

高职高专计算机系列规划教材

嵌入式Linux应用 项目教程

孔旭影 主编

宋兴嘉 曲爱玲 杜刚 付强 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高职高专计算机系列规划教材

嵌入式 Linux 应用项目教程

孔旭影 主编

宋兴嘉 曲爱玲 杜 刚 付 强 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

TP316.89/28

内 容 简 介

本书共 4 章：第 1 章项目实施准备，介绍了项目总任务目标、嵌入式系统开发工作条件与流程、工作要求与规范、工具准备等；第 2 章项目任务与要求，给出了三个微小项目任务和两个嵌入式产品小项目任务，包括任务目标、要求及背景等相关资料；第 3 章理论知识模块，阐述了嵌入式 Linux 的基本理论、基本操作和系统移植的实现机制；第 4 章 Logo 设计助理项目案例，介绍了一个真实案例，以供教学参考。

本书可作为高等学校、职业院校应用型、技能型人才培养的嵌入式技术相关专业的教学用书，尤其适合作为培养嵌入式系统移植、嵌入式技术支持与维护等有关技术人员的参考用书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

嵌入式 Linux 应用项目教程/孔旭影主编. —北京：电子工业出版社，2013.8

高职高专计算机系列规划教材

ISBN 978-7-121-21054-9

I. ①嵌… II. ①孔… III. ①Linux 操作系统—程序设计—高等职业教育—教材 IV. ①TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 168144 号

策划编辑：吕 迈

责任编辑：侯丽平

印 刷：北京市李史山胶印厂

装 订：北京市李史山胶印厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：20.5 字数：524.8 千字

印 次：2013 年 8 月第 1 次印刷

印 数：3 000 册 定价：39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前言

当时代在“云计算、物联网、互联空间”的喧嚣声中膨胀时，嵌入式技术仍是一些新技术强有力的支撑。嵌入式 Linux 应用的发展势头仍然强劲，目前以及将来嵌入式 Linux 仍会广泛应用于各个行业。

根据教育部高等职业教育“十二五”规划目标和公布的社会紧缺型人才需求，以及企业岗位调查分析和教师多年的一线教学经验，本教材针对嵌入式技术应用岗位群的 Linux 系统应用技能，采用以项目为主线的教学思路，重点阐述了嵌入式 Linux 的项目实际应用、系统移植技术及基本知识。

本教材与当前教学改革紧密结合，探索职业教育教学新思路。理论加实践的教学思路仍是学科体系的教学思路（见图 Q-1），而本教材采用经过教学化处理的实践体系的教学思路（见图 Q-2）。在使用本教材时特别强调：教学过程以学生为主体，课程安排以项目活动为主线，培养学生自主学习习惯，从制订项目计划、实施项目、自我检查和控制实施过程、总结项目到展示成果，让学生不断强化这一过程；教师在授课计划开始就要有意识地去思考、去准备，主动提升学生的职业能力和素质，最终实现人才培养目标。本教材是适用于嵌入式技术与应用专业相关课程的一本教材，对应的课程是嵌入式操作系统 Linux、嵌入式 Linux 系统移植或嵌入式 Linux 系统应用。

本教材思路来源于作者完成教育部教指委课题的研究报告，是作者多年教学和研究的成果。教材以嵌入式技术行业调研为基础，针对嵌入式系统移植工程师助理岗位，结合一系列典型应用，通过实现嵌入式操作系统 Linux 剪裁、系统编译、系统移植及其应用系统的移植、系统测试等目标，达到该岗位的职业技能要求，为此特别设计了以项目为导向的教材体例。



图 Q-1

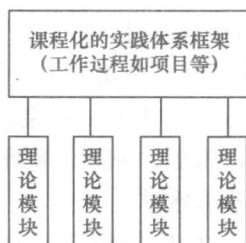


图 Q-2

需要说明的是，为突出实践项目任务并以项目为主线的教学，各章节内容篇幅未考虑均衡。第 1 章内容较少，第 3 章内容较多，重要的是以章内容的配合来实现项目任务。

总体来讲，本教材主要具有以下一些特点：

- (1) 教材体例新颖，内容思路首创。
- (2) 校企合作共建，职业实践特色突出。

(3) 从人才需求、职业技能需要出发, 确定教材内容。

(4) 采用项目任务驱动教学法, 强调学生自我规划能力和创新能力培养。

(5) 模块化构建课程内容, 采用基于项目实践的体系架构, 以实践过程为教学主线, 围绕项目任务灵活组织理论模块教学。

(6) 教学辅助资料丰富(电子教案、案例资料、项目文档模板、项目资料、源代码、习题答案等), 理论模块配有适量习题。

本书给出如下三点教学建议。

(1) 在教学过程中, 把第2章内容作为课程教学的主线, 第1章是铺垫, 第3章围绕第2章的项目任务展开教学。根据学生文化基础的差异选择理论模块进行教学, 不同的学生可能需要不同的理论模块和采用不同的学时数。采取区别对待、个性化教学策略是明智之举。理论模块教学一定要有针对性, 一是针对项目任务, 二是要针对不同学生。

(2) 学时分配: 第1章用6~8学时, 第2章用20~40学时, 第3章用20~40学时。可以将学生分为四个大组: 基础差一些的只做2.1.1任务和2.2项目任务, 两个任务第2章用20学时, 第3章用40学时; 基础好点的学生做2.1.1和2.1.2及2.2三个任务, 第2章用24学时, 第3章用36学时; 再好点的做2.1.1~2.1.3和2.2四个任务, 第2章用28学时, 第3章用32学时; 更好的学生五个任务全做, 第2章用40学时, 第3章用20学时。

(3) 信息化社会中职业教育教师最好要转变角色。教师的一个角色就是职业导师, 教师要了解本专业相关的行业背景、职业岗位特点、学生特点以及专业和行业发展趋势, 帮助学生了解自己, 帮助学生最终确定职业方向。教师的另一个角色是新工具的试验员, 与职业能力形成、教学等相关的各种工具, 包括工作岗位上将要使用的工具、网络办公工具、教学用工具等, 教师首先要进行试用、试验, 然后才能把新工具教给学生。教师也是技能陪练师, 技能是需要反复训练的, 学生应该在不断训练、不断实践中成长。教师还是信息咨询师, 当学生遇到困难时, 给学生答疑解惑, 解答不了的问题, 要指导学生进行查询。这样才能成为一名优秀的职业教育教师。

本书共4章, 第1章、第3章的3.1节由孔旭影编写, 第2章的2.1节和2.2节由孔旭影、杜刚编写, 2.3节由杜刚编写, 第3章的3.2节~3.4节由付强编写, 3.5节、3.6节、3.8节~3.10节由北京神州龙芯公司的宋兴嘉编写, 3.7节、3.11节~3.13节由北京精仪达盛科技公司的曲爱玲编写, 第4章由杜刚、孔旭影编写。全书由孔旭影统稿。此外, 毕才术、彭寅、刘鹏、黄宁、张静、宋硕、蒋春芬也参与了部分内容的编写或提供了资料。借此机会向他们及其家属表示感谢。

为便于教材的使用, 本书还配有电子资料, 请有此需要的教师登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费注册后再进行下载。

虽然本教材编写力求精细, 实践内容也反复试验, 但由于编者水平所限, 书中难免有错漏之处, 恳请广大读者批评指正。

编者
2013年4月

CONTENTS

第 1 章 项目实施准备 1

- 1.1 项目总任务目标 1
 - 1.1.1 课程学习目标 1
 - 1.1.2 项目任务与学习目标
及其关系 2
 - 1.1.3 项目任务总体要求 3
- 1.2 嵌入式系统开发工作条件与流程 5
 - 1.2.1 基本工作条件与环境 5
 - 1.2.2 基本工作流程 7
 - 1.2.3 Linux 系统移植工作流程 8
- 1.3 工作要求与准备 8
 - 1.3.1 工作要求与规范化 9
 - 1.3.2 学习工作方法 11
 - 1.3.3 工具准备 12
 - 1.3.4 利用网络和知识库 12

第 2 章 项目任务与要求 13

- 2.1 Linux 下 Shell 应用项目任务书 13
 - 2.1.1 制作并显示目录树 13
 - 2.1.2 批量创建用户 15
 - 2.1.3 注册一个用户 17
 - 2.1.4 三个任务实施建议 19
- 2.2 MP3 项目系统移植任务书 20
 - 2.2.1 MP3 研发项目背景 20
 - 2.2.2 MP3 需求说明书概要 21
 - 2.2.3 MP3 项目设计要点说明 22
 - 2.2.4 系统移植任务与要求 38
 - 2.2.5 项目目标 41
 - 2.2.6 项目任务实施建议 42

2.3 蓝牙广告机项目系统移植任务书 43

- 2.3.1 蓝牙广告机项目背景 43
- 2.3.2 项目需求说明概要 44
- 2.3.3 蓝牙广告机项目设计
要点说明 44
- 2.3.4 项目任务与要求 58
- 2.3.5 蓝牙广告机项目目标 60
- 2.3.6 项目任务实施建议 61

第 3 章 理论知识模块 63

- 3.1 嵌入式操作系统的基本概念 63
 - 3.1.1 嵌入式操作系统及其分类 63
 - 3.1.2 操作系统的基本功能 67
 - 3.1.3 系统调用 69
 - 3.1.4 宏内核与微内核 72
 - 3.1.5 进程和线程的基本概念 74
 - 3.1.6 任务的同步与通信 75
 - 3.1.7 Linux 系统简介 76
 - 3.1.8 内容要点 79
 - 3.1.9 习题 81
- 3.2 Linux 安装与 Linux 常用命令操作 82
 - 3.2.1 Linux 安装准备 82
 - 3.2.2 Linux 安装过程 85
 - 3.2.3 目录操作命令 87
 - 3.2.4 文件操作命令 89
 - 3.2.5 时间操作命令 93
 - 3.2.6 文件目录与用户管理命令 95
 - 3.2.7 内容要点 102
 - 3.2.8 习题 103
- 3.3 Linux 的 Shell 104

3.3.1	Shell 及其基本操作	104	3.8	Linux 的中断与定时器	190
3.3.2	Shell 参数与变量表达式	105	3.8.1	中断概述	190
3.3.3	Shell 脚本结构	109	3.8.2	中断处理机制	192
3.3.4	用 Shell 编写图形化界面	115	3.8.3	Linux 中断基本操作	194
3.3.5	Shell 程序实例	117	3.8.4	Linux 内核定时器及延时	199
3.3.6	内容要点	120	3.8.5	内容要点	202
3.3.7	习题	120	3.8.6	习题	203
3.4	常用开发工具	121	3.9	Linux 设备驱动基础	204
3.4.1	编译器 GCC	121	3.9.1	设备驱动程序的基本概念	204
3.4.2	调试器 GDB	124	3.9.2	Linux 设备驱动分类	207
3.4.3	管理器 make	127	3.9.3	设备文件与文件号	209
3.4.4	Autotools	129	3.9.4	模块的基本概念	212
3.4.5	交叉编译环境搭建	130	3.9.5	字符设备驱动程序	215
3.4.6	内容要点	138	3.9.6	内容要点	219
3.4.7	习题	139	3.9.7	习题	220
3.5	Linux 的进程及其同步与通信	139	3.10	Linux 系统源代码	221
3.5.1	进程概述	140	3.10.1	系统源代码概述	222
3.5.2	Linux 的进程状态	141	3.10.2	Linux 系统源代码的构成	223
3.5.3	Linux 进程的创建	144	3.10.3	Linux 内核的加载	226
3.5.4	Linux 进程的调度	148	3.10.4	Linux 内核启动与初始化	230
3.5.5	管道与信号	150	3.10.5	加载驱动和根文件系统	235
3.5.6	内容要点	154	3.10.6	内容要点	240
3.5.7	习题	155	3.10.7	习题	240
3.6	Linux 的内存管理	157	3.11	文件系统制作	241
3.6.1	内存管理的目标	157	3.11.1	根文件系统与 Busybox 简介	241
3.6.2	虚拟内存技术	158	3.11.2	使用 Busybox 制作根文件 系统	242
3.6.3	物理内存的分配与回收	163	3.11.3	四种常用文件系统的 制作	244
3.6.4	内核空间的内存使用	166	3.11.4	NFS 文件系统的制作	246
3.6.5	内容要点	169	3.11.5	cramfs 文件系统的制作	249
3.6.6	习题	170	3.11.6	yaffs 文件系统的制作	250
3.7	Linux 的文件系统	172	3.11.7	ramdisk 文件系统的制作	251
3.7.1	文件及文件系统	173	3.11.8	内容要点	253
3.7.2	目录文件及其结构	176	3.11.9	习题	254
3.7.3	虚拟文件系统 VFS	177	3.12	Linux 系统移植	255
3.7.4	文件系统与进程的关联	181	3.12.1	Bootloader 移植	255
3.7.5	常用的文件系统	183	3.12.2	内核移植	260
3.7.6	网络文件系统 NFS	186			
3.7.7	内容要点	189			
3.7.8	习题	189			

3.12.3	应用程序移植	266	4.4	原理图与 PCB 图设计说明	299
3.12.4	数据库移植	270	4.4.1	原理图设计说明	299
3.12.5	内容要点	273	4.4.2	PCB 图设计说明	302
3.12.6	习题	273	4.5	样机制作过程及说明	303
3.13	嵌入式驱动移植	274	4.5.1	样机部件及组装	303
3.13.1	触摸屏驱动移植	275	4.5.2	操作系统移植	304
3.13.2	Nand Flash 驱动移植	279	4.5.3	设备驱动移植	307
3.13.3	USB 设备驱动移植	281	4.5.4	应用系统移植	308
3.13.4	网卡驱动程序移植	285	4.6	软件系统详细设计要点说明	310
3.13.5	内容要点	288	4.6.1	应用软件设计概述	310
3.13.6	习题	288	4.6.2	LogoViewer 模块说明	310
第 4 章	Logo 设计助理项目案例	291	4.6.3	Graph 模块说明	311
4.1	项目概述	291	4.6.4	Ime 模块说明	312
4.1.1	课题来源与背景	291	4.6.5	Control 等模块说明	313
4.1.2	研发目标与周期	292	4.7	软件程序源代码说明	315
4.1.3	涉及的主要技术和方法	292	4.7.1	LogoViewer 图形界面的实现	315
4.2	项目需求说明	292	4.7.2	LogoViewer 核心功能的实现	316
4.2.1	需求概述	292	4.8	项目总结报告	316
4.2.2	核心功能需求	293	4.8.1	项目任务要点	317
4.2.3	界面与菜单等具体需求	293	4.8.2	系统移植的准备工作	317
4.3	概要设计说明	294	4.8.3	系统移植过程分析	317
4.3.1	总体设计构架	294	参考文献		318
4.3.2	系统硬件结构与器件选型	295			
4.3.3	电源设计	296			
4.3.4	软件部分的设计	297			

第 1 章内容是为项目实施做准备的,在做项目之前,要清楚课程的最终学习目标是什么,嵌入式系统开发的工作条件和环境有哪些,嵌入式系统开发工作应该怎么做,以及开展项目实践的思路和方法。

1.1 项目总任务目标

从学习者的角度,首先需要清楚为什么本教材要突出项目,为什么要做项目,为什么要把理论知识模块化。本章试图通过介绍课程学习目标、项目总体任务与要求及其相互关系等内容来回答这些问题。

1.1.1 课程学习目标

各院校的嵌入式技术与应用专业,就课程体系设置方面虽有不同,但是课程的基本设置相近,且大多数院校包含嵌入式操作系统 Linux 或嵌入式 Linux 系统移植或嵌入式 Linux 系统应用等课程,无论课程名称叫什么,各院校就这方面的课程而言,其课程学习目标都是基本一致的。

本教材在此章节就课程学习目标具有共性的内容进行介绍或讨论。

这类课程往往是嵌入式技术与应用专业的核心技术课程。该课程在以核心职业能力为培养目标的课程体系中,是一门重要课程。它是为嵌入式系统集成、系统移植、技术支持服务、嵌入式软件维护等职业岗位而设定的。完成课程的学习之后,可以胜任嵌入式系统移植工程师助理、嵌入式技术支持工程师部分工作,包括安装调试嵌入式 Linux 操作系统和应用软件系统,移植 Linux 嵌入式系统并能保证系统平台及其应用系统的正常运行。

依据嵌入式技术与应用专业标准制定这类课程目标。课程在针对嵌入式系统移植工程师助理、嵌入式技术支持工程师、嵌入式系统开发工程师等岗位进行职业能力分析的基础上,为培养学生“能够针对不同的任务进行有关的嵌入式技术准备工作,能够按照任务需求进行工作规划,能够按照工作方案或项目任务书实施工作计划,能够进行 Linux 嵌入式系统移植、Linux 嵌入式系统安装调试和应用”等核心职业能力而设置。

明确地讲,本教材相关的课程学习目标就是掌握嵌入式技术与应用专业标准中所规定的“核心职业能力”,也就是通过课程教学使学生获得下列这些“核心职业能力”:

- 能安装、调试、使用嵌入式 Linux 操作系统;
- 会使用 Shell 脚本语言进行简单编程;
- 能够读懂 Linux 源码包文件目录结构和关键代码行;
- 会建立嵌入式交叉编译环境,熟悉 GCC 交叉编译等工具;
- 能够按需求把成熟版本的 Linux 系统进行合理剪裁,并移植到嵌入式目标机上;
- 能够移植嵌入式应用软件和嵌入式数据库系统到嵌入式目标机上。

上述这些核心职业能力,是嵌入式产品经营企业,尤其是具有产品研发能力的正规公司所对应嵌入式技术工程师、嵌入式软件开发工程师、嵌入式系统移植工程师、系统移植助理工程师等岗位的职业能力要求。

在项目实践与理论知识模块的学习过程中,同时提升学生的职业通用能力,如自我规划能力、项目合作能力、沟通能力等。

为培养学生上述核心职业能力和职业通用能力,本教材提供一种课程学习新思路或新方法,这种思路和方法将在各章节内容展开时得到体现。这有利于学生获得一定学习成果,达到职业能力目标。

1.1.2 项目任务与学习目标及其关系

为培养学生“能够针对不同的任务进行有关的嵌入式技术准备工作,能够按照任务需求进行工作规划,能够按照工作方案或项目任务书实施工作计划,能够进行 Linux 嵌入式系统移植、Linux 嵌入式系统安装调试和应用”等核心职业能力,确立了学习目标。目的不仅是培养学生嵌入式技术与支持等工作所必需的专业能力,同时也使学生了解嵌入式系统的工作过程,掌握比较典型的工作方法,更可以使学生完成开始进入嵌入式系统部署、软件维护等专业任务之前的准备工作和必备基础知识的储备。经过工作任务分析,特选择具有一定代表性的三个微小项目任务和两个中小项目任务来组织教学过程,它们分别为:

(1) Linux 下 Shell 程序应用。建立目录树或根文件系统,交互式批量建立用户,注册一个用户,共三个任务。

(2) MP3 系统移植项目任务。

(3) 蓝牙广告机系统移植项目任务。

这些项目任务的设计既考虑到工作过程的真实性和企业对人才需求的技能实用性,也考虑到教学的适用性。其内容安排强调专业技能的关联性和贯穿性,其顺序安排强调专业能力应用的系统性。教学活动的设计运用“项目”教学法和“任务驱动”教学方法,突出“教学做一体化”的思想,同时兼顾技术的先进性和理论深度以及学生的学习能力、不同学生的差异性。学生可以根据个人情况,选择一个或多个 Shell 编程,再选择一个 MP3 或蓝牙广告机的项目任务或者两个项目全选,可以独立完成,也可以分组团队合作完成。

学期内完成这些项目任务,可以掌握下列职业技能:

- 能够完成嵌入式系统安装调试之前的准备工作并实施安装调试;
- 能运用 Linux 常用命令管理并使用 Linux 系统;

- 能够进行 Shell 编程,并解决一些具体问题;
- 能够读懂嵌入式 Linux 关键代码;
- 能根据需求对 Linux 内核进行正确剪裁和配置;
- 能够移植应用软件和数据库系统;
- 学会移植嵌入式 Linux 内核、文件系统和设备驱动程序的方法;
- 能够搭建交叉编译环境,能正确使用 GCC 等编译工具;
- 会调试嵌入式 Linux 系统。

认真完成这些项目任务,还可以提升相关的通用职业能力:

- 自我规划、自我管理能力;
- 团队沟通与合作能力;
- 职业责任心与项目计划能力;
- 项目实施控制能力;
- 文档编写能力;
- 自主学习能力。

1.1.3 项目任务总体要求

本教材所提供、所选择或所设计的这些项目任务是课程教学的主线,是职业能力培养的载体,是教材展示的核心内容。那么这些项目任务如何展开、如何实践或实施就很重要,本节就项目任务实施的总体要求,根据人才培养目标提出以下几点要求:

- 规范化实施项目任务;
- 加强学生自主能动性的培养;
- 根据学生具体情况实施个性化教学或个性化学习;
- 关注教师团队的作用。

1. 要按规范化流程实施项目任务

培养学生职业习惯,如工作必须按流程进行,规范化职业行为;又如加强时间观念,约定好的完成日期必须完成,否则就是违约。

项目任务的接受与确认要有交接文件,实施过程的研讨、交流、会议要有记录,项目文档提交要有手续,项目文档与成果提交要有签字等。

尤其是以团队合作的方式开展项目工作时,角色要分清,任务要明确,关系要理顺,流程要规范,交流要畅通,文档要标准。

项目任务实施要按照图 1-1-1 所示流程而开展。

2. 通过项目任务,使学生发挥自主能动性

课程教学不能让老师拖着学生走,要让学生根据个人情况选择不同的项目,自主制订计划,主动实施项目任务。

职业化是通过反复训练而形成的,只做一个项目肯定不能形成职业化行为。本教材提供了三个微小项目和两个稍大一点的项目,对于基础好、能力强的学生可以都做,而

对于基础差一些、能力弱一点的学生可以选择一个微小项目和一个稍大一点的项目来做,按照图 1-1-1 所示流程实施项目任务,有利于培养学生的自主能动性。

学生的自主能动性在制订项目计划方案的过程中、在自我监控实施项目任务的过程中、在文档整理和成果展示的过程中得到提升。

3. 学生按难易各得其所

根据项目任务难易程度不同,学生可以选择能达到“基本能力目标”的项目任务,也可以选择难度较大的项目任务。教师可以帮助学生选择适当的项目任务并根据学生情况实施个性化教学,做容易些的项目可实现“基本能力目标”;做相对复杂一点的项目可以实现“较高的职业能力目标”,让学生自己选择,而不能搞一刀切。

本教材五个项目任务完成的周期通常需要两个月左右,做得慢一些的学生少做一两个,也能获得基本能力目标。

学生的付出必有相应的收获,按项目的难易程度不同,各得其所。规划好自己的时间,按项目任务的要求认真实施每一个项目环节,才能掌握教学目标中所期望的职业技能,才能实现高等职业院校的人才培养目标。

4. 要关注教师团队的作用

学生在学习过程也应该关注教师团队的作用,这样可以获得更好的学习效果。

本教材的课程改革思路重视教师团队的作用,尤其是指导学生完成项目任务时,给学生答疑解惑时,分析学生情况制定教学方案时,优秀的教师团队所能达到的教学质量、所能实现的教学效果不是单个教师所能比拟的。

往往教师由于知识结构不同和性格的不同,在教学方面表现出来的效果就不同,更由于学生的差异性而对教师的感受会有天壤之别。而团队形式的教师之间可以形成互补,对上述差异性,教师团队可以深入分析、达成共识,然后形成教学策略,缩小差异性。让学生在完成项目任务的过程中,真正获得职业技能,各得其所,各有收获。

5. 项目任务实施流程

建议项目任务实施按照图 1-1-1 所示流程进行。

首先要仔细阅读项目任务书,正确理解项目任务与要求,明确项目要实现的目标。

然后是搜集相关资料,可以查阅本教材的相关章节,也可以到网上查阅相关知识,并对资料进行整理。

接着是自我规划,分析可利用资源(包括时间、资料数据、人员等),分析资料数据,寻找实现项目任务目标的途径,制订计划方案。

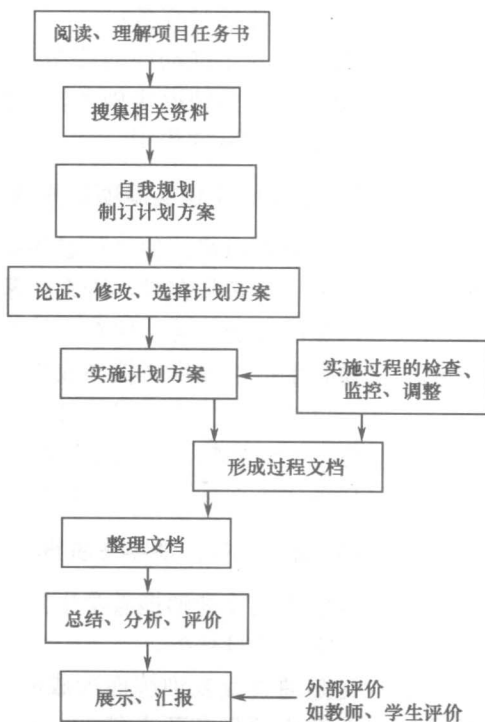


图 1-1-1 项目任务实施流程

然后再对计划方案进行论证（可以找专业任课教师、企业兼职教师、学长进行论证指导），根据论证意见修改计划方案，或在多个计划方案中选择确认一个方案。

实施计划方案是完成项目任务的主要阶段，在这一阶段需要对实施过程进行检查、监控，如有必要的话对方案进行调整，还要注意在实施过程中及时形成文档，如实施过程的记录文档、方案调整文档等。

最后要整理文档，分析项目实施情况，总结项目经验，进行自我评价，展示项目成果，与大家分享项目经验。

1.2 嵌入式系统开发工作条件与流程

嵌入式系统包括硬件和软件两部分，有关嵌入式系统的概念请阅读第3章3.1节的内容。嵌入式系统开发往往也分为嵌入式硬件开发和嵌入式软件开发，所以对应有硬件工程师和软件工程师。但是作为一个嵌入式系统，其硬件与软件不是截然分开的，而是相互依存、相互协调才能实现系统目标的。硬件工程师需要了解软件，软件工程师也需要了解硬件，尤其是嵌入式研发项目经理，更需要全面了解嵌入式系统。本节介绍嵌入式系统开发（包括硬件开发和软件开发）基本工作条件、环境和流程，由于Linux系统移植工作技能是本教材的重点内容，所以把Linux系统移植工作流程单立一节专门介绍。

1.2.1 基本工作条件与环境

嵌入式系统开发工作是嵌入式产品经营企业最重要的工作之一，尤其是大中型企业，往往把产品研发放在战略地位上。拥有满足用户需求的产品，并有自主知识产权，才是企业的核心竞争力所在。所以许多嵌入式产品经营公司都在产品研发方面投入重金，工作室的环境自然很好，但是本教材不介绍哪家公司的研发部门或研发工作室如何豪华、待遇如何优厚。这里只介绍为了能够正常开展嵌入式系统开发工作，最基本的工作条件和环境应该具备什么。下面分嵌入式硬件开发与软件开发两部分来介绍。

1. 硬件开发的工作条件与环境

嵌入式硬件开发工作包括设计产品硬件的原理图、设计PCB、制作电路板、组装实验板、测试实验板、改进设计、重新绘图并制作电路板、测试实验板、制作样机等工作。

搞嵌入式硬件开发工作，首先要具备开发人员，更准确地说要具备有嵌入式硬件开发能力的人员。通常嵌入式硬件开发人员应包括：嵌入式硬件工程师、硬件测试工程师、助理工程师、PCB工程师或电子工程师等。

有了开发人员之后，搞嵌入式硬件开发还要具备开发工具，这包括计算机系统、原理图和PCB设计工具、开发板、电子测量工具、电路焊接工具等。

原理图就是表示电路板上各器件之间连接原理的图表。在方案开发中，原理图的作用是非常重要的，而对原理图的把关也关乎整个项目的质量甚至生命。由原理图延伸下

去会涉及 PCB layout, 也就是 PCB 布线, 当然这种布线是基于原理图来完成的, 通过对原理图的分析以及电路板其他条件的限制, 设计者得以确定器件的位置以及电路板的层数等。

PCB (Printed Circuit Board), 中文名称为印制线路板, 是电子工业的重要组成元素之一。几乎每种电子设备, 小到 MP3、计算器, 大到大型计算机、通信电子设备、军用武器系统, 只要有集成电路等电子元件, 为了它们之间的电气互连, 都要使用印制线路板。在电子产品研发过程中, 最基本的成功因素是该产品的印制线路板的设计、文件编制和制造。印制线路板的设计和制造质量直接影响到整个产品的质量和成本, 甚至会导致商业竞争的成败。

嵌入式开发板就是半导体行业分工合作的载体之一, 它为开发产品的厂商提供基本的底层硬件、系统和驱动等资源, 使得用户不需要再投入人力和时间来完成这些底层的工作。开发人员可以在开发板的基础上去研发新的产品。

总之, 搞嵌入式硬件开发需要具备开发人员和开发工具, 基本工作条件 and 环境就是要有计算机系统、原理图和 PCB 设计工具 (如 Protel99se 等)、流行的开发板 (ARM9 开发板等)、电子测量工具、电路焊接工具。场地环境没有什么特殊要求, 普通机房或办公室环境, 具备常用的供电系统、工作平台、办公家具即可。

2. 软件开发的工作条件与环境

嵌入式软件开发包括驱动程序开发、嵌入式应用软件与数据库开发、嵌入式系统移植以及开发之前的规划与设计工作。

搞嵌入式软件开发也要先具备开发人员, 这包括驱动程序开发工程师、嵌入式软件开发工程师、嵌入式软件测试工程师、应用软件开发工程师、嵌入式系统移植工程师、系统移植助理工程师等。

搞嵌入式软件开发, 还要具备开发工具。它们包括计算机系统、嵌入式操作系统、交叉编译环境、根文件系统制作工具、文件系统制作工具、系统移植配置工具等。

嵌入式系统是软件和硬件的综合体, 而嵌入式操作系统则是硬件层与应用层之间的纽带或桥梁, 嵌入式操作系统负责嵌入式系统的全部软硬件资源的分配、任务调度, 且控制、协调并发活动。

交叉编译环境是一个由编译器、连接器和解释器组成的综合开发环境, 它为目标机 (如 ARM 平台) 与宿主机 (如 Linux 环境的 PC) 之间建立一个共同的环境。一般一个完整的交叉编译环境涉及多个软件, 主要包括 binutils、GCC、glibc 等。其中, binutils 主要生成一些辅助工具; GCC 用来生成交叉编译器, 如生成 arm-linux-gcc 交叉编译工具, 而 glibc 主要提供用户程序所需要的一些基本函数库。有关交叉编译工具的概念详见第 3 章 3.4 节内容。

根文件系统是 Linux 操作系统中由根目录作为起始点的文件组织体系, 它构成了一个可见的文件目录树。而文件系统是文件在磁盘上的存储组织机制, 以便文件的读取、更新和保存。文件系统的有关概念详见第 3 章 3.7 节内容。

嵌入式系统移植是把已经存在的嵌入式操作系统和通用的应用模块根据特定的应用而进行剪裁的结果运用于特定嵌入式硬件环境的过程。

明确地讲, 嵌入式软件开发的工作条件与环境, 除需具备嵌入式软件开发工程师等开发人员外, 还需要具备计算机系统、嵌入式操作系统 (如 Linux 系统)、交叉编译环境 (如

arm-linux-gcc 等)、根文件系统制作工具(如 Busybox)、文件系统制作工具(如 Mkcramfs)、系统移植配置工具(如 Makefile)等。

1.2.2 基本工作流程

1. 硬件开发工作流程

嵌入式硬件开发工作如 1.2.1 节所述,包括设计产品硬件的原理图、设计 PCB、制作电路板、组装实验板、测试实验板、改进设计方案、重新绘图并制作电路板,如果测试实验板通过,就制作研发产品的样机。

从工作流程的角度来讲,要搞清楚工作从哪儿开始,到哪儿结束,就是需要理清这些工作的顺序、分支和循环。

通常开发工作都需要从需求分析开始,然后进行嵌入式产品概要设计或嵌入式系统总体设计。在此之后,才是设计原理图等工作,最后到样机验收为止。如图 1-2-1 所示为嵌入式硬件开发流程。

2. 软件开发工作流程

嵌入式软件开发工作如 1.2.1 节所述,包括驱动程序开发、嵌入式应用软件与数据库开发、嵌入式系统移植以及开发之前的规划与设计工作。

软件开发工作也需要从需求分析开始,然后进行嵌入式软件概要设计或嵌入式系统总体设计。在此之后,才是嵌入式应用软件与数据库开发等工作,最后到样机验收为止。

嵌入式软件开发工作流程如图 1-2-2 所示。

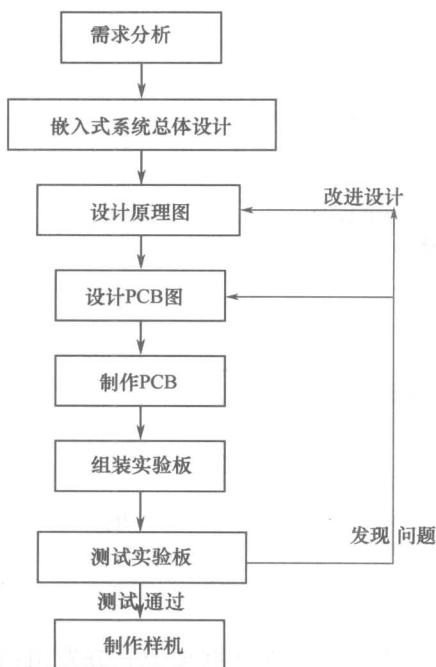


图 1-2-1 嵌入式硬件开发流程

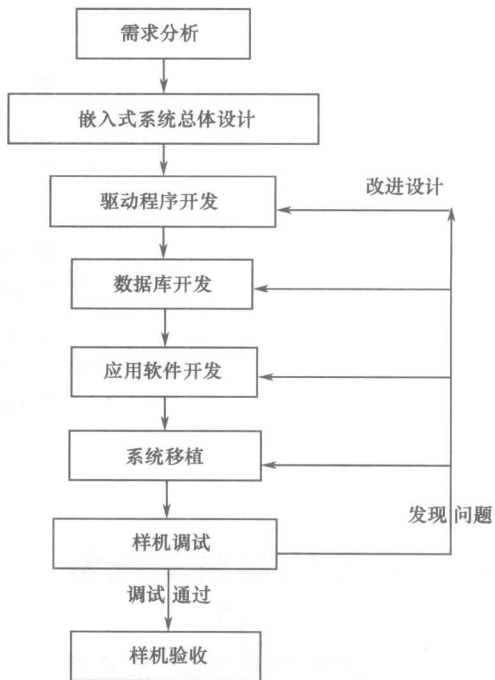


图 1-2-2 嵌入式软件开发工作流程

嵌入式产品研发项目在立项之前,还需要经过市场调研、可行性分析、立项申报与审批等过程。上述流程的假定前提是已经获得立项审批。

1.2.3 Linux 系统移植工作流程

嵌入式系统移植的工作技能是本教材重点学习内容和要实现的重要目标,因此这里单列了一节。系统移植工作是嵌入式软件开发工作中的一个环节,如图 1-2-3 所示。这里要把系统移植工作分解、展开,并描述系统移植的工作流程。

嵌入式系统移植工作可以分解为:系统移植规划、内核剪裁、文件系统制作、驱动程序移植、应用软件与数据库移植、系统配置与编译、烧写系统到目标机、系统调试。

嵌入式系统移植工作流程如图 1-2-3 所示。

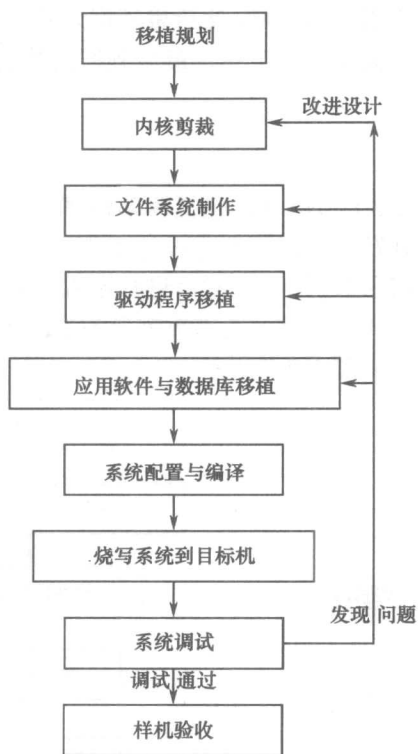


图 1-2-3 嵌入式系统移植工作流程

1.3 工作要求与准备

搞嵌入式系统开发之前,都需要做哪些准备?开发工作都有哪些要求?开发用的场地、环境有什么特别要求?开发工具有哪些呢?本节就这些问题简单介绍如下。

1.3.1 工作要求与规范化

1. 嵌入式开发工作及其规范化要求

嵌入式系统开发工作主要包括需求分析、嵌入式系统分析、嵌入式系统设计、开发、调试、维护及管理。工作过程具体要做到：按照计划完成符合功能、性能要求和质量标准的硬件产品，根据产品详细设计说明书，完成符合功能和性能要求的逻辑设计，根据逻辑设计说明书设计详细的原理图和 PCB 图，编写调试程序；开发驱动程序，开发应用程序，编写项目文档，进行系统移植；测试或协助测试开发的硬件设备和软件系统，确保其按设计要求正常运行；完成质量记录以及其他有关文档，维护管理或协助管理所开发的嵌入式系统。

规范化包括职业行为规范、工作流程规范、技术标准规范、文档规范等。职业行为规范和工作流程规范在企业规章制度中均有明确规定，应该按照所在公司的规范要求去执行。技术标准规范应该按照国家标准或行业标准执行。文档规范也有标准可查，读者可以在网络上搜索到，本教材不再赘述。

实施本教材中的项目任务时，工作流程规范可参考 1.2 节的内容，其他工作要求可参见具体项目任务提出的要求。

嵌入式系统开发工作涉及的技术岗位包括系统移植工程师、硬件工程师、软件工程师、技术支持及维护工程师等。分析在网络上招聘这些职位的任职要求与岗位职责，典型案例归纳如下。

1) 系统移植工程师的岗位职责与任职要求

岗位职责：

- (1) 负责从驱动软件实现角度评估硬件设计的技术可行性；
- (2) 负责从系统功能角度评估应用软件与驱动接口的合理性；
- (3) 负责编写外设硬件/芯片的功能原理文档、驱动软件设计方案文档、驱动软件测试验证文档；
- (4) 负责编写和调试驱动程序代码；
- (5) 负责系统底层移植和内核裁剪；
- (6) 负责支持应用开发工程师开发和硬件工程师调试。

任职要求：

- (1) 25~35 周岁，本科及以上学历，计算机、嵌入式技术、电子、通信、自动化相关专业；
- (2) 有 2 年以上嵌入式驱动开发经验，熟练使用 C 语言、Linux，有嵌入式系统 Linux 开发经验；
- (3) 熟悉 Linux，Andorid 内核移植和裁剪及 ARM、MIPs 体系结构（至少一种），有常用芯片驱动、以太网交换芯片驱动开发经验者优先；具有较强的团队意识和主动性，乐于与团队分享。