

微型计算机及其应用丛书

微型计算机开发系统

潘 蓁 编著

WEIXINGJISUANJIWEIXINGJISUANJIWEIXINGJISUANJIWEIXINGJISUANJI

科学出版社

微型计算机及其应用丛书

微型计算机开发系统

潘 蓁 编著

科 学 出 版 社

1986

内 容 简 介

本书主要介绍微型计算机开发系统的功能、操作和发展。着重论述在线仿真、逻辑分析和实时多任务系统生成等基本原理及应用。内容包括：微型计算机软件开发、在线仿真和多在线仿真技术、高级语言程序设计与调试、实时多任务系统的操作和生成、逻辑分析技术、PROM编程以及开发系统体系结构等。书中还列举了专用型、通用型、单用户和多用户开发系统等各种典型系统的特点及应用范围。

本书可供从事微型计算机开发应用的科技人员阅读，亦可供高等院校有关专业的师生参考。

微型计算机及其应用丛书
微型计算机开发系统
潘 蓁 编著
责任编辑 孙月湘
科学出版社出版
北京朝阳门内大街137号
中国科学院印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
*
1986年4月第一版 开本：787×1092 1/16
1986年4月第一次印刷 印张：14 3/4
印数：0001—7,500 字数：333,000
统一书号：15031·718
本社书号：4174·15—8
定价：3.50元

序　言

一九七一年微处理器问世，短短十三年时间，微型计算机经历了难以预测的技术变革，获得了突飞猛进的发展。在技术性能方面，微型计算机比第一台电子管计算机提高了四至五个数量级；微型计算机的字长由四位、八位、十六位发展到三十二位，覆盖了小型计算机和超级小型计算机的全部领域。多微型机分布结构的系统已经商品化。微型计算机网络技术已日趋成熟，亦有商品问世。多微型机的阵列机或多功能的微型计算机系统已向中、大型计算机系统发起了挑战。另一方面，价廉物美的个人微型计算机日新月异，如雨后春笋般蓬勃发展。总之，微型计算机冲击了计算机科学技术的全部领域，大大扩展了计算机的应用范围，为计算机渗入个人的工作、生活、家庭以及渗入社会的各个方面创造了必要的条件。这样就有力地促进了新的产业革命，加速了信息技术的发展，推动了信息社会向纵深发展。

一九七九年全国计算机委员会确定要大力发展微型计算机，推广微型计算机的应用并且在全国组织试点。四年来，微型计算机的应用扩展了几十倍、上百倍，应用领域遍及工业、农业、科学文化、军事国防等各个方面；应用计算机的人才成百倍地增长，取得了空前丰硕的成果。当前，迎接新的世界技术革命的浪潮澎湃向前，一个突出表现就是席卷全国的“微型计算机热”。毫无疑问，这个热潮必将推动四个现代化的事业向前迅进。

顺应形势，我们编写了这套“微型计算机及其应用丛书”。本丛书贯彻理论和实际相结合的原则，在介绍基本理论的同时引入许多实例。丛书的著者都是该领域的专门家，他们吸收消化了国外的经验，分析了国外的技术和系统，结合我国的情况进行开发、创造，取得了许多可喜的成绩。因此，他们写出的东西是学了即可用得上的。

本丛书并不打算解决所有层次的问题，只想在普及推广方面提供一套基本的系统的材料，使有志于微型计算机应用的人们能有一套参考书。这套丛书不仅包括基本的微型计算机硬件系统、软件系统，还包括了微型计算机的开发技术和实际应用等内容。这些内容中许多都是著者实际工作成果的总结，因此它有一个鲜明的特点：解决实际问题，与四化建设紧密相连。

目前国内外有许多关于微型计算机的著作和资料，不过象本丛书这样全面地讲述还很少见。我们希望这套丛书能为四化建设作出贡献。

丛书书目

微型计算机硬件系统（上、下）

微型计算机操作系统（上、下）

微型计算机汇编语言的使用与分析

微型计算机BASIC语言的应用与分析

微型计算机开发系统

微型计算机的系统设计及性能评价

微型计算机在企业管理中的应用
微型计算机在数控技术中的应用
微型计算机在图象信息处理中的应用

徐正春
张菊年

前　言

本书综述微型计算机开发系统的功能、操作和发展，讨论微型计算机开发技术和开发工具的基本概念——在线仿真、逻辑分析和实时多任务系统生成等。

第一章从分析微型计算机器材、应用系统、开发过程和开发工具的特点出发，阐述微型计算机开发系统问世的背景和发展。

第二章扼要介绍软件开发的基础知识。

第三章重点讲述在线仿真器的原理和应用。在线仿真技术是开发系统中的最关键部分，目前已成为微型计算机调试和测试的一种标准技术。

程序设计和程序调试是两个相辅相成的过程，高级程序语言是高效率编程的工具。第四章着重介绍PL/M程序设计，有关 PASCAL和 BASIC 等语言的一些扩充功能和编译特点将在第八章中介绍。

第六章研讨在线仿真技术的发展。着重介绍“多在线仿真”技术，它是研制和调试多机系统的强有力手段。

第八章重点讨论开发系统的通用性和体系结构设计方面的一些问题，如分布式处理开发系统、仿真透明性、系统性能分析和在位仿真器等。

本书主要以INTEL公司的 Intellec MDS开发系统，TEKTRONIX公司的8500系列和HEWLETT PACKARD公司的HP64000逻辑系统等典型产品为实例进行阐述；对其它有代表性的开发系统，如MOTOROLA公司的 EXORmacs，ZILOG 公司的 LAB8000和PHILIPS公司的PM4421/4422等在此仅作简明介绍。

有关微型计算机开发系统的专门书籍，目前国内为数甚少，国外亦不多见。作者期望本书能起抛砖引玉的作用。

这里，我要特别感谢白英彩同志，他审阅了本书的手稿并提出许多宝贵意见。在撰写本书过程中还得到涂克仁、黄家启、陈俊强、姚尔长和忻定放诸同志的许多帮助，在此谨致谢意。

限于水平，书中错误和欠妥之处在所难免，请读者批评指正。

潘　蓁

一九八四年十月于上海

目　录

序言

前言

第一章　概论 …… 1

1.1　基本概念 …… 1

1.2　微型计算机器材 …… 3

1.3　微型计算机开发过程 …… 5

1.4　微型计算机开发工具 …… 9

1.5　开发系统结构和组成 …… 15

第二章　软件开发基础 …… 18

2.1　引言 …… 18

2.2　监控程序和调试程序 …… 19

2.3　操作系统和文件管理 …… 22

2.4　编辑程序 …… 27

2.4.1　行编辑命令 …… 27

2.4.2　CRT 编辑程序 …… 29

2.5　宏汇编程序设计 …… 30

2.6　模块化程序设计 …… 30

2.6.1　模块连接 …… 32

2.6.2　程序定位 …… 34

2.6.3　库功能 …… 35

2.6.4　覆盖执行程序连接和装入 …… 36

2.7　I/O 接口设计例解 …… 37

第三章　在线仿真技术 …… 46

3.1　概述 …… 46

3.1.1　在线仿真 …… 46

3.1.2　仿真的作用与步骤 …… 49

3.2　在线仿真器原理 …… 51

3.2.1　仿真器硬件逻辑 …… 52

3.2.2　仿真器软件设计 …… 61

3.3　仿真调试 …… 67

3.3.1　操作准备 …… 67

3.3.2　地址映象 …… 69

3.3.3　程序“向下”装入和“向上”存放 …… 72

3.3.4　仿真运行控制 …… 73

3.3.5　查询和修改 …… 77

3.3.6 其它实用命令 ……80
3.3.7 诊断出错信息和硬件故障诊断 ……82
3.3.8 仿真调试例解 ……84
第四章 PL/M 程序设计 ……89
4.1 程序元素 ……89
4.2 数据元素 ……91
4.3 数据操作和赋值语句 ……93
4.4 控制语句和程序结构 ……95
4.5 数据描述和说明语句 ……99
4.6 过程 ……103
4.7 内部过程和预先说明变量 ……107
4.8 PL/M 编译程序 ……108
4.9 PL/M 程序设计例解 ……109
第五章 实时多任务系统开发 ……114
5.1 实时多任务系统概念 ……114
5.1.1 并发性和任务 ……114
5.1.2 任务状态及调度 ……116
5.1.3 任务通讯 ……117
5.1.4 中断机构和系统核心 ……119
5.2 实时多任务系统生成软件包 ……119
5.2.1 iRMX80 的功能和组成 ……120
5.2.2 核心操作和控制机构 ……122
5.2.3 中断处理 ……130
5.2.4 系统初始化 ……132
5.2.5 系统配置、生成和调试 ……135
第六章 在线仿真技术的发展 ……144
6.1 概况 ……144
6.2 新一代在线仿真器 ……145
6.2.1 ICE85仿真器 ……145
6.2.2 高级语言程序仿真调试例解 ……157
6.2.3 复合命令和宏命令 ……161
6.3 多在线仿真 ……166
6.3.1 多在线仿真操作原理 ……166
6.3.2 多微处理机系统调试例解 ……175
第七章 PROM 编程器 ……181
7.1 PROM 编程器分类 ……181
7.2 基本概念 ……182
7.3 操作命令 ……183
7.4 例解 ……187
第八章 通用和多用户开发环境 ……189

8.1 引言 ……189
8.2 TEKTRONIX 8500系列 ……190
8.2.1 系统的体系结构 ……190
8.2.2 多用户分时操作系统 ……197
8.2.3 BASIC和 PASCAL语言 ……198
8.2.4 仿真调试工具 ……200
8.3 HP64000逻辑开发系统 ……204
8.3.1 系统结构的特点 ……204
8.3.2 软键 ……206
8.3.3 仿真透明性 ……207
8.3.4 逻辑分析技术 ……209
8.4 开发系统与仿真器结构设计的若干问题 ……212
附录A 8500系列产品参考目录 ……215
附录B HP64000开发系统产品参考目录 ……220

第一章 概 论

1.1 基本概念

微处理器是由大规模、超大规模集成电路制成的可编程序器件。它具有传统电子计算机中央处理部件（CPU）的功能，通常被高密度地集成在单片或多片硅片上。

微型计算机器件系列是以微处理器CPU为中心，配备一整套支援器件所组成的族。支援器件主要包括各种类型的存贮器、I/O接口、通讯控制接口、中断控制器、总线控制器和各种外围设备（如磁带机、磁盘机、CRT显示器和键盘）的专用控制器等。这些支援器件也是大规模、超大规模集成电路制成的数字逻辑电路功能块。它们不仅在功能上具有相当的独立性，而且还有灵活的可选择性；这种可选择性是通过器件的可编程序设计来实现的。

微型计算机通常是包括中央处理器、存贮器、输入/输出等功能部件的完整系统。其主要形式有单片微型计算机、微型计算机模板系列和微型计算机系统。所谓单片微型计算机就是仅在一个单片上集成了CPU、存贮器和I/O线路的器件。所谓微型计算机系统，一般是指带有机箱、面板、电源系统以及常规的计算机外围设备和丰富软件的计算机系统。

微型计算机是集成电路技术突破的产物，是从传统的计算机技术发展而来的。因此，它的基本原理和系统结构同传统的计算机系统是一脉相承的。微型计算机中普遍仿效了中、小型计算机所采用的通用寄存器组、堆栈结构、多级中断系统、直接存贮器存取方式（DMA）、总线结构等设计。在软件方面，微型计算机也因袭了小型计算机的操作系统技术、汇编语言和种类繁多的高级程序设计语言。对于16位和32位的微型计算机系统来说，其软件可以与中、小型计算机兼容。但是，这种新兴的微型计算机技术在许多方面也显露出与传统计算机技术的不同特点，它们在一定程度上影响和改变了计算机应用方面的一些观念以及计算机系统设计的方法和手段。另一方面，随着电子产品中功能模块的结构越来越复杂，功能也越来越强，因此设计和开发电子产品所需要的工具也在相应地改变并发展。

首先，在中、小型计算机中价格昂贵的中央处理部件在微型计算机技术里反而成为系统中很廉价的资源。这不如把它视为系统中的其它部件，特别是输入输出部件的“外围设备”；也可以把中央处理部件仅看作是与其它功能模块同等地位的“处理器模块”。

把具有功能高度密集而又可灵活变化的微型计算机配套支援器件作为构造计算机系统的功能模块，改变了计算机硬件设计的方法和任务，大大减少了硬件设计的工作量。对一个包含几百、几千个逻辑门或触发器的组合逻辑设计，现在只要采用数片集成电路器件代替就可实现相应的功能。采用程序逻辑和各种新型的更复杂的可编程序器件改变了传统计算机中的各部分硬件（尤其是I/O功能）的设计手段。这些功能模块的功能选择和操作都是通过程序代码的编制和执行来实现的。采用这些外围器件可以灵活地构造各种各样的复合系统。因而，在微型计算机应用中，主要的工作是设计和编制软件（程序）

去驱动这些大规模、超大规模器件的操作。这样也就出现了典型和标准的微型计算机系统硬件设计，它为微型计算机应用提供了通用产品；它们可以适用于相当广泛的应用领域。而在应用系统开发过程中，设计者的主要精力可以完全集中于解决应用问题本身。为这种廉价的通用数字逻辑部件配置适当的程序代码就可以解决各种应用系统中具体信息的处理和控制问题。

软件向硬件的"渗透"，这是微型计算机技术中的一个显著特点。其中，固件的普遍应用也是一个重要的方面。由于大批量生产的半导体存贮器集成度不断提高，成本日趋下降，软件被"固化"在ROM里成为计算机技术的一种低价格、高可靠性的实现手段。固件在微型计算机系统构造中几乎是不可缺少的部分，它通常存放了系统启动、监控、诊断和调试等程序，甚至可存放操作系统、语言处理程序和通讯控制等规模颇大的软件。

由此可见，在微型计算机应用中，软件开发占有十分重要的地位，它在人力和财力上的花费对系统设计的整个性能价格比影响很大。各种应用系统中的硬件可以采用通用性产品，但解决这些应用问题的软件设计却在大多数情况下是不同的。随着微型计算机的应用得到越来越大的成功，应用程序也越加复杂庞大，而软件开发工具是对软件质量和开发效率起着关键性作用的因素。微型计算机的应用与中、小型计算机一样，需要高功能、高效率的软件开发环境来支持系统的研制过程。但是，用于应用环境中的微型计算机的系统规模一般比较小或很小，它们不能容纳大量的硬件和软件资源。微型计算机应用系统中资源的配置目标仅限于解决实际的应用问题，并希望尽可能地压缩成本费用。因而，在微型计算机技术中，支持应用开发的软件工具通常驻留在另一类系统上（比如一台配置磁盘设备的计算机系统），这类计算机系统能提供一个所需要的支撑环境。另一方面，在微型计算机应用开发过程中，对于硬件设计和软件设计之间紧密结合的要求也是前所未有的。由于构造微型计算机的器件的功能高度密集在若干片封装组件内，这就给系统部分调试或综合调试带来很大困难。显然，微型计算机系统各部分的功能和性能只有在程序执行时才能完全表现出来，硬件调试和测试的唯一方法也只能是运行为驱动它操作而编写的专门程序。而对于复杂的多处理机系统来说，软件和硬件组合成系统并进行综合调试，以确保软件能支持通讯规程和同步控制，这在技术上就更加困难而费时。

在传统的中、小型计算机应用中，通常总是提供一台设备齐全的计算机系统；其中包含了足够的存贮容量、I/O 控制部件和外围设备，以及所有其它支持软件开发和系统调试/测试所需要的硬件和软件资源。应用系统设计者可直接利用这台计算机的系统资源来开发应用软件和设计输入输出控制，最后在这台系统上构成一个所需要的应用环境。也就是说，用于开发和应用目的的计算机是同一个系统。

然而，对微型计算机应用设计者来说，他们总是面临着一个问题——在进行硬件和软件系统组合和综合调试时，缺乏适当而通用的工具；因此，每当进行新的设计任务时，总要重新建立辅助工具和设备。在采用同一类通用微型计算机硬件产品去开发多种应用时，软件和硬件组合时的综合调试更是主要任务和关键阶段。

为了有效且方便地组合系统，没有合适的工具是不行的。对这些工具的基本要求是：为目标系统装入代码，使用户能控制目标系统中程序的执行，并可跟踪程序执行的流程（启动、停止、单步和断点设置等），检查和修改存贮单元或 CPU 寄存器的内容，查询程序定义的变量和 I/O 接口状态，跟踪系统操作（尤其是总线上的操作）的状态，采集

和分析跟踪数据及测量数据等。总之，要求对系统组合和综合调试时具有控制和逻辑分析的功能。更为理想的是，硬件和软件组合时的调试和测试应该尽可能在接近实际的环境中进行。

相继也出现了一些专门工具，主要有PROM编程器和逻辑分析器一类的设备。1975年INTEL公司引进了“在线仿真”（In-circuit emulation）技术。这是辅助设计中的一个新概念，它完全改变了数字逻辑产品开发的过程。与此同时，以计算机技术为基础，全面综合了软件开发、仿真调试、逻辑分析和PROM固化技术等微型计算机开发功能的新型工具问世了。它所提供的功能完全满足了上述基本要求，而且还引入了有关数字电子产品辅助设计的许多新概念。这种与目标系统具有不同使用目的的计算机专用系统称为“开发系统”。仿真技术是开发系统中的关键，正是由于“在线仿真器”才使微型计算机开发系统从普通的计算机系统中分离出来。

开发系统的基本作用主要有三个方面：

（1）支持目标系统的软件开发；

（2）支持系统组合的综合调试——使软件在硬件系统上能正确地运行；

（3）把目的代码装入目标计算机的存贮器。

总的说来，在微型计算机工业和应用中，有必要把应用系统和开发系统分开。从不同角度说，“应用系统”通常又称为“用户系统”、“目标系统”或“样机”。

微型计算机具有价格低、体积小、功耗省和可靠性高等优点。它的应用极其广泛，工业设备、仪器仪表、邮电通讯、文教卫生、商业管理、军事装备、宇航乃至家庭电器控制和儿童玩具等几乎无所不包。它为各类产品的设计标准化开辟了崭新的途径。任何一种复杂的设备都离不开自动化控制，任何一种“智能化”设备也都离不开微型计算机；尤其象智能工业机械手和机器人一类高级产品，由于使用了微型计算机技术，它们才有可能得以广泛地应用。可以说，计算机技术的应用观念有了深刻的变化。现在，计算机技术不再是只有少数行家才能掌握，任何一个其它专业领域的人只要稍加培训，并辅之以具有一定功能的开发工具，就有可能在自己的专业范围内应用计算机技术。

1.2 微型计算机器材

由于微型计算机应用目标的广泛性和技术上的普及性，提供给用户的微型计算机器材的形式已与传统计算机技术很不相同。一般可以把市场上供给用户的不同形式的微型计算机器材分为以下几类：

1. 微型计算机器件系列

目前，常用的微型计算机器件系列多达三、四十种。每种系列里包括了类型丰富的存贮器件和外围器件。对于经过一定学习和训练的用户来说，利用几片或几十片的微型计算机器件以及相应的附件来设计和组装一台典型的微型计算机，再也不象设计和装配一台小型计算机那样令人望而生畏了。相反，这已是很普通很平常的技术工作。因此，微型计算机器件能够赢得广大市场。

按照微处理器CPU片的位数可以分为：

（1）四位微处理器——应用范围广泛，可用于控制汽车节油、微波炉、烘箱、录

音机、洗衣机、冷冻机、缝纫机、高级照相机、自动电话、智能仪器仪表、办公设备以及儿童玩具等。四位微处理器价格低廉，销售量很大，约占微处理器市场的百分之七十。

四位微处理器的主要生产厂家和型号有：

INTEL	4004→4040
ROCKWELL	PPS4→PPS4/2 └→PPS4/1
TEXAS	TMS1000

（2）八位微处理器——微处理器发展前十年的主流，型号很多。八位微处理器适用于工业设备控制、计算机外围设备控制、各类高级智能仪器仪表的控制和数据分析、交通控制、产品质量自动检测、公害监视、办公室事务处理和小型商业网点数据处理等。

八位微处理器的主要生产公司和型号有：

ELECTRONIC ARRAYS	9002
FAIRCHILD	F8（二片）→F8（单片）
INTEL	8008→8080→8085 └→8048
MOS TECHNOLOGY	6500
MOSTEK	5065
MOTOROLA	6800→6809
NATIONAL	SC/MP→N沟道SC/MP
RCA	COSMAC
ROCKWELL	PPS8→PPS 8/2
SIGNETICS	2650
WESTERN DIGITAL	MCP1600
ZILOG	Z80
GENERAL INSTRUMENT	LP8000

（3）十六位微处理器——它的目标瞄准了传统的小型计算机的应用领域。十六位微处理器经历了两个发展阶段。早期的十六位微处理器主要有：

DATA GENERAL	MN601
FAIRCHILD	9400
GENERAL INSTRUMENT	CP1600
NATIONAL SEMICONDUCTOR	PACE
TEXAS INSTRUMENT	TMS9900

近期成熟且最受欢迎的十六位微处理器有：

INTEL	i8086
MOTOROLA	MC68000
ZILOG	Z8000
DEC	LSI-11

另外，还有1位、32位及位片式微处理器。

2．单板微型计算机

在一块印制板上配置了CPU片、ROM和RAM存贮器（通常有1K—16K容量）以及I/O接口器件（一般包含若干个串行或并行接口）。板上还可以安装十六进制数字键盘和数码显示装置。通常的单板微型计算机不采用系统总线结构，没有或者很少考虑系统的可扩展性。还有一种所谓单板最小系统。这种单板上仅装配了时钟电路、微处理器及其缓冲驱动电路等最基本的部件。另外，也可以有数据、地址、控制信号和时钟的输入输出引线，用户可以把它连接到自己的控制对象上去。板上尚留有很大空余部分，供用户自行设计和装配。I/O接口电路的设计要由用户自行完成。这种器材适用于实验和教学。

3．微型计算机模板系列

模板系列中通常包括处理机模板、各种容量（16K，32K或64K等）和各种类型（静态或动态MOS，RAM或ROM等）的存贮器扩展板、各种I/O扩展模板（如DMA通道控制板、光隔离I/O扩展板等）、A/D和D/A转换控制板、通讯接口控制板以及各类外围设备控制板（如磁盘、磁带控制板等）。系列中的模板均采用统一尺寸和总线标准。这样就可以按照用户需要灵活地配置系统组态和规模，也便于扩展系统的功能。

4．微型计算机系统

通常配置了一个初具小型计算机低档规模的系统，其中包括电源、面板和控制台设备、磁盘系统、盒带装置、行式打印机、高速纸带阅读机和穿孔机等。系统里可驻有监控程序、磁盘操作系统、语言处理程序和其它面向应用的各种软件等。微型计算机应用的开发大致以这几类基础器材为出发点。除了微型计算机系统自身所具有的独立软件开发功能之外，其它各种器材上几乎没有提供或只有很少的开发手段，因此它们都需求助于适当的开发工具。

1.3 微型计算机开发过程

鉴别和划分整个开发周期内的各个阶段，弄清其中的任务，这样才能正确地选择实现技术和相应的工具，以便支持各个阶段的研制工作（见图1.1）。

首先是系统分析阶段：弄清应用的目标和要求，调查和分析用户业务的现有流程，提出系统分析报告。

第二阶段是进行系统总体设计：定义系统总体指标，选择微型计算机器材，提出各种可能的实现方案和算法。必需确保硬件和软件组合后的系统功能与性能符合用户任务书所提出的各项要求。

第三阶段是论证设计方案和实现技术。这里介绍四种方法：

（1）人工检查设计说明书，即检查书面的逻辑设计图和程序框图。这种办法显然既费时又很麻烦，但却最节省开支，不需要其它工具和花费。它可以检查出有关逻辑上的错误，但无法检查系统动态特性方面的问题。

（2）使用标准测试程序来测试和评价系统的效率和性能。微处理器或微型计算机厂商常提供这种程序——经过精心优化过的代码。真正有效的标准测试程序应该由用户自己编写，因为最终系统运行的应用程序是由用户设计和编制的，而测试程序也正是要衡量多种因素，尤其是微型计算机性能和程序设计技术相结合的效果。

当设计者在几种系统或方案中选择时，标准测试程序可以提供有价值的参考资料。比如，通过在各种微型计算机上运行这类程序，并把所得到的各种测试结果加以比较，就可以确定哪种微处理器更适用于用户的具体应用。

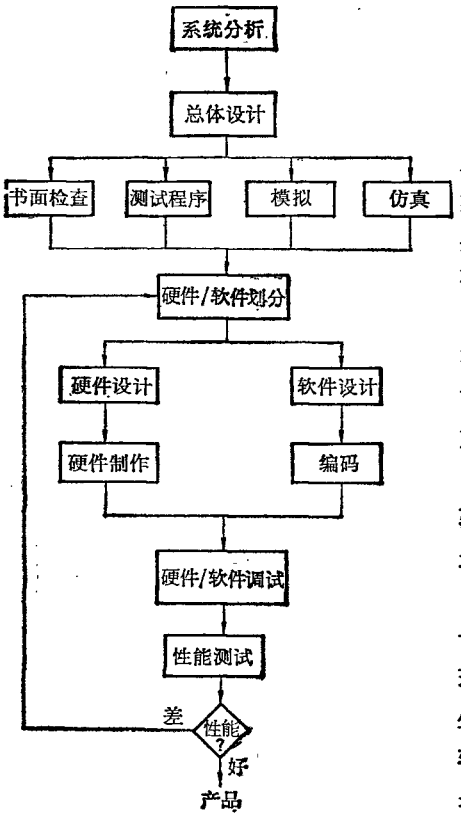


图1.1 微型计算机应用的开发过程

（3）模拟。模拟方法很多，比如可采用高级语言编制一个应用程序，然后在一台大型计算机上模拟执行，以便验证某个复杂算法的正确性等。这虽然比较费事，而且在实时性能和I/O功能方面不能模拟得很精确，但它可以提供逻辑上的准确结果。

（4）仿真。通过仿真的方法，可以精确地模拟所设计的系统功能和性能。这是目前最理想的辅助设计方法，也是本书讨论的重点。

毫无疑问，在任何情况下，设计者的经验总是判定设计说明书是否符合设计要求的最重要因素。

第四阶段是硬件与软件之间的划分。设计者要确定系统中哪些功能将由硬件来实现，哪些功能可由软件来实现。倘若产品的生产量比较大，那么更要周密地考虑硬件和软件的优化设计，尽量减少器件的数量。如果系统的生产量是比较少的，那么有时采用稍多的硬件器件可以简化程序设计的复杂性。

系统设计中硬件与软件之间的划分是一项很精细的工作，它常常要通过反复比较和权衡利弊才能最后选定。在开发过程中，这种划分对软件设计的影响很大。一旦划分确定之后，硬件和软件的具体设计工作便可以分头进行。

如果采用通用的硬件产品，那么硬件设计工作是比较少的。倘若采用不常使用的接口方式，那么设计可能会比较复杂。在典型的应用开发中，主要任务是软件设计和程序编制工作，其中包括模块划分和功能定义、算法设计、源程序编辑和输入、汇编或编译、程序连接和定位、目的代码装入系统进行调试和测试等。

程序代码准备过程中的时间分配如图1.2所示。

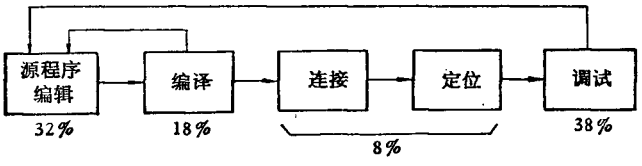


图1.2 程序编制和调试的时间分配

实际上，硬件设计和软件设计应该平行、交互地进行。在整个设计过程中，常常要重新修改已作出的硬件与软件的划分。这时应该反复试验和评价方案，同时作出相应的调整。比如，一开始时可能考虑采用查询方式与外界通讯，但在硬件与软件的逐步组合过程中发现，由于实时响应的要求，还是采用中断方式更为适宜；这时就应该增加硬件的实现。又比如，需要增加某些硬件以简化过于复杂的软件设计或改善系统性能等。

系统硬件与软件的组合，其中包括把程序装入目标系统和系统综合调试，验证目标系统的程序代码在硬件上能否正确无误地运行，这常常是最复杂且最费时的工作阶段，也是最需要工具辅助和支持的阶段。

最后，通过系统综合调试的系统要组装好。把软件固化，装入ROM存贮器并可进行最后的性能考核。测试最终完成的系统性能是否满足设计任务书的要求；若不能完全满足，就有可能回到设计初期阶段或硬件与软件的划分阶段。

应该强调指出，不应对硬件设计作过多的修改，而要通过修改或增加软件功能来改善或调整系统的性能。

在微型计算机开发过程中，设计者所面临的选择主要有四个方面：

1．微处理器的选择

这里涉及对微处理器类型和器材的选择，前面对此已作过较详细的介绍。某种微处理器的器件系列里是否包含了丰富的外围器件，这也是很值得考虑的因素。

2．硬件与软件划分的选择

系统功能的开发是否恰当地划分为硬件开发和软件开发两部分，这将直接影响到系统的价格/性能比。对生产量大的系统应尽量降低硬件成本而多采用软件来实现；因为软件开发在财力上的花费是一次性的，产品数量越大，成本也就越低。

3．程序设计语言的选择

这里介绍三种基本选择：

（1）机器语言

直接使用二进制（或十六进制）代码编制程序。这种方法可以在简单的单板微型计算机上使用，如SDK-80，该系统配置了十六进制键盘和LED显示。在一个简易的固化监控程序控制下，用户可以手工地输入程序的机器代码。这种方法只适用于编制很小的程序，而完全不适合对较大系统的开发。

这种方法也常用在程序调试阶段。有时需要修改或增删几条指令，但又希望避免回到编辑环境里修改源程序并重复汇编（或编译）和装入目的程序等一系列操作时，在调试程序控制之下，采用十六进制代码进行直接修改的办法也是可行的。

（2）汇编语言

汇编语言是一种指令的二进制助忆符和符号的表达形式。这种低级语言的特点是：目的代码的效率一般比较高(取决于程序员的技术水平)，因此内存空间较节省，执行速度也较快，适用于编制系统的监控程序、I/O例行子程序和实时性控制程序等。它的缺点是：编制程序的周期较长，程序不容易阅读和维护，不适宜于编制大型程序，而且还要求程序员必须掌握硬件寄存器、I/O接口、总线和位测试等硬件系统的知识。此外，用汇编语言编制的程序其移植性很差。

（3）高级语言