

电类实验与实践系列教材



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

单片机实验与实践

付家才 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

电类实验与实践系列教材

TP368.1
231

单片机实验与实践

付家才 主编

赵金宪 杨庆江 副主编

唐降龙 主审

高等教育出版社

内容提要

本书是教育科学“十五”国家规划课题研究成果之一。

本书从实验、实践的角度出发,对单片机应用系统的设计方法、单片机开发系统、单片机实验等进行了详细的阐述,并给出了单片机应用实例和设计制作题选。

本书取材于实验、实践和现场经验,力求理论与实际相结合,内容深入浅出,图文并茂,实用性强。

本书既适用于本科、专科院校有关专业学生的单片机实验与实践技能训练,又可作为相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机实验与实践/付家才主编. —北京: 高等教育出版社, 2006. 3

ISBN 7-04-018666-7

I. 单… II. 付… III. 单片微型计算机-专业学校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 008909 号

策划编辑 李 慧 责任编辑 康兆华 封面设计 李卫青 责任绘图 尹文军
版式设计 张 岚 责任校对 王效珍 责任印制 孔 源

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	河北新华印刷一厂		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2006 年 3 月第 1 版
印 张	13	印 次	2006 年 3 月第 1 次印刷
字 数	240 000	定 价	16.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18666-00

前 言

根据本科院校应用型人才培养目标,为满足本科电类相关专业实验、实习和工程实践能力培养的需要,我们组织编写了一套电气方面的实验与实践系列教材,涵盖电工、电子、电机、电气控制、PLC、单片机等内容。

本套教材立足于本科应用型人才培养目标,适应社会发展的需要,提高学生的工程实践能力。本套教材既注重实验方法和过程的介绍,又对工业设计和过程做了具体介绍,成为通向现场的一座桥梁。本套教材有《电机实验与实践》、《电子实验与实践》、《电工实验与实践》、《电气控制实验与实践》、《单片机实验与实践》、《PLC实验与实践》6本书。

《单片机实验与实践》在编写上突出实践教学的特点,偏重实用性、趣味性,在注意提高学生学习兴趣的同时,也提高了学生的实践能力和创新能力。本书不受各种不同版本单片机理论教材的制约,以实验、实践教学为主,自成体系,内容上突出实验验证理论、理论与实践相结合的教学方法。全书共分5章。第1章介绍单片机应用系统设计方法;第2章介绍单片机开发系统;第3章介绍单片机实验;第4章介绍单片机应用实例;第5章介绍单片机设计制作题选。

本书由付家才教授主编,赵金宪、杨庆江任副主编。第1章、第2章由赵金宪编写,第3章由王振龙编写,第4章由杨庆江编写,第5章由胡丹编写。全书由付家才策划和统稿。

本书由哈尔滨工业大学唐降龙教授主审,在审阅过程中提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者
2005年10月

总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展的需要,满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索和建立我国高等学校应用型人才培养体系,全国高等学校教学研究中心(以下简称“教研中心”)在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,组织全国100余所培养应用型人才为主的高等院校,进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索,在高等院校应用型人才的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果,并在高等教育出版社的支持和配合下,推出了一批适应应用型人才需要的立体化教材,冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年11月,教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项,为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台,整体设计立项研究计划,明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现,组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组(亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组)。会后,教研中心组织了首批课题立项申报,有63所高校申报了近450项课题。2003年1月,在黑龙江工程学院进行了项目评审,经过课题领导小组严格的把关,确定了首批9项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003年3月至4月,各子课题相继召开了工作会议,交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题,确定了项目分工,并全面开始研究工作。计划先集中力量,用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是,“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才探索与实践成果的基础上,紧密结合经济全球化时代高校应用型人才工作的实际需要,努力实践,大胆创新,采取边研究、边探索、边实践的方式,推进高校应用型人才工作,突出重点目标,并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础,作为体现教学内容

和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才培养体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作所面临的十分重要的任务。因此,在课题研究过程中,各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果,并和教学实际结合起来,认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革,组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师,编写出一批以公共基础课和专业基础课、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案,以满足高等学校应用型人才培养的需要。

我们相信,随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入,特别是随着教育部“高等学校教学质量和教学改革工程”的启动和实施,具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

2003年4月

目 录

第1章 单片机应用系统设计方法	1
1.1 系统设计基础	1
1.1.1 设计内容	1
1.1.2 单片机应用系统的设计过程	2
1.1.3 硬件设计	5
1.1.4 软件设计	6
1.1.5 抗干扰设计	6
1.2 接口扩展设计	8
1.2.1 接口扩展概述	8
1.2.2 I/O口扩展设计	9
1.3 程序设计	19
1.3.1 程序设计概述	19
1.3.2 程序设计举例	20
小结	24
习题一	24
第2章 单片机开发系统	26
2.1 Lab2000 系列实验与开发系统	26
2.1.1 Lab2000 系列实验与开发系统的组成	26
2.1.2 伟福实验系统的支持软件	35
2.1.3 主要技术特性	35
2.1.4 提供的基本实验	36
2.1.5 板上仿真器的使用方法	37
2.1.6 脱机仿真	40
2.2 TSC 系列实验与开发系统	43
2.2.1 TSC - 51/196 实验与开发系统的组成	43
2.2.2 硬件技术特性	51
2.2.3 TMSD 技术特性	51
2.2.4 提供对 MCS - 51 的基本实验	52
2.2.5 提供对 MCS - 196 的基本实验	53
2.2.6 仿真功能	53
2.2.7 键盘操作方法	53

2.3 DICE - 51A 实验与开发系统	59
2.3.1 主要技术参数	59
2.3.2 软件技术特性	60
2.4 仿真器	60
2.4.1 仿真器的种类	60
2.4.2 仿真器的选择	61
2.4.3 伟福仿真器简介	63
小结	78
习题二	78
第3章 单片机实验	80
3.1 软件实验	80
3.1.1 数据传送	80
3.1.2 数据排序	81
3.1.3 多字节加法程序设计	82
3.1.4 乘法程序设计	82
3.1.5 二进制码到 BCD 码转换实验	84
3.2 硬件实验	84
3.2.1 P1 口控制	84
3.2.2 8255 口控制	86
3.2.3 简单 I/O 实验	88
3.2.4 ADC0809 A/D 转换实验	89
3.2.5 DAC0832 D/A 转换实验	91
3.2.6 键盘显示实验	93
3.2.7 电子音响实验	95
3.2.8 继电器控制实验	97
3.2.9 步进电机控制实验	97
3.2.10 小型直流电机转速控制实验	99
3.2.11 数据转换实验	100
3.2.12 单片机串行口通信实验	102
3.2.13 定时器应用实验	103
3.2.14 外部中断实验	105
3.2.15 温度测量与显示实验	106
3.3 综合性实验	109
3.3.1 PWM 电压转换实验	109
3.3.2 并行 I/O 口的应用	110
3.3.3 LED 点阵块显示实验	111
3.3.4 空调控制实验	115

3.3.5 计算器实验	116
3.3.6 液晶显示控制实验	119
3.3.7 FlashRom 读/写实验	121
小结	123
习题三	123
第4章 单片机应用实例	125
4.1 万年历的设计	125
4.1.1 产品分类及性能特点	125
4.1.2 SD2000 和 SD2001 系列产品的工作原理	127
4.1.3 SD2001 系列产品的典型应用	132
4.2 数字温度控制器的设计	132
4.2.1 系统任务	132
4.2.2 主要硬件电路设计	132
4.2.3 软件设计	136
4.2.4 系统功能	143
4.3 语音接口技术	144
4.3.1 语音芯片	144
4.3.2 语音芯片与单片机接口	146
4.4 LCD 显示接口技术	149
4.4.1 图形点阵式 LCD 显示器模块	149
4.4.2 显示器模块的部件	150
4.4.3 显示器模块的外部接口功能	151
4.4.4 AT89C51 和 LCD 显示器模块的接口	153
4.5 PC 串行通信技术	158
4.5.1 串行通信的电路结构和原理	158
4.5.2 串行通信的软件	159
4.6 通用数据采集与处理系统	162
4.6.1 通用数据采集与处理系统的主要功能	162
4.6.2 系统配置与硬件组成	163
4.6.3 应用软件分类	165
4.6.4 应用程序的功能说明	165
4.6.5 主要程序	168
4.7 带串行接口的多位译码/驱动器	171
4.7.1 MAX7219 的性能特点	171
4.7.2 MAX7219 的工作原理	172
4.7.3 MAX7219 的典型应用及多片级联方法	174
4.7.4 示例程序	175

小结	177
习题四	177
第 5 章 设计制作题选	179
5.1 波形产生及变换	179
5.2 测量电路	182
5.3 电源及报警类	185
5.4 控制器电路	187
5.5 显示器及计时器	190
5.6 数据采集	193
参考文献	196

第 1 章

单片机应用系统设计方法

1.1 系统设计基础

1.1.1 设计内容

单片机应用系统是以单片机为核心,配以适当的外围电路和软件,能实现一种或数种功能的应用系统。它由硬件系统和软件系统两部分组成。硬件系统是指单片机以及在其基础上扩展的存储器、外围设备和接口电路等,是整个系统的物理基础;软件系统则是在硬件系统的基础之上,为完成应用系统所要完成的任务而编写的监控程序和各种应用程序。单片机应用系统设计的主要内容包括硬件设计、软件设计、抗干扰设计等几个方面。

1. 硬件设计

硬件设计主要包括两部分内容。一是单片机系统及其扩展部分的设计,它包括单片机及外围电路、存储器和接口的扩展,存储器的扩展是指程序存储器和数据存储器的扩展,接口的扩展是指 8155、8255 以及其他功能器件的扩展;二是各功能模块的设计,如输入测量功能模块、输出控制功能模块、人-机对话功能模块、通信功能模块及键盘、显示器、打印机等外围设备。

在系统的硬件设计中,应注意以下几个方面的问题。

(1) 尽可能选择标准化、模块化的典型电路,提高系统的灵活性。

(2) 尽可能选择功能强、集成度高、标准化的集成电路芯片,提高系统的可靠性,降低制作成本。

(3) 选择通用性强、市场货源充足的元器件,增强系统的可维护性。

(4) 在系统设计中,应留有一定的余量,尤其是在进行存储器扩展和 I/O 接口扩展时,为后期系统的升级和维护打下基础。

(5) 在系统设计的工艺上,要考虑整个系统的安装、调试和维护的方便性。

(6) 在硬件系统设计中,还要针对系统运行的可靠性,在硬件上考虑系统的抗干扰设计。

2. 软件设计

软件系统和硬件系统是相辅相成的,在设计过程中应统一考虑,相互配合。软件设计包括应用程序设计和监控程序设计两部分。应用程序主要完成检测、运算、控制、输出等功能。监控程序主要完成系统运行状态的监视、各功能模块间的协调与统一等功能。

在系统的软件设计中,应注意以下几个方面的问题。

(1) 采用模块化设计方法,将系统软件分成若干相对独立的部分,各功能程序实行模块化、子程序化,使软件总体结构清晰、简洁,流程合理,既便于调试、链接,又便于修改。

(2) 合理分配系统资源,包括存储器、定时器/计数器、中断源等。

(3) 在编写程序的过程中,应养成添加注释的习惯,提高程序的可读性。

(4) 在软件设计中也要进行抗干扰程序设计,增强系统工作的可靠性。

3. 系统抗干扰设计

单片机系统的可靠性是由多种因素决定的,其中系统的抗干扰性能是系统可靠性的重要指标。随着单片机在工业测控中的应用愈来愈广泛,系统的可靠性逐渐成为人们关注的一个重要课题。因此,抗干扰设计是单片机应用系统设计中不可忽视的一项重要内容。

1.1.2 单片机应用系统的设计过程

设计一个单片机应用系统通常需要经过以下几个步骤。

(1) 系统功能要求的确定及方案调研。

(2) 可行性分析。

(3) 系统总体方案设计。

(4) 确定系统软件、硬件功能。

(5) 系统详细设计与制作。

(6) 系统调试与修改。

(7) 制作正式系统或产品。

各阶段的详细工作内容如图 1.1 所示。

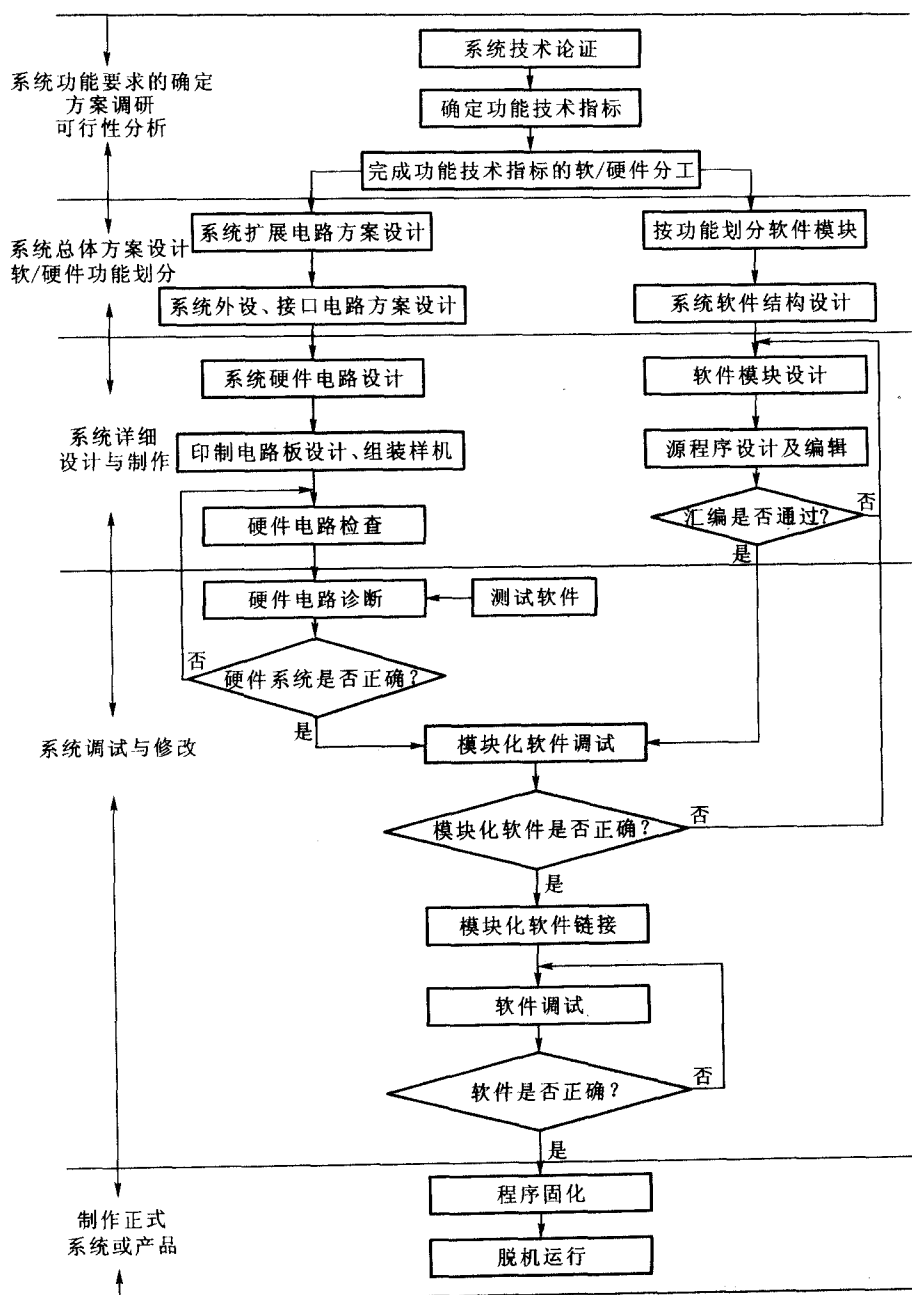


图 1.1 单片机应用系统开发流程图

(1) 系统功能要求的确定及方案调研

在确定设计课题后,首先需要进行系统功能要求的确定,其次是了解用户关于拟开发应用系统的设计目标和技术指标。方案调研包括查找资料、分析研究,需要解决以下问题。

① 了解国内外同类系统的开发水平、开发设备及所用元器件的发展水平、供应状况,充分了解课题的技术要求和当前环境状况、技术水平,以确定课题的技术难度。

② 了解目前的硬件、软件技术。

③ 掌握硬件、软件技术难度,明确技术主攻方向。

④ 综合考虑软件、硬件分工与配合方案。

(2) 可行性分析

可行性分析的目的是对系统开发与研制工作的必要性及可行性做出正确的判定,根据这一判定来决定系统的开发与研制工作是否有必要进行下去。

可行性分析通常从以下几个方面进行论证。

① 市场或用户的需求情况。

② 经济效益和社会效益。

③ 技术水平与开发环境。

④ 市场竞争力与生命力。

(3) 系统总体方案设计

系统总体方案设计主要依据用户或市场的需求以及系统应用环境状况、关键技术支持等,设计系统功能、结构及其实现方法。

(4) 确定系统软件、硬件功能

系统功能设计包括系统总体目标功能的确定及系统软件、硬件模块功能的划分与协调。系统结构设计是根据系统软件、硬件功能模块的划分及其协调关系,确定系统软件结构和硬件结构。软件结构设计的主要任务是确定系统软件功能模块的划分及各功能模块程序的实现方法。硬件结构设计的主要内容包括单片机系统扩展方案和外设的配置及其接口电路方案。

(5) 系统详细设计与制作

系统详细设计与制作就是将上述系统方案付诸实施,将硬件设计图用实际的元器件转化成具体电路,并制作成印制电路板,将软件流程图用程序加以实现。

(6) 系统调试与修改

系统调试过程中可以发现系统设计中所存在的问题和错误,并根据设计任务和调试结果及时进行修改。因此,系统调试的任务就是检测所设计的系统的正确性与可靠性。调试和修改的过程可能需要反复多次,最终满足设计任务的

要求。

(7) 制作正式系统或产品

系统调试完成后,即可将程序固化到程序存储器中,将整个系统进行装机调试,最后实现脱机运行。脱机运行正常后,整理形成完整的技术资料,即可生成正式系统。

1.1.3 硬件设计

单片机应用系统的硬件设计根据系统的总体功能要求,设计全部功能所需要的所有硬件电气原理图,主要包括单片机及其功能扩展和外部设备配置、接口等部分的设计。硬件设计包括以下几个部分。

1. 单片机选型

随着电子工艺及计算机技术的发展,单片机的发展也十分迅速。目前世界上单片机的生产厂商有几十家,单片机的种类有上千种,其中应用比较多的产品有: Intel 公司的 MCS - 48、MCS - 51、MCS - 96, Philips 公司的 Philips 51 及 LPC51 系列, ATMEL 公司的 89 系列, Microchip 公司的 PIC16 系列, Motorola 公司的 M68HC 系列, 等等。在选择单片机类型时,需要考虑以下几方面的问题。

所选单片机在国内元器件市场上货源稳定、充足,并且要有成熟的开发设备;系统的性价比要高,即在保证单片机性能指标的前提下,价格要尽可能地低,使系统有较高的性价比。

应考虑采用开发人员都比较熟悉的单片机,这样可以大大缩短应用系统的开发周期。

2. 存储器选择

若所选择的单片机没有片内程序存储器或存储容量不够,则需要外部扩展程序存储器。通常选用 EPROM (Electrically Programmable Read-Only Memory, 电可编程只读存储器) 或 EEPROM (Electrically Erasable and Programmable Read-Only Memory, 电可擦可编程只读存储器)。EPROM 的集成度高、价格便宜,而 EEPROM 编程更方便,在价格与成本这两方面可综合考虑。当单片机内部的数据存储器容量不足时,需要扩展外部数据存储器。在扩展数据存储器时应注意避免盲目地扩大存储器容量,建议在满足容量要求时,使用大容量的存储芯片,以减少芯片数目。

3. 输入/输出接口

输入/输出 (Input/Output, I/O) 接口可分为并行接口、串行接口、A/D 接口、D/A 接口等。根据系统的要求,可在单片机本身不能满足要求时,对其进行扩展。

4. 译码电路

译码电路是外部扩展电路时所必需的,译码电路应尽可能简单,要合理分配存储空间,适当选择译码方式。译码电路可以采用常规的门电路、译码器,也可以通过只读存储器与可编程门阵列来实现。

5. 总线驱动器

由于单片机负载能力有限,比如,MCS-51系列单片机的P0口驱动8个TTL门电路,P2口驱动4个TTL门电路,因此,当单片机外部扩展器件较多、负载过重时,就要考虑设计总线驱动器,以提高单片机的驱动能力。P0口应使用双向数据总线驱动器,P2口可使用单向数据总线驱动器。

6. 抗干扰电路

针对不同的干扰源,应设计抗干扰电路。对于电源干扰,可在系统弱电部分的电源入口对地跨接一个有极性电容(约100 μF)与一个无极性小电容(约0.1 μF),在系统内部芯片的电源端对地跨接一个小电容(0.01 μF ~0.1 μF)。可采用隔离放大器、光电隔离器件来抗共地干扰,采用差分放大器抗共模干扰,采用平滑滤波器抗白噪声干扰,采用屏蔽手段抗辐射干扰,等等。

1.1.4 软件设计

单片机应用系统是一个整体,在进行应用系统总体设计时,软件设计和硬件设计应统一考虑,当系统的硬件电路设计定型后,软件的任务也就明确了。因此,在进行硬件电路设计时,就可以开始考虑软件设计。应根据应用系统的特点,首先确定程序设计技术,常用的技术有结构化程序设计、模块化程序设计。在单片机应用系统中应用较多的是模块化程序设计。模块化程序设计的思想是将程序分成若干个功能模块,分别进行设计,最后将各个模块连接成完整的程序。

1.1.5 抗干扰设计

系统的抗干扰性能是衡量系统可靠性的重要指标,其设计的好坏直接影响着系统的运行性能。单片机系统中的干扰源主要有三种:电磁干扰,通过电磁波辐射串入系统;输入/输出(I/O)通道干扰,通过I/O通道进入系统;供电系统干扰,从电源供电回路进入系统。

1. 硬件抗干扰措施

(1) 电磁干扰的抑制措施

电磁干扰可通过屏蔽和接地的措施加以抑制。用金属外壳或金属屏蔽罩将整机或部分元器件包围起来,再将金属外壳接地,就可起到屏蔽的作用。系统中的数字地、模拟地、交流地、信号地、屏蔽地等不同性质的地要相互分开。在印制电路板的制作过程中也要充分考虑抗干扰措施。

(2) 输入/输出通道干扰的抑制措施

对于输入/输出通道干扰,可采用隔离变压器、光电耦合器、继电器和隔离放大器等隔离器件对输入/输出通道进行隔离,或采取滤波技术加以抑制。

(3) 供电系统干扰的抑制措施

采取独立电源技术,即将单片机系统的供电线路与其他用电设备分开供电;将单片机系统的电源通过低通滤波器和隔离变压器接入电网。低通滤波器可以吸收电网中的尖峰干扰,隔离变压器可利用内部的屏蔽层防止干扰通过变压器的一次和二次线圈之间的电容效应进入单片机供电系统;整流元件上并接 $1\ 000\ \text{pF} \sim 0.01\ \mu\text{F}$ 的无感瓷片电容进行滤波,可大大削弱电源中的高频干扰;设计高质量的稳压电路,减小输出直流电压上的纹波。

数字信号采用负逻辑传输,可以减少干扰所引起的误操作,提高传输的可靠性。

2. 软件抗干扰措施

为了提高单片机系统工作的可靠性,还需要借助于软件措施来克服某些干扰。对于数字 I/O 通道上的干扰,可采用重复采集、多次输出同一数据的方法来加以消除;对于模拟输入通道上的干扰,可采用数字滤波的方法来加以消除。对于 CPU 的干扰,可采用指令冗余、软件“看门狗”和软件陷阱等方法。

(1) 指令冗余

当 CPU 受到干扰后,往往将一些操作数错误地当作指令来执行,引起程序混乱。当程序跑飞到某一单字节指令时,便自动纳入正轨。若遇到某一双字节或三字节指令时,有可能落到其操作数上,从而继续出错。因此,可以在关键之处人为地插入一些单字节指令(如 NOP)或将有效单字节指令重复书写,这就是指令冗余。

在一些对程序流向起决定性作用或对系统工作状态起重要作用的指令之前插入几条 NOP 指令,可保证其后的指令不被拆散,从而保证跑飞的程序迅速纳入正轨。指令冗余技术可以减少程序跑飞的次数,但不能保证在程序失控期间不产生错误,也不能保证程序进入正轨后完全正确。要解决这个问题,必须采用软件容错技术。

(2) 软件“看门狗”

为了简化硬件电路,有时也可以使用软件作为“看门狗”,用一个定时器做“看门狗”,将该定时器的溢出中断优先级设定为最高。当“看门狗”启动后,主程序必须在一定时间内(小于定时器初值)重新给定时器赋初值,因此在程序正常运行时,该定时器不会产生溢出中断。当程序进入死循环后,由于定时器不能接收到新的初值,当到达定时时间时就会产生中断信号,使程序转入中断子程序,利用软件方法使系统复位,从而退出死循环。