

普通高等院校电工电子实验实践系列教材

电子系统设计 与实践教程

郭宇锋 成谢锋 总主编

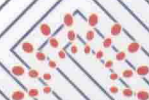
薛梅丁 柯柯 朱震华 刘艳 编著

刘陈 主审

Tutorial of Electronic Systems
Design and Practice



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



高校系列

高等院校电工电子实验实践系列教材

电子系统设计 与实践教程

郭宇锋 成谢锋 总主编

薛梅丁 可柯 朱震华 刘艳 编著

刘陈 主审

Tutorial of Electronic Systems
Design and Practice

人民邮电出版社
北京



图书在版编目 (C I P) 数据

电子系统设计与实践教程 / 薛梅等编著. — 北京 :
人民邮电出版社, 2014.9
普通高等院校电工电子实验实践系列教材
ISBN 978-7-115-36557-6

I. ①电… II. ①薛… III. ①电子系统—系统设计—
高等学校—教材 IV. ①TN02

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第188286号

内 容 提 要

本书阐述综合性和系统性的电子系统设计方法与设计原则,重点介绍了电子系统设计与实践技术方面的知识。通过选取难度适中且具有综合性、系统性的大型课题让学生操作实践,拓展学生设计思路,规范学生装配、调测等实验技术,为学生后续课程的学习打下良好的基础,同时能让学生体会到电子电路在实践中的工程技术特点,提高自己的科技素质。

本书是电子电路课程设计的配套教材,同时也可以作为电子设计大赛赛前训练和电子爱好者的参考用书。

-
- ◆ 编 著 薛 梅 丁可柯 朱震华 刘 艳
责任编辑 武恩玉
责任印制 彭志环 焦志炜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 14.75 2014年9月第1版
字数: 362千字 2014年9月河北第1次印刷
-

定价: 33.00 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316
反盗版热线: (010)81055315

随着现代科学技术的迅速发展和国家工程教育专业认证的推进，社会对理工类本科毕业生的要求越来越高，既要掌握基本理论知识，还要具备一定的实验实践能力和创新意识。本书通过阐述综合性、系统性的电子系统设计方法与设计原则，拓展学生电子系统设计与实践技术方面的知识。本书另选取综合性、系统性的大型课题，学生经过操作实践，在电子电路综合设计、装配、调测、故障处理和文档整理等方面的能力得到进一步提高，同时能体会到电子电路在实践中的工程技术特点，提高自己的科技素质，培养创新思维。

本书主要针对学过模拟电路、数字电路、电工电子实验等学科基础课后，进入电子电路课程设计实践性环节的学生，考虑到学生在此实践阶段只是初步掌握电子电路基础理论知识和实验能力，还没有系统学习单片机、数字信号处理器等知识，所以在讨论电子系统设计方案时基本未涉及 MCU 等器件。

本书共分 4 篇。第一篇、第二篇为电子系统综合设计的原则、基本方法以及电子系统装配和故障处理等。这两篇内容不但要求学生掌握电子电路综合设计、实践等相关知识，还引导学生从方法论这一更高的角度去考虑和处理电子电路方面的技术问题。第三篇为实践篇，精选几十个大型课题，每个课题均以技术指标的形式给出，并提供多种设计方案及调测提示。本书选取的课题是我校电工电子实验教学中心的教师在多年实验实践教学、科研和辅导竞赛中开发、收集、整理的。课题包括数字电路、模拟与数字综合型电路、小型数字系统和可编程器件及 EDA 软件应用等类型，选择的课题具有新颖性、实用性、趣味性、综合性。本书按照课题的难易程度，由浅入深分为基础型、提高型、竞赛型 3 个层次。教师可以按学生的能力选取相应的课题让学生完成。另外，参加电子电路设计大赛的学生也可以将本书作为前期练手的参考书，由易到难练习，提高自己的设计和实践能力。第四篇补充介绍了几种在电子系统设计实践中常用的仪表，为学生在电子系统综合设计实践中提供参考。

本书在电子电路课程设计 32 学时教学中的应用建议如下：

(1) 教师根据学生能力指定相应课题并提供元器件范围。针对课题，帮助学生正确分析设计要求，明确设计条件，制定合理的设计方案，并指导学生自学本书以及查找文献资料。

(2) 学生初步设计好电路后，指导学生装配、调测电路。

(3) 学生完成调测后,对完成的电路指标进行验收,并指导学生正确撰写设计报告。

本书的第1章~第6章、第10章、附录由丁可柯编写,第7章~第8章由薛梅编写,第9章由薛梅、朱震华共同编写。全书由薛梅统稿。本书的前身是《电子电路课程设计》,感谢原教材作者张豫滇、苏起虎、林彦杰。感谢为本书提出宝贵意见的程景清老师。感谢南京邮电大学电工电子实验教学中心所有为本书提供课题素材和资料的老师。书中引用了许多学者的观点和成果,有些由于难于查明文献来源而未注明,在此一并致以敬意。

因时间仓促及作者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请广大读者提出宝贵意见。

编 者

2014年6月

目 录

第一篇 方法篇

第 1 章 电子系统设计概述	2
1.1 电子系统概述	2
1.1.1 电子系统的定义	2
1.1.2 电子系统的分类	3
1.2 电子系统设计的基本策略	4
1.2.1 自底向上的设计策略	4
1.2.2 自顶向下的设计策略	5
1.2.3 围绕核心器件的设计策略	7
1.3 电子系统设计流程	8
1.4 电子系统设计时应考虑的 主要因素	10
第 2 章 算法研究及整体方案拟定	15
2.1 电子系统的技术指标分析	15
2.1.1 常用的技术指标描述方法	15
2.1.2 技术指标的分析及可行性 论证	17
2.2 算法研究	18
2.3 电子系统整体方案的设计	22
2.4 整体技术指标的分解与单元 电路技术指标的拟定	24
第 3 章 电路设计	27
3.1 模拟电路的设计	27
3.2 数字电路的设计	28
3.3 电路的抗干扰设计	30
3.3.1 电磁干扰三要素	30
3.3.2 共阻干扰及其抑制	31
3.3.3 接地	33
3.3.4 电源干扰及其抑制	36
3.3.5 数字电路中的干扰及 其抑制	39
3.3.6 模拟电路的干扰抑制	44

第二篇 技术篇

第 4 章 电子系统的装配	47
4.1 实验板的选择	47
4.2 实验电路的布局	50
4.3 实验电路的安装	52
第 5 章 电子系统的调试与故障处理	55
5.1 电子系统的调试	55
5.2 电子系统的故障处理	58
5.2.1 故障处理的基本原则	58
5.2.2 故障检测的基本方法	62
第 6 章 电子系统设计中资料的查找与 技术文档的整理	68
6.1 电子系统整体方案资料的查找	68
6.2 电子电路资料的查找	70
6.3 元器件资料的查找	71
6.4 查找电子资料的工具	74
6.5 技术文档	75
6.5.1 技术文档及整理要求	75
6.5.2 设计报告的撰写	77

第三篇 实践篇

第 7 章 基础型课题	81
7.1 数字电路设计课题	81
7.1.1 数字电子钟	81
7.1.2 十翻二运算电路	86
7.1.3 数控脉宽脉冲信号发生器	90
7.1.4 仪用数字显示调节器	93
7.2 模拟与数字电路综合型课题	95
7.2.1 数字式电缆对线器	95
7.2.2 数控基准电压源	101
7.2.3 CRT 字符图形显示电路	104

7.2.4 示波器通道扩展电路	106
第8章 提高型课题	110
8.1 数字电路设计课题	110
8.1.1 简易数字式频率计数器	110
8.1.2 作息时间信号机	115
8.1.3 脉冲按键拨号电路	119
8.2 模拟与数字电路综合设计课题	122
8.2.1 交流数字电压表	122
8.2.2 数字式温度测量仪	125
8.2.3 简易晶体管图示仪	130
8.2.4 简易频率合成器	134
8.2.5 信号波形合成实验电路	140
8.2.6 数控自动增益控制电路	142
8.2.7 数控正弦函数信号发生器	146
8.2.8 可编程数字移相器	149
8.2.9 数字式占空比测量仪	153
8.2.10 数字式相位差测量仪	156
8.2.11 数字式三极管 β 测试仪	158
8.2.12 FSK 调制与解调电路	161
8.3 小型数字系统设计课题	165
8.3.1 4×4 乘法器	165
8.3.2 时序工作比较器	173
8.3.3 密码锁	176
8.3.4 交通灯管理器	179
8.3.5 可编程电子音乐自动演奏电路	181
8.4 可编程器件及 EDA 软件应用设计课题	187
8.4.1 数字式电容测试仪	187
8.4.2 串行序列信号延时测试系统	191
8.4.3 电梯控制器	194
8.4.4 出租车计价器	196
第9章 预备竞赛选题	200
9.1 函数信号发生器	200
9.2 简易电感、电容测试仪	203

9.3 心电测试仪	206
-----------	-----

第四篇 工具篇

第10章 仪表工具	213
10.1 XJ4810 型半导体管特性图示仪	213
10.1.1 XJ4810 型半导体管特性图示仪主要技术指标	213
10.1.2 XJ4810 型半导体管特性图示仪面板介绍	214
10.1.3 XJ4810 型半导体管特性图示仪使用方法	217
10.1.4 XJ4810 型半导体管特性图示仪使用注意事项	218
10.2 AT5011 型频谱分析仪	219
10.2.1 AT5011 型频谱分析仪简单原理	219
10.2.2 AT5011 型频谱仪主要技术指标	220
10.2.3 AT5011 型频谱仪面板介绍	221
10.2.4 AT5011 型频谱仪一般使用说明	223
10.2.5 AT5011 型频谱仪使用注意事项	224
10.3 BT3C-A 型频率特性测试仪	224
10.3.1 BT3C-A 型频率特性测试仪简单工作原理	224
10.3.2 BT3C-A 型频率特性测试仪主要技术指标	225
10.3.3 BT3C-A 型频率特性测试仪面板介绍	225
10.3.4 BT3C-A 型频率特性测试仪使用方法	226
10.3.5 BT3C-A 型频率特性测试仪使用注意事项	227
参考文献	228

第一篇 方法篇

电子系统综合设计过程需经历技术指标分析、算法研究、方案拟定、电路设计、元件选用和测量调整等多个环节，这些环节都需要相关理论、技术和经验来支撑。本篇从电子系统设计理论出发，主要涉及电子系统设计的基本策略和系统设计的算法研究，概要介绍了模拟电路和数字电路的设计原则以及电子电路抗电磁干扰设计的一些设计考虑。

本章将介绍电子系统的特点、电子系统设计的基本策略和流程以及在设计电子系统时应考虑的主要因素。通过本章学习,希望读者能初步了解电子系统设计所涉及的各个方面。

1.1 电子系统概述

本节将介绍电子系统的概念以及模拟电子系统、数字电子系统和模数混合电子系统三类电子系统的特点。

1.1.1 电子系统的定义

电子系统是由若干相互联系、相互制约的电子元器件或部件组成的,能够独立完成某种特定电信号处理的完整电子电路。典型的电子系统有通信系统、计算机系统、电子测量系统、广播电视系统等。

通常,对于一个复杂的电子系统,它所完成的特定功能可细分为许多子功能。为了便于区分,常将一个大规模电子系统所容纳的各个下层电子系统称为子系统。每一个子系统为实现其功能,需要若干功能部件合作实现,每个部件又可分解为由许多具体元件组成的单元电路。例如,可以将处理电视信号的设备定义为一种广播电视系统,而这一系统可进一步细分为录制(摄像机)、编辑(编辑器)、发射(发射机)、传输(天线、微波或有线电视)、接收(电视接收机)各个子系统,其中,接收子系统需要解码、显示等功能模块,显示模块包含视频放大末级、扫描电路、整形校正电路等单元电路。故电子系统的构成可用图 1-1 进行描述。

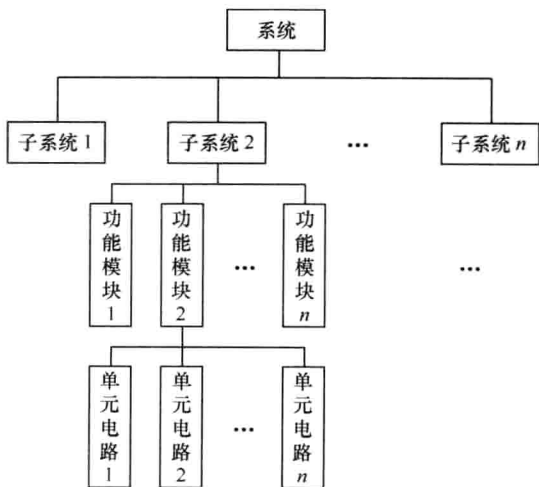


图 1-1 电子系统的构成

1.1.2 电子系统的分类

根据处理电信号时所采用的电子技术手段，电子系统可划分为模拟电子系统、数字电子系统和模数混合电子系统。

1. 模拟电子系统

以模拟电子技术作为处理电信号的主要技术手段，这样的电子系统称为模拟电子系统。

电子技术应用领域中常把被处理的某些物理量（如声音、图像、温度、转速等）通过传感器转换为电信号，利用模拟电路理论所提供的放大、整形、调制、检波等各种电路，对信号的电压或电流的幅度、相角、频率、波形等参数进行处理，以达到电信号处理的目的，这种处理电信号的方式称为模拟电子技术。以模拟电子技术作为处理信号的主要手段的电子系统称为模拟电子系统。例如，电工电子实验中常用的模拟式交流电压表就是一种模拟电子系统。它在处理被测信号时所用到的衰减、放大、整流、显示等处理手段均为模拟电子技术。

需要说明的是，模拟电子系统与模拟电路是两个不同的概念，两者不可混为一谈。模拟系统处理信号的主要手段是模拟技术，采用的是模拟电子电路，但一些辅助性部分常常要用到数字电路。

2. 数字电子系统

以采用数字信号处理技术为主要技术手段的电子系统称为数字电子系统。最常见的数字系统包括数字计算机、计算器、数字音像设备等。与模拟系统相比，数字系统有着精度高、可靠性好、稳定性强、便于结构化和智能化的优点。

自然界大多数物理量是模拟量，所以数字系统常常需要将实际中的模拟输入转为数字形式，数字处理后，需要把数字输出转为模拟输出，这无疑增加了系统的复杂性和费用，而且所需要的数据越精确，处理过程花费时间越长。不过随着微电子技术的飞速发展、集成电路规模的不断增大以及计算机技术（DSP、CPU、MCU）微型化和高速化的进一步发展，这些不足被数字系统的许多优点克服。

需要说明的是，数字电子系统也常常用到一些模拟电路，所以数字系统不能等同于数字电路，两者也不能混为一谈。

3. 模数混合电子系统

为了充分利用数字电子系统和模拟电子系统各自的优点，在一些系统中常常会同时采用模拟电子技术和数字电子技术，这样的电子系统称为模数混合系统。例如，电工电子实验中用到的函数发生器（采用 DDS 技术的除外）既具有信号源功能，又具有频率测量功能，其信号源部分采用的是模拟技术，而频率测量部分采用的是数字技术，这种仪表就可归类为模数混合系统。

在数模混合系统中，设计工作最重要的一步是确定系统中哪一部分采用模拟形式，哪一部分采用数字形式。现代电子系统的一个趋势是尽可能多的采用数字技术来取代模拟技术。

1.2 电子系统设计的基本策略

电子系统是一个功能齐全、结构复杂的系统，采用什么方法来构建这个系统（即电子系统设计的基本策略）是设计者首先应考虑的问题。由于电子系统的复杂性，所以到目前为止还没有一种规范的构建整个电子系统的方法。但是，人们从实践中总结出了3种较为通用的电子系统设计思路：一是自底向上的设计思路；二是自顶向下的设计思路；三是围绕核心器件的设计思路。这3种思路反映了电子系统设计方法上的不同策略，现分述如下。

1.2.1 自底向上的设计策略

长期的实践使人们在电子电路设计与调试方面积累了相当丰富的经验，熟识了各种单元电路的功能及其可达到的最佳技术指标。当需要构建一个电子系统时，人们会很自然地根据要实现的系统的各个功能要求，从熟识的单元电路中选出适用的，设计一个个的功能模块，组成一个个子系统，直至系统所要求的全部功能都实现为止，如图1-2所示。

人们常将电子系统的整体指标作为上层要求来考虑，而具体的单元电路称为底层电路。因此，习惯上将这种先考虑底层电路，再由电路拼凑成整体的思路称为自底向上的设计策略。

例 1-2-1 试设计一个模拟式交流电压表，其满刻度电压测量范围为 $30\mu\text{V}\sim 30\text{V}$ ，被测量信号的频率范围为 $10\text{Hz}\sim 500\text{kHz}$ 。要求采用自底向上的设计方法，并给出整体方案的设计说明。

方案设计说明

根据交流电压表的功能，该系统应具有以下基本功能：①电压显示；②实现频率范围 $10\text{Hz}\sim 500\text{kHz}$ 的交流信号测量；③实现 $30\mu\text{V}\sim 30\text{V}$ 的满刻度电压测量。

(1) 根据模拟式的基本要求，通常采用磁电系直流表头作为模拟交流电压表表头来实现交流电压的显示。磁电系直流表头的满刻度电流在 $50\mu\text{A}\sim 200\mu\text{A}$ 之间。例如某型号表头，其满刻度电流为 $100\mu\text{A}$ ，可应用于图1-3的方案中，放置在最后，作为显示部分。



图 1-3 交流电压表方案之一

(2) 由于表头指针与流经表头的直流电流成正比，所以首先必须将被测的 $10\text{Hz}\sim 500\text{kHz}$ 频率交流正弦电压信号转为直流电流信号。常用的交流转直流电路为交流检波电路，可应用于图1-3的方案中，放置在显示部分的前面。

(3) 考虑到当最小被测信号电压为 $30\mu\text{V}$ 时，电表头指针应为满刻度，而常用的交流检波电路不可能将 $30\mu\text{V}$ 的输入信号电压直接转换为 $100\mu\text{A}$ 的直流电流信号，所以应考虑在图1-3中设置一个放大器电路，该电路应放置在检波电路的前面。

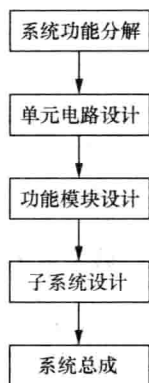


图 1-2 自底向上设计策略

(4) 另一方面, 当输入信号电压幅度较大时, 将使图 1-3 中放大器电路出现饱和, 所以必须设置衰减电路, 以保证进入放大器的信号不至于使放大器饱和。该电路应放置在放大器电路的前面。

(5) 理论分析和实践表明, 放大器本身会带来附加的噪声。为了保证小信号幅度测量准确, 人们希望信/噪比尽量大一些。而图 1-3 所示的方案中, 放大器的放大倍数是不变的, 根据要求, 若被测信号的幅度为 $30\mu\text{V}$, 则放大器必须将其放大到表头显示满刻度的电压。所以放大器的放大倍数是相当大的。当被测信号的幅度达到 30V 时, 必须先用衰减器将其衰减至 $30\mu\text{V}$ 再放大。这样一来, 被测信号通过衰减器后信噪比会大大降低, 故图 1-3 的方案需要进一步修改。

(6) 为了尽可能保证交流电压表的处理过程有合适的信噪比, 可采用图 1-4 所示的方案。将方案一中衰减器和放大器都分成二级。前级放大器放大倍数较大, 后级放大器放大倍数较小, 而前级衰减器衰减量较小, 后级衰减器衰减量较大。当被测信号幅度较小时, 输入信号经过前级衰减器、前级放大器及后级放大器, 同时令后级衰减器衰减为零, 这样输入小信号得到两级放大。当被测信号幅度较大时, 通过量程开关, 将输入信号跳过前级放大器, 经两级衰减器衰减后进入后级放大器。这样, 可使大信号的信噪比得到很好的保证。

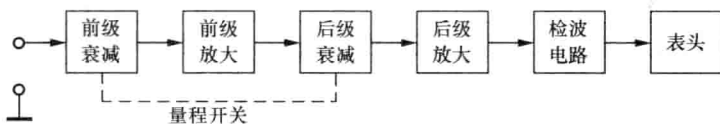


图 1-4 交流电压表方案之二

例 1-2-1 所用的就是自底而上的设计思路, 在应用这种方法时也需要进行整体考虑, 但其设计方法的主要特征是用已知电路去实现各个功能, 从而拼凑出整个系统, 如果一次拼凑不成功, 则通过反复修改、反复拼凑, 直至达到系统的整体要求。

显然, 由于在设计过程中单元电路设计在先, 设计人员的思想将受限于这些所设计出的或选用的现成电路, 便不容易实现系统化的、清晰易懂的以及可靠性高、可维护性好的设计。但自底向上法也并非完全无用武之地, 它在系统的组装和测试过程中是行之有效的。

1.2.2 自顶向下的设计策略

自顶向下的设计思路是: 根据系统技术指标, 准确描述分析系统功能, 然后将系统划分为若干个相对独立、功能各异的功能模块, 并对各个模块的功能以及模块之间的信号关系进行描述, 同时设法验证各个模块组合后的功能是否能达到系统的整体要求, 最后再根据需要将模块进一步分解成下层子模块或者最底层的电路级要求, 进行最底层的电路设计, 如图 1-5 所示。

自顶向下设计思路的特点是逐步细化, 逐步验证, 逐步求精。由于每一步细化的过程对方案的可行性都进行了验证, 所以, 当细化到最底层电路时, 对各个电路的要求已经十分明确。这种自顶向下的设计方法可以避免出现因底层电路变化而更改整个系统构成的情况出现, 有利于提高设计工作的效率。

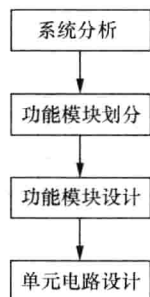


图 1-5 自顶向下设计策略

例 1-2-2 试设计一个超声波测距系统，要求是：①由电路发送一个脉冲信号 FS；②脉冲信号遇到被测物体后产生反射，反射波回到发送端，并定义为信号 HB；③测距系统根据回波信号的到达时间计算出被测物体与测量电路的距离并显示出来。采用自顶向下的设计方法并给出整体方案的设计说明。

方案设计说明

根据设计要求，可画出系统最顶层的结构，如图 1-6 所示。根据超声波测距原理，可画出系统工作流程图，如图 1-7 所示。测距系统启动后，电路产生发送信号 FS，并通过超声波转换器发送；信号遇到被测物体反射回发送端；超声波转换器接收回波信号 HB；系统通过测量发送信号 FS 与回波信号 HB 之间的时延 SJ，根据超声波传输速度算出被测物体距离测量系统的距离 XS 并显示。据此，可将系统划分为控制器、数据处理器、超声波发送转换器、超声波接收转换器和距离显示器 5 个部分。

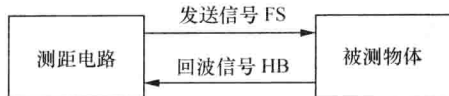


图 1-6 测距系统顶层方框图

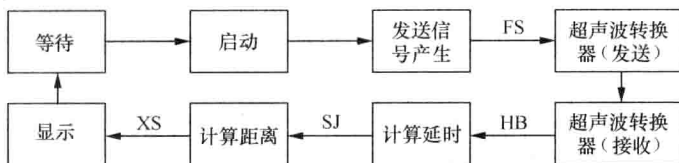


图 1-7 测距系统工作流程图

根据系统的工作流程，可以推导出此测距系统的初始结构图，如图 1-8 所示。对图 1-8 进一步细化，可得到细化后的系统方框图 1-9。从图 1-9 可以看出，启动系统后，系统控制器通过发送开始（FSKS）信号命令发送信号电路产生发送信号 FS，并通过超声波转换器发送。发送结束后，发送电路反馈发送结束（FSJS）信息给控制器，随后控制器发送接收开始（JSKS）命令，启动回波接收延时计算电路开始工作。当回波接收延时计算电路接收到回波时，向控制器发送一个 JSJS（接收结束）信号，并将延时信息 SJ 发送给距离计算电路计算出距离（XS）值并显示。控制器收到 JSJS 信号后发送 XSKS（显示开始）信号，命令显示计数电路启动，显示指定时间后，显示计数电路发送显示结束（XSJS）信息，通知控制器此处测距结束。

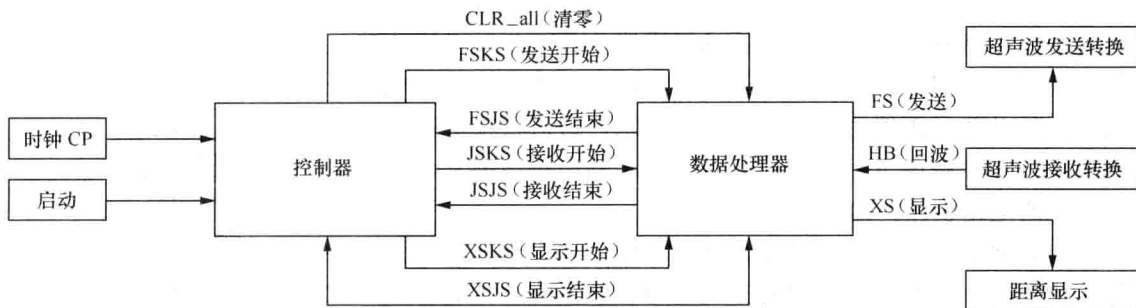


图 1-8 测距系统初始结构框图

根据系统方框图和设计原理，可确定系统的算法流程图，如图 1-10 所示。

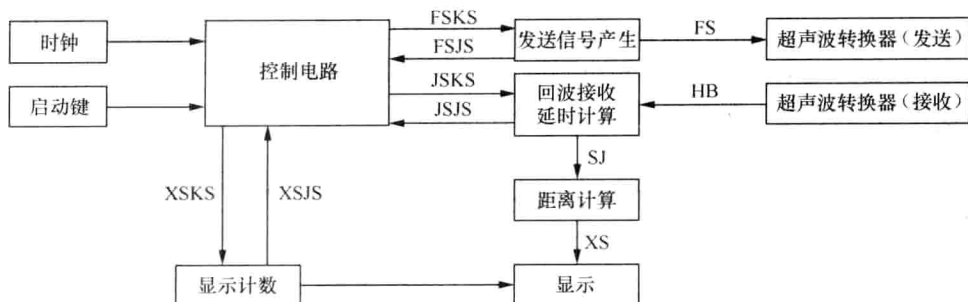


图 1-9 细化后测距系统方框图

将系统算法流程图根据一定规则可转换成算法状态机(ASM)图, 确定数据处理明细, 推导出控制器状态转移表, 实现数据处理模块和控制器的设计。

随着电子设计自动化(EDA)技术的发展, 一些 EDA 软件公司已推出了性能完善的 EDA 软件。这些软件允许用户用高级语言(如 C 语言)来描述电子系统的整体功能(逻辑), 在此基础上由计算机自动将整体划分为多个功能模块, 同时对划分后的各模块以及模块之间的关系进行功能仿真。如有必要, 再将某些模块进一步划分为更小的模块, 在整体模块级仿真成功的情况下, 将模块功能转化为硬件描述语言(HDL), 使模块功能变为最终的电路方式。

由于自顶向下的设计策略具有由表及里、从全局到局部、逐步求精的特点, 这一特点特别适用于电子设计自动化技术, 所以自顶向下的设计是目前电子系统设计时最为流行的方法。

1.2.3 围绕核心器件的设计策略

由于微电子技术的飞速发展, 集成电路的规模越来越大, 功能越来越强, 早先需要用众多分立元件或中小规模集成电路构成的特定功能的电路, 现在往往已集成在一片或几片集成电路上。目前, 一个电子系统集成在一块集成芯片上的产品被称为在片系统(SOC, System on Chip), 它的出现对电子系统的设计方法产生了巨大影响。我们称这类芯片为核心器件。这类核心器件功能完善, 对外围电路和外部信号都有具体的限定条件, 一旦在电子系统中采用这类器件, 整个系统的结构都必须符合这类器件的要求, 因此此类电子系统的设计带有围绕核心器件进行的特点。我们称电子系统的这种设计方法为围绕核心器件的设计策略。

例 1-2-3 试设计一个数字式频率计, 要求被测信号波形为正弦波、三角波和矩形波, 测试频率范围为 0.1Hz~10MHz。要求采用围绕核心器件的设计方法, 并给出整体方案的设计说明。

方案设计说明

数字式频率计可采用专用测频单片集成电路进行设计。以单片集成频率计数器

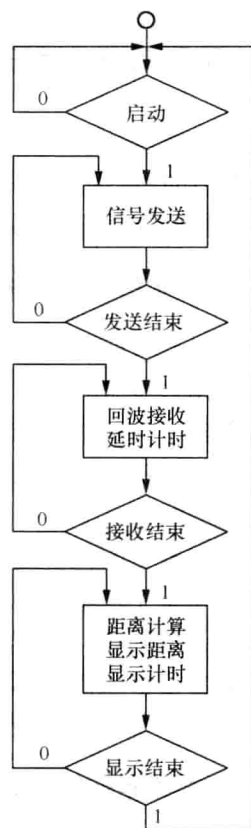


图 1-10 测距系统算法流程图

ICM7216D 为例。由于 ICM7216D 可测量测频范围为直流至 10MHz 的脉冲信号，其本身内含十进制计数器、七段译码器、8 位码驱动器等，故可围绕它增加一些辅助电路，可很方便地实现频率计的设计。图 1-11 是其中的一种方案。

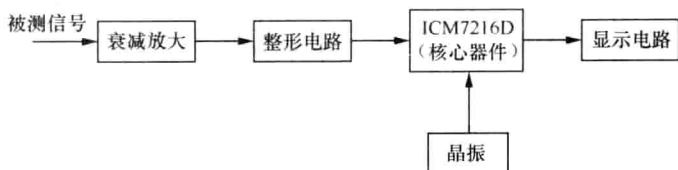


图 1-11 围绕核心器件设计的方框图

1.3 电子系统设计流程

电子系统从设计到调试成功需要经历多个环节，这些环节的前后顺序构成如图 1-12 所示的流程。现将这一流程的各个环环节分述如下。

1. 技术指标（用户要求）

电子系统要达到的功能和电气技术指标称为技术指标或用户要求。该技术指标（用户要求）是由用户或者上级工程师提出的。技术指标既是电子系统设计要达到的目标，也是用户验收电子系统是否满足设计要求的标准。

用户拟定的技术指标必须完整、明确，否则设计人员无从下手，甚至会造成设计返工。但是，在实践中常常会遇到设计过程中用户要求修改技术指标的情况，只要需修改的技术指标不是全局性的，未对整个设计造成重大影响，这种情况还是允许的。

2. 技术指标的确认与分析

设计者拿到电子系统的技术指标后，首先要理解指标要求。如果用户给出的技术指标的方式不规范、内容不明确，则需要与用户沟通，最后采用双方认可的规范的方式来表达技术指标。

当电子系统非常复杂，尤其是技术要求中有一些逻辑功能描述时，由于目前尚无一种十分规范的方法可以毫无歧义地描述出对复杂逻辑功能的要求，所以，涉及这类问题时，必须用双方都能明白的方式对技术指标加以确认。

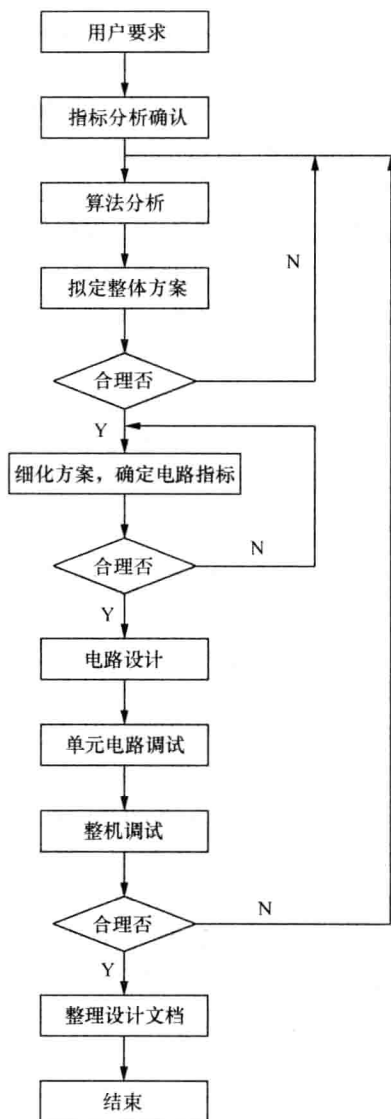


图 1-12 电子系统设计流程

在双方确认技术指标的前提下,设计方必须对用户提出的技术指标的可行性进行分析。电子系统的可行性涉及众多因素(这些因素将在1.4节中进行介绍),只有通过可行性分析才能开展设计工作。在技术领域中,因没有进行可行性分析或可行性分析失误而造成的损失在实际工作中是屡见不鲜的。

3. 算法分析

在设计电子系统时,人们常把构建电子系统的基本方法称为算法。算法是个宽泛的概念,它可以指解决整个电子系统的基本方法,也可以指解决某一模块或电路功能的方法。

由于不同电子系统的功能各异,规模有大有小,所以目前还没有一套通用的方法用以推导出各种电子系统的算法,只能依靠设计者的理论知识和实践经验,根据具体的条件来确立合理的算法。本书在给出设计课题之后,大都给出了相关系统算法的提示,读者可从中认真体会。

在确定算法时,有许多必须考虑的因素,这些因素在1.4节中均有介绍。

4. 拟定整体方案

拟定整体方案是指根据算法的需要,将电子系统划分为功能不同的模块,以方框图的形式绘制出整机是由哪些模块构成以及各模块间的相互关系。实现某一电子系统往往有多种方案,在确定方案之前应该反复比较各种方案的优缺点,做到取长补短,综合考虑,找出最为优化的方案。

方案的优劣标准不是唯一的,它与电子系统的开发目的有关。例如,当某一电子产品的开发要求快速,以便尽早占领市场时,这时采用不十分先进但非常成熟的技术为佳;若某一产品定位在技术领先上,则应尽量采用新器件、新技术,这样做会因为设计人员缺乏经验而使开发时间长一些,但仍可认为是最佳方案。

5. 细化方案,确定电路指标

由于电子系统的功能最终是由电子电路实现的,所以方案自顶向下细化的结果是对处于最底层的电子电路提出要求,这一要求要用电路技术指标的形式反映出来。

需要说明的是,在电子系统设计中,系统的整体技术指标是由用户提出的,但是,下层模块或者电子电路的技术指标一般要由设计者自己提出,若要保证提出的电路级技术指标合理可行,不但需要设计者有扎实的理论功底,还必须具备丰富的实践经验。

电子电路的技术指标确定后,还必须考虑其合理性和可行性。电路级的技术指标是否合理,需要通过实验来判断。如果设计者经验丰富,则往往可根据经验直接作出判断。

拟定电路级技术指标时,考虑到最终实际实现的电路指标总会与要求的指标存在误差,多个电路误差累积后可能会使总误差超出整体误差要求,为避免这类问题,往往令电路级技术指标留有一定的富余量。换言之,就是使电路级指标更严格一些。例如,若原先要求某放大器的电压放大倍数 $A_u=50$,误差 $\leq 10\%$,为留有余量,可令误差 $\leq 5\%$,另外的5%作为余量处理。

6. 电路设计

整个电子系统是由各种电子电路构成的,在整体方案合理的前提下,电子电路设计决定了整个电子系统的质量。电路设计需要有电子线路理论的支撑,需要有广博的元器件知识,更需要有丰富的电路设计和调试经验。

如果设计的是一个复杂的电子系统,则设计人员往往分为两类,一类是整体设计,一类是电路级设计(或部件设计)。在一些大公司或研究所,由于分工很细,有一些技术人员专门从事整体设计,而另一些技术人员专门承担电路级设计任务。

7. 单元电路调试

只有在所有单元电路调试成功的前提下,整机调试才能进行,因此单元电路调试是整机调试的基础。单元电路调试不但要满足技术指标要求,而且测试记录必须详尽、准确。因为,整机调试出现问题时,往往要分析各个单元电路的实际技术指标,从中找出问题。

8. 整机调试

电子系统的设计成功与否,必须通过对整个系统的严格测试才能确定。如果整机某项技术指标不符合要求,必须查找原因。若是因整体方案不合理造成,则必须修正整体方案;若某些电路有问题,则必须重新设计电路。一个复杂的电子系统大都需要经过多次整体方案和电路设计的修正才能达到设计要求。

9. 整理设计文档

设计文档是指设计过程中产生的各种文件,它贯穿于设计的整个过程,包括用户的原始技术指标、修改后双方确认的指标、算法论证、整机方案、电路设计、单元电路和整机测试记录、验收报告、设计总结等。

规范的设计文档不但是当前设计工作的全面反映,还是后续生产、维修和产品升级的重要资料。

1.4 电子系统设计时应考虑的主要因素

到目前为止,我们在讨论电子系统设计时所涉及的主要是电子电路本身实践方面的问题,而在实际工作中,电子系统设计还必须考虑其他因素,这些因素有的本身就是一门学科,例如电子系统的可靠性、可测性、电磁兼容性等。本节不可能详尽地介绍所涉及的这些因素,只能概括地介绍有关概念,以期读者有一初步的认识,以便今后进一步深入学习。

电子系统设计时应考虑的主要因素有算法选择、元件选用、可靠性设计、可测性设计、设计工具选用、电磁兼容性设计以及可行性等,现分述如下。

1. 算法选择

算法在数学中是指解决数学问题的方法,电子技术领域中借用了这一名词,其含义为解决电子系统或部件技术问题的基本方法。