

主编 何立民

单片机应用 程序设计技术

周航慈 著

北京航空航天大学出版社



单片机应用技术丛书 主编 何立民

单片机应用程序设计技术

周航慈 著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是《单片机应用技术丛书》中专门介绍单片机应用系统软件设计的一本著作。

书中总结了作者多年来在 MCS-51 系列单片机应用系统软件设计中的实践经验,归纳出一整套应用程序设计方法和技巧。在内容安排上不仅有实现功能要求的应用程序设计步骤、子程序、监控程序及常用功能模块设计方法,还以较大篇幅介绍了提高系统可靠性的抗干扰设计和容错设计技术以及程序测试的正确思想方法。附录中向读者提供了多年使用过的定点运算子程序库和浮点运算子程序库的程序文本、注释和使用方法。

本书深入浅出,并配以大量实例,可作为广大工程技术人员从事单片机应用系统研究中软件设计的指导用书。

单片机应用程序设计技术

DANPIANJI YINGYONG CHENXU SHEJI JISHU

周航慈 著

责任编辑 杨昌竹

*

北京航空航天大学出版社出版

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经销

北京航空航天大学印刷厂排版

北京航空航天大学印刷厂印装

*

850×1168 1/32 印张:11.25 字数:302千字

1991年8月第一版 1991年8月第一次印刷 印数:15000册

ISBN 7-81012-272-X/TP·050 定价:7.25元

序

本书是《单片机应用技术丛书》中与读者见面的第一本书,是我国单片微机应用发展阶段上“水到渠成”的结果。

在我国,单片机的应用开发已走过了六个年头,由于微电子技术、计算机技术、半导体器件工业的现状,决定了我们在单片机应用系统的开发、研制方面走着一条与外国不尽相同的道路。在此期间,在各个应用领域中涌现了不少专家,这些专家原来都是各个应用领域中的工程技术人员,他们巧妙地将单片机引入到自己熟悉的工程技术领域,并且解决了许多计算机专业人员难以解决的外围工程配套技术,使我国单片机应用提高到了一个新的技术水平,其标志是:

1. 单片机开始成为广大非计算机专业工程技术人员在电子技术应用中的常规性工具,并形成了一批技术开发队伍。

2. 8位单片机(包括外围8位的准16位单片机)应用系统结构日趋成熟。应用技术的重点与难点逐渐转向外围接口,转向以提高系统整体可靠性的软、硬件的抗干扰设计、容错设计以及冗余技术设计等。

3. 廉价的普及型开发装置其数量与质量有了较大幅度提高,为大面积推广单片机的应用创造了良好的条件。

4. 群众性学术团体有了很大的发展,除全国单片机学会外,大部分省、直辖市均已成立相应的单片机学会,每年在各级学术会议、期刊杂志上发表的论文有300余篇。

5. 单片机的技术教育已开始反映到高等工科院校的计算机应用教学中,在电子技术、自动控制、仪器仪表、机电一体化等专业的毕业设计(论文)中,单片机应用系统占有相当大的比重。早期从

事 Z-80 单板机应用系统研究的人们正在或已经开始转向单片机应用系统。

但是就全国范围来说,发展是极不平衡的,不少单位刚刚起步,不少人认识到了单片机技术的巨大潜力但不知从何入手。这些人的首要任务除了学习、掌握单片机的基本结构、原理及接口技术外,最重要的是要了解我国单片机应用开发的现状,单片机的典型应用技术,以便有一个较高的起点,防止盲目的低水平重复。即便对于多年从事单片机应用的人员也要求不断跟踪先进技术,总结交流经验,提高应用水平。为此我们组织了《单片机应用技术丛书》的编辑出版工作,其指导思想是:

1. 《丛书》编辑的目的:为了反映我国在单片机应用技术方面的成果,并自觉地总结经验,将其上升到理性认识的高度来指导今后的研究、开发工作。使新入门者有较高起点,已入门者有较系统的理论、经验指导,使专家们有机会系统地总结自己的研究成果,提高自己的研究水平。

2. 作者队伍:参加本《丛书》写作的同志都是长期从事单片机应用系统研究、具有丰富实践经验和较好的理论基础。他们热心于单片机应用技术推广工作,毫无保留地向读者奉献自己的技术成果并愿意为广大读者提供咨询服务。

3. 选材:重点是我国现阶段在单片机应用开发中普遍关注的技术问题。内容力求系统、实用、新颖,不脱离我国单片机应用的现实环境。

《单片机应用技术丛书》组织编写的书目预计有:单片机应用程序设计技术,单片机最小功耗系统设计技术,单片单板机的软、硬件设计技术,计算机应用系统中的传感器接口技术,计算机应用系统中的功率通道接口技术,计算机应用系统中的语音接口设计,单片机应用系统中的 CRT 接口设计,单片机的分布式网络与多机系统,计算机应用系统中的干扰与抗干扰设计,单片机应用系统中的电源品质分析与电源系统设计等。

《单片机应用技术丛书》是在北京航空航天大学出版社和中国微机学会单片机公共实验室联合组织下由北航出版社实施出版的。作者队伍的顺利组成则得益于全国单片机学会及Intel用户协会常年组织的各种单片机学术活动,这些活动团结了全国各地的单片机技术专家队伍。大量的学术论文、资料、出版物、技术信息有助于丛书内容的充实与提高。

北航出版社在单片机应用技术类书籍出版方面在全国享有较高的地位,为丛书的出版创造了极为有利的条件。

作者的无私奉献、积极、热忱,可望《丛书》能获得满意的质量。

在此衷心地感谢关心、支持、帮助本《丛书》编辑出版的各界人士、作者、读者以及中国微机学会、全国单片机学会、北京电子学会的有关人士。

《单片机应用程序设计技术》一书是首次系统地总结我国单片机应用系统汇编语言程序设计经验,并上升到一定理论高度的著作,对打破目前单片机软件技术落后的局面会起到重要的作用。

单片机应用系统中应用程序是“半壁河山”,是应用系统能否可靠运行的重要技术内容,同时也是研制者不可回避而又比较陌生的领域。在计算机应用中,软件技术开发往往由计算机软件专业人员承担,但在单片机应用系统中,由于软件功能要求与工业测、控对象紧密相关,实现工业测、控要求的应用程序设计不可避免地落在各个工程技术领域非计算机专业技术人员的身上。目前单片机应用程序设计的现状是:

1. 对应用程序的作用认识不足,设计水平不高,对应用程序设计方法、规律、特点比较陌生。

2. 应用程序设计处于满足系统功能实现的初级阶段,偶而不自觉地加入抗干扰设计和容错设计。

3. 没有较规范的设计方法作指导。例如在智能仪表软件设计中基本上是以汇编指令系统为基础,以键盘管理为核心的随意性逻辑设计方法。

因此,现阶段提高应用程序设计技术是单片机应用系统研制中的一个重要课题。

由于单片机面对测、控对象的应用环境;普及型开发装置大面积的推广;应用程序规模不大,因此,在未来较长的一段时间内将仍然以汇编语言为主,要认真研究应用程序设计的任务与内容、规范化的设计方法、灵活多变的设计技巧。

在确定应用程序设计的任务与内容时,必须摒弃以功能实现为全部内容的思想,牢固树立功能实现不过是应用程序设计的起点的观念。一个在实际工程环境中使用的完善的应用程序必须具有较强的抗干扰能力及容错能力,因此,抗干扰设计、容错设计和功能设计是应用程序设计三位一体缺一不可的重要内容。

在应用程序设计中要逐步摒弃满足于熟悉指令系统,按照自己熟悉的思维逻辑的随意性设计方法。在一些典型的应用系统,如智能仪表中,已开始形成一些监控程序设计方法,如状态分析法、图解设计法等。规范的设计方法能使应用程序有条不紊、可读性好、易移植增删,也便于二次开发,在较大数量的产品开发中能显著地提高效率。

在设计技巧上的灵活、多变、多形态在很大程度上取决于设计者的经验、逻辑思维能力和对指令系统隐含功能的了解与发掘。应用程序的抗干扰、容错设计也要求有较高的程序设计技巧。

本书作者周航慈老师长期从事单片机应用程序设计工作。在MCS-51汇编语言程序中积累了丰富的经验,经他设计的应用程序,无论是智能仪表、控制系统应用程序还是实用于程序库,在实际使用中都具有较高的可靠性,这在于他已形成了一整套较完善的应用程序设计方法。从本书的内容可看出他已将抗干扰设计、容错设计看做应用程序设计中相当重要的内容,并且在应用程序测试上形成了自己的风格。诚然,他的专业数学基础也有助于实现上述目的。

由于“应用程序设计方法”是第一次系统地总结单片机汇编程

序设计规律,希望以此为起点,得到广大读者的批评与帮助。

主编 何立民 1991年5月于北京

通信地址:北京航空航天大学 706 教研室

邮政编码:100083

电 话:2017251—706 或 705

前 言

按照《单片机应用技术丛书》的规划和要求,笔者将从事单片机教学和科研中得到的经验教训总结了一下,并吸收各方面的有益知识,写成了这本关于单片机程序设计技术的书籍。在写这本书时,假定读者已经系统地掌握了单片机原理,并能使用 MCS-51 指令系统编写各类简单的程序。在此基础上,本书第一章介绍开发一个应用项目的基本过程。第二章介绍程序设计的基本功。第三章介绍系统软件的骨架如何搭起来。第四章介绍常用模块的设计技巧。这四章的内容要达到的目标就是帮助读者设计出一个完整的软件系统来。但这样设计出来的软件系统还只能算是“纸上谈兵”,经不起实践考验,离实际目标还差很远。第五章介绍抗干扰技术,以增强系统软件在实际环境中的生存能力。第六章介绍容错技术,以提高系统软件的先天素质。第七章介绍软件测试的有关方法,以此来发现和纠正软件系统中的绝大部分错误。后三章的内容为的是一个共同目标,使设计出来的软件能够从纸上走下来,并在实际应用中生存下去。因此,本书的目的不但要介绍一般的程序设计方法,而且以提高软件生存能力为重点,这对那些打算从事单片机开发应用的读者可能更有启发。

由于笔者搞单片机应用只能算半路出家,现在要写一本程序设计的书,实属班门弄斧,书中错误观点和片面之词必然不少。望各位将读后的意见转告给我,使我能有所长进。另外,希望本书能起到抛砖引玉的作用,促使更多的这类书籍问世,加速我国单片机事业的发展。

本书在写作过程中,得到了何为民同志的大力支持和帮助,邓道源同志对本书初稿进行了审阅,并提出了宝贵意见,高斌同志为

本书的文字图表处理作了不少工作,在此一并表示感谢!

周航慈 1991年4月于江西抚州

通信地址:江西抚州华东地质学院电子系

邮政编码:344000

目 录

第一章 应用程序的设计步骤

1.1 设计任务书的编写	(1)
1.2 硬件电路设计	(2)
1.3 软件任务分析	(5)
1.4 数据类型和数据结构规划	(6)
1.5 资源分配	(7)
1.6 编程及调试	(8)

第二章 程序流程图与子程序设计

2.1 程序流程图	(10)
2.1.1 程序流程图的画法	(11)
2.1.2 从程序流程图到程序	(15)
2.2 子程序设计	(19)
2.2.1 结构化的程序设计风格	(19)
2.2.2 参数的使用	(23)
2.2.3 算法的合理性和可靠性	(24)
2.2.4 子程序的透明性设计	(24)
2.2.5 子程序的相容性设计	(26)
2.2.6 子程序的容错性设计	(29)

第三章 系统监控程序设计

3.1 监控程序的任务	(30)
3.2 监控程序的结构	(31)
3.2.1 作业顺序调度型	(31)
3.2.2 作业优先调度型	(33)
3.2.3 键码分析作业调度型	(33)
3.3 监控程序的设计方法	(38)

3.3.1 系统状态分析	(39)
3.3.2 状态转移分析	(41)
3.3.3 状态顺序编码型监控程序的设计方法	(49)
3.3.4 状态特征编码型监控程序的设计方法	(56)

第四章 常用功能模块的设计

4.1 时 钟	(65)
4.1.1 时钟系统的建立	(66)
4.1.2 时钟的校对	(72)
4.1.3 实时任务的触发与撤除	(74)
4.1.4 相对时钟(闹钟)	(80)
4.2 键 盘	(87)
4.2.1 软件去抖动处理	(87)
4.2.2 连击的处理	(87)
4.2.3 复合键的处理	(93)
4.2.4 键盘编码	(94)
4.3 显 示	(96)
4.3.1 显示模块在系统软件中的安排	(97)
4.3.2 显示配置与输出驱动	(98)
4.3.3 灭零处理	(101)
4.3.4 闪烁处理	(102)
4.3.5 低速串行显示	(103)

第五章 抗干扰设计

5.1 干扰的作用机制及后果	(105)
5.2 抗干扰的硬件措施	(107)
5.2.1 抗串模干扰的措施	(108)
5.2.2 抗共模干扰的措施	(110)
5.3 数字信号输入输出中的软件抗干扰措施	(112)
5.3.1 数字信号的输入方法	(112)
5.3.2 数字信号的输出方法	(114)
5.4 数字滤波	(116)
5.4.1 程序判断滤波	(117)

5.4.2	中值滤波	(118)
5.4.3	算术平均滤波	(119)
5.4.4	去极值平均滤波	(120)
5.4.5	加权平均滤波	(123)
5.4.6	滑动平均滤波	(125)
5.4.7	低通滤波	(127)
5.5	CPU 抗干扰技术	(129)
5.5.1	人工复位	(130)
5.5.2	掉电保护	(131)
5.5.3	睡眠抗干扰	(133)
5.5.4	指令冗余	(135)
5.5.5	软件陷阱	(136)
5.5.6	程序运行监视系统(WATCHDOG)	(140)
5.6	系统恢复	(145)
5.6.1	系统复位	(146)
5.6.2	热启动过程	(149)
5.6.3	重要信息的恢复	(150)
5.6.4	系统状态的重入	(154)

第六章 容错设计

6.1	硬件故障的自诊断技术	(165)
6.1.1	CPU 的诊断	(166)
6.1.2	ROM 的诊断	(173)
6.1.3	RAM 的诊断	(175)
6.1.4	A/D 通道的诊断与校正	(176)
6.1.5	D/A 通道的诊断	(181)
6.1.6	数字 I/O 通道的诊断	(184)
6.1.7	硬件自诊断模块	(190)
6.2	人机界面的容错设计	(193)
6.2.1	输入提示功能的设计	(193)
6.2.2	参数输入的容错设计	(196)
6.2.3	命令输入的容错设计	(206)

6.2.4	输入界面的安全性设计	(209)
6.2.5	输出界面的容错设计	(215)
6.3	一般软件的容错设计	(217)
6.3.1	堆栈溢出的预防	(218)
6.3.2	中断中的资源冲突及其预防	(221)
6.3.3	状态转移的条件审查	(224)
6.3.4	重要模块的安全措施	(225)
6.3.5	软件算法的容错设计	(227)
6.3.6	软件标志的使用	(238)
6.3.7	子程序的使用	(241)

第七章 程序测试

7.1	程序测试的心理准备	(245)
7.1.1	程序测试的正确定义	(246)
7.1.2	程序测试结果的正确评价	(247)
7.1.3	培养正常的测试心理状态	(248)
7.2	程序测试方法	(250)
7.2.1	程序会审和口头宣讲	(251)
7.2.2	白盒测试法	(252)
7.2.3	黑盒测试法	(256)
7.2.4	自顶向下测试法	(259)
7.2.5	自底向上测试法	(261)
7.3	程序纠错	(262)
7.3.1	程序跟踪法	(263)
7.3.2	分析推理法	(263)
7.3.3	纠错原则	(264)
附录	MCS-51 单片机实用子程序库	(266)
参考文献		(344)

第一章 应用程序的设计步骤

单片机在智能仪器仪表、机电一体化产品和自动控制系统中应用愈来愈广,很多老式仪表设备在进行升级换代的改造中,都将采用单片机作为首选方案。单片机的优越性能使电路设计变得更简单,但代之而来的是程序设计任务变得比较繁重。掌握正确的程序设计步骤可以加快开发速度,减少返工时间,提高系统软件的质量。

1.1 设计任务书的编写

每个应用项目在正式动手进行设计前,应该认真进行目标分析,编写出设计任务书来。编写任务书时必须以用户的愿望为依据,最后必须得到用户的完全认可。如果项目设计者和用户不是同一经济单位,必须通过一定法律程序签订技术合同,将有关设计任务写进合同,以备将来项目验收时作为依据。由此可见,设计任务书必须尽可能详尽,指标必须明确。

设计任务书中填写有关技术指标的具体数据时要非常慎重。整个系统最终达到的技术指标是由各个环节共同作用后完成的。例如一个智能检测仪表,测试精度指标定为 0.05% ,表面上看,只要采用 12 位 A/D 转换器件就可以达到这个目标。其实不然,如果传感器的非线性、温漂等指标达不到这个水平,或者抗干扰措施不力,整个系统的指标是根本不能完成的,即使数字显示出足够多的位数,但它的低位数字跳跃不停,输出的高精度是虚假的。因此,必须通盘考虑之后,再定下各项技术指标,免得以后验收时无法通过。

一般情况下,技术指标达到某个限度之后,再提高一点点都是不容易的,为此可能要付出几倍的时间和经费。因此,当指标接近这个限度时(如国内先进水平或国际先进水平),必须充分作好技术力量和经济力量的准备。

任务书中除说明系统的各项具体技术指标外,还应对设备规模作出规定,这是硬件投资的主要依据。如主机机型、分机机型、需要哪些类型的传感器、配备哪些外部设备、操作台或操作面板的规格、执行单元的类型等等。如果内容较多,往往以附件的形式单独编写。

任务书中还应说明操作规范,整个系统的操作使用者是用户单位,因此,操作规范必须充分尊重用户的职业习惯,使用户感到方便顺手。操作规范越详尽越好,这是系统软件的设计基础,千万不可马虎了事。否则,将使软件设计进展不顺利,造成重大返工。如果操作规范内容较多,也应以附件的形式单独编写。

为了使设计任务书编写得合情合理(即在指定的期限内,不超出额定经费的前提下,能完成任务书中规定的各项指标),项目设计者必须是一个双重角色:一方面是计算机技术人员,懂得计算机的硬件设计和软件设计;另一方面又是一个系统操作者,懂得有关行业知识和基本的行业操作技能。因此,搞单片机应用开发的技术人员的知识面应尽可能广些,这样,才能在项目的开发初期做到胸中有数,编写的任务书也才能合情合理。如果项目开发者对所开发的项目还是门外汉,千万不可轻易签合同,必须先老老实实当一段时间“学徒”,真正掌握该行业的最基本知识和技能,才可以动手编写任务书。

1.2 硬件电路设计

一个项目定下来后,经过详细调查,编制出任务书,就进入正式研制阶段。从总体上来看,设计任务可分为硬件设计和软件设

计,这两者互相结合,不可分离。从时间上来看,硬件设计的绝大部分工作量是在最初阶段,到后期往往还要作一些修改。只要技术准备充分,硬件设计的大返工是较少的。软件设计的任务贯彻始终,到中后期基本上都是软件设计任务。随着集成电路技术的飞跃发展,各种功能很强的芯片不断出现,与软件相关的硬件电路的设计就变得愈来愈简单,在整个项目中占的比重逐渐减轻。

另一方面,修改硬件电路有一些固有不利因素,这就是周期长、不灵活、消耗原材料。要改动一次硬件设计,就要重新制电路板,安装元器件,调试电路。而软件的修改只要在开发系统上改动一些指令,重新固化 EPROM 即可,基本上不需要消耗原材料。因此,硬件电路设计要仔细推敲,尽可能通过集体论证来拍板定稿,从而避免硬件电路大返工。硬件电路大返工往往迫使软件设计也大返工,延误项目的开发进程。为使硬件设计尽可能合理,应注意以下几方面:

(一)尽可能采用功能强的芯片,以简化电路。功能强的芯片可以代替若干块普通芯片。随着生产工艺的提高,新型芯片的价格不断下降,并不一定比若干块普通芯片价格的总和高。

(二)留有余地。在设计硬件电路时,要考虑到将来修改、扩展的方便。因为很少有一锤定音的电路设计,如果现在不留余地,将来可能要为一点小小的修改或扩展而被迫进行全面返工。

(1)ROM 空间。目前 EPROM 容量越来越大,建议选用 2764 以上的 EPROM,它们都是 28 足,要升级很方便。而从 2732 到 2764 就得重新制电路板。

(2)RAM 空间。8051 内部 RAM 不多,当要增强软件数据处理功能时,往往觉得不足。如果系统配置了外部 RAM,建议多留一些空间。如选用 8155 作 I/O 接口,可以增加 256 字节 RAM。如果有大批数据处理任务,应配置足够的 RAM,如 6264、62256 等。随着软件设计水平的提高,往往只要改变或增加软件中的数据处理算法,就可以使系统功能提高很多(如加入一些专家系统),而系