正弦函数计算	(271)
4.5.2	指数函数 e^x 计算	(278)
4.5.3	自然对数计算	(282)
4.5.4	反正切函数计算	(287)

第五章 数据处理程序设计方法 (292)

5.1	数据结构	(292)
5.1.1	一般查表技术	(292)
5.1.2	二分法查表	(301)
5.1.3	链表	(308)
5.1.4	堆栈	(314)
5.1.5	队列	(317)

5.2 测量数据预处理	(322)
5.2.1 标度变换	(322)
5.2.2 偏移和增益误差的自动校准	(325)
5.3 数字滤波技术	(328)
5.3.1 算术平均值法	(329)
5.3.2 滑动平均值法	(332)
5.3.3 防脉冲干扰平均值法	(335)
5.3.4 数字滤波器	(338)
5.3.5 具有快速响应的数字滤波器	(341)
5.4 快速富里叶变换	(342)
5.4.1 概述	(342)
5.4.2 FFT算法步骤	(346)
5.4.3 FFT算法在计算机中的实施	(348)
5.4.4 单片机8032的FFT设计实例	(352)

第六章 控制程序设计方法

6.1 PID 控制算法和程序设计	(364)
6.1.1 模拟PID控制器	(365)
6.1.2 数字PID控制算法和程序设计	(368)
6.1.3 PID算法的改进	(380)
6.1.4 干扰信号的抑制	(385)
6.1.5 PID 调节器参数的选择	(387)
6.1.6 采样周期的选择	(390)
6.2 模糊控制器算法和程序设计	(394)
6.2.1 模糊数学的概念	(395)
6.2.2 模糊自动控制的原理	(412)
6.2.3 实用模糊控制器	(418)

第七章 实时多任务操作系统	(437)
7.1 中断	(437)
7.1.1 中断基本概念	(437)
7.1.2 中断和并行处理	(447)
7.2 实时操作系统简介	(449)
7.2.1 操作系统概述	(449)
7.2.2 实时操作系统基本功能和结构	(450)
7.3 实时任务调度	(453)
7.3.1 任务控制块	(453)
7.3.2 任务调度的功能	(456)
7.3.3 任务调度算法	(456)
7.3.4 任务调度程序设计方法	(458)
7.3.5 任务的建立和删除	(461)
7.4 任务通讯控制	(462)
7.4.1 任务间的通讯	(462)
7.4.2 信号量	(464)
7.4.3 信件通信方法	(468)
7.5 实时时钟	(471)
7.5.1 系统日历和系统时钟	(472)
7.5.2 闹钟的实现	(474)
7.6 输入/输出和中断处理	(477)
7.6.1 串行口通讯	(477)
7.6.2 一般中断处理方法	(481)
7.7 实时多任务操作系统环境下的应用软件设计方法	(483)
7.7.1 实时操作系统与用户程序的接口	(483)
7.7.2 任务划分方法和实时操作系统的选择	(485)
7.7.3 任务程序设计方法	(487)

7.8 iRMX51实时多任务操作系统	(490)
7.8.1 iRMX51 的结构	(490)
7.8.2 任务的描述	(490)
7.8.3 任务的管理和调度	(496)
7.8.4 中断和实时时钟	(500)
7.8.5 任务通信	(501)
第八章 单片微机应用系统设计举例	(505)
8.1 智能仪器设计举例——RLC自动数字电桥	(507)
8.1.1 智能仪器设计方法	(507)
8.1.2 RLC自动数字电桥的功能和测量算法	(510)
8.1.3 RLC自动数字电桥总体结构	(513)
8.1.4 RLC自动数字电桥软件	(516)
8.2 单片机实时控制系统设计举例——皮带配料秤	(523)
8.2.1 实时控制系统的基本要求	(524)
8.2.2 皮带配料秤简介	(525)
8.2.3 皮带配料秤总体结构	(527)
8.2.4 皮带配料秤软件设计	(531)
8.3 多机系统设计举例——自动气象数据采集系统	(550)
8.3.1 多机系统设计特点	(550)
8.3.2 自动气象数据采集系统简介	(553)
8.3.3 自动气象站总体结构	(555)
8.3.4 自动气象站软件结构	(558)
附录一 MCS-48 指令系统	(564)
附录二 MCS-51 指令系统	(568)
参考书目	(574)

第一章 单片机概述

1.1 引言

单片机全称为单片微型计算机 (Single-chip Microcomputer), 在一块芯片上集成了CPU、RAM、ROM、定时/计数器和多种I/O。一块芯片就是一台计算机, 它具有体积小、功能强、价格便宜等优点, 被广泛地应用在产品智能化和工业自动化上。

1.1.1 单片机的特点

什么叫单片机?至今还没有一个确切的定义。是否只要在一块芯片上集成了CPU、RAM、ROM和I/O就可称为单片机?事实上, 我们是根据以下三个条件来定义单片机的。

1. 结构上采用Harvard结构。也就是数据存贮空间与程序存储空间相互分离开来(Harvard Aiken在1944年为IBM公司推出的Mark 1中, 提出了Harvard结构, 并在1946年, 由John Mauchly采用了Harvard结构设计出第一台电子计算机ENIAC)。而不采用目前计算机常用的Von Neumann结构, 即数据与程序合用一个存贮空间(这是由John Von Neumann提出, 并在1951年诞生了EDVAC计算机)。

采用Harvard结构主要是考虑到单片机主要用于控制器上, 一般需要较大的程序存贮器, 用来固化已调试好的控制

程序和较小的数据存贮器，以存放少量随机数据。这样小容量数据存贮器能以高速RAM形式集成在单片机内，以加快单片机执行的速度。

2. 单片机的功能是通用的。单片机虽然主要作控制器用，但是功能上还是通用的，可以象一般的微处理器那样广泛地应用在各个方面。

3. 单片机片上RAM作为数据存贮器。单片机上RAM作为数据存贮器用，而不是当作高速数据缓冲存贮器(Cache)用。

另外，根据单片机的特点，一般都采用了面向控制的指令等。

根据以上的条件，在32位微机系列中，TI公司的专用图形显示器34010和Inmos公司的RISC微型机T414，虽然在一块芯片上也集成了32位CPU、RAM和多种I/O，但是，它们并不属于单片机的范畴。目前的单片机主要还是4位、8位和16位三种。

1.1.2 单片机的现状和发展趋向

单片机的产量已占整个微机（包括一般的微处理器）产量的80%以上。据Dataquest的统计，曾占8位微处理器产量三分之一的Z80，1985年比1984年下降了35%，产量仅为 18×10^6 片，而单片机的产量不断在上升，1985年8位单片机产量为 170×10^6 片，1986年可达 210×10^6 片。

1. 4位单片机：

4位单片机以NEC公司的 μ PD75 $\times \times$ 系列和NS公司的COP400系列为主，这两种系列的产量约占4位机产量的50%，主宰了4位机的市场。4位单片机的产量虽仍很大，但在单片

机中的比重正逐年下降，主角已让给了8位单片机。

2. 8位单片机。

8位单片机的产量已占整个单片机的60%以上，预计到1990年产量可达 700×10^6 片。其中Intel公司的MCS-48和MCS-51系列产品在1986年已占8位单片机的50%以上。

在8位单片机中，我们一般把无串行I/O接口和小范围的寻址空间（小于8KB）单片机称为低档8位单片机，如Intel公司的MCS-48系列和F8（3870）等；把带有串行I/O或A/D转换接口以及可64KB寻址的单片机称为高档8位单片机，如Intel公司的MCS-51系列、Motorola公司的6801、Zilog公司的Z8和NEC公司的 μ PD78 $\times \times$ 系列等；在高档8位单片机的基础上，功能进一步加强，近来推出了超8位单片机，如Intel公司的8 $\times$ 252、CPI-452、83C152，Zilog公司的Super8，Motorola公司的MC68HC11等，它们不但进一步扩大了片上ROM或RAM的容量，同时还增加了芯片间通信、DMA传送和高速I/O的功能。

本书将以目前应用最广的Intel公司MCS-48系列（该系列单片机产量仍达 45×10^6 片）和MCS-51系列为例进行介绍，重点放在MCS-51单片机系列及其应用上。

3. 16位单片机。

Mostek公司在80年代初就宣布了16位单片机68200，但是，16位单片机的发展没有人们想象的那么快，至1987年，16位单片机的产量还不到 2×10^6 片。

Intel公司的MCS-96单片机系列是目前应用最广的16位单片机。近年来，NS公司推出了HPC16040，NEC公司推出了783 $\times \times$ 单片机。16位单片机估计在80年代末才会得到大量的应用。

单片机目前正朝着大容量片上存储器、多功能I/O和低功耗方向发展。

1.1.3 单片机的应用

国内的微机应用以往大多数采用单板机的形式，下面我们吧单片机的应用与单板机作一比较。

单板机（如TP801）最初是作为性能评价的实验性装置。由于结构简单、价格便宜、使用方便、因而易于推广。但也应看到，它仍有明显的局限性。这表现在：开发不方便，针对性不强，难于获得较佳性能价格比，体积仍较大，不便于产品化。

单片机与单板机相比，在控制应用领域中，有如下几个特点：

1. 小巧、灵活、成本低、易于产品化，它能方便地组装成各种智能式控制设备和仪器，做到机电仪一体化；
2. 面向控制，能针对性地解决从简单到复杂的各类控制任务，因而能获得最佳的性能价格比；
3. 抗干扰能力强，适应温度范围宽，在各种恶劣的环境下都可靠地工作，这是其他机种无法比拟的；
4. 可以方便地实现多机和分布式控制。使整个控制系统的效率和可靠性大为提高。

单片机的应用范围很广，详见表1-1所列。

1.2 MCS-48系列单片机

Intel公司在研制成8080多片微型计算机后，于1976年又

表 1-1

单片机的应用范围

工业方面	导航与控制方面
电机控制	导弹控制
工业机器人	鱼雷制导控制
过程控制	智能武器装置
数字控制	航天导航系统
智能传感器	
仪器仪表方面	数据处理方面
智能仪器	图形终端
医疗器械	彩色与黑/白复印机
色谱仪	温氏硬盘驱动器
示波器	磁带机
	打印机
民用方面	汽车方面
电子玩具	点火控制
高级电视游戏机	变速器控制
录像机	防滑刹车
激光唱机	排气控制
电讯方面	
调制解调器	
智能线路运行控制	

推出了真正的单片机—MCS-48系列微型计算机。MCS-48最典型的产品为8048，它在一个40引脚的大规模集成电路内包含有8位CPU，1K字节的ROM程序存储器，64个字节的RAM数据存储器，一个8位的定时器/计数器，27根输入输出线。MCS-48系列单片机，现在已发展了许多产品，诸如8049、8050、8748、8749、8035、8039等，它们的引脚和指令系统