

高等职业教育教学改革系列规划教材·电子信息类

# 电子产品 设计与制作

陈强 主编  
胡逸凡 张建新 吕殿基 副主编

-  任务驱动
-  行动导向
-  工学结合
-  学生主体
-  过程考核

本书提供配套教学资源包和电子课件,可登录

[www.hxedu.com.cn](http://www.hxedu.com.cn) 免费下载



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

高等职业教育教学改革系列规划教材·电子信息类

# 电子产品设计与制作

陈 强 主 编

胡逸凡 张建新 吕殿基 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书根据目前最新的职业教育改革要求,以函数信号发生器为主线,通过7个典型工作任务,介绍电子产品设计与制作的全部过程,即电路设计、仿真、原理图与PCB设计、PCB制作、焊接、组装、调试、编制技术文件。本书注重技能训练,采用工作任务引导教与学,内容贴近电子行业职业岗位要求。学生通过真实任务的实施,获得所需知识,提高动手能力。

本书适用于高等职业院校电子信息类、通信类等专业的学生作为教材,同时也可以作为广大电子制作爱好者的参考用书。

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

电子产品设计与制作/陈强主编. —北京:电子工业出版社,2010.8

高等职业教育教学改革系列规划教材. 电子信息类

ISBN 978-7-121-11540-0

I. ①电… II. ①陈… III. ①电子产品—设计—高等学校:技术学校—教材②电子产品—制作—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TN602②TN605

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第152526号

策划编辑:田领红

责任编辑:田领红 特约编辑:孙志明

印刷:北京市顺义兴华印刷厂

装订:三河市双峰印刷装订有限公司

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:787×1092 1/16 印张:12.5 字数:320千字

印次:2010年8月第1次印刷

印数:4000册 定价:23.00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](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线:(010)88258888。

# 前 言

随着我国高等职业教育改革的深入，人才培养的目标更加明确，课程设置更加体现工作过程和岗位要求，基于工作过程的课程体系正成为高等职业教育课程的主流，编写体现这一改革思想的教材已成为当务之急。

本书作者在编写教材过程中，结合北京市示范性高职院校建设的课程改革契机，在相关岗位能力要求调研的基础上，以“工作任务为线索，实际电子产品为载体，任务实施为导向”作为编写思想，通过 7 个工作任务，阐述电子产品设计与制作的全过程。从多个角度、全方位地体现高职教育的特色。与同类教材相比，具有以下特点。

(1) 本教材打破传统的实理脱节、学科本位的教材体系，是一种全新的项目课程教材，它指向以生产一个具体的、具有实际应用价值的产品为目的的工作任务，以此为基础构建项目形式的学习任务，并围绕项目的完成过程展开课程内容。这一结构要求采取项目任务驱动的教学方法，师生双方边教、边学、边做，融理论教学、实践教学、生产、技术服务于一体，目的在于培养学生的职业能力。

(2) 教材以工作任务为导向，由任务入手引入相关知识和理论。每个任务按照任务目标→任务要求→相关知识→任务实施→任务总结的思路安排结构，体现“在学中做，在做中学”的教学思路。

(3) 教材在内容的选择上首先充分考虑到要简单实用，并能较好地结合本专业的课程体系；其次要与现实工作紧密相关，便于以实际工作过程为导向进行操作，为学生模拟一个更贴近实际工作的学习环境。为此，选择了电子产品——函数信号发生器。

本教材理论内容适当，实用性强，紧密结合学生的职业能力培养目标，使学生通过本课程的学习掌握电子产品的电路设计、电路仿真、PCB 设计与制作、电路板的安装与调试及简单故障的排除。通过本教材可提高学生的综合素质与职业能力，为学生职业生涯的发展奠定基础。

本书由陈强主编，胡逸凡、张建新、吕殿基副主编。陈强对本书的编写思路与大纲进行了总体策划，并对全书进行统稿和审稿。其中陈强编写第 1、4、5、6、8 章，胡逸凡编写第 2 章，张建新编写第 3 章，吕殿基编写第 7 章。

限于编者的水平，书中难免有错误和疏漏之处，敬请广大读者批评指正，以使本教材更趋完美，也更加符合教学需要。

由于 Protel 软件的原因，本书对电路图中不符合国家标准的图形、单位、符号（例如，二极管用 D 系列表示，三极管用 Q 系列表示，电容单位写为 uF）等未做改动，以便于读者学习和使用实际的 Protel 软件。

编者

2010 年 6 月

# 目 录

第 1 章 电子产品设计概述	(1)
任务一 函数信号发生器的电路设计	(1)
任务目标	(1)
任务要求	(1)
相关知识	(1)
1.1 电子产品设计的概念与特点	(1)
1.1.1 电子产品设计概述	(1)
1.1.2 电子产品设计的特点	(2)
1.1.3 电子产品设计的程序	(2)
1.2 电子产品设计的要求与方法	(3)
1.2.1 电子产品设计的要求	(3)
1.2.2 电子产品设计的方法	(4)
1.3 电路设计的基本内容与方法	(5)
1.3.1 电路设计的基本内容	(5)
1.3.2 电路设计的基本方法	(5)
1.4 电路设计的步骤	(6)
1.4.1 课题分析	(6)
1.4.2 总体方案的设计与选择	(6)
1.4.3 单元电路的设计与选择	(7)
1.4.4 电子元器件的选用	(7)
1.4.5 电路的参数计算	(8)
1.4.6 总电路图的设计	(10)
1.4.7 审图	(10)
1.4.8 产品设计报告	(10)
任务实施	(11)
子任务一 正弦波产生电路的设计	(11)
子任务二 方波产生电路的设计	(13)
子任务三 三角波产生电路的设计	(14)
子任务四 输出电路的设计	(15)
子任务五 直流稳压电源的设计	(15)
任务总结	(16)
思考与练习	(16)

<b>第 2 章 电子产品设计电路的仿真</b> .....	(17)
任务二 函数信号发生器的电路仿真.....	(17)
任务目标.....	(17)
任务要求.....	(17)
相关知识.....	(17)
2.1 Proteus ISIS 电路仿真软件概述.....	(17)
2.1.1 Proteus ISIS 软件概述.....	(17)
2.1.2 Proteus ISIS 的运行环境.....	(18)
2.2 Proteus ISIS 工作界面简介.....	(18)
2.2.1 主菜单.....	(19)
2.2.2 主工具栏.....	(22)
2.2.3 模式选择工具栏.....	(23)
2.2.4 预览窗口.....	(24)
2.2.5 元件列表.....	(24)
2.2.6 方向工具栏.....	(24)
2.2.7 仿真工具栏.....	(25)
2.3 Proteus VSM 仿真工具.....	(25)
2.3.1 探针.....	(25)
2.3.2 激励源.....	(26)
2.3.3 虚拟示波器.....	(29)
2.3.4 信号发生器.....	(30)
2.3.5 电压表和电流表.....	(31)
2.4 仿真实例.....	(31)
2.4.1 实例 1——三极管放大电路.....	(31)
2.4.2 实例 2——三极管输出特性曲线分析.....	(39)
任务实施.....	(43)
子任务一 正弦波电路的仿真.....	(43)
子任务二 方波电路的仿真.....	(44)
子任务三 三角波电路的仿真.....	(44)
子任务四 稳压电源的仿真.....	(44)
任务总结.....	(45)
思考与练习.....	(46)
<b>第 3 章 电子产品的原理图绘制与 PCB 设计</b> .....	(47)
任务三 函数信号发生器的 PCB 设计.....	(47)
任务目标.....	(47)
任务要求.....	(47)
相关知识.....	(47)
3.1 Protel 99 SE 概述.....	(47)
3.1.1 Protel 99 SE 简介.....	(47)
3.1.2 设计数据库文件的建立.....	(47)



3.1.3	设计数据库文件的结构	(49)
3.1.4	设计数据库文件的打开与关闭	(49)
3.2	原理图绘制	(50)
3.2.1	创建 SCH 文件	(50)
3.2.2	添加元件	(51)
3.2.3	编辑元件	(53)
3.2.4	放置电源和接地元件	(54)
3.2.5	连接线路	(55)
3.2.6	放置节点	(57)
3.2.7	保存文件	(58)
3.2.8	原理图电气规则检查	(58)
3.2.9	生成元件列表	(59)
3.2.10	生成网络表	(62)
3.3	PCB 设计	(63)
3.3.1	创建 PCB 文件	(63)
3.3.2	设置参数	(70)
3.3.3	规划电路板	(72)
3.3.4	装入网络表和元件封装	(74)
3.3.5	元件布局	(76)
3.3.6	布线调整	(80)
3.3.7	文件保存输出	(82)
3.4	设计实例	(83)
3.4.1	实例 1	(83)
3.4.2	实例 2	(84)
	任务实施	(85)
	子任务一 绘制函数信号发生器的原理图	(85)
	子任务二 函数信号发生器的 PCB 设计	(85)
	任务总结	(88)
	思考与练习	(88)
<b>第 4 章</b>	<b>电子产品的 PCB 制作</b>	<b>(90)</b>
	任务四 函数信号发生器的 PCB 制作	(90)
	任务目标	(90)
	任务要求	(90)
	相关知识	(90)
4.1	概述	(90)
4.1.1	PCB 的发展过程	(90)
4.1.2	PCB 的分类	(91)
4.1.3	PCB 的功能	(92)
4.1.4	PCB 基板材料	(92)
4.2	PCB 的制作	(95)

4.2.1	PCB 制作工艺流程	(95)
4.2.2	手工 PCB 制作方法简介	(99)
4.2.3	热转印法制作 PCB	(101)
任务实施		(104)
任务总结		(105)
思考与练习		(105)
<b>第 5 章</b>	<b>常用电子元器件</b>	(106)
任务五	函数信号发生器的元器件识别与测量	(106)
任务目标		(106)
任务要求		(106)
相关知识		(106)
5.1	电阻器和电位器	(106)
5.1.1	电阻器的种类	(106)
5.1.2	电阻器的主要技术参数	(107)
5.1.3	电阻器的正确使用	(109)
5.1.4	电位器	(110)
5.2	电容器	(111)
5.2.1	电容器的分类	(112)
5.2.2	电容器的容量识别方法	(113)
5.2.3	电容器的选用及性能检测	(115)
5.3	半导体器件及集成电路	(115)
5.3.1	晶体二极管	(115)
5.3.2	晶体三极管	(118)
5.3.3	集成电路	(121)
任务实施		(123)
任务总结		(124)
思考与练习		(124)
<b>第 6 章</b>	<b>电子整机的安装与调试</b>	(125)
任务六	函数信号发生器的安装与调试	(125)
任务目标		(125)
任务要求		(125)
相关知识		(125)
6.1	焊接工艺	(125)
6.1.1	手工焊接工具	(125)
6.1.2	手工焊接与拆焊方法	(128)
6.1.3	工业生产焊接技术	(129)
6.2	电路产品的安装工艺	(132)
6.2.1	电子产品装配的工艺过程	(132)
6.2.2	安装前的准备工艺	(133)
6.2.3	典型部件的装配	(135)



6.2.4 面板、机壳装配	(139)
6.2.5 整机总装工艺	(140)
6.3 整机及单元电路的调试工艺	(141)
6.3.1 单元电路的调试	(141)
6.3.2 整机的调试	(144)
任务实施	(145)
子任务一 函数信号发生器的焊接与组装	(145)
子任务二 函数信号发生器的调试	(146)
任务总结	(147)
思考与练习	(147)
<b>第7章 电子产品设计资料的撰写</b>	<b>(149)</b>
任务七 编写函数信号发生器技术文件	(149)
任务目标	(149)
任务要求	(149)
相关知识	(149)
7.1 电子产品设计文件概述	(149)
7.1.1 文字性设计文件	(149)
7.1.2 表格性设计文件	(150)
7.1.3 电子工程图	(151)
7.2 电子产品的技术说明书和使用说明书	(155)
7.2.1 技术说明书	(155)
7.2.2 使用说明书	(157)
任务实施	(159)
任务总结	(159)
思考与练习	(159)
<b>第8章 综合设计实例——数字频率计的设计与制作</b>	<b>(160)</b>
8.1 数字频率计的设计	(160)
8.1.1 设计指标	(160)
8.1.2 数字频率计的组成	(160)
8.1.3 数字频率计单元电路的设计与仿真	(161)
8.2 数字频率计的PCB设计与制作	(168)
8.3 数字频率计的组装、调试	(172)
<b>附录A 电子产品的设计文件格式</b>	<b>(174)</b>
<b>附录B 电子产品的工艺文件格式</b>	<b>(179)</b>
<b>参考文献</b>	<b>(187)</b>

# 第1章 电子产品设计概述

本章从电子产品设计的基本概念入手,首先让读者了解电子产品设计的概念、流程、要求、方法,对电子产品设计有一个感性的认识。其次介绍电路设计的基本方法及步骤。由于电子产品设计最终归结为电路的设计,所以我们通过一个设计实例,使读者掌握产品电路的设计方法。

## 任务一 函数信号发生器的电路设计



### 任务目标

- ① 能够根据电子产品的设计流程,完成函数信号发生器方框图的设计、各个功能单元的设计,以及整个电路原理图的设计,并能进行基本的分析和计算,以达到设计指标的要求。
- ② 能够综合考虑选取电子元器件。



### 任务要求

设计函数信号发生器,其技术指标如下:

#### (1) 正弦波信号源

输出频率范围: 200Hz~50kHz,分两波段连续可调;

输出电压范围: (0~10) V<sub>p-p</sub>。

#### (2) 方波信号源

输出频率范围: 200Hz~50kHz,分两波段连续可调;

输出电压范围: (0~10) V<sub>p-p</sub>。

#### (3) 三角波信号源

输出频率范围: 250Hz~33kHz,分两波段连续可调;

输出电压范围: (0~10) V<sub>p-p</sub>。



### 相关知识

## 1.1 电子产品设计的概念与特点

### 1.1.1 电子产品设计概述

设计是一个思维过程,是构思和创造,将设想以最佳方式转化为现实的活动过程。电子

产品的设计就是根据课题的要求,以科学理论为依据,知识技能为基础,创新构思,将研究方案予以实现的过程。

进行电子产品设计,不仅要掌握过硬的电子专业知识,还要了解市场变化,懂得产品造型艺术,对视觉、触觉、安全及使用标准等各方面有详细的了解。设计人员应该将对这些方面的考虑与生产过程中的技术要求,包括销售、流通和维修服务等有机地结合起来。

### 1.1.2 电子产品设计的特点

电子产品设计的技术是现代科学技术中发展最快的一门技术。由于电子产品种类繁多、应用广泛、可靠性高、精度高、控制系统复杂,且集知识、技术、信息为一体,所以在设计时应考虑以下几点。

#### (1) 明确目标

对要求设计的产品,要分清实现目标的主次因素,抓住主要矛盾,明确首要目标,以便选择有效的设计方法,解决关键问题,设计出好的方案。

#### (2) 多种备选方案

设计人员的责任就是对同一目标构思出多种方案,然后通过优化设计的方法,优中选优,确定一个最佳方案,并将其运用到实践中。

#### (3) 制约因素

进行方案选定时,肯定会受到多方面条件限制,如物理、化学、数学等方面基本规律的限制;人力、物力、财力等条件的限制;社会和法律因素的限制;民族和人们生活习俗的限制;生产设施和资料来源的限制;发展演化的限制;市场变化的限制等。

### 1.1.3 电子产品设计的程序

电子产品设计的程序包括方案论证、初步设计、技术设计、试制与实验及设计定型五个阶段。

#### 1. 方案论证

设计一种产品,其根本目的是满足社会生产和人们的需要。对设计者来说,完成设计标准就是满足和实现这些需求。调查分析这些要求产生的原因,并考虑在技术上、经济上实现的可能性,这一阶段工作通常称为方案论证。它是设计的依据和基础。

#### 2. 初步设计

初步设计又称总体设计,它所依据的性能、规格、用途,通常由用户或双方共同提出。初步设计的主要目的是确定设计对象的主要参数,并保证有足够的精确度,以便做出完善的设计。初步设计的最终结果是确定产品的主要参数值,避免以后重复设计,并使评价指标体系达到最佳状态。

#### 3. 技术设计

技术设计是产品设计定型阶段。技术设计依据总体方案确定的参数、尺寸,精确地对每一部件、零件进行设计,确定它们的结构、形状、尺寸、材料、强度及质量等参数。对某些

零部件有时也需要做些试验性的验证工作。技术设计的内容一般包括：确定产品总图、部件装配图及主要零部件图；编制零部件明细表；编写设计说明书，指定产品的技术经济指标；对新产品进行技术经济分析。

在技术设计阶段，要完成图纸设计，造出样机，同时要要进行一系列静态和动态试验。有关的试验设备、仪器也要在这一阶段完成准备。

#### 4. 试制与实验

除了试制样机和部件外，还要进行一系列的工艺设计，其中包括解决技术问题、工艺装备、制订零件加工方法、部件装配及整机装配等，并按规定进行整机的静力试验、动力试验等，以考核产品的规定性能。

#### 5. 设计定型

这一阶段要在有关主管部门主持下，经专家鉴定确认产品符合性能要求，图纸齐全、规范，技术文件和试验资料充分，即可办理设计定型手续。实际工作中，一般还要经过小批量生产，通过试用进一步发现问题，进行改善。

## 1.2 电子产品设计的要求与方法

### 1.2.1 电子产品设计的要求

设计产品关系到众多要素，在设计中处理好它们相互之间的关系，是产品设计的关键所在。电子产品在设计时，应按照安全、可靠、耐用、经济、美观、好造、易修的要求进行。

#### 1. 可靠性

可靠性是指产品在规定的条件下，在规定的时间内，不出故障地完成规定功能的概率。产品的寿命取决于产品的可靠性，而产品的可靠性取决于设计中的可靠性。

#### 2. 安全性

在设计电子产品时要特别注意安全性设计。世界各国对电气产品有安全性的规定，如美国的 UL 标准、欧洲的 IEC 标准等。尤其是出口产品，必须取得进口国的安全认证才能输出。尽管各国对不同电子产品的安全标准规定不同，但为了防止触电、火灾等事故的发生，都对绝缘材料、绝缘距离、认定元器件等有相应的规定。

#### 3. 实用性

实用性是产品设计的目的。实用性好是指性能良好，操作、使用与维护方便。在设计时应“形式服从功能”，遵循实用、合理、为消费者着想的原则。

#### 4. 工艺性

工艺性是衡量设计质量的重要标志之一。美国专家对机电产品质量进行的分析表明,工艺性不良所造成的缺陷占缺陷总数的 20%。因此,产品设计要有良好的工艺性,要尽可能地考虑到加工的方便、制造上的技术水平和生产能力等。

#### 5. 标准化

在产品设计中,要贯彻执行标准化、通用化、系统化的设计原则,积极采用国际先进技术标准。这可以简化产品结构和设计,提高零部件的通用性和互换性,节省开发时间,便于产品维修。

#### 6. 延续性

在产品设计中,要尽可能采用原有产品中先进合理的部分及已掌握的生产技术和生产经验。这样不仅可以使原有设备得以重复利用、降低产品成本,而且还可以缩短设计时间,加快开发进程。

### 1.2.2 电子产品设计的方法

设计方法是实现预想目标的途径。在电子产品设计中,有很多实用而有效的设计方法,它们都建立在各自的理论基础之上,每种方法都是一门学问,这里只进行简要的说明。

#### 1. 系统论设计法

系统论设计法是以整体分析及系统观点来解决各个领域中具体问题的科学方法。系统具有整体性、目的性、有序性、反馈性和动态性等特点。系统论设计法主要分为系统分析、系统设计及系统实施三个步骤,其中系统分析分为总体分析、功能分析、指标分配、方案研究、分析模拟、系统优化及系统综合等。系统论设计法也就是在设计时,综合考虑设计对象及与之相关的各个方面的功能分配与协调。

#### 2. 优化设计法

产品优化设计法是指在各种设计限制条件下,优选设计参数,实现产品优化设计。一项电气产品的设计,总是力图在给定的功率、体积及成本等限制条件下寻求最佳效果,取得最优的技术经济指标。在优化设计过程中,首先要建立优化设计的数学模型,选择适当的优化方法;其次要编写优化程序;然后输入必要的数据和设计参数初始值,通过计算机求解并输出优化结果。

#### 3. 计算机辅助设计法

计算机辅助设计法(Computer Aided Design, CAD)是指以计算机软、硬件为依托,以数字化、信息化为特征,计算机参与产品设计的一种现代化的设计方式和手段。计算机辅助设计产品具有高效性、科学性、可靠性等常规设计所不具备的优点,它可以对设计对象的有关资料(如数据、图表及公式等)进行自动检索和运算。将人的经验、智慧与计算机的高速

运算结合起来,方便地实现优化设计。计算机还可以通过屏幕显示样品设计模型,并进行仿真分析,对多种方案进行模拟、比较,并将最终设计结构绘成图纸,同时输出有关数据。计算机辅助设计还可以借助数据库,利用各种标准化典型结构设计加快设计进度。现在各种电路设计、电路板设计及机械设计等的CAD已广泛应用于产品设计中。

#### 4. 模块化设计法

模块化设计法是在产品设计时将产品按功能作用的不同分解为几个不同的模块,模块之间保存相对的独立性,然后将模块互相连接起来构成完整的系统。也可以设计一系列可互换的不同功能的模块,便于选用所需的功能模块与其他部分组成不同的新产品。这样就可以将原来复杂的问题简化、分解,使设计工作能平行开展,缩短设计周期。由于模块功能相对独立,设计中的错误被局限在有限的范围内,有利于调试、查找和纠正问题。同一模块还可以被用于不同的设计中,这使设计的工作量大大减少。

### 1.3 电路设计的基本内容与方法

#### 1.3.1 电路设计的基本内容

电路设计的基本内容主要包括以下几个方面:

- ① 拟定电路设计的技术条件(任务书)。
- ② 选择电源的种类。
- ③ 确定负荷容量(功耗)。
- ④ 设计电路原理图、接线图、安装图及装配图。
- ⑤ 选择电子电器元件,制订电子元件明细表。
- ⑥ 画出执行元件、控制部件及检测元件总布局图。
- ⑦ 设计机壳、面板、印制电路板、接线板及非标准电器和专用安装零件。
- ⑧ 编写设计计算说明书和使用说明书。

#### 1.3.2 电路设计的基本方法

##### 1. 借鉴设计法

设计者在接到设计任务或确定设计目标后,应结合产品,进行调查研究,了解该行业中此类产品采用电子电路的情况,选取可以借用或借鉴的实用电路。通常存在许多原理和技术上可以借用的电路,设计人员只需对电路做某些改进和元件调整,以适应设计需要。这一过程包括课题分析和方案选取两个阶段。

因此,设计的第一步是将设计任务功能模块化,进行目标分解,将整个电路系统分解为若干个功能模块和功能电路,然后查寻可以借用或借鉴的电路。

虽然电路设计者可以自己设计具体电路,但通常不一定完全需要自己设计。要考虑电路的实用性、时间性和制造成本。借用的电路往往经过实践和时间的考验,因而更有工程价值,这样做可以缩短设计周期。新设计的电路,只有当具有技术先进、性能明显改善和可以降低

成本时，才会在工程上被接受。

## 2. 近似设计法

近似设计法是设计电路时的另一种方法。众所周知，理论可以给设计者一个清晰的思路，但理论往往是有条件的，因而具有一定的局限性。在电路设计中，精确的理论计算是不必要的。由于元件受多方因素的影响，在设计电路过程中，往往采取“定性分析、定量估算、实验调整”的方法。所以在设计初期，只需进行粗略计算，帮助近似确定电路参数的取值范围，参数的具体确定需要借助于实验调整和计算机仿真来完成。

## 3. 功能分解、组合设计法

功能分解、组合设计法是设计电子电路的第三种方法。在电路的设计中，经常将电子线路按功能划分为多个子模块，各模块参照各种具体电路进行设计，然后组合成系统进行统调。在由功能电路组合成大系统时，由于子模块之间存在负载效应的影响，会引起子模块电路之间的参数不匹配，从而使电子产品整体性能下降，这在模拟电路中尤为突出，如频率偏移、阻抗不匹配等，甚至会使电路不能正常工作。因此，在由大系统分解为子系统时，不仅要注意功能分解，而且还要合理地分配性能指标。如在设计多级放大器时，前级应具有低噪声的特点，放大倍数也不能太高，而后级则应有较大的放大倍数。

在数字系统中，要注意各子模块之间的时钟同步和协调。保证电路满足一定的时序要求，禁止竞争冒险和过渡干扰脉冲出现，以免发生控制失误。控制器一般采用扭环型计数器或微程序控制器实现。

# 1.4 电路设计的步骤

## 1.4.1 课题分析

根据技术指标的要求，弄清楚系统要求的功能，确定采用电路的基本形式，据此对课题的可行性做出估计和判断，确定课题的技术关键和拟解决的问题。

## 1.4.2 总体方案的设计与选择

在对设计任务的各项功能要求、技术指标进行分析后，接下来就可以选择总体方案。

### 1. 选择总体方案的一般过程

总体方案是根据设计任务书提出的任务、要求和性能指标，用具有一定功能的若干单元电路组成一个整体，来实现各项功能，满足设计题目提出的要求和技术指标。

由于符合要求的总体方案不止一个，应当针对任务、要求和条件，查阅有关资料，广开思路，提出若干不同方案，然后仔细分析每个方案的可行性和优缺点，加以比较，从中选优，进行优化设计及可靠性设计。在选择过程中，常用框图表示各种方案的基本原理。框图一般不必画的太细，只要说明基本原理就可以了。但有些关键部分一定要画清楚。必要时需要画出具体电路加以分析。



## 2. 选择方案应注意的几个问题

① 应当针对关系到电路全局的问题，多提些不同的方案。有些关键部分，还要提出各种具体电路。根据设计要求进行分析比较，从而找出最优方案。

② 既要考虑方案的可行性，还要考虑性能、可靠性、成本、功耗和体积等问题。

③ 选定一个满意的方案并非易事，在分析论证和设计过程中需要不断改进和完善，但应尽量避免方案上的重大反复，以免浪费时间和精力。

### 1.4.3 单元电路的设计与选择

在确定总体方案，画出详细框图之后，便可进行单元电路的设计。

① 根据设计要求和总体方案的原理框图，确定对各单元电路的设计要求，必要时拟定主要单元电路的性能指标。应注意各个单元电路之间的相互配合，尽量少用或不用电平转换之类的接口电路，以简化电路结构、降低成本。

② 拟定出各单元电路的要求，检查无误后方可按一定顺序分别设计每一个单元电路。

③ 设计单元电路的结构形式。一般情况下，应查阅有关资料，从而找到适用的参考电路，也可从几个电路综合得出需要的电路。

④ 选择单元电路的元器件，根据设计要求，调整元件，估算参数。

### 1.4.4 电子元器件的选用

电子产品的制作过程需要各种各样的电子元器件。为了确保产品质量，降低成本，电子元器件的选用是产品生产、制作的关键。如果选用不当将影响各项技术指标的实现，会出现废品、次品。

电路原理图上标明了各元器件的规格、型号及参数，它是电子元器件选用的依据。已经定型的产品，原理图上各元器件是经过设计、研制、试制后投入生产的，一般情况下，选用的元器件是不允许更换的。但对于电子产品的研制者、维修人员来说，由于客观条件等诸多因素的影响，在符合技术要求规范的前提下，可机动灵活地选用元器件。在某些特定情况下，即使有了原理图，但由于有些元器件参数标注不全，如电解电容只标容量不标耐压，在电源电路选择中要重新考虑；产品使用现场条件与技术资料不符，可调整部分元器件以适应实际要求；个别元器件当地买不到，可选用符合要求的元器件代用；在维修过程中发现个别元器件有不合理之处，就需要换上合适的元器件。

电子元器件是执行预定功能而不可拆卸分解的电路基本单元。如电阻器、电容器、半导体分立元件、半导体集成电路、微波元器件、继电器、磁性元件、开关、电连接器、滤波器及传感器等。实践证明，在电子设备中元器件失效总数的44%~67%是由于选用不当引起的，而元器件本身质量引起的失效只占33%~46%，见表1-1。因此元器件的选用在电路设计中占有重要地位，设计人员必须高度重视。

表 1-1 元器件失效原因统计

报告日期	选用不当引起失效	器件本身质量引起失效	资料来源
1982年7月	66.6%	33%	某厂元器件总结报告
1989年11月	54%	46%	信息产业部五所
1990年1月	64%	33%	航天部（信息管理简报）
1998年6月	44.4%	—	航天质量局

## 1. 元器件的选择原则

① 选择经实践证明质量稳定、可靠性高、有良好信誉的生产厂家的标准器件，不能选用淘汰的或劣质的元器件。

② 元器件的技术性能、质量等级及使用条件等指标应满足电路设计的要求。

③ 在满足性能参数的情况下，应选用低功耗、低热阻、低损耗角、高功率增益及高效益的元器件。

④ 国产元器件的优选。首先选择经过认证鉴定的符合国标的元器件，经过使用考验的、符合要求的、有稳定货源的元器件。

⑤ 进口元器件。优选国外权威机构的 PPL（优选清单）、QPL（质量鉴定合格的元器件清单）中的元器件；生产过程中经过严格筛选的高可靠元器件。

## 2. 元器件的选用

应优先选择型号优先手册或国外权威机构公布的优选清单 PPL 中的元件。设计人员应制定准确的采购元器件的技术规范，为保证可靠性要求，规范应明确筛选（含二次筛选）和质量指标一致性检验的措施和方法。同时应按型号规订制定合格的元器件采购清单。必须明确在采购清单中影响元器件的可靠性和质量的因素，如质量等级、环境条件、失效率、技术标准、封装形式、特殊要求（抗静电特性、芯片保护工艺等）及生产厂家等。

采购规范应按规定经审批后方可实施。元器件在产品中的应用确定后，应预计其是否满足电路对元器件可靠性的要求。

## 3. 优先选用集成电路

集成电路具有体积小、成本低、可靠性好、安装调试比较简单等优点，简化了设计，已得到越来越广泛的应用。

## 4. 分立元件依然不可替代

在高频率、高电压、大电流或要求噪声低的特殊场合仍需采用分立元件，如有些功能简单的电路只需用一只三极管就能解决问题。如采用集成电路，反而使设计的电路复杂化，且增加成本，小题大做了。

### 1.4.5 电路的参数计算

在设计电路过程中，常需要计算一些参数。如设计积分电路时，需计算电阻值和电容值，还要估算集成运放的开环电压放大倍数、差模输入电阻、转换速率、输入偏置电流、输入失调电压和输入失调电流及温漂，最后根据计算结果选择元器件。

#### 1. 计算参数的重要性

计算参数的具体方法，主要是正确运用已学过的分析方法，搞清电路原理，灵活运用公式进行计算。如实际应用中需要开发一个产品，设计一个电路，去满足一项或几项功能，要计算输出功率、电压、电流等参数及控制时间、方式等，必须进行参数计算，并对元器件的