

电子技术

DIANZI
JISHU

朱 红 李 颖 韩 冰
唐 续 王 华 玉 编著

综合 实验

ZONGHESHIYAN



电子科技大学出版社

电子技术综合实验

朱 红 李 颖 韩 冰
唐 续 王华玉 编 著

电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子技术综合实验/朱红等编著. —成都: 电子科技大学出版社, 2005. 8
ISBN 7-81094-890-3

I. 现... II. 朱... III. 电子技术—实验—高等学校—教材 IV. TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 088894 号

内 容 提 要

本书是一本集电路设计方法、电路设计自动化和测试原理为一体的综合实验课教材, 是《电子技术实验基础》和《集成电路应用实验》课程的深化与扩展。本书采用模块化教学方法, 突出数字与模拟电路的综合应用和系统电路的综合设计, 将电路基本理论和现代电子技术相结合, 在系统开发中将开发过程和基于集成开发与过程管理的创新实验模式(IDPM)相结合, 对电子类各专业学生进行系统电路设计、系统调测等工程实践能力的培养。

本书可作为电子信息类专业学生用书, 也可作为电子技术实验课程的教学参考书, 以及电子工程技术人员的参考书。

电 子 技 术 综 合 实 验

朱 红 李 颖 韩 冰 编 著
唐 续 王华玉

出 版 电子科技大学出版社(成都市建设北路二段四号, 邮编: 610054)
责任编辑 周清芳
发 行 电子科技大学出版社
印 刷 成都金龙印务有限责任公司
开 本 787×1092 1/16 印张 14 字数 340 千字
版 次 2005 年 8 月第一版
印 次 2005 年 8 月第一次印刷
书 号 ISBN 7-81094-890-3/TN·17
印 数 1—4000 册
定 价 21.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 邮购本书请与本社发行科联系。电话: (028)83201495 邮编: 610054。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

本书是一本集基本理论、电路设计方法和测试原理为一体的综合实验课教材，是电子技术实验基础课程和集成电路应用实验课程的继续和深化。书中强调系统电路的综合设计及实践，通过在电子技术实验中引入模拟和数字电路的综合应用，引入EDA（电子电路设计自动化）技术，对电子类各专业学生进行电路设计、系统调测等工程实践能力的培养。摆脱过去那种学生只按照规定的步骤去做，不需要主动思考便可完成实验的被动做法，充分发挥学生的创造性和个性。

如何使实验教学更好地与理论相结合，创造新的开放式教学模式，全面提升高校实验教学的综合水平和可持续发展能力，建设一流的实践基地，是亟待解决的问题。我们希望该教材的出版有助于实现实验教学的改革和进步。

作为一门综合实验教材，本书采用模块化教学方法。实验教学中采用集成开发与过程管理（IDPM）模式，实验室除了提供设备、器材、场地、理论和方法指导以外，还积极创造条件为学生提供过程管理模板与外延技能的信息支持。围绕开放实验流程的3个基本过程（计划、开发、发布），突出开放式实验教学从模仿到创新，从杂乱到规范，从单目标到多目标集成的成熟度提高，并采用过程评分和同级评审等方法，以新的教学思路实现实验教学成果的增值。

本书共分九章。第1章、第4章、第8章由朱红编写，第2章第3、4节、第3章第4、5、6、7节、第5章、第7章由李颖编写，第2章第1、2节、第3章第1、2、3节、第6章由韩冰编写，第3章第8节、第9章由唐续编写。朱红负责全书的总体结构和统稿。王华玉负责全书的校对、编排及绘图等工作。

参加本书实验研究部分章节的教师有：

第4章：朱红，杨光，王华玉

第5章：李颖，何利，张晓霞

第6章：韩冰，董爱军

第7章：李颖

第8章：朱红，熊飞，王华玉

第9章：唐续，王军

在本书的编写过程中，张玉兴教授、刘光祜教授提供了很好的资料与建议，并得到吕幼新教授和习友宝等老师的帮助，在此谨向他们表示衷心的感谢。

电子技术的飞速发展，对电子技术实验教材的整体构思和需求提出了更新、更高的要求，由于水平有限、时间仓促，书中一定还存在许多错误和不足，恳请广大师生和读者批评指正。

编 者
2005年7月

目 录	
第 1 章 现代电子技术综合实验教学模式	1
1.1 实验教学中集成开发与过程管理 (IDPM) 概念	1
1.2 现代电子技术综合实验中的范围管理	2
1.3 现代电子技术综合实验开发团队组建特点	2
1.4 IDPM 管理能力与工程能力培养模式	3
1.5 现代电子技术实验团队开发常用工具和技术	4
1.6 有关综合实验绩效评定的说明	5
第 2 章 电子技术实验中的元器件识别	9
2.1 基本元器件	9
2.1.1 电阻器	9
2.1.2 电容器	10
2.1.3 电感线圈	12
2.1.4 变压器	13
2.1.5 晶振	14
2.2 半导体元器件	15
2.2.1 二极管	15
2.2.2 三极管	16
2.2.3 可控硅	17
2.3 电声元件	20
2.3.1 驻极体话筒	20
2.3.2 压电陶瓷蜂鸣器	22
2.4 光电元件	23
2.4.1 光敏电阻	23
2.4.2 半导体光敏管	24

第3章 电子技术综合实验中常用 EDA 工具	25
3.1 Protel 99 简介	25
3.1.1 Protel 99 的系统配置与安装	25
3.1.2 Protel 99 开发环境简介	26
3.2 设计电路原理图	27
3.2.1 SCH 系统的操作界面	27
3.2.2 元件库及其管理	29
3.3 设计印制电路板	35
3.3.1 PCB 系统的操作界面	35
3.3.2 设计举例	36
3.4 OrCAD/PSpice 软件简介	44
3.4.1 OrCAD/PSpice 软件简介	44
3.4.2 OrCAD/PSpice 软件组成及分析功能	45
3.4.3 OrCAD/PSpice 的一些规定	46
3.4.4 分析电路的基本过程	46
3.5 电路图的绘制	47
3.5.1 新建项目	47
3.5.2 放置元器件	49
3.5.3 放置电源（激励源）	50
3.5.4 放置接地符号	50
3.5.5 放置互连线	50
3.5.6 放置电连接点	50
3.5.7 放置电源标号	50
3.6 电路各元件属性的编辑	50
3.6.1 基本无源元件：电阻电容	51
3.6.2 商品化的半导体器件	51
3.6.3 数字逻辑器件	51
3.6.4 Value 或 Reference 单项参数的编辑	51
3.6.5 电源属性参数的编辑	52

3.7 电路的基本分析	54
3.7.1 直流偏置计算 Bias Point	54
3.7.2 直流扫描分析 (DC Sweep)	55
3.7.3 频率特性分析 (AC Sweep)	57
3.7.4 瞬态分析 (TRAN)	59
3.7.5 参数扫描分析	60
3.8 Wave 软件的使用	62
3.8.1 Wave 软件的特点	62
3.8.2 Wave 的使用	63
3.8.3 其他仿真环境简介	79
第 4 章 语音录入系统实验设计	80
4.1 综合系统概念设计	80
4.2 系统集成方案	81
4.3 语音综合实验核心技术	82
4.3.1 语音采集技术	82
4.3.2 硬件电路设计	83
4.3.3 单通道音频前置放大集成电路	83
4.4 综合实验中的软件能力培养	84
4.4.1 软件设计	85
4.4.2 语音生成	87
4.4.3 系统调试	90
4.4.4 结论	92
第 5 章 声光控制开关系统的设计	93
5.1 概述	93
5.1.1 目的	93
5.1.2 任务及要求	93
5.2 系统设计思路	94
5.3 单元电路设计参考——利用晶体管和 D 触发器实现	95
5.3.1 电源设计	95

5.3.2 信号放大.....	97
5.3.3 信号处理.....	98
5.3.4 延时电路.....	100
5.3.5 执行机构.....	101
5.4 单元电路设计参考——利用集成电路实现.....	102
5.4.1 利用与非门实现.....	102
5.4.2 利用集成运放和 555 定时器实现.....	104
5.5 测试方案设计及调试技术.....	108
5.5.1 调试规则.....	108
5.5.2 故障寻、检的方法.....	108
5.5.3 本机调试过程.....	108
附 声控开关参考电路.....	111
第 6 章 对讲机系统设计	113
6.1 目的、任务及要求.....	113
6.1.1 目的.....	113
6.1.2 任务及要求.....	113
6.2 系统设计思路.....	114
6.2.1 信号的传播.....	114
6.2.2 FB-30A 型对讲机的指标.....	115
6.3 单元电路设计.....	116
6.3.1 接收机部分.....	116
6.3.2 发射机部分.....	119
6.4 对讲机整机电路原理简介.....	120
6.4.1 接收部分电路原理.....	122
6.4.2 发射部分电路原理.....	122
6.4.3 电源.....	123
6.5 电路测试方案设计及调试技术.....	123
6.6 故障诊断与维修.....	125
附 1. FB-30A 对讲机元件清单.....	126
2. 对讲机装配图.....	128

第 7 章 红外调频收发系统设计	129
7.1 目的、任务及要求	129
7.1.1 目的	129
7.1.2 任务及要求	129
7.2 系统设计思路	130
7.3 单元电路设计	131
7.3.1 方波调频电路	131
7.3.2 红外发射驱动电路	137
7.3.3 红外接收信号前置放大电路	138
7.3.4 高通滤波器	139
7.3.5 FM 解调电路模块	140
7.3.6 低通滤波器模块	141
7.3.7 功率放大器	142
7.4 系统调试	143
附 红外数据传输及其规范简介	143
第 8 章 基于单片机的音频播放系统	147
8.1 概述	147
8.1.1 问题的提出	147
8.1.2 任务和要求	147
8.2 系统开发平台	148
8.2.1 C51 开发平台 Keil uVision2	148
8.2.2 Windows 程序开发平台 Microsoft Visual Basic 6.0	151
8.3 基于单片机的音频播放系统	153
8.3.1 系统体系结构	153
8.3.2 软件部分	154
8.3.3 硬件部分	159
8.4 本系统在教学中的集成开发与过程管理	162
8.4.1 实验教学中集成开发与过程管理 (IDPM)	162
8.4.2 本系统的 IDPM 教学实践过程	164

8.5 系统调试及仿真	166
8.5.1 软件仿真	166
8.5.2 程序下载	166
8.5.3 硬件调试	167
第9章 多路数据采集系统设计	170
9.1 概述	170
9.2 数据采集系统设计	171
9.2.1 系统配置设计	171
9.3 单元模块设计	172
9.3.1 温度传感器	172
9.3.2 温度传感器实用电路	173
9.3.3 数字化模块设计与计算机接口	176
9.3.4 控制模块设计	178
9.4 系统软件设计	182
9.5 交通灯时序控制系统实验	183
9.5.1 实验目的	183
9.5.2 实验器材	183
9.5.3 实验电路设计	184
9.6 两路水温采集系统实验	200
9.6.1 实验目的	200
9.6.2 实验器材	200
9.6.3 实验原理及内容	200
9.6.4 实验报告要求	205
9.6.5 实验思考题	205
附 Genius SP+通用编程器使用说明	205
参考文献	214

第1章 现代电子技术综合实验教学模式

1.1 实验教学中集成开发与过程管理 (IDPM) 概念

现代电子技术综合实验是电子、通信类专业一门十分重要的基础和实践课程。其特点表现在:

1. 强调理论与实践的紧密结合

不仅要有电路分析基础、数字逻辑电路设计、模拟低频/高频电路、单片机原理等前导理论课程的基础理论,同时还需要电子技术实验基础、集成电路应用实验等基本实验操作技能。

2. 突出综合设计型的教学内容

在实验内容上,引入了数字电路和模拟电路综合应用,引入了 EDA 技术,教学要求包括系统电路设计、系统调测、系统仿真与优化。

3. 综合设计型实验教学周期长

每一个设计型实验都比一般基础实验具有较长的教学周期,需要团队合作和过程化管理。因此,一个完整的实验,本身就是从需求分析、概念设计、内容实施、综合集成测试到成果汇总的系列化、流程化过程。

应该指出,电子信息类产品的集成研发和生产过程是当前国内外高科技行业和国际知名公司企业普遍采用的运作模式。实验教学吸收其中面向市场、团队运作等理念及其研发管理技术,对于拓宽视野具有积极意义。特别是面向高校高年级毕业生和研究生群体,技术同管理的结合、理论基础同实践技能的结合、目标同过程的结合尤为重要。通过以市场需求为导向,以信息集成为基础,把创新开发、计划拟定和流程设计等各个环节集成到实验教学中,通过需求、成本分析、现实社会或虚拟用户支持在开发过程的介入(并行工程)、基础理论间持续有效的沟通(异步开发),确保实验与实践输出结果充分满足外部和内部需求,将会有效提高实验教学的综合水平。

作者在多年实验教学经验总结的基础上,提出了一套针对开放型、综合设计型实验的教学模式——IDPM(集成开发与过程管理)模式。IDPM:是指在计划的时间范围内、以合适的价格性价比和合理的理论和技术,开发有创意、有过程、有结果、以学生为主、教师为辅的实验开发工作方式。它描述了在开放式教学环境下利用工作要素及资源情况,应用系统工程理论、过程和组织形式以及人工的或计算机支持的工具。

开放式电子技术实验 IDPM 集成定义含两层意义:

IDPM 技术集成：引入计算机硬、软件接口技术以及 EDA 中电子实验台和可编程逻辑器件，建立设计型电子技术实验综合测试系统，完成数字电路和模拟电路的综合设计实验。

IDPM 管理集成：组织设计、范围界定、工程支撑、实验产品定义、团队合作、创新技术和知识集成等。

以 IDPM 模式组织开放式实验教学，其特点为：

- (1) 多学科小组（人）为基础。
- (2) 对过程的高度关注。

1.2 现代电子技术综合实验中的范围管理

结合电子技术的发展方向，我们将电子类专业 IDPM 开放实验教学的选题方向定义为：电子电路基础、数字系统、信号采集与处理、综合系统实验。

以电子技术综合实验为例，其工作分解结构（WBS）如图 1-1 所示。该开放型实验通过系统工程、范围需求、总体方案设计、单元电路设计、总体电路设计、印制板制作、元器件选择、安装与单元调试、集合测试、综合测试等环节。工作分解结构反映开发团队对某一项目的认知程度，不同开发实验应由有关团队成员运用头脑风暴法等方法合作制定。

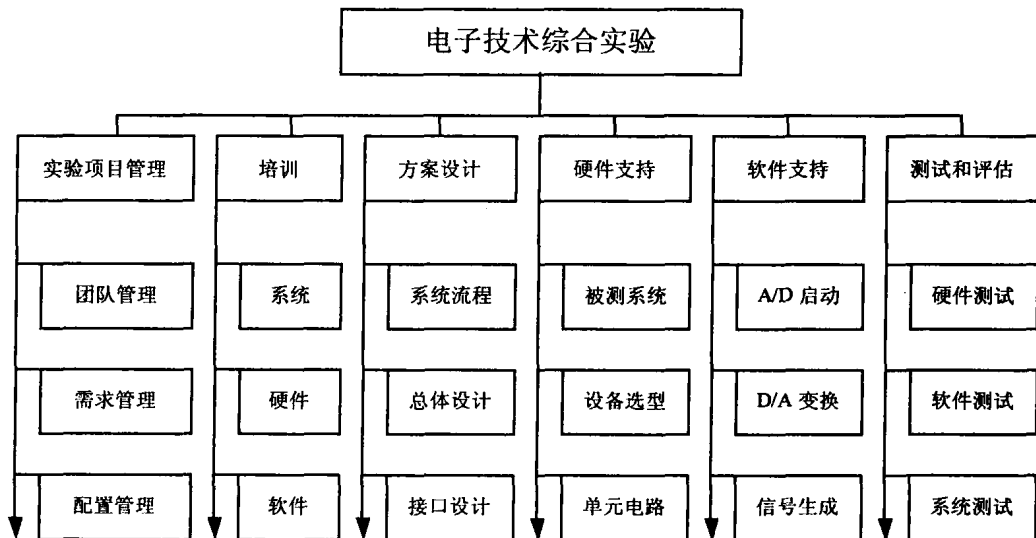


图 1-1 IDPM 工作分解结构

1.3 现代电子技术综合实验开发团队组建特点

IDPM 要求学生以团队方式参加开放实验。每个组应该推选一名项目负责人，同时通过章程和责任矩阵（RM）等工具，在工作分解结构的基础上定义每个团队成员的具体职

责。辅导教师可以以技术顾问或技术指导的方式介入项目。开放实验原则上采用自由选题、自由组队的方式，人数不限（分工必须明确），鼓励跨专业、跨学科设置题目和团队。责任矩阵的格式如表 1-1 所示。

表 1-1 综合实验责任矩阵表

	项目管理	方案设计	硬件设计	软件设计	测试和评估
人员 1	R	R	P	P	P
人员 2		P	R	P	P
人员 3		P	P	R	P
人员 4		P	P	P	R

注：表中 R 表示负责，P 表示参加。

1.4 IDPM 管理能力与工程能力培养模式

IDPM 的知识结构体系由三个部分组成（如图 1-2 所示）。项目组负责人及其成员应该通过过程实践培养管理能力，如：需求分析能力、计划能力、跟踪和监控能力、创新能力等。宗旨是让学生在开发项目中掌握系统的项目组织方法和工程实践方法。

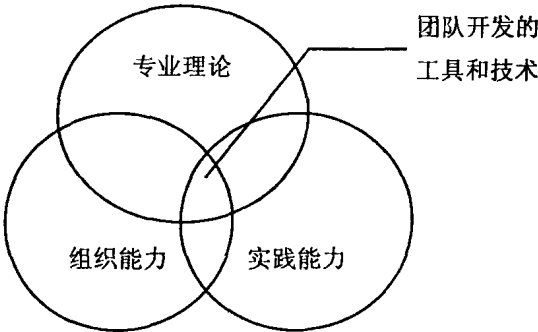


图 1-2 综合实验知识结构体系

IDPM 中的工程能力以集成产品开发的能力培养为导向，包括开发实验课题拟定、开发流程分析、信息流分析、整体方案设计、创新技术、质量意识、缺陷防范等能力的培养。对于电子技术综合设计实验等大型项目，IDPM 在硬件、软件子项目中均可以考虑采用增量开发模式（如图 1-3 所示），使项目有计划、按时间完成。

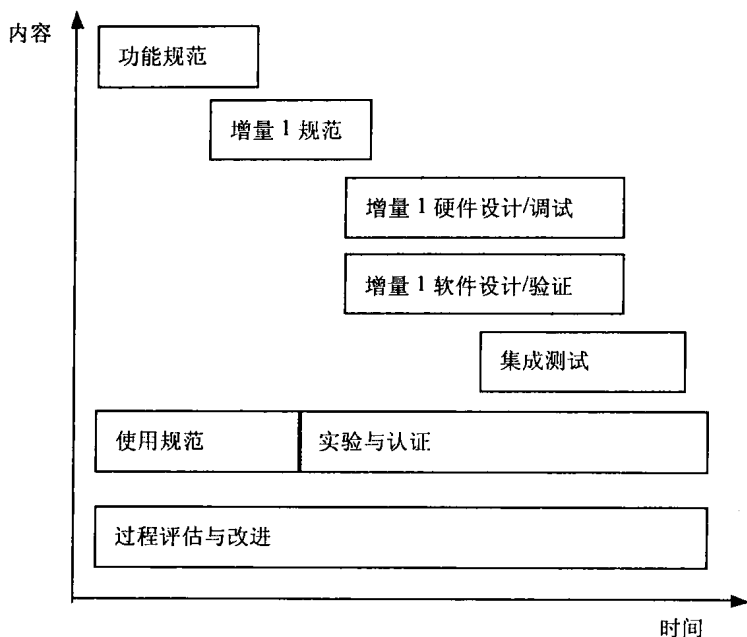


图 1-3 IDPM 增量模型计划

1.5 现代电子技术实验团队开发常用工具和技术

针对电子技术综合实验的一般规律，作者为学生提供了一系列的工具模板以方便教学实施与管理，其中核心的模板有 3 类：

1. 类型 1：过程组模板

IDPM 将过程分为计划、实施和收尾 3 个过程组，每一个过程组有 5 个管理过程（如图 1-4 所示），各过程组通过它们创造的结果和阶段性文档方式相互联系。该模板有利于项目沟通界面的建立。

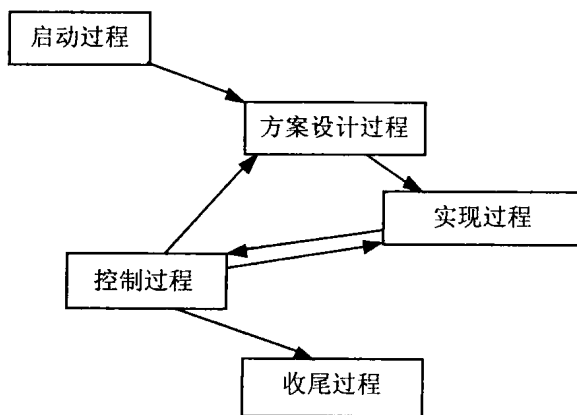


图 1-4 过程组模板

2. 类型 2：输入、工具、技术、输出 (ITTO) 模板

ITTO 模板具有盒结构数据封装的功能，可以强化知识管理、流程管理和效率。如图 1-5 所示的 ITTO 模板针对电子技术自动测试系统实验中的高频信号发生器设计工作。对于系统项目的其他 ITTO 图，可在相应 WBS 的基础上实现。

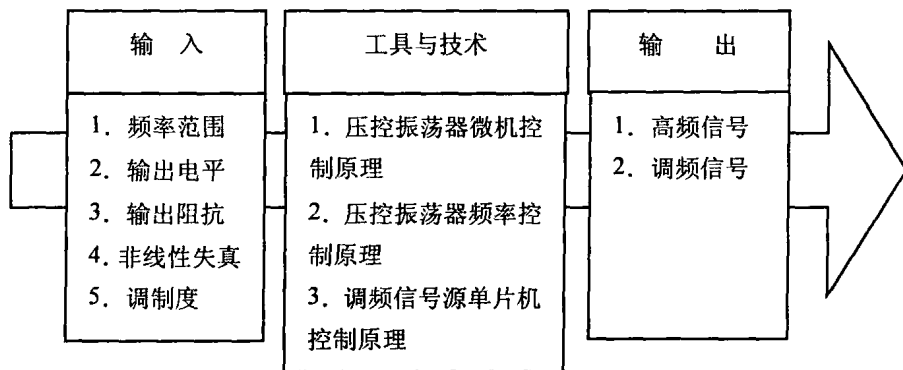


图 1-5 高频信号发生器开发 ITTO 图

3. 类型 3：文档模板

文档管理是 IDPM 实践中的重要一环，为此，我们开发了实验项目计划、详细依据、工作成果、变更申请、实验项目章程、范围计划、进度计划、资源需求计划、质量管理计划和人力资源计划等文档化模板，并将完成情况作为主要考核依据之一。

需要说明的是：IDPM 的模板体系是一个开环系统，鼓励学生通过对实验项目和管理控制的理解，创造出针对性更强、更有利于过程控制与管理的新模板。

1.6 有关综合实验绩效评定的说明

综合实验课程考核是对学生项目计划、项目章程、进度计划、资源需求计划、人力资源计划、工作成果的完成情况的综合评价。

考核可以采用结构分方式，根据各团队及各成员在项目完成过程中的情况，依据考核评分标准进行评定。

(1) 教师评定的分值与项目负责人评定的分值分别为 90%、10%。

(2) 过程考核评分标准为（成绩考核表如表 1-2 所示）。

说明：① 方案设计与论证

包含方案的比较、方案的正确性以及方案的优良性。

方案比较：有明确的比较——实现的方案至少有 2 个，并且对各方案有较充分的说明。

正确性：设计的方案和电路要求正确、合理。

优良性：方案优秀或有创新之处。

在方案比较中，提出的方案只需框图，并说明每一个方案所具有的优、缺点，然后说

明本设计所用的方案及理由。

设计的正确性及优良性主要是对采用的方案的评估。

② 单元电路设计

对方案设计与论证中的选定方案进行单元电路设计、分析计算。标明每个元器件的参数，选择依据，能否达到指标的估计。

各元件参数的理论计算要求完整、准确。

③ 电路制作

电路中各模块布局合理，连线或焊接情况良好。

在电路中是否有电源保护电路等保护措施。

④ 电路测试、调试

选择正确的测试方法：应画出仪器仪表连接图，选择测试点。

选择正确的测试仪器：正确选择测试仪器是保证能得到可靠的测试结果的条件之一。

测试数据：根据测试方法及测试项目进行测试，记录测试结果。测试数据力求能反映整个工作范围。

⑤ 设计报告

报告要求字迹工整、格式规范。

根据实际测量值及设计要求分析结果，并做出相应结论，指出存在的问题，产生的原因及解决方法。

设计报告的书写格式如下：

1. 项目的任务与要求

2. 系统概述

- 针对设计任务及指标提出两种设计方案
- 方案比较，对选取的方案作可行性论证
- 列出系统框图，介绍设计思路及工作原理

3. 电路设计与分析

- 介绍各单元电路的选型、工作原理、指标考虑；计算元件参数、提出型号。
- 电路优化、仿真结果及是否需要改进及改进的方法。

4. 电路、安装调试与测试

- 介绍测量仪器的名称、型号
 - 介绍测试方法
 - 介绍测量数据的图表和结果分析
 - 介绍安装调试中的技术问题，记录现象、波形，分析原因和解决方法及效果
- 过程评估与改进主要表格如表 1-2、表 1-3、表 1-4 所示。

表 1-2 成绩考核表

成 绩		团队成员姓名			
过程名称					
方案设计 与论证 (25 分)	方案比较 (8 分)				
	正确性 (9 分)				
	优良性 (8 分)				
电路设计 (25 分)	电路形式正确性 (8 分)				
	参数计算正确性、完整性 (9 分)				
	电路优化 (8 分)				
电路制作 (7 分)					
调式与 测试 (11 分)	方案正确性 (4 分)				
	仪器操作 (3 分)				
	数据完整性 (4 分)				
设计报告 (12 分)	工整性 (3 分)				
	格式规范性 (4 分)				
	结果分析 (5 分)				
项目负责人评价 (10 分)					
计划执行情况评价 (10 分)					
总 分 (100 分)					

表 1-3 项目进度计划表

时间 (4 学时为一次)	计划完成的内容	实际完成内容
第一次		
第二次		
第三次		
第四次		
第五次		
第六次		
第七次		
第八次		