

全国大学生电子设计竞赛 培训系列教程

电子仪器仪表设计



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

高吉祥 主编
唐朝京 主审

TM930.2

4

2007

全国大学生电子设计竞赛培训系列教程

电子仪器仪表设计

高吉祥 主 编

唐朝京 主 审

刘安芝 陈尚松 李 楠 等编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是针对全国大学生电子设计竞赛特点和需要,为高等学校电子信息工程、通信工程、自动化、电气控制、计算机类专业学生编著的培训教材。全书共有6章,内容包括:时频测量仪、电气参数测量仪、时域测量仪、元器件参数测量仪、频域测量仪、数据域测量仪的工作原理、设计基础、设计方法及大量的设计举例。

本书内容丰富实用,叙述条理清晰,工程性强,可以作为全国大学生电子设计竞赛的培训教材,也可以作为参加各类电子制作、课程设计、毕业设计的参考书,以及电子工程技术人员进行电子设计与制作的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子仪器仪表设计/高吉祥主编. —北京:电子工业出版社,2007.6

(全国大学生电子设计竞赛培训系列教程)

ISBN 978-7-121-04462-5

I. 电… II. 高… III. ①电子仪器—设计—技术培训—教材②电工仪表—设计—技术培训—教材 IV. TM930.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 074161 号

策划编辑:陈晓莉

责任编辑:陈晓莉 特约编辑:李双庆

印 刷:北京市天竺颖华印刷厂

装 订:三河市金马印装有限公司

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:787×980 1/16 印张:24.25 字数:543 千字

印 次:2007 年 6 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:36.00 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。

服务热线:(010)88258888。

全国大学生电子设计竞赛培训系列教程

编审委员会

主任委员

罗伟雄(北京理工大学教授、全国大学生电子设计竞赛责任专家)

副主任委员

唐朝京(中国软件学会嵌入式系统分会副理事长、全国大学生电子设计竞赛湖南赛区组委会主任、国防科技大学电子科学与工程学院院长、教授、博士生导师)

陈晓莉(电子工业出版社 高等教育分社)

委 员

陈明义(全国大学生电子设计竞赛专家、中南大学教授、博士)

库锡树(全国大学生电子设计竞赛湖南赛区组委会成员兼秘书长、国防科技大学教授)

卢启中(全国大学生电子设计竞赛专家、湖南赛区专家组组长、国防科技大学教授)

徐 欣(中国软件学会嵌入式系统分会常务理事、国防科技大学教授)

高吉祥(电子技术基础系列教材(“十一五”规划教材)主编、全国大学生电子设计竞赛培训系列教程主编、国防科技大学教授)

前 言

全国大学生电子设计竞赛是由教育部高等教育司、信息产业部人事司共同主办的面向大学生、大专生的群众性科技活动,目的在于推动普通高等学校的信息电子类学科面向 21 世纪的课程体系和课程内容改革,引导高等学校在教学中培养大学生的创新意识、协作精神和理论联系实际的学风,加强学生工程实践能力的训练和培养,鼓励广大学生踊跃参加课外活动,把主要精力吸引到学习和能力培养上来,促进高等学校形成良好的学习风气,同时也为优秀人才脱颖而出创造条件。

全国大学生电子设计竞赛自 1994 年至今已成功举办了七届,深受全国大学生的欢迎和喜爱,参赛学校、队和学生逐年递增。全国大学生电子设计竞赛组委会为了组织好这项赛事,编写了电子设计竞赛获奖作品选编,深受参赛队员的喜爱。有许多参赛队员和辅导教师反映,若能编写一部从基本技能培训、单元电路设计,直至综合设计的系列教程,那将是锦上添花。2006 年北京理工大学罗伟雄教授在湖南指导工作时也曾提出这个设想,当时就得到了国防科技大学的领导和教员的响应,立即组建了“全国大学生电子设计竞赛培训系列教程编写委员会”,并组织了几十名教员和曾经获得全国大学生电子设计竞赛大奖的在校研究生和博士生对历届的考题(约 43 道题)重新设计制作一次,为这个系列教程编写奠定了理论和实践的基础。

本系列教程分为五册,共 23 章。第一分册《基本技能训练与单元电路设计》;第二分册《模拟电子线路设计》;第三分册《高频电子线路设计》;第四分册《电子仪器仪表设计》;第五分册《数字系统与自动控制系统设计》。

第一分册 《基本技能训练与单元电路设计》,又称基础篇,共有 7 章(第 1~7 章)。主要介绍了全国大学生电子设计竞赛基本情况,命题原则及要求,竞赛题所涉及的知识面与知识点,全国大学生电子设计竞赛流程;电子设计竞赛制作基本训练;单片机最小系统设计制作;可编程逻辑器件系统设计制作培训;电子系统设计的基本方法及步骤;常用中小规模集成电路的应用设计课题。

第二分册 《模拟电子线路设计》,共有 3 章(第 8~10 章)。主要介绍了交直流、稳压电源设计、放大器设计及信号源设计。

第三分册 《高频电子线路设计》,共 4 章(第 11~14 章)。主要介绍了高频电子线路设计基础、无线电发射机的设计、无线电接收机的设计及无线电收发系统设计。

第四分册 《电子仪器仪表设计》,共有 6 章(第 15~20 章)。主要介绍时频测量仪设计、电气参数测量仪设计、时域测量仪设计。元器件参数测量仪设计、频域测量仪设计及数据域测试仪设计。

第五分册 《数字系统与自动控制系统设计》，共 3 章(第 21~23 章)。主要介绍数字电路设计、自动控制系统设计、实验箱的组成、原理及应用。

本书是第四分册《电子仪器仪表设计》，共分为 6 章(第 15~20 章)。

第 15 章时频测量仪设计，介绍了时频测量仪设计基础、简易数字频率设计及低频数字式相位测量仪设计；

第 16 章电气参数测量仪设计，介绍了电气参数测量仪设计基础、数字式工频有效值测量仪设计及简易综合测试仪设计；

第 17 章时域测量仪设计，介绍了时域测量仪设计基础及简易数字存储示波器设计；

第 18 章元器件参数测量仪设计，介绍了元器件参数测量仪设计基础、简易电阻、电容和电感测量仪设计及集成运放测量仪设计；

第 19 章频域测量仪设计，介绍了频域测量仪设计基础、频率特性测试仪设计、简易频谱分析仪设计、数字式频谱分析仪设计及内藏信号源的失真度测量仪设计；

第 20 章数据域测试仪设计，介绍了数据域测试仪设计基础及简易逻辑分析仪设计。

另外，稳压电源和信号源也可以归属于本分册内容。因在第二分册《模拟电子线路设计》已进行了详细介绍，这里不再重复。

本教程由国防科技大学、桂林电子工业大学联合编写。参加本书编写工作的有高吉祥、唐朝京、刘安芝、陈尚松、李楠、李俊等人。高吉祥主编，唐朝京主审。第 15.1 节、第 16.1 节、第 17.1 节、第 18.1 节、第 19.1 节和第 20.1 节由陈尚松、高吉祥执笔；第 16.2 节、第 16.3 节、第 18.2、第 18.3 节由刘安芝执笔；第 19.3 节、第 19.4 节由李楠、李俊执笔；第 15.2 节、第 15.3 节、第 17.2 节、第 19.2 节、第 19.5 节和第 20.2 节由高吉祥执笔。高吉祥负责全书统稿、定稿，唐朝京负责全书审查与策划。库锡树、李贵林、高微、刘菊荣、刘希顺、徐欣、吴佳、步凯、高广珠、关宇峰、卢启忠、陆珉等人为本教程的编著做了大量的工作，在此表示衷心感谢。

由于编写时间仓促，难免有些错误，请读者批评纠正。

联系地址：长沙 国防科技大学四院一系 高吉祥收

邮 编：410073

电 话：(0731)4553230 (0731)4575489

E-mail: gaojixiang1942@sohu.com

编 者
2007 年 3 月

常用文字符号说明

一、基本符号

1. 电流和电压

I_B, U_{BE}

大写字母、大写下标表示直流量

I_b, U_{be}

大写字母、小写下标表示交流有效值

$\dot{I}_b, \dot{U}_{be}$

大写字母上面加点、小写下标表示正弦相量

i_B, u_B

小写字母、大写下标表示总瞬时值

i_{be}, u_{be}

小写字母、小写下标表示交流分量瞬时值

V_{CC}, V_{BB}, V_{EE}

双极型三极管集电极、基极、发射极直流电源电压

V_{DD}, V_{GG}, V_{SS}

场效应管漏极、栅极、源极直流电源电压

I_i, U_i

输入电流、输入电压

I'_i, U'_i

净输入电流、净输入电压

I_o, U_o

输出电流、输出电压

$U_{o(AV)}$

输出电压平均值

U_{om}

最大输出电压

I_f, U_f

反馈电流、反馈电压

I_Q, U_Q

静态电流、静态电压

U_{REF}

参考电压

U_S

信号源电压

U_T

温度的电压当量

I_+, U_+

集成运放同相输入端的电流、电压

I_-, U_-

集成运放反相输入端的电流、电压

2. 功率

P

功率的通用符号

P_o

输出交变功率

P_{om}

输出交变功率最大值

P_v

电流提供的直流功率

3. 频率

B

通频带

f_H

放大电路的上限(—3dB) 频率

f_L

放大电路的下限(—3dB) 频率

f_o	振荡频率、谐振频率
ω	角频率的通用符号
4. 电阻、电容、电感、阻抗	
R	大写字母表示电路中外接的电阻或电路的等效电阻
r	小写字母表示器件的等效电阻
R_i, R_o	电路的输入电阻、输出电阻
R_{if}, R_{of}	有反馈时电路的输入电阻、输出电阻
R_L	负载电阻
R_s	信号源内阻
G	电导的通用符号
C	电容的通用符号
L	电感的通用符号
X	电抗的通用符号
Z	阻抗的通用符号

5. 增益或放大倍数, 反馈系数

A	增益或放大倍数的通用符号
A_c	共模电压放大倍数
A_d	差模电压放大倍数
A_i	电流放大倍数
A_u	电压放大倍数
A_p	功率放大倍数
A_{uf}	有反馈时的电压放大倍数
A_{us}	考虑信号源内阻时的电压放大倍数
F	反馈系数的通用符号

二、器件符号

1. 器件及引脚名称

B	晶体谐振器(晶体换能管)
b, c, e	双极型三极管的基极、集电极、发射极
D, G, S	场效应晶体管的漏极、栅极、源极
T	变压器
VD	二极管
VD_Z	稳压管
VT	双极型三极管(晶体管), 场效应管

2. 器件参数

A_{od}	集成运放的开环差模电压增益
$C_{b'c}、C_{b'e}$	发射结、集电结等效电容
I_{CBO}	集电极 — 基极之间的反向饱和电流
I_{CEO}	集电极 — 发射极之间的穿透电流
I_{CM}	集电极最大允许电流
$I_{C(AV)}$	整流二极管平均电流
I_S	二极管反向饱和电流
I_Z	稳压管稳定电流
I_{IB}	集成运放输入偏置电流
I_{IO}	集成运放输入失调电流
P_{CM}	集电极最大允许耗散功率
P_{DM}	漏极最大允许耗散功率
S_R	集成运放转换速率
U_Z	稳压管稳定电压
$U_{(BR)(CBO)}$	发射极开路时集电极 — 基极之间的反向击穿电压
$U_{(BR)(CEO)}$	基极开路时集电极 — 发射极之间的反向击穿电压
$U_{(BR)(EBO)}$	集电极开路时发射极 — 基极之间的反向击穿电压
U_{CES}	集电极 — 发射极之间的饱和管压降
U_{icm}	集成运放最大共模输入电压
U_{idm}	集成运放最大差模输入电压
U_{iQ}	集成运放输入失调电压
U_P	场效应管的夹断电压
U_T	场效应管的开启电压
B_G	集成运放的单位增益带宽
f_T	双极型三极管的特征频率
$f_{\alpha}、f_{\beta}$	共基极截止频率、共射极截止频率
g_m	跨导
$r_{bb'}$	基区体电阻
$r_{b'c}$	发射结微变等效电阻
r_{be}	共射接法下基极 — 发射极之间的微变等效电阻
r_{ce}	共射接法下集电极 — 发射极之间的微变等效电阻
r_{DS}	场效应管漏极 — 源极之间的微变等效电阻
r_{GS}	场效应管栅极 — 源极之间的微变等效电阻
r_{id}	集成运放差模输入电阻

α, β 共基极, 共射极电流放大系数
 $\bar{\alpha}, \bar{\beta}$ 共基极, 共射极直流电流放大系数

三、其他符号

D 非线性失真系数
 K_{CMR} 共模抑制比
 M 互感系数
 Q 品质因数
 S 整流电路的脉动系数
 S_r 稳压系数
 T 周期, 温度
 η 效率
 τ 时间常数
 φ 相位角

表 I 部分电气图用图形符号(根据国家标准 GB4728)

名称	符号	名称	符号	名称	符号
导线		传声器		电阻器	
连接的导线		扬声器		可变电阻器	
接地		二极管		电容器	
接机壳		稳压二极管		线圈, 绕组	
开关		隧道二极管		变压器	
熔断器		晶体管		铁心变压器	
灯		运算放大器		直流发电机	
电压表		电池		直流电动机	

表 II 部分电路元件的图形符号

名称	符号	名称	符号	名称	符号
独立电流源		理想导线		电容	
独立电压源		连接的导线		电感	
受控电流源		电位参考点		理想变压器	
受控电压源		理想开关		耦合电感	
电阻		开路		回转器	
可变电阻		短路		理想运放	
非线性电阻		理想二极管		二端元件	

表 III 常用逻辑门电路图形对照表

逻辑器件名称	原部标(SJ) 符号	国标(GB) 符号	美国(IEEE) 符号
与门			
或门			
非门(反相器)			
缓冲器			
与非门			
或非门			
集电极开路与非门			
三态与非门			
异或门			
同或门			
与或非门			

目 录

《基本技能训练与单元电路设计》

第1章 绪论	1	3.1.2 电容器的简单识别与型号命名法	30
1.1 全国大学生设计竞赛简介	1	3.1.3 电感器的简单识别与型号命名法	35
1.2 全国大学生电子设计竞赛命题原则及要求	2	3.1.4 半导体器件的简单识别与型号命名法	36
1.2.1 命题范围	2	3.1.5 半导体集成电路型号命名法	43
1.2.2 题目要求	3	3.2 印制电路板设计与制作	46
1.2.3 命题格式	3	3.2.1 印制电路板的设计	46
1.2.4 征题办法	3	3.2.2 印制电路板的制作	47
1.3 历届考题分类	3	3.3 装配工具及使用方法	55
1.4 竞赛题所涉及的知识面与知识点	5	3.3.1 装配工具	55
第2章 全国大学生电子设计竞赛培训流程	7	3.3.2 焊接材料	56
2.1 赛前组织与动员	7	3.3.3 焊接工艺和方法	57
2.2 赛前培训	7	第4章 单片机最小系统设计制作	62
2.2.1 理论课培训	7	4.1 单片机最小系统设计制作	62
2.2.2 基本技能培训	9	4.1.1 单片机最小系统硬件设计	62
2.2.3 课程设计培训	10	4.1.2 单片机最小系统时钟、复位、译码电路简介	64
2.2.4 综合题设计培训	12	4.2 人一机接口技术	66
2.2.5 队员的组合与分工	13	4.2.1 键盘接口电路及程序设计	66
2.3 赛前题目分析和准备	14	4.2.2 数码管接口电路及程序设计	69
2.3.1 赛前公布的基本仪器和主要元器件清单	14	4.2.3 液晶接口电路及程序设计	77
2.3.2 赛前题目分析	15	4.3 模/数、数/模变换电路及程序设计	83
2.3.3 赛前准备	18	4.3.1 串行模/数变换器应用	84
2.4 竞赛过程中应注意的几个问题	19	4.3.2 串行数/模变换器应用	88
2.4.1 注意竞赛纪律	19	4.4 片外存储器扩展	93
2.4.2 竞赛题目的分析	20	4.4.1 片外静态RAM扩展及程序设计	93
2.4.3 方案设计	20	4.4.2 片外串行EEPROM扩展及程序设计	94
2.4.4 元器件的采购	21	4.5 单片机最小系统与FPGA接口电路及程序设计	109
2.4.5 设计装配制作	21	4.6 单片机最小系统故障分析及处理	112
2.4.6 竞赛时间安排	22	第5章 可编程逻辑器件系统设计制作训练	117
2.4.7 注意休息与饮食	22	5.1 FPGA最小系统的设计制作	117
第3章 电子设计竞赛制作基础训练	24	5.1.1 Xilinx公司的FPGA器件	117
3.1 常用电子电路元件、器件的识别与主要性能参数	24	5.1.2 FPGA最小系统电路设计	118
3.1.1 电阻器的简单识别与型号命名法	24	5.1.3 FPGA最小系统印制板设计	121

5.1.4	FPGA 最小系统电源电路的设计	121	6.2.6	调试与测试	199
5.2	FPGA 最小系统配置电路的设计	125	6.3	电子设计竞赛设计总结报告写作	199
5.2.1	使用 PC 并行口配置 FPGA	125	6.3.1	设计总结报告写作基本要求	200
5.2.2	使用单片机配置 FPGA	126	6.3.2	设计总结报告示例	204
5.2.3	Spartan-3 器件的配置	127	第 7 章	常用中大规模集成电路的应用设计课题	233
5.2.4	各种模式的配置方式	130	7.1	音响放大器	233
5.3	ModelSim 仿真工具的使用	132	7.2	集成直流稳压电源的设计	246
5.3.1	设计流程	132	7.3	函数发生器的设计	253
5.3.2	行为仿真和时序仿真	132	7.4	语音放大电路	262
5.3.3	行为仿真步骤	133	7.5	心电波信号放大系统	273
5.3.4	行为仿真查错分析	135	7.6	增益可控的衰减及放大系统	275
5.3.5	时序仿真(Timing Simulation)步骤	141	7.7	模拟乘法器应用——功率测量仪	277
5.4	FPGA 最小系统板的下载	144	7.8	可编程增益放大器设计	280
5.4.1	设计的实现过程	144	7.9	宽带放大器设计	284
5.4.2	使用 iMPACT 配置 FPGA 最小系统板的过程	144	7.10	数字时钟设计	293
5.5	常见错误及其原因分析	152	7.11	数字频率计	297
5.5.1	避免语法错误	152	7.12	数字电压表	304
5.5.2	信号与变量	154	7.13	数字万用表	313
5.5.3	IF-ELSE 语句	155	7.14	出租汽车里程计价表	316
5.5.4	CASE 语句	157	7.15	数字电子秤	318
5.5.5	多时钟源的解决方案	158	7.16	红外线数字转速表	329
5.5.6	仿真无波形	159	7.17	数字温度计	334
5.5.7	执行时端口丢失	160	7.18	电容数字测量仪	335
5.6	编程技巧	161	7.19	大电流测量仪	337
5.6.1	程序优化	161	7.20	加/减法运算电路	338
5.6.2	状态机优化	164	7.21	高速并行 A/D 转换系统	343
5.6.3	片内资源的开发利用	165	7.22	多路数据采集系统	345
5.6.4	毛刺与抗干扰	167	7.23	电力电子技术应用之一 ——晶闸管调速系统	350
5.6.5	宏功能模块和 IP 核复用	169	7.24	电力电子技术应用之二 ——双向晶闸管交流调功器	355
第 6 章	电子系统设计的基本方法及步骤	170	7.25	步进电机控制器	358
6.1	电子系统设计的基本方法	170	7.26	自动切换量程峰值检测系统	360
6.1.1	概述	170	7.27	多踪示波器	363
6.1.2	现代电子系统的设计方法	171	7.28	自动触发同步扫描系统设计	364
6.1.3	EDA 技术	173	7.29	晶体管图示仪设计	368
6.2	电子竞赛作品设计制作步骤	175	7.30	多用信号发生器设计	372
6.2.1	题目选择	176	7.31	锁相环应用之一 ——可编程倍频器	374
6.2.2	系统方案论证	176	7.32	锁相环应用之二 ——数字显示相位差测量仪	378
6.2.3	硬件设计	186			
6.2.4	软件设计	197			
6.2.5	制板与装配	199			

7.33 模拟乘法器的应用电路设计	380	7.38 CATV 干线放大器设计	404
7.34 超外差 AM 收音机设计	390	7.39 频率合成器的设计	411
7.35 FM 接收机设计	393	7.40 小功率调幅高频发射机的设计	422
7.36 LC 正弦振荡器的设计	396	参考文献	426
7.37 50W 高频宽带功率放大器的设计	400		

《模拟电子线路设计》

第 8 章 交直流稳压、稳流电源设计	1	8.5.6 结论	118
8.1 稳压、稳流电源设计基础	1	8.6 高频大功率感应加热电源设计 (来源科研课题)	119
8.1.1 直流稳压电源	1	8.6.1 感应加热的特点、机理及负载特性 分析	119
8.1.2 基准电压源	8	8.6.2 整机设计	124
8.1.3 直流恒流源	19	8.6.3 结论	146
8.1.4 开关稳压电源	24	第 9 章 放大器设计	147
8.2 简易数控直流电源设计 (1994 年全国大学生电子设计竞赛 A 题)	28	9.1 放大器设计基础	147
8.2.1 题目分析	29	9.1.1 概述	147
8.2.2 方案论证	30	9.1.2 运算放大器	148
8.2.3 硬件设计	34	9.1.3 功率放大器	157
8.2.4 软件设计	39	9.1.4 丁类(D 类)功率放大器	158
8.2.5 测试结果及结果分析	40	9.1.5 专用集成放大电路介绍	160
8.3 数控恒流源设计 (2005 年全国大学生电子设计竞赛 F 题)	43	9.2 实用低频功率放大器设计	190
8.3.1 题目分析	44	9.2.1 题目分析	191
8.3.2 方案论证	45	9.2.2 方案论证	192
8.3.3 硬件设计	50	9.2.3 硬件设计	193
8.3.4 软件设计	62	9.2.4 测试结果及结果分析	198
8.3.5 测试方法及测试结果	65	9.3 测量放大器设计 (1999 年全国大学生电子设计竞赛 A 题)	202
8.4 直流稳压源设计 (1997 年全国大学生电子设计竞赛 A 题)	66	9.3.1 题目分析	203
8.4.1 题目分析	68	9.3.2 系统方案论证	205
8.4.2 方案论证	69	9.3.3 系统硬件设计及参数计算	208
8.4.3 硬件设计	72	9.3.4 调试	212
8.4.4 数据分析及性能指标	81	9.3.5 测试数据	213
8.5 三相正弦变频电源设计 (2005 年全国大学生电子设计竞赛 G 题)	82	9.4 宽带放大器设计 (2003 年全国大学生电子设计竞赛 B 题)	214
8.5.1 题目分析	83	9.4.1 题目分析	216
8.5.2 方案论证	84	9.4.2 方案论证及比较	217
8.5.3 硬件设计	99	9.4.3 系统硬件设计	220
8.5.4 软件设计	108	9.4.4 系统软件设计及流程图	225
8.5.5 系统测试	114	9.4.5 系统调试和测试结果	226

9.5 高效率音频功率放大器设计 (2001 年全国大学生电子设计竞赛 D 题)	228	10.1.3 555 电路结构及应用	265
9.5.1 题目分析	230	10.1.4 直接数字频率合成技术	268
9.5.2 方案论证	231	10.2 实用信号源的设计和制作 (1995 年全国大学生电子设计竞赛 B 题) ...	275
9.5.3 主要电路工作原理分析与计算	233	10.2.1 题目分析	276
9.5.4 系统测试及数据分析	241	10.2.2 方案论证	277
9.5.5 进一步改进的措施	242	10.2.3 系统设计	281
9.6 简易心电图仪设计 (2004 年湖北省大学生电子设计竞赛 B 题)	243	10.2.4 调试过程	287
9.6.1 简易心电图仪作品解析	246	10.2.5 结束语	287
9.6.2 系统设计	252	10.3 波形发生器设计 (2001 年全国大学生电子设计竞赛 A 题) ...	288
9.6.3 系统软件设计	256	10.3.1 题目分析	289
9.6.4 系统测试方法及数据	259	10.3.2 方案论证	290
第 10 章 信号源设计	261	10.3.3 系统设计	299
10.1 信号源设计基础	261	10.3.4 调试	303
10.1.1 正弦波振荡器	261	10.3.5 指标测试	305
10.1.2 非正弦波振荡器	264	10.3.6 结论	306
		参考文献	307

《高频电子线路设计》

第 11 章 高频电子线路设计基础	1	11.2.7 正交振幅调制(QAM)	41
11.1 频谱变换电路	1	11.3 无线电技术中的反馈控制电路	42
11.1.1 频谱变换电路分类	1	11.3.1 AGC、AFC 和 APC 的结构、工作原理、 特点及性能分析	42
11.1.2 模拟乘法器	2	11.3.2 AGC、AFC 和 APC 的应用	46
11.1.3 普通调幅波的产生电路与解调电路 ...	3	11.4 频率合成技术	47
11.1.4 抑制载波调幅波的产生电路与解调 电路	8	11.4.1 直接频率合成法	48
11.1.5 混频电路	11	11.4.2 间接频率合成法(锁相环路法)	49
11.1.6 倍频器	12	11.4.3 几种常用的单片集成锁相频率合成器 ...	51
11.1.7 调角波的基本性质	12	11.5 宽带高频功率放大电路	63
11.1.8 直接调频电路	14	11.5.1 传输线变压器构成的宽带放大器	63
11.1.9 调频波的解调	21	11.5.2 集成宽带放大器	65
11.1.10 限幅器	29	11.6 功率合成器	66
11.2 数字调制与解调电路	30	11.6.1 采用传输线变压器的功率合成器	66
11.2.1 二进制振幅键控(ASK)调制与解调 ...	30	11.6.2 直接功率合成器	69
11.2.2 二进制频移键控(FSK)调制与解调 ...	32	11.7 无线电接收与发射设备	71
11.2.3 二进制相移键控(PSK)调制与解调 ...	34	11.7.1 概述	71
11.2.4 多进制数字振幅调制(MASK)系统 ...	38	11.7.2 无线电接收机	71
11.2.5 多进制数字频率调制(MFSK)系统 ...	39	11.7.3 调频发射机	74
11.2.6 多进制数字相位调制(MPSK)系统 ...	40	第 12 章 无线电发射机的设计	83

12.1 电压控制 LC 振荡器设计 (2003 年全国大学生电子设计竞赛 A 题)	83	13.2.5 测试方法与数据	189
12.1.1 题目分析	84	13.3 调频收音机设计 (2001 年全国大学生电子设计竞赛 F 题)	192
12.1.2 方案论证	85	13.3.1 题目分析	193
12.1.3 系统设计(一)	95	13.3.2 方案论证与比较	194
12.1.4 系统设计(二)	106	13.3.3 系统设计	196
12.2 简易发射机电路设计 (2004 年湖北省大学生电子设计竞赛 A 题) ...	113	13.3.4 软件设计	199
12.2.1 题目分析	116	13.3.5 测试方法与测试数据	201
12.2.2 方案论证	118	13.3.6 升/降式 DC-DC 电源转换器 MC33063A/ MC34063A 简介	202
12.2.3 系统设计	121	第 14 章 无线电收发系统设计	206
12.2.4 系统测试	126	14.1 简易无线电遥控系统设计 (1995 年全国大学生电子设计竞赛 C 题)	206
12.3 智能大功率调频发射机设计	127	14.1.1 题目分析	207
12.3.1 背景	128	14.1.2 系统方案论证	208
12.3.2 系统设计	128	14.1.3 电路的设计与计算	211
12.4 正弦信号发生器设计 (2005 年全国大学生电子设计竞赛 A 题)	142	14.1.4 测试结果	214
12.4.1 题目分析	145	14.1.5 系统性能及特点	214
12.4.2 方案论证	145	14.2 单工无线呼叫系统设计 (2005 年全国大学生电子设计竞赛 D 题)	215
12.4.3 主要部件原理及参数计算	148	14.2.1 题目分析	217
12.4.4 系统设计	155	14.2.2 方案论证	218
12.4.5 结论	160	14.2.3 硬件设计	224
第 13 章 无线电接收机设计	163	14.2.4 软件设计	232
13.1 调幅广播收音机设计 (1997 年全国大学生电子设计竞赛 D 题)	163	14.2.5 系统调试	233
13.1.1 题目分析	164	14.2.6 指标测试和测试结果	236
13.1.2 方案论证	167	14.2.7 结论	241
13.1.3 系统设计	169	14.3 抗同频干扰的收发系统设计	242
13.1.4 系统调试	175	14.3.1 课题背景	243
13.1.5 系统性能指标测试与结果分析	177	14.3.2 系统方案论证	243
13.2 短波调频接收机设计 (1999 年全国大学生电子设计竞赛 D 题)	179	14.3.3 系统设计	244
13.2.1 题目分析	180	14.4 CDMA 数字手机电路分析	246
13.2.2 系统方案论证	181	14.4.1 概述	246
13.2.3 硬件设计	184	14.4.2 CDMA 手机基带电路芯片简介	248
13.2.4 单片机系统设计	187	14.4.3 CDMA 手机电路剖析	255
		参考文献	279

《电子仪器仪表设计》

第 15 章 时频测量仪设计	1	17.1.1 时域测量引论	115
15.1 时频测量仪设计基础	1	17.1.2 示波管介绍	116
15.1.1 概述	1	17.1.3 波形显示原理	120
15.1.2 电子计数法测量频率	3	17.1.4 通用示波器	129
15.1.3 电子计数法测量时间	8	17.1.5 取样示波器	145
15.1.4 通用计数器	15	17.1.6 数字示波器	149
15.2 简易数字频率计设计		17.2 简易数字存储示波器设计	
(1997 年全国大学生电子设计竞赛 B 题) ..	20	(2001 年全国大学生电子设计竞赛 B 题) ..	173
15.2.1 题目分析	21	17.2.1 题目分析	174
15.2.2 方案论证	28	17.2.2 方案论证	176
15.2.3 硬件设计	30	17.2.3 硬件设计	185
15.2.4 软件设计	32	17.2.4 系统测试	188
15.2.5 系统指标测试	33	17.2.5 结论	190
15.3 低频数字式相位测量仪设计		第 18 章 元器件参数测量仪设计	192
(2003 年全国大学生电子设计竞赛 C 题) ..	33	18.1 元器件参数测量仪设计基础	192
15.3.1 题目分析	35	18.1.1 概述	192
15.3.2 方案论证	35	18.1.2 电阻的测量	195
15.3.3 硬件设计	42	18.1.3 电感、电容的测量	199
15.3.4 软件设计	50	18.1.4 晶体管特性图示仪	211
15.3.5 性能测试	53	18.2 简易电阻、电容和电感测量仪设计	
15.3.6 设计改进	55	(1995 年全国大学生电子设计竞赛 D 题) ..	218
第 16 章 电气参数测量仪设计	56	18.2.1 电阻、电容和电感测量原理	219
16.1 电气参数测量仪设计基础	56	18.2.2 系统设计	222
16.1.1 概述	56	18.2.3 测量系统误差的消除	228
16.1.2 模拟式直流电压的测量	58	18.3 集成运算放大器参数测量仪设计	
16.1.3 交流电压的测量	60	(2005 年全国大学生电子设计竞赛 B 题) ..	228
16.1.4 数字电压表简介	74	18.3.1 集成运算放大器参数测量原理	232
16.1.5 数字多用表	78	18.3.2 系统设计	234
16.2 数字式工频有效值测量仪设计		18.3.3 电路的抗干扰措施及调试	241
(1999 年全国大学生电子设计竞赛 B 题) ..	82	第 19 章 频域测量仪设计	247
16.2.1 工频参数的数学表达式	84	19.1 频域测量仪设计基础	247
16.2.2 工频参数测量原理	85	19.1.1 线性系统幅频特性的测量	247
16.2.3 系统设计	88	19.1.2 频谱分析仪概述	253
16.3 简易综合测试仪设计		19.1.3 外差式频谱分析仪	256
(2004 年湖北大学生电子设计竞赛 C 题) ..	98	19.1.4 频谱仪的主要技术特性	262
16.3.1 测量原理	100	19.1.5 频谱仪的应用	268
16.3.2 系统设计	106	19.2 频率特性测试仪设计	
第 17 章 时域测量仪设计	115	(1999 年全国大学生电子设计竞赛 C 题) ..	279
17.1 时域测量仪设计基础	115	19.2.1 题目分析	281