

单片微机应用与实践

张培仁 刘振安 丁化成 编著



中国科学技术大学出版社

单片微机应用与实践

张培仁 刘振安 丁化成 编著

中国科学技术大学出版社

1993·合肥

内 容 简 介

系统叙述了 MCS 系列和飞利浦系列的单片微机开发应用之方法。为了推动单片微机的应用,我们不仅给出应用实例,还给出开发机的设计方法和源程序。尤其是设计的集成开发系统软件,为读者提供了模拟仿真软件,从而有助于读者理解和掌握单片微机汇编语言程序的各种命令及汇编程序的编制,加快学习进程。

本书所提供的应用实例,都是从我们的科研成果中精选出来的,可以直接使用或作为设计参考资料。

本书取材新颖,内容丰富,阐述系统。可作为大专院校的教科书、课程设计的指导书,单片微机培训班的教材,也可作为从事微机应用工程技术人员的参考书。

(皖)新登字 08 号

单片微机应用与实践

张培仁 刘振安 丁化成 编著

中国科学技术大学出版社出版

(安徽省合肥市金寨路96号,230026)

合肥丰航彩印厂印刷

安徽省新华书店发行

开本:787×1092/16 印张:27 字数:641千字

1993年9月第1版 1993年9月第1次印刷

印数:1-6000册

ISBN 7-312-00449-0/TP·58 定价:14.80元

前 言

八十年代初, 单片微机技术在我国还是刚刚起步, 它一出现就引起科技界的普遍关注, 有关单片微机技术的培训、交流在我国迅速开展起来, 有力地推动了单片微机技术的普及和发展。到了八十年代中 (仅仅几年时间), 单片微机的开发和应用就几乎遍及国民经济的各行各业。其发展速度之快, 应用范围之广令人刮目相看。单片微机新的系列一经出现, 即被迅速介绍到国内, 国内学者则争相学习、交流、开发、应用, 单片微机技术还在以惊人的速度向前发展。

高等院校是培养高级科技人材的场所, 在高等院校尽早开设单片微机课程和普及单片微机技术是高等院校的职责。1988 年以来, 我们先后开设了 MCS-51 和 MCS-96 系列单片微机课程, 针对教学的要求, 我们先研制了 MCS-51 单片微机拟仿真软件 DEBUG-51, 它能模拟到 MCS-51 的指令级, 还研制了不同型号和用途的在线开发系统。后来又研制了不仅能模拟到指令级的 8096/8098 单片微机集成开发环境模拟仿真软件, 还设计了集开发系统和应用系统于一体的开发机, 这都为教学和科研带来了很大的方便。为此, 我们分别获得安徽省科技成果三等奖、校优秀教学成果二等奖及优秀教材二等奖, 并在这几年教学实践和应用的基础上, 编写了本书。

本书共十章。第一章是单片微机应用基础, 简要介绍单片微机开发系统及功能、涉及模拟仿真软件问题的一些解答、单片微机应用系统设计方法、PE 编辑软件、MCS-51 交叉汇编和模拟、仿真软件的使用方法; 第二章是 KDC-III 单片微机开发系统设计方法; 第三章是 MCS-51 子程序库; 第四章是系统及新颖电路接口设计, 介绍了一个完整的报警系统及液晶显示接口设计方法; 第五章是单片微机模拟仿真设计方法; 第六章是集成开发系统软件的使用方法和实例; 第七章是 KD98 开发系统设计方法; 第八章是 8XC552 单片微机; 第九章是 I^2 总线及智能仪器仪表设计; 第十章是可靠性设计基础, 介绍了抗干扰设计基础、容错技术概念, 讨论了提高可靠性设计的主要环节并列举了几个实例。

本书有如下特点:

1. 重在应用和实践。以通俗的语言和简要的内容阐述了单片微机的基本应用原理, 结合较多的实验, 帮助读者深刻理解和掌握单片微机应用设计方法。
2. 理论联系实际。书中列举例题简易, 针对性强, 以验证单片微机的基本理论和软硬件的设计方法。实验由浅入深, 有一定工程背景, 能起到学以至用的效果。
3. 取材新颖, 内容丰富, 阐述系统。不仅系统简述了单片微机的应用原

理、在线开发系统设计实例和监控清单、硬件扩充等，还精选了一些综合应用实例。

4. 介绍了模拟仿真单片微机的原理和实现方法。模拟仿真软件不仅有助于读者理解和掌握单片机汇编语言程序的各种操作命令和汇编程序的编制，还提供了方便、有效的开发手段。

5. 介绍了8XC552单片机、I²总线及其应用。

6. 介绍了单片机应用系统可靠性设计方法。

本书的第一章、第五、六、七章及第十章由刘振安执笔，第二~四章由张培仁执笔，第八、九两章由丁化成执笔。

在本书的写作过程中，得到我校许多领导的大力支持。承蒙学部委员谷超豪校长为本书题词，给我们以鼓励和鞭策；安徽大学副校长、程慧霞教授，我校电子系主任沈兰荪教授和计算机系主任陈国良教授审阅了书稿；中央候补委员、我校常务校长汤洪高书记及计算机课程指导委员会秘书长、西安交通大学刘甘娜副教授均给予大力支持。也提出很好的修改意见，使我们受益非浅。我们的学生雷杰和艾欣参加了第五章的编写工作，特此表示感谢。

因我们才疏学浅，不当之处在所难免，敬请读者和同行批评指正。

作者

1993年于中国科学技术大学自动化系

目 录

第一章 单片微机应用基础	1
1.1 单片微机开发系统的功能	1
1.2 模拟仿真软件问题解答	3
1.3 MCS-51 系列单片微机开发系统	5
1.4 8096 / 8098 系列单片微机开发系统	6
1.5 单片微机应用系统设计方法	6
1.6 MCS-51 几条特殊指令的执行问题	10
1.7 PE 编辑软件、MCS-51 交叉汇编和伪指令	11
1.8 MCS-51 模拟、仿真软件的使用	18
第二章 KDC-III 型单片微机开发系统设计方法	25
2.1 KDC-III 型单片微机开发系统	25
2.2 KDC-III 型单片微机开发系统的软件设计	38
2.3 KDC-III 型机监控程序框图	42
2.4 KDC-III 型机监控程序清单	54
第三章 MCS-51 子程序库	107
3.1 MCS-51 定点子程序库	107
3.2 MCS-51 浮点子程序库	131
第四章 系统及新颖电路接口设计	166
4.1 红外警报器	166
4.2 字符式液晶显示器与单片微机的接口及控制	189
4.3 点阵图形式显示器与 8031 接口	199
4.4 移动式电台控制板的总体设计及其实现	205
第五章 单片微机模拟仿真设计方法	217
5.1 单片微机模拟仿真基础概念	217
5.2 单片微机模拟仿真技术	221
5.3 MCS-51 组合模拟仿真软件设计实例	226
5.4 集成模拟仿真软件设计实例	231
第六章 集成开发系统软件的使用方法和实例	240
6.1 CLOWN SIMULATOR 集成环境	241
6.2 编辑器的使用	242
6.3 CLOWN 96 宏汇编语言及编译	244
6.4 调试器的使用	252
6.5 库函数管理	256

6.6	与其它开发机的目标文件互换程序	256
6.7	保留字和库函数	257
6.8	汇编错误信息	263
第七章	KD98 开发系统设计方法	265
7.1	总体设计思想	265
7.2	在线开发系统设计原理	266
7.3	PC 机软件设计	268
7.4	监控程序设计	271
7.5	软、硬件资源统一管理的实现方法	276
7.6	中断	277
7.7	用户界面与实用程序	277
7.8	KD98 使用说明	278
7.9	实例	281
7.10	KD98 单片微机开发系统调试工艺	283
7.11	键盘显示板	285
第八章	8XC552 单片微机	290
8.1	性能、结构及引脚	290
8.2	存储器组织	293
8.3	振荡器和时钟电路	297
8.4	复位电路	297
8.5	脉冲宽度调制输出	298
8.6	模数转换器	300
8.7	定时器 T2 和捕捉、比较逻辑	303
8.8	定时器 T3 监视定时器	308
8.9	输入输出口	309
8.10	中断系统	310
8.11	8XC552 的节电方式	312
8.12	I ² 总线	315
第九章	I² 总线及智能仪器仪表设计	338
9.1	精密电压频率转换器 LM311 与 8031 的几种接口	338
9.2	多路显示位控仪	345
9.3	智能流量显示积算仪	351
9.4	80C552 单片微机的开发	355
9.5	I ² 总线典型 SIO1 服务程序	356
9.6	I ² 总线通信实例	371
9.7	用 I ² 总线扩展 LED 显示器	373
9.8	用 I ² 总线扩展时钟日历电路	377
9.10	用 I ² 总线扩展 E ² PROM	385
第十章	可靠性设计基础	390

10.1	抗干扰设计基础	390
10.2	容错技术概念	391
10.3	提高可靠性设计的主要环节	393
10.4	实例	407
附录 1	保留字表	418
附录 2	寄存器定义单元 DESFR	419
参考文献		420
邮购开发系统及软件优惠办法		421

第一章 单片微机应用基础

1.1 单片微机开发系统的功能

单片机的应用系统一般具有比较紧凑小巧, 电源单一, 功耗低, 功能强, 价格低, 布线短, 速度快, 抗干扰能力强等优点。但是在自行设计组装时, 也必然会碰到一系列的问题。例如:

如何把调试好的应用程序写到程序存储器 EPROM 之中? 编写的程序对不对? 有没有错误? 有了错误怎么办? 如何进行修改? 如何运行用户的应用程序? 出了错是软件的错误还是硬件的错误? 这些问题仅仅依靠单片机本身是无法解决的。那么我们如何解决这些问题呢?

· 晶体管、电阻和电容等电子器件通过万用表、示波器等工具, 才能把它们设计成收音机、电视机、仪器仪表等电子产品; 单片微机虽然也同电子器件一样, 可以组成作用不同的电子系统, 但也需要通过相应的开发工具才能设计出所需要的应用系统。开发系统正如一个工作母机, 可以根据用户的需要, 加工出不同的零件, 装配出不同的机器。那么, 开发单片微机的工具应具有什么样的功能呢? 简单讲来, 应该具有如下基本功能。

1. 首先要具有编程能力

单片微机实际上就是一台没有编程的微型计算机。单片微机开发工具在某种程度上主要是解决如何编程的问题。单片微机缺乏自身编程的能力, 需借助于开发工具来进行编程。开发工具可以用机器语言, 汇编语言, 高级语言三种方式编程。

用机器语言编程是最简单的编程方式。通过类似于在单板机上用手工输入十六进制数的方式进行开发。这种开发工具开销最省, 但使用很不方便, 效率也低。

汇编语言编程又可分成自汇编和交叉汇编两种形式。自汇编是指开发装置常驻的行汇编, 一般无标号处理, 如 Intel 公司的 SDK-51 单片微机, 交叉汇编是借助于计算机系统如 IBM PC 机, Apple-II 微机来对单片微机编程。例如编辑好的 MCS-51 汇编程序经过交叉汇编变成 MCS-51 的机器语言。它充分利用现有资源, 功能较强, 也很方便。例如 KDC-III 型开发机就是这样的。

高级语言编程是在 IBM-PC 机上用高级语言对单片机编程。也有用 C 语言和汇编语言混合编程的。目前国内主要还是用汇编语言编程。

2. 排错功能

只有编程能力的开发机，还是一个不完善的开发机，开发工具必须具有排错的功能。就是比较简单的程序，也常常不会一次就完全编好，而经常需要排错并修改程序。排错时首先要知道错在什么地方，开发工具必须提供以下排错手段。

- (1) 单步 用户可以一次只执行一条指令，执行一条指令后即返回监控程序。
- (2) 运行 用户程序可以从任何一条地址处启动，然后全速运行。
- (3) 断点运行 用户可以设置断点，当程序执行到断点时，控制返回到监控程序。
- (4) 检查和改变存储器的内容 调试程序的必备功能。
- (5) 符号化调试 能按汇编程序中的符号进行调试（避免用机器码调试）。
- (6) 跟踪 它能跟踪单片微机运行时的每一指令周期中的地址，数据，I/O 端口和控制总线上的信息。

3. 仿真功能

开发工具第三个功能是仿真。仿真就是开发系统通过仿真器的硬件和软件真实地模拟被开发应用系统的运行。开发机不但要仿真单片微机的 CPU，还能仿真存储器和 I/O 端口，也要仿真单片微机的中断系统的运行，用户能利用单片微机尽量多的资源。在调试用户应用系统时，监控程序和用户程序都要使用单片微机中的资源，从而完成相应任务。这时有一个控制权相互转移的问题，常常是监控程序启动用户程序，又在某种条件下（如碰到断点）从应用程序回到监控程序，因此开发工具对单片微机的任何资源都不占用是很困难的，当然也是可以实现的。不过，我们认为开发工具应尽可能少占用资源，但也不必完全不占用。设计开发工具选择一个软、硬件兼顾，功能和价格兼顾的设计方案是很重要的。

从功能上看，目前国内外单片微机开发系统有如下几种方式：

(1) 软件开发系统 通过 IBM PC 机的交叉汇编可以达到对单片微机进行编程的目的。用软件方法模拟仿真单片微机硬件环境、指令系统、应用及开发系统，既可以做为教学之用，又可给开发提供新的手段。一般来讲，开展单片微机教学需要很多开发系统。建立一个单片机实验室，大约要投资 10 万元。软件开发系统不仅能使各院校只要少量投资既可开展教学，而且还可以大大推动单片微机的应用。

(2) 普及式开发系统 这种开发系统最简单，硬件成本也最低。该开发系统往往用机器语言（或汇编语言）来编程，占用单片微机一些资源，也可和 PC 机或苹果机联机，在 PC（苹果）机支持下进行开发，形成一种联机调试系统。这种类型的开发装置大都采用独立型仿真器的设计思想，一般不配 CRT 等外部设备，只配简单键盘和 LED 显示器，有的甚至直接利用 TP801 单板机改造而成。这类开发系统的特点是在功能较强的系统机的支持下，对单片机及其应用系统进行在线仿真，借助自身配备的监控作软、硬件的调试，可以设置断点或进行单步追踪，可以检查修改程序（机器语言），最终可将调试好的程序写入到 EPROM 中。国内比较流行的有 DSG-51，SICE，HBJ51-B，复旦大学的 SICE，启东计算机厂的 DVCC 型，中国科大 KDC-II 型机等。

(3) 独立型仿真器 它是可以和多种个人计算机相联, 构成微机开发系统, 也可以和终端相联, 构成简易开发装置。这种构造方法利用现成的通用个人计算机资源, 结构灵活, 性能价格比高。比第一种多了硬件结构, 所以可全速运行, 可以较方便地调试接口电路, 又具有软件仿真全部功能, 只是这时是在线仿真。这种开发系统常常可以开发一系列 CPU 芯片。例如 ICF-5100/252, 和 MDS-55Ⅲ (北京三环计算机技术研究所), 其主要特点是可以开发 Z-80, 8051 系列, 8048 系列, 8085, 8086, 8096 系列, 6502, 68000 等芯片。它们一般都做成可选配方式, 以达到能根据需要开发 8 位或 16 位微处理器。一般不仅能实时在线仿真, 设置断点也由硬件完成。

KDC-Ⅲ是我们研制的在线仿真开发系统。是一种功能强, 价格只有几百元的开发系统。它既是开发机又是应用板, 开发系统本身就有两个监控程序。即在线仿真监控程序和用户通用应用系统的监控程序, 其性能将在第二章介绍。

从开发环境上看, 目前国内外单片微机开发系统有如下两种方式:

(1) 集成环境 集成环境是指集文件编辑, 汇编及调试功能于一体的软件。象目前流行的 TURBO PASCAL, TURBO C 软件。它们均常驻内存, 因此三者的转换速度很快。目前只有我们设计的 8096/8098 模拟开发系统是集成环境。它不仅有快进快出的性能, 支持宏汇编和单元, 还为用户提供库函数及库函数管理。

(2) 组合软件 组合软件是把各自独立的编辑软件, 编译软件和调试软件通过菜单方式调用, 各自独立的软件功能必须互相复盖, 因此转换速度慢, 极不方便。不仅性能不及集成软件, 开发效率也要低些。

1.2 模拟仿真软件问题解答

一、什么是在线仿真器?

在线仿真器的英文名为 In Circuit Emulator (简称 ICE)。ICE 是由一系列硬件构成的设备。用来仿真大规模集成电路微处理器 (MP) 或微控制器 (MC)。使得 MP (或 MC) 的内部结构能向用户开放。使用时, 只要把用户系统的 MP (或 MC) 拔下, 换上 ICE 的插头, ICE 就替代了用户系统的 MP (或 MC)。原来应由 MP (或 MC) 执行的用户目标码程序, 现由 ICE 来执行, 从而实现对用户目标码程序的跟踪调试, 而人机界面由终端 (或主机) 提供。

二、什么是模拟仿真软件?

所谓模拟仿真 (Simulator), 就是全部用软件来仿真 MP (或 MC), 使得 MP (或 MC) 的内部结构能向用户开放。这是一种新型的开发方法。科大自动化系提供的软件仿真器是在 IBM PC 微型计算机上, 用软件来仿真 Intel 公司的 MCS-51, MCS-96/98 系列微控制器。并配置以一系列相关的服务程序。使用时, 只要在 IBM PC 上运行该软件包就可以对用户系统的目标码程序进行跟踪调试。

三、 什么是集成环境？什么是组合软件？

集成环境是指集文件编辑，汇编及调试功能于一体的软件。象目前流行的 TURBO PASCAL, TURBO C 软件。它们均常驻内存，因此三者的转换速度很快。

组合软件是把各自独立的编辑软件，编译软件和调试软件通过菜单方式调用，因为各自独立的软件必须互相复盖，所以转换速度慢，极不方便。不仅性能不及集成软件，开发效率也要低些。

四、 使用模拟仿真软件后是否还要使用在线仿真器？

熟练的开发人员通过软件调试就可以直接烧制 EPROM，不必再使用在线仿真器。对于那些实时要求比较高的程序有时还需要用在线仿真器验证一下，但软件仿真的价格远比在线仿真器低，如两者相互配合，则能大大提高开发效率。我们也提供与模拟仿真软件相同的人机界面和调试功能的在线仿真器，欢迎用户订购使用。

五、 为什么说模拟仿真软件不占用用户资源？

一般的在线仿真器占有一定数量的用户 ROM 地址映象（通常为 8K）以安放其监控程序，由于单步跟踪的需要也会占有用户的某个中断，由于人机界面的需要还会占用串行通讯口等。模拟仿真软件是在 IBM PC 微型计算机上，用软件来实现仿真的，PC 机的内存远大于单片机的地址映象，所以说模拟仿真软件不占用用户资源。

六、 什么是强功能的调试器？

如果让真实的 MP（或 MC）去执行程序，那末一旦启动，程序就不可能停下来。使用在线仿真器的主要目的是要让程序能根据需要停下来从而能一步步地验证程序是否达到预期的设计目的。在线仿真器使用了单步，断点等人机交互方式控制程序执行的方法。但在线仿真器受到硬件设计的局限，其控制方法还不完善。例如，不能做到自由断点（即用户随时随地都可在人机界面上通知程序执行停下来）。有些在线仿真器不能进入中断程序。MP（或 MC）的某些内部标志无法在人机界面上直接进行控制更不能实现条件断点等等。模拟仿真用软件来实现仿真的，因此均能实现。您使用该软件将能随心所欲地控制程序的执行。

七、 该软件支持哪种格式的目标码程序？

该软件支持国际上惯用的 Intel Hex 格式的目标码程序，还有适应市场开发机的目标码转换程序。

八、 如果使用仿真软件，我们应用什么工具来编写程序？

MCS-96 系列是集成开发环境，它自带编辑，宏汇编和调试功能，并配有库函数和其它开发机转换程序。

仿真软件支持 Intel Hex 格式的目标码。该种格式上目前市售的大部分交叉汇编和交叉编译所支持的。因此，任何工作在 IBM PC 机上的能生成 Intel Hex 格式目标码的交叉汇编和交叉编译都可以使用。

九、 库函数有哪些优越性?

本系统设计了单元汇编, 能把一些常用子程序编制成单元装入库函数, 单元的地址是浮动地址, 自动接入您的程序之后, 用户在书写时只要指定要使用的库函数中的哪些单元就可以了。不必再用 LINK OBJ 的方式, 正如 TURBO C 的库函数一样方便。用户还可以自己增, 删库函数。这远比用子程序的方法优越。

十、 什么是小汇编?

它是在在线仿真发现错误时, 直接输入汇编语言格式, 软件立即把它解释成机器码修改 RAM 内容的方法。KDC-III 型机具有小汇编功能。

十一、 什么是软、硬件环境的统一管理?

在线开发机的使用方法和功能均跟模拟仿真一致, 不仅充分利用集成环境的优点, 而且使用方法一样, 由选择项指定两者之一。方便用户, 提高开发效率。我们已经实现了这一功能。

1.3 MCS-51 系列单片微机开发系统

MCS-51 系列单片微机开发系统有模拟仿真软件 DEBUG-51 及 KDC-51 在线开发机。

1.3.1 MCS-51 系列模拟仿真软件

我们用 PASCAL 语言在 PC 机上不仅模拟了全部指令操作, 存储体系, 寄存器组, I/O 端口, 中断系统和监控系统, 还模拟到通用开发系统。因为它是一个交互式, 多窗口菜单选择方式动态调试软件系统, 开发环境 and 应用环境, 不仅大部分教学任务可由此模拟仿真软件承担, 为高校教学开辟了新的道路, 还给开办学习班, 普及推广单片机带来方便, 也给开发单片机带来新的途径。

本软件主要对硬件环境, 指令系统, 监控和扩充部分等四个方面进行模拟。

用 PASCAL 语言所具有数据结构映象单片机的存储体系, 寄存器组和 I/O 端口, 将它分为内外两部分分别模拟。

指令系统的模拟又分为指令解释和中断模拟。

监控模拟是借助 PC 机键盘和显示器构成一个方便用户调试程序的交互式多窗口, 菜单选择的开发环境, 完成置数, 修改, 单步, 多步, 反汇编, 设置断点及跟踪运行等仿真调试功能。

总之, 模拟仿真软件有如下功能和优点:

用软件模拟硬件环境和指令;
无需开发系统即可模拟运行用户程序;
不占用任何用户资源;
可仿真调试 64K 或 128K 程序;
可对中断进行模拟调试;
教学和学习单片机的良师益友;
成本低、效率高;
自定义 ROM 和 RAM。

1.3.2 KDC-51 在线开发系统

它们有 KDC-51-II、KDC-51-III 和 KDC-51-IV 等型号, 性能价格比高。

KDC-51-III 型通用开发系统具有两个监控并自带小汇编, 为用户提供了通用扩充功能, 并有与其配套的组模模拟仿真软件, 故性能价格比高, 尤其适合推广。

1.4 8096 / 8098 系列单片微机开发系统

我们在计算中心研制的 MCS 系列单片微机开发系统经过几年的试生产, 于九一年底通过省级鉴定, 其中 8096 / 8098 集成开发系统在国内具有领先水平, 经检索, 在国际上尚未见到这种单片微机开发环境。

8096 / 8098 集成开发系统软件具备集成环境的优点, 并将硬件在线开发机置于集成环境的统一管理之下。故硬件在线开发机在在线仿真时, 能充分利用与软件仿真相同的集成环境, 具有软件仿真的特点。经检索, 国外也未见报道。

设计了一个快进快出的内部编辑器和自带库函数的宏汇编。

设计了强功能的窗口调试器, 例如它支持多种简单断点和条件断点, 任意参数显示、热键和窗口菜单相配合, 增强了驱动方式调试的透明度和功能。

设计了可以配接国内其他厂家硬件开发机的实用程序。

它们是很好的智力开发工具, 已经对教学产生了深远影响。

该系统集编辑、汇编、模拟调试和仿真等多功能为一体, 具有高度集成开发环境, 快进快出的内部编辑器, 自带库函数的宏汇编, 强功能的窗口调试器, 充分体现了集成环境的功能强, 效率高及用户界面友好等优点, 给用户提供一个完善而良好的开发环境。

1.5 单片微机应用系统设计方法

单片微机应用系统是指采用单片微机构成的计算机应用系统, 包括工业控制系统、数

据采集系统、智能仪器和其他采用单片机的电子设备。这样的微机应用系统一般采用集成电路芯片自己组装而成，其成本比较低，在几百元左右，远低于采用诸如 APPLE-II，IBM-PC 等个人计算机构成的应用系统。国内的微机应用以往大多数采用单板机的形式，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、使用方便而易于推广，但它仍有明显的局限性。例如开发不方便，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。

单片微机与单板机相比，在控制应用领域中有如下特点：

(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能可靠地工作（这也是其他机种无法比拟的优点之一）；

(4) 可以方便地实现多机和分布式控制，使这个控制系统的效益和可靠性大为提高。

在实际工作中，设计工作的内容及步骤可分为四个阶段。

(1) 调查研究和方案论证、总体设计阶段；

(2) 元器件选择，电路设计制作，软件编制及硬件、软件的调试阶段；

(3) 整个系统的性能测定和现场试用阶段；

(4) 文件编制以及再设计阶段。

在上述工作中，主要工作量是对任务的调查研究、方案论证、调试以及性能测定。具体的制作电路，编制软件只占小部分工作量。

1.5.1 任务的调查研究、方案论证与总体设计

调查研究和方案论证是单片微机应用系统设计工作的开始，也是工作的基础。只有经过深入细致的调查研究，周密而科学地方案论证才能使系统的设计工作顺利完成；相反，如果想当然地、草率地定下一个有漏洞的方案，则后面工作可能很困难甚至失败。

调查研究时，就应同时对方案进行考虑，以便更有针对性地去调查研究。要解决的问题和要完成的任务越复杂，越需要设计者有丰富的知识和经验。

调查研究的内容与任务的性质有关，一般来说，要调查的内容有：

① 该系统的功能 在设计应用系统之前，首先必须决定其功能。系统功能是指该系统应能完成哪些操作，有的系统只需要完成一个操作，有的则需完成多个操作。系统功能还包括该系统的技术指标，如测量或控制的精度、输入和输出信号的形式，需打印或显示哪些数据，对误差的要求等等。系统功能一般由产品的用途和使用的要求来决定。

② 该系统的产量 在设计前还必须决定的另一重要因素是该系统的产量。有的应用系统是一次性生产，即只生产一台或少数几台，如不少工业控制系统都是如此；有的应用系统属于成批生产，今后的生产量比较大，如大多数智能仪器。

③ 使用环境 例如环境、温度、湿度，有无烟尘及腐蚀性气体，电源情况，附近有无强磁场、强电场，是固定还是移动场合，是陆地还是飞机轮船，有无人员在场等等。

④ 抗干扰能力和可靠性 根据系统应用场合决定它的抗干扰能力和可靠性要求。使用于外界环境比较恶劣的场合,系统必须具有较高的抗干扰能力,而工业控制或报警设备对可靠性的要求特别高,这些都要在设计前定下来。

⑤ 传感器可提供什么样的信号 如需传感器,必须仔细考虑信号的大小,变化的规律,产生的误差等等因素。

⑥ 市场上供应的外部设备,接口电路,各种芯片及元器件的情况。

1.5.2 设计方案的论证与总体设计

进行方案论证与总体设计时,一般可分如下几部分来考虑。

① 选择单片微型型号

应按系统功能和技术要求来分析。单片微机有各种产品,如字长4位,8位,16位等等。性能也有高低,应按照系统的要求选择最合适的单片微机,需考虑货源、价格、功能、开发手段和本单位技术人员对它的熟悉程度等几个因素。

② 信号的选择与处理

应分析选择哪些信号,如何获取所选择的信号、对信号需进行哪些处理等问题。

选择什么信号来表示物体的某种特性,在有些情况下是显而易见的,但有时却需要仔细考虑和选择,才能既满足任务的要求又使它具有简单、经济和可靠的优点。

信号的获取与所选用的传感器有关,与信号的变化规律有关,对于随时间变化的信号或不定期地间断出现的信号,如何获取成为一个需要认真考虑的问题。信号的处理包括放大(或衰减)、整形、滤波,还包括采样保持、电平转换等,应根据具体情况具体处理。

③ 数据处理方案的论证与选择

计算机将采集的数字量根据需要进行不同的判别、运算,得出所需的结果,这就是数据处理。在这里要考虑的问题包括使用什么算法,占用单片微机多少内部数据存储器 and 外部数据存储器,运算时间长短,误差大小,同时还应考虑如何防止实际运行中可能出现的错误。

④ 提供哪些结果以及提供结果的格式和方式

这不仅要考虑设计工作的方便,还要考虑使用者的技术水平和心理因素。

⑤ 软、硬件结合、统筹考虑系统的总体设计

应该充分注意到单片微机的特点,即尽量发挥单片微机的运算和控制能力,把对模拟硬件的过高要求转化为单片微机的软件来实现。由于集成电路的发展,电路硬件价格日益低廉,而软件成本则越来越高,在研制成本中一般软件成本均超过硬件成本。软件费用是一次性的,批量越大,每个产品分摊到的软件成本就越低;而硬件成本则是固定的,几乎不因批量大小而变。所以对批量大的产品,应尽量降低硬件成本;对批量小的产品应尽量降低研制费用。在选择测量或控制方法时,必须考虑这个因素。在具体设计时,应采用自上而下的方法,把系统功能划分为若干个功能部分,每一个部分能完成某个预定的功能,其中有的功能部分应采用硬件实现,有的应采用软件实现,而有的由硬件和软件联合完成。最后设计出各部分的硬件电路,从而得出整个系统的总体逻辑框图。

有了总体设计方案后,便可将任务分解成若干个小课题,去作具体的设计。

1.5.3 整个系统或整机的调试与性能测定

编制出的程序或焊好的线路、不能按预计的那样正确工作是常有的事，这就需要查错和调试。对印刷线路板而言，应在焊接前仔细进行外观检查，看有无因制板引入的错误（未腐蚀的联线、断线、金属化孔等）。建议用放大镜对板面仔细检查，尤其是密度大的地方要反复检查。在调试前，一定要认真进行下列工作：

- (1) 检查总体方案中信号的选择、或处理是否正确；
- (2) 检查元件的选择、使用是否正确，工作是否正常；
- (3) 核对电原理图及接线图，并对线路板及其外部接线进行细心检查；
- (4) 核对程序流程图及程序清单，特别注意修改过的地方是否清楚正确。

调试时应按事先拟定的调试工艺进行，如在调试中发现问题，需及时对调试工艺进行修改补充。

调试时，应按规定进行各部分的调试，各部分分调都通过后再进行联调。

调试完成后，再在实验室进行模拟调试并写出性能测试报告。

现场试用时，要对试用情况作详细记录，并尽可能试验各种可能出现的条件下可能的结果，以供改进或更新换代时考虑。试用后要写出详细的试用报告。

1.5.4 拟定工艺流程及调试方法

对准备批量生产的产品而言，必须遵照国家有关标准化的规定，拟定完善的工艺及调试细则，作为生产及调试的依据。

工艺流程是指导生产的文件，要合理编制以保证产品质量。对原器件的选择、老化、测试、筛选等都要有严格规定。

调试和验收的拟定即要起到保证质量的作用，又要抓住主要问题（合理拟定）。调试方法最终还要经实际调试时加以完善。在拟定调试方法时，除总调规则外，还应将硬件及软件分成几个部分以拟定合理的分调方法。

还应制定在实验室模拟现场的条件和方法，对所设计的硬、软件进行性能测定，以便能保证机器的现场工作性能。

1.5.5 设计文件的编制

文件不仅是设计工作的结果，而且是生产、使用、维修以及进一步再设计的依据。因此，一定要精心编写、描述清楚，使资料及数据齐全。

整个文件应包括：

- (1) 任务的描述；
- (2) 设计的指导思想及设计方案的论证；
- (3) 技术说明书；
- (4) 工艺说明书；