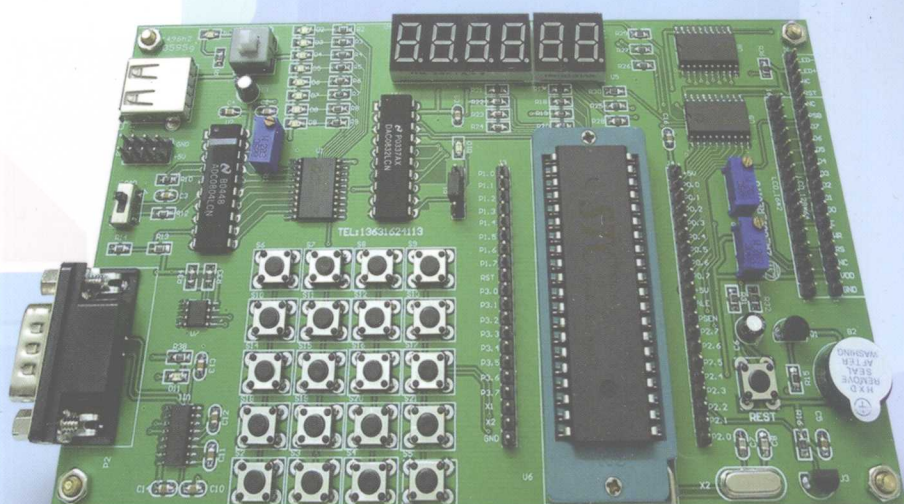


全国信息技术人才培养工程指定培训教材
硬件工程师职业教育系列教程

信息产业部电子教育与考试中心 组编
王庆利 袁建敏 主编



单片机设计案例实践教程

DIANPIANJI SHEJI ANLI SHIJIAN JIAOCHENG



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

全国信息技术人才培养工程指定培训教材

硬件工程师职业教育系列教程

单片机设计案例实践教学

信息产业部电子教育与考试中心 组编

王庆利 袁建敏 主编

北京邮电大学出版社

·北京·

内 容 简 介

本书是“全国信息技术人才培养工程——硬件工程师职业教育项目”的配套教材。

本书作为《单片机设计标准教程》一书的实验配套教程,一方面强化和实践化了《单片机设计标准教程》一书的理论、知识点和设计思想,另一方面结合了当前电子工程项目中对单片机开发工程师的要求,从单片机几大应用领域中精心挑选和设计出了当前应用比较广泛的机电控制、工业控制、温度和家电控制、汽车电子、消费电子领域五个经典项目案例,从不同角度演绎了单片机,尤其是 51 单片机和 AVR 单片机的设计思想、方法和经验,同时把目前业内工程项目开发的一些思想融会于其中。全书共分 6 章,内容包括做个优秀的单片机开发工程师、步进电机的控制、基于 DS18B20 数字温度传感器的温度控制系统的设计、基于时钟芯片 PCF8563 的带闹铃的电子万年历设计、基于 CAN 总线控制器 SJA1000 的电动汽车电机控制器数据采集节点设计和基于语音芯片 ISD4003 的公交报站器设计。

本项目案例本着理论和实际应用相结合的原则,注重对设计思想和技巧经验的把握,同时强调对工程概念的理解,可以作为单片机系统开发人员和高校自动化、电子、计算机、精仪、机械等相关专业在校学生的单片机实验教材,也可以作为单片机系统开发人员和电子设计爱好者的参考书和自学资料。

图书在版编目(CIP)数据

单片机设计案例实践教程/王庆利,袁建敏主编. —北京:北京邮电大学出版社,2008

ISBN 978-7-5635-1767-1

I. 单… II. ①王…②袁… III. 单片微型计算机—职业教育—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 076124 号

书 名: 单片机设计案例实践教程
组 编: 信息产业部电子教育与考试中心
主 编: 王庆利 袁建敏
责任编辑: 李欣一
出版发行: 北京邮电大学出版社
社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)
发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578
E-mail: publish@bupt.edu.cn
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京忠信诚胶印厂
开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张: 11.25
字 数: 266 千字
印 数: 1—5 000 册
版 次: 2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1767-1

定 价: 24.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

序 言

当今世界,随着信息技术在经济社会各领域不断深化的应用,信息技术对生产力以至于人类文明发展的巨大作用越来越明显。党的“十七大”提出要“全面认识工业化、信息化、城镇化、市场化、国际化深入发展的新形势新任务”,“发展现代产业体系,大力推进信息化与工业化融合”,明确了信息化的发展趋势,首次鲜明地提出了信息化与工业化融合发展的崭新命题,赋予了我国信息化全新的历史使命。近年来,日新月异的信息技术呈现出新的发展趋势,信息技术与其他技术的结合更加紧密,信息技术应用的深度、广度和专业化程度不断提高。

我国的信息产业作为国民经济的支柱产业正面临着有利的国际、国内形势,电子信息产业的规模总量已进入世界大国行列。但是我们也清楚地认识到,与国际先进水平相比,我们在产业结构、核心技术、管理水平、综合效益、普及程度等方面,还存在较大差距,缺乏创新能力与核心竞争力,“大”而不强。国际国内形势的发展,要求信息产业不仅要做大,而且要做强,要从制造大国向制造强国转变,这是信息产业今后的重点工作。要实现这一转变,人才是基础。机遇难得,人才更难得,要抓住 21 世纪头二十年的重要战略机遇期,加快信息行业发展,关键在于培养和使用好人才资源。《中共中央、国务院关于进一步加强人才工作的决定》指出,人才问题是关系党和国家事业发展的关键问题,人才资源已成为最重要的战略资源,人才在综合国力竞争中越来越具有决定性意义。

为抓住机遇,迎接挑战,实施人才强业战略,信息产业部启动了“全国信息技术人才培养工程”。该项工程旨在通过政府政策引导,充分发挥全行业和社会教育培训资源的作用,建立规范的信息技术教育培训体系、科学的培训课程体系、严谨的信息技术人才评测服务体系,培养造就大批行业急需的、结构合理的高素质信息技术应用型人才,以促进信息产业持续快速协调健康发展。

由各方专家依据信息产业对技术人才素质与能力的需求,在充分吸取国

内外先进信息技术培训课程优点的基础上,信息产业部电子教育与考试中心精心组织编写了信息技术系列培训教材。这些教材注重提升信息技术人才分析问题和解决问题的能力,对各层次信息技术人才的培养工作具有现实的指导意义。我们谨向参与本系列教材规划、组织、编写同志们致以诚挚的感谢,并希望该系列教材在全国信息技术人才培养工作中发挥有益的作用。

信息产业部电子教育与考试中心

前 言

为开展实用高效的计算机硬件职业教育,打造高素质、实用型复合人才,信息产业部电子教育与考试中心启动了“硬件工程师职业教育项目”。该项目对象为具有一定的单片机基础知识、电子电路基础知识和英语基础,大专或大专以上学历,立志于从事工业控制、汽车电子、家用电器、消费电子、楼宇自动化等产品的研发、技术支持或维护工作的学生和在职人员。

本书作为《单片机设计标准教程》的实验配套教材,一方面强化和实践化了《单片机设计标准教程》一书的理论、知识点和设计思想,另一方面结合了当前电子工程项目中对单片机开发工程师的要求,从单片机几大应用领域中精心挑选和设计出了当前应用比较广泛的机电控制、工业控制、温度和家电控制、汽车电子、消费电子领域五个经典项目案例,从不同角度演绎了单片机,尤其是 51 单片机和 AVR 单片机的设计思想、方法和经验,同时把目前业内工程项目开发的一些思想融会于其中。全书共分 6 章,主要内容包括:

(1) 做个优秀的单片机开发工程师,讲述了从具有一定单片机软硬件开发能力的电子爱好者到工程项目中合格的单片机开发工程师之间的差距,给读者一个明确的努力方向,强化了工程概念,而后对项目开发中通用的项目开发流程和项目文档的写作进行了指导;

(2) 步进电机的控制,讲述了步进电机的特点、分类、结构、参数、控制和驱动方法等内容,并分别通过 51 单片机和 AVR 单片机实现控制;

(3) 基于 DS18B20 数字温度传感器的温度控制系统的设计,讲述了 DS18B20 的特点、结构、控制和操作时序,以及接口设计等内容,并介绍了基于它的温度控制系统的软硬件设计;

(4) 基于时钟芯片 PCF8563 的带闹铃的电子万年历设计,内容包括 PCF8563 的特点、结构、控制方法和电子万年历的软硬件设计;

(5) 基于 CAN 总线控制器 SJA1000 的电动汽车电机控制器数据采集节点的设计,讲述了 CAN 总线的特点、报文结构、总线操作和独立 CAN 总线控制器 SJA1000 的特点、结构、寄存器、控制和接口方法,最后介绍了电动汽车电机控制器节点的 CAN 总线通信软硬件设计;

(6) 基于语音芯片 ISD4003 的公交车报站器的设计,介绍了公交报站器的工作原理,阐述了 ISD4003 语音芯片的特点及其公交报站器中的应用方法,介绍了语音控制电路的软硬件设计。

本书内容由浅入深、层次分明,文字以条目形式出现。逻辑上结构清晰、论理确切,便于自学。全书图文并茂,避免了术语晦涩难懂,它可以作为理工科机电类专业学生相应课程的实验教材,也可以作为单片机开发人员和电子设计爱好者的参考书和自学教材。

本书由王庆利和袁建敏老师编写,并特别感谢北京动力时代资讯有限公司给予的大力支持。

由于编者水平有限,书中难免存在错误及不妥之处,敬请读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

第 1 章 做个优秀的单片机开发工程师

1.1 从电子爱好者到优秀单片机开发工程师	2
1.2 业内通用单片机项目开发方法和流程	4
1.3 项目技术文档写作规范	6

第 2 章 步进电机的控制

2.1 项目来源和需求分析	13
2.2 步进电机介绍	13
2.2.1 步进电机的特点	14
2.2.2 步进电机的分类	14
2.2.3 步进电机的结构	15
2.2.4 步进电机的主要参数	16
2.2.5 两相步进电机的控制设计	17
2.2.6 步进电机的驱动设计	19
2.2.7 其他步进电机介绍	21
2.3 51 单片机实现对步进电机的控制	22
2.3.1 系统总体设计	22
2.3.2 硬件设计	23
2.3.3 软件设计	25
2.3.4 项目收尾	32
2.4 Mega48 单片机实现对步进电机的控制	32

第 3 章 基于 DS18B20 数字温度传感器的温度控制系统设计

3.1 一线式数字温度计 DS18B20 的介绍及使用	41
3.1.1 DS18B20 概述	41
3.1.2 DS18B20 内部结构	42
3.1.3 DS18B20 内部存储器	44
3.1.4 DS18B20 控制流程	45
3.1.5 DS18B20 寄生电源供电方式电路连接和操作时序	48
3.1.6 DS18B20 与单片机的典型接口和程序设计	51

3.1.7 DS18B20 使用中的注意事项	56
3.2 温度控制系统的软硬件设计	56
3.2.1 系统硬件设计	57
3.2.2 系统软件设计	59

第4章 基于时钟芯片 PCF8563 的带闹铃的电子万年历设计

4.1 PCF8563 介绍	72
4.1.1 PCF8563 概述	72
4.1.2 PCF8563 的内部结构	73
4.1.3 PCF8563 的功能模块	74
4.1.4 PCF8563 的寄存器	75
4.1.5 PCF8563 的其他设置	80
4.1.6 PCF8563 的典型应用电路连接	81
4.2 电子万年历的软硬件设计	82
4.2.1 系统硬件设计	82
4.2.2 系统软件设计	84

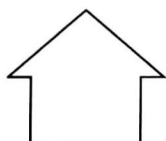
第5章 基于 CAN 总线控制器 SJA1000 的电动汽车电机控制器数据采集节点设计

5.1 CAN 总线相关知识介绍	112
5.1.1 CAN 总线的产生与特点	112
5.1.2 CAN 总线的报文格式	113
5.1.3 CAN 典型网络	113
5.1.4 CAN 总线的操作	114
5.2 独立的 CAN 总线控制器 SJA1000 介绍	114
5.2.1 SJA1000 的特点和结构	115
5.2.2 SJA1000 的管脚定义	116
5.2.3 SJA1000 的典型应用电路	117
5.2.4 SJA1000 的寄存器	119
5.3 51 单片机对 SJA1000 的操作	130
5.4 电动汽车电机控制器节点的 CAN 总线通信设计	134
5.4.1 电动汽车背景资料介绍	135
5.4.2 系统硬件设计	136
5.4.3 系统软件设计	138

第6章 基于语音芯片 ISD4003 的公交车报站器设计

6.1 语音芯片 ISD4003 介绍及其控制	143
6.1.1 ISD4000 系列语音芯片介绍	143
6.1.2 ISD4003 芯片特点及引脚介绍	144

6.1.3 ISD4003 的控制	146
6.2 语音报站器的软硬件设计	148
6.2.1 语音报站器的功能描述	149
6.2.2 语音报站器的硬件设计	149
6.2.3 语音报站器的软件设计	152
参考文献	170



第 1 章

做个优秀的单片机开发工程师

概述

能够针对单片机或硬件电路的某一功能进行设计只能算是对单片机有一定理解和运用能力,但是与工程项目中对单片机开发工程师的要求差距还有很大。弥补这些差距不是一朝一夕的事,一方面需要正确的引导和启发,另一方面需要读者刻苦钻研,不断积累技能和经验。为了正确引导和启发读者尽快从一个电子爱好者过渡到一个优秀的单片机开发工程师,本书安排了几个简单的工程项目案例,通过对它们的学习使读者的技术、经验和知识综合运用能力有所提高,另外本章还介绍了工程项目的开发方法和流程,强化了读者的工程方法和概念,同时对于容易被读者忽略的项目文档的写作也作了概述。本章作为从理论知识到工程项目开发的过渡,依次讲述了电子爱好者和优秀单片机开发工程师的主要差距,使读者对自己的努力目标有一个清晰的认识。同时针对电子爱好者对工程项目开发方法的认识不足讲述了业内单片机项目开发方法和流程,另外还对项目开发中技术文档的写作作了概述。

学习目标

- ❖ 理解工程相关概念
- ❖ 理解优秀工程师需要掌握的知识、技术和技能
- ❖ 理解和掌握业内单片机项目开发方法和流程
- ❖ 理解和掌握常用项目相关文档的写作方法

本章重点

- ❖ 理解工程相关概念
- ❖ 理解优秀工程师需要掌握的知识、技术和技能
- ❖ 理解和掌握业内单片机项目开发方法和流程
- ❖ 理解和掌握常用项目相关文档的写作方法

本章难点

- ❖ 理解优秀工程师需要掌握的知识、技术和技能
- ❖ 理解和掌握业内单片机项目开发方法和流程

1.1 从电子爱好者到优秀单片机开发工程师

【概述】

本节讲述了电子爱好者和优秀单片机开发工程师之间的主要差距,并提出了相应的解决方法,也指出了本书的写作目的和组织结构。

【学习目标】

理解工程相关概念

理解电子爱好者和优秀单片机开发工程师之间的主要差距

理解优秀工程师需要掌握的知识、技术和技能

【本节重点】

理解工程相关概念

理解电子爱好者和优秀单片机开发工程师之间的主要差距

理解优秀工程师需要掌握的知识、技术和技能

【本节难点】

理解工程相关概念

理解电子爱好者和优秀单片机开发工程师之间的主要差距

理解优秀工程师需要掌握的知识、技术和技能

读者在学习 51 单片机和 AVR 等单片机的原理和应用时,接触的开发设计比较多的是针对于单片机及硬件电路某一方面或某一功能的设计,比如针对于串口设备的通信设计、功率驱动电路的设计等,总的来说都比较简单,只需要某一或某几个领域的知识即可完成。但是这并不是我们的最终目的,我们的最终目的是要成为一个优秀单片机开发工程师,需要投身到工业控制、汽车电子、家电控制等领域真正的工程项目中去。这些工程项目对单片机开发工程师的要求与刚学习完单片机原理和应用的电子爱好者有很明显的差距,这些差距主要表现在以下 3 个方面。

(1) 开发设计技术水平的差距

电子爱好者对单片机原理和应用有一定理解,能针对单片机的某一方面或某一单一功能进行设计开发,能够进行一定的软硬件设计。但是让他们去开发一个工程项目的时候,往往力不从心,掌握的技能难以应对复杂的工程项目开发。同时也缺乏知识整合、运用和综合设计的技能,而且项目开发和调试经验也是他们的一项重要缺陷。

(2) 对工程开发方法和流程的理解和运用的差距

电子爱好者在开始开发工程项目的时候往往表现出来一种无从下手或者随心所欲之

类的极端状态。究其原因主要是因为他们掌握的都是一一个个知识点,就像一盘散沙。在设计某一功能的时候一般还比较有思路,但是面对一个庞大的工程项目,就很难有一个清晰的思路和一种全局的视野。这时候他们要么就理不清脉络无从下手,要么就拼凑一些思路,无总体设计思想就盲目开始开发。这些都是不良的开发习惯,是需要从一开始就杜绝的。真正的工程项目开发是有着一套严格的项目设计和开发流程的,只有按照工程管理的理念去设计开发才能保证项目的开发进度、周期、质量、可维护性和人员调度的合理性,不是想怎么做就怎么做的。

(3) 对工程概念理解的差距

电子爱好者在开发工程项目时,往往比较看重系统的功能实现,只要功能能够达到就算完成了。实则不然,功能实现只是工程项目开发中的一个重要部分,还有很多需要关注的问题。这些问题如下。

- **成本控制:**有时候在设计产品的时候,因为某些元器件的价格超出预算,就要重新选型,有时候甚至通过复杂的软硬件实现来达到节省元器件的目的。比如在控制直流电机的时候,有时候为了节省现成的集成驱动芯片,就会用4个MOSFET来自行搭H桥,再通过软件来分别控制达到集成驱动芯片的效果。
- **抗干扰设计:**功能达到只代表系统在特定的条件下能够运行,但是却不能保证在其他条件下也能正常运行。比如在开发汽车电子很多系统的时候,有时候在实验室反复测试都没有问题的系统,一装车测试就不稳定,或者干脆不能运行,这是因为汽车是一个非常大的干扰源,发动机等设备都会产生巨大的电磁干扰,所以这也是为什么通常一个芯片会分为消费品级、工业级、汽车级和军品级的原因。
- **功耗控制:**做成产品要非常注意对功耗的控制,尤其对于靠电池供电的设备,设计的时候要充分考虑到设备长期稳定运行的情况。
- **系统稳定性和安全性保证:**作为产品要充分考虑到系统的稳定性和安全性,要预测到产品所有可能的使用情况,比如设备在突然断电时候对数据的保存、操作错误的处理、程序保密性工作等。

工程概念所涉及的问题还有很多,由于篇幅限制在此不多讲。

综合以上内容我们不难发现,从一个电子爱好者到一个优秀单片机开发工程师还有很多路要走,一方面要不断地积累知识、技术和经验,另一方面要不断地贴近工程,强化工程概念和工程方法,把两方面不断地积累和融合才能达到优秀工程师的境界。

针对以上提出的优秀单片机开发工程师和电子爱好者的三方面差距——开发设计技术水平的差距、对工程开发方法与流程理解和运用的差距及对工程概念理解的差距,本书讲述了几个简单的工程项目来帮助读者增强知识的综合运用能力和开发设计水平,通过本章下面将要讲到的单片机系统项目开发方法和流程及每个项目中的具体运用来强化读者对工程开发方法和流程的理解和运用,而针对于对工程概念理解,则需要不断地在项目开发中学习和积累经验,而本书也在讲述每个项目案例的时候也把这些概念渗透进去了,相信会对读者有所启发。

1.2 业内通用单片机项目开发方法和流程

【概述】

本节讲述了业内通用的单片机项目开发方法和流程,作为读者开发项目时候的依据和参考。

【学习目标】

理解和掌握业内单片机项目开发方法和流程

【本节重点】

理解和掌握业内单片机项目开发方法和流程

【本节难点】

理解和掌握业内单片机项目开发方法和流程

开发任何一个计算机控制系统都要遵循一定的开发流程,否则系统的开发时间和结果都是不可控的。业内有一套广泛被认可的系统开发流程,遵循此流程来设计开发系统能很好地实现项目管理。其开发流程概括起来可分为以下 10 个步骤。

1. 系统分析和架构设计

- 根据用户提出的功能要求进行需求分析,拟出系统开发方案和时间表。
- 根据要求选择单片机、相关芯片和元器件。其中元器件的选购要与预算相匹配。
- 做出系统的总体设计。

2. 电路原理图设计

- 要考虑单片机的资源分配和将来的软件框架、制定好各种通信协议。如果有必要还要留出系统升级所需接口。
- 要计算各元件的参数、各芯片间的时序配合。
- 还可能需要做必要的实验以验证一些具体的实现方法。设计中每一步骤出现的失误都会在下一步骤引起连锁反应,所以对一些没有把握的技术难点应尽量去核实。

3. 印刷电路板(PCB)图设计

- 这一步需要考虑机械结构、装配过程、外壳尺寸细节、所有要用到的元器件的精确三维尺寸、不同制板厂的加工精度、散热、电磁兼容性等等。
- 为最终完成 PCB 图常常需要多次回头修改原理图。

4. 制板

- 将加工要求尽可能详细地写下来,与 PCB 图文件一起发给制板厂,并保持沟通,及时解决加工中出现的一些相关问题。

- 要根据需要选择合适的 PCB 制板厂。目前市场上的 PCB 制板厂很多,技术水平参差不齐,制板周期有长有短,要选择有信誉的制板厂来投板。一些技术和工艺水平比较低的工厂做出的 PCB 板一方面底板质量差、尺寸不精确,另一方面容易出现断线等情况,这会给将来的样机调试造成很大麻烦。尤其是做多层板的时候,制板厂工艺的差异会影响很大,工程师一定要在质量和价格中找到一个好的契合点。

5. 软件编制

- 在硬件确定下来之后和样机出来之前,软件工程师需要根据系统设计方案和硬件设计来进行软件架构设计和模块划分。
- 编制各模块相应软件。

6. 元器件采购

- 整理购货清单(基于 BOM 单)。
- 采购时要考虑到开发过程中可能的损耗,零售商的最小购货量、商业信誉、价格、服务等。
- 订购时要联系各供货厂商、比较技术参数、下订单、跑银行汇款、传真汇款底单、催货等等。

7. 装配样机

- PCB 板拿到后开始样机装配,设计中的错漏会在装配过程开始显现,在调试之前尽量去补救。

8. 系统集成、样机联调

- 把装配好的样机和编制好的软件进行系统联调,这个过程可能需要反复数次。
- 如果设计阶段存在疏忽,则不得不对样机“动手术”,有时甚至调试完时样机已经面目全非了。

9. 整理数据并做出新样机

- 到了这一步,项目开发的大部分工作都已经完成了,这时候需要将样机研发过程中得到的重要数据记录保存下来,比如更新电原理图里的元件参数、PCB 元件封装库,还要记录暴露出来的设计上的失误,分析失误的原因,采用补救方案等等。
- 按以上各个步骤重做一台完善的新样机。

10. 项目文档编写

- 包括编写产品说明书、拍摄外观图片等。
- 如果设备需要和其他设备通信,还要写清通信的接口标准和通信协议说明。

整个系统的开发流程可用图 1.1 说明。

读者在开发项目的时候一定要尽量按照这个项目开发流程来走,从一开始就养成一个良好的开发习惯。本书第 2 章“步进电机的控制”会完全按照这个开发流程来撰写,读者可以对比着学习和理解。

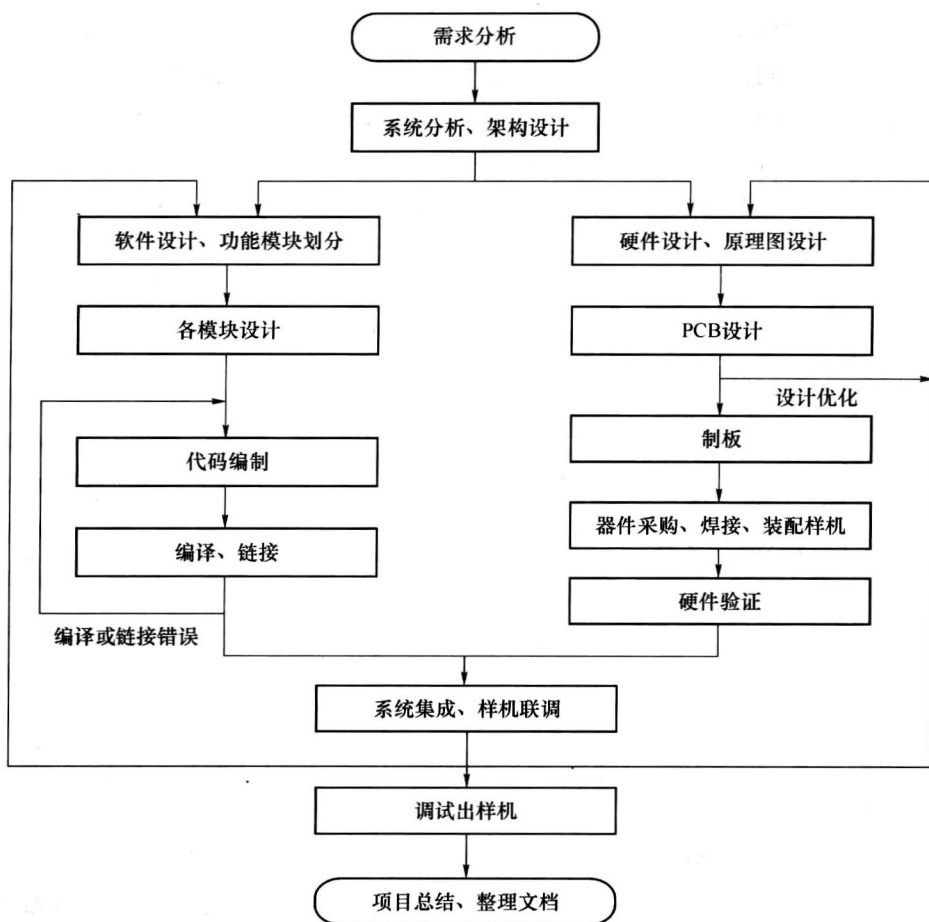


图 1.1 业内通用单片机项目开发流程

1.3 项目技术文档写作规范

【概述】

本节讲述了项目开发中技术文档写作的必要性和需要整理的文档种类,同时以用户操作手册为例介绍了其具体写作方法。

【学习目标】

理解和掌握常用项目相关文档的写作方法

【本节重点】

理解和掌握常用项目相关文档的写作方法

【本节难点】

理解和掌握常用项目相关文档的写作方法

1. 技术文档写作的必要性

目前软件开发越来越复杂,软件功能也越来越丰富,一个系统的软件经常是在软件工程的开发理念下,在一个或几个团队的不断开发和测试维护中逐渐成熟起来的。那么多人之所以能够有条不紊地完成一个模块或系统的开发、测试和维护,很重要的一个原因就是各个开发人员能够通过技术文档了解一个模块或系统的各种信息,如开发时间、功能、开发环境、测试环境、经过多少次修改、每次更新的内容、存在的 BUG 等等。另外在一个系统或产品开发完成之后,在到达用户的时候,一定要有使用手册,它是产品与用户的直接接口。所有这些文档都是非常重要和不可或缺的。可以想象,如果一个庞大的系统没有任何技术文档,它将无法被维护和使用。

其实目前国内的文档配合情况一般,很多产品在开发和发布的时候缺少文档的支持,使得产品开发显得很不规范,更不利于测试和维护。所以一个好的工程师在成功开发系统软硬件功能的基础上一定要重视对文档的配套写作。

2. 技术文档分类

从项目定义到产品完成的开发过程中,应该至少编写好十几种文档,文档编制要求具有精确性、准确性、完整性、全面性、易理解性。这些文档主要有:

- 可行性分析报告:根据用户要求进行需求分析,从技术层面、成本、工艺和实现难度等方面来分析项目是否可行,给出分析报告。本文档由项目负责人撰写,在立项时提出。
- 项目总体开发计划:从市场角度来分析项目所需交付的期限、所达到的目标,据此给出项目总体的开发进度计划。本文档由项目负责人撰写,在立项后提出。
- 总体设计说明书:根据总体开发计划和项目所达到的目标和技术指标,规划项目的总体设计方案,比较几个备选方案,确定最优方案。本文档由项目负责人、硬件组负责人和软件组负责人协调商议撰写,在项目正式开始时提出。
- 硬件概要设计说明书:根据总体设计方案,定义硬件总体设计方案和进度控制等内容。硬件总体设计方案要包括芯片和元器件选型、接口和连接方式定义、外形尺寸和工艺定义以及功能模块划分等内容。本文档由硬件组负责人撰写,在总体设计方案确定后提出。
- 软件概要设计说明书:根据总体设计方案,定义软件总体设计方案和进度控制等内容。软件总体设计方案要包括操作系统、开发语言、开发环境、编译和链接工具等的选择,以及软件的功能模块划分等内容。本文档由软件组负责人撰写,在总体设计方案确定后提出。
- 硬件设计说明书:根据硬件概要设计说明书的要求,细化每个功能模块硬件设计思路和实现方法,要落实到原理图和 PCB 布局等内容。本文档由硬件设计人员撰写,在硬件概要设计说明书提出之后提出,但是硬件调试完成前要不断更新。
- 软件设计说明书:根据软件概要设计说明书的要求,细化每个功能模块软件设计