

电子设计竞赛

赛题解析

主编 黄正瑾 主审 田良

电子设计竞赛赛题解析(一) 电子设计竞赛赛题解析(二) 电子设计竞赛赛题解析(三) 电子设计竞赛赛题解析(四) 电子设计竞赛赛题解析(五) 电子设计竞赛赛题解析(六) 电子设计竞赛赛题解析(七) 电子设计竞赛赛题解析(八) 电子设计竞赛赛题解析(九) 电子设计竞赛赛题解析(十) 电子设计竞赛赛题解析(十一) 电子设计竞赛赛题解析(十二) 电子设计竞赛赛题解析(十三) 电子设计竞赛赛题解析(十四) 电子设计竞赛赛题解析(十五) 电子设计竞赛赛题解析(十六) 电子设计竞赛赛题解析(十七) 电子设计竞赛赛题解析(十八) 电子设计竞赛赛题解析(十九) 电子设计竞赛赛题解析(二十) 电子设计竞赛赛题解析(二十一) 电子设计竞赛赛题解析(二十二) 电子设计竞赛赛题解析(二十三) 电子设计竞赛赛题解析(二十四) 电子设计竞赛赛题解析(二十五) 电子设计竞赛赛题解析(二十六) 电子设计竞赛赛题解析(二十七) 电子设计竞赛赛题解析(二十八) 电子设计竞赛赛题解析(二十九) 电子设计竞赛赛题解析(三十) 电子设计竞赛赛题解析(三十一) 电子设计竞赛赛题解析(三十二) 电子设计竞赛赛题解析(三十三) 电子设计竞赛赛题解析(三十四) 电子设计竞赛赛题解析(三十五) 电子设计竞赛赛题解析(三十六) 电子设计竞赛赛题解析(三十七) 电子设计竞赛赛题解析(三十八) 电子设计竞赛赛题解析(三十九) 电子设计竞赛赛题解析(四十) 电子设计竞赛赛题解析(四十一) 电子设计竞赛赛题解析(四十二) 电子设计竞赛赛题解析(四十三) 电子设计竞赛赛题解析(四十四) 电子设计竞赛赛题解析(四十五) 电子设计竞赛赛题解析(四十六) 电子设计竞赛赛题解析(四十七) 电子设计竞赛赛题解析(四十八) 电子设计竞赛赛题解析(四十九) 电子设计竞赛赛题解析(五十) 电子设计竞赛赛题解析(五十一) 电子设计竞赛赛题解析(五十二) 电子设计竞赛赛题解析(五十三) 电子设计竞赛赛题解析(五十四) 电子设计竞赛赛题解析(五十五) 电子设计竞赛赛题解析(五十六) 电子设计竞赛赛题解析(五十七) 电子设计竞赛赛题解析(五十八) 电子设计竞赛赛题解析(五十九) 电子设计竞赛赛题解析(六十) 电子设计竞赛赛题解析(六十一) 电子设计竞赛赛题解析(六十二) 电子设计竞赛赛题解析(六十三) 电子设计竞赛赛题解析(六十四) 电子设计竞赛赛题解析(六十五) 电子设计竞赛赛题解析(六十六) 电子设计竞赛赛题解析(六十七) 电子设计竞赛赛题解析(六十八) 电子设计竞赛赛题解析(六十九) 电子设计竞赛赛题解析(七十) 电子设计竞赛赛题解析(七十一) 电子设计竞赛赛题解析(七十二) 电子设计竞赛赛题解析(七十三) 电子设计竞赛赛题解析(七十四) 电子设计竞赛赛题解析(七十五) 电子设计竞赛赛题解析(七十六) 电子设计竞赛赛题解析(七十七) 电子设计竞赛赛题解析(七十八) 电子设计竞赛赛题解析(七十九) 电子设计竞赛赛题解析(八十) 电子设计竞赛赛题解析(八十一) 电子设计竞赛赛题解析(八十二) 电子设计竞赛赛题解析(八十三) 电子设计竞赛赛题解析(八十四) 电子设计竞赛赛题解析(八十五) 电子设计竞赛赛题解析(八十六) 电子设计竞赛赛题解析(八十七) 电子设计竞赛赛题解析(八十八) 电子设计竞赛赛题解析(八十九) 电子设计竞赛赛题解析(九十) 电子设计竞赛赛题解析(九十一) 电子设计竞赛赛题解析(九十二) 电子设计竞赛赛题解析(九十三) 电子设计竞赛赛题解析(九十四) 电子设计竞赛赛题解析(九十五) 电子设计竞赛赛题解析(九十六) 电子设计竞赛赛题解析(九十七) 电子设计竞赛赛题解析(九十八) 电子设计竞赛赛题解析(九十九) 电子设计竞赛赛题解析(一百)

东南大学出版社

电子设计竞赛赛题解析

(一)

主编 黄正瑾

主审 田 良

东南大学出版社

内 容 提 要

本书选择了历届全国大学生电子设计竞赛中的9个有代表性的赛题,从赛题分析、方案讨论、设计过程、测试方法等方面全面地介绍了电子系统的工程设计方法。内容包括:电子系统设计概述、简易数字频率计解析、实用低频功率放大器解析、数字式工频有效值多用表解析、频率特性测试仪解析、简易数字存储示波器解析、波形发生器解析、短波调频接收机解析、数字化语言存储与回放系统解析。本书具有很强的工程设计性和系统性、综合性、普及性。

本书可作为各高等院校综合系统课程设计的教材和教学参考书,电子设计竞赛赛前培训教材或参考书,也是广大从事电工电子专业项目研制和产品设计的工程技术人员难得的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子设计竞赛赛题解析(一)/黄正瑾主编. —南京:东南大学出版社, 2003.5

ISBN 7-81089-210-X

I. 电... II. 黄... III. 电子电路—电路设计:计算机辅助设计—高等学校—自学参考资料 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 031564 号

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼2号 邮编 210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 扬中市印刷有限公司

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 16.5 字数: 412 千字

2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1—4000 定价: 25.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向发行科调换。电话:025-3795801)

前 言

全国大学生电子设计竞赛是信息产业部和教育部联合举办的一项赛事,其参赛对象是所有高等学校电类专业的本、专科学生,它们每3人一组,集中4天时间,独立完成竞赛组委会指定的数个竞赛课题中一个课题的设计、制作和报告。自竞赛开办以来,已先后举办过5届,声誉鹊起,影响日著,参赛的规模从最初的2个赛区几十个队(1994年)发展到20多个赛区2000多个队(2001年),有些赛区在非竞赛年也举办本赛区的电子设计竞赛,很多学校还举办了本校和系的电子设计竞赛,尚未参赛过的学校也纷纷摩拳擦掌,跃跃欲试。

电子设计竞赛之所以如此赢得广大高校师生的青睐,是因为开展该活动对于培养大学生的创新意识和综合素质,促进高等学校教学改革,特别是电工电子类课程教学内容与教学方法的改革,起到了积极的推动作用,是任何其他赛事所不能替代的。

竞赛倡导的理论联系实际的精神主要体现在其赛题上。竞赛的赛题是由各赛区选送,全国竞赛专家组在此基础上归纳、总结拟定的,这些题目一般都紧密结合生产实践和科研实践,内容有基本电路、测量仪器、高频电路、控制电路和信号处理电路等,每道题均涉及模拟、数字系统和单片机控制,是一些综合性、系统性的命题,学生通过对这些命题的分析、设计和实际制作,既可学会电子系统的综合设计方法,又可锻炼工程实践能力,培养创新意识和团队协作精神。很多学校都采用这些题目中的一部分作为综合课程设计的选题和竞赛培训的内容,并已取得良好的效果。

编写本书的目的是将历届电子设计竞赛的竞赛题作为实例,通过对这些赛题的分析,方案考虑,具体设计的全过程以及安装调试中关键问题的分析,全面、系统地介绍电子系统的基本设计方法和制作方法,培养大学生的综合设计能力和实践动手能力,启迪他们的创新意识,为大学生们踊跃参加科技活动,为优秀人才脱颖而出创造条件。

前5届全国大学生电子设计竞赛的赛题共21道,本书第一集选编了其中的9道,其余各道以及以后各届的赛题解析将陆续编写。撰稿者全部为东南大学

35-1-167

具有丰富实践经验和写作经验的教授、副教授,力图用尽可能强的可读性将他们的知识和经验给予读者。

但我们不希望该书成为应赛指南,所以在写作时主要介绍设计思路和设计方法而不是着重介绍设计方案:立足于“教”会学生如何设计,而不是“告诉”学生设计的结果;所介绍的方法是针对设计要求得出的最合理的设计方案,而不是对付大学生电子设计竞赛的秘笈,所以部分设计方法可能已超出了电子设计竞赛的范围,但却是生产实际和科研实际中采用的方法,甚至是今后的方向。因此本书虽为各高等院校电子设计竞赛培训而撰写,却更适合作为综合系统课程设计的参考教材,同时,由于本书的较强工程设计性质是任何教科书所不具备的,而其系统性、综合性和普及性又是一般科技资料所缺乏的,故对广大从事项目研制和产品设计的电工电子专业工程技术人员而言也是一本难得的参考书。

本人忝为主编,除了组织工作外,全书的统稿、修订工作是和田良教授共同完成的,尤其是每篇的结构、内容乃至文字润饰,无不凝结了田教授的心血和汗水;本书的各位作者都是在百忙中抽出时间为本书撰稿的,东南大学出版社朱珉老师更是日夜兼程地工作,才使本书得以在2003年全国大学生电子设计竞赛前出版,在此一并表示衷心的感谢。

因作者水平所限,本书各设计肯定不能尽善尽美,甚至会有错误,欢迎批评指正,更欢迎指导以更佳的设计方案和创新方案。

黄正瑾

2003年4月

目 录

赛 题 任 务 书

任务书 1	简易数字频率计(1997 年 B 题)	(3)
任务书 2	实用低频功率放大器(1995 年题一)	(5)
任务书 3	直流稳定电源(1997 年 A 题)	(7)
任务书 4	数字式工频有效值多用表(1999 年 B 题)	(9)
任务书 5	频率特性测试仪(1999 年 C 题)	(11)
任务书 6	简易数字存储示波器(2001 年 B 题)	(13)
任务书 7	波形发生器(2001 年 A 题)	(15)
任务书 8	短波调频接收机(1999 年 D 题)	(17)
任务书 9	数字化语音存储与回放系统(1999 年 E 题)	(19)

赛 题 解 析

	电子系统设计概述	(23)
0.1	电子系统设计的基本方法	(23)
0.2	电子系统设计的一般步骤	(25)
0.2.1	审题	(25)
0.2.2	方案论证	(26)
0.2.3	设计的逐层细化	(28)
0.2.4	组装调测	(29)
0.2.5	总结报告	(30)
0.3	数字子系统的设计过程	(32)
0.3.1	数字子系统的设计步骤	(32)
0.3.2	EDA 方法与 HDL 语言的使用	(34)
0.4	模拟子系统的设计过程	(34)
0.4.1	模拟子系统的设计过程	(34)
0.4.2	设计过程中 EDA 技术的应用	(36)
0.5	单片机控制子系统设计步骤	(37)
0.5.1	确定任务	(37)
0.5.2	总体设计	(38)
0.5.3	硬件设计与调试	(38)
0.5.4	软件设计	(39)

参考文献	(40)
------------	------

简易数字频率计(1997 年 B 题)解析

(41)

1.1 题目分析	(41)
1.1.1 设计者应具备的特定背景知识的自查与准备	(41)
1.1.2 顶层要求的确认	(41)
1.1.3 测量方法的分析	(41)
1.2 设计方案的选择	(43)
1.2.1 测量方法的选择	(43)
1.2.2 实现技术的选择	(44)
1.3 系统级和子系统级设计	(44)
1.3.1 系统级框图	(44)
1.3.2 子系统级总体框图	(46)
1.4 设计的进一步细化	(51)
1.4.1 输入通道的详细设计	(51)
1.4.2 综合数字模块子系统——测量控制及功能切换逻辑 + 其他辅助数字部件 的详细设计	(55)
1.4.3 单片机子系统软件的设计	(57)
1.5 测试方案	(60)
1.5.1 测试步骤与方法概述	(60)
1.5.2 频率计子系统的测试步骤与方法	(60)
1.5.3 总体测试	(63)
参考文献	(63)
1.6 附录 频率、周期及时间的数字化测量原理	(64)
1.6.1 数字化直接测量频率的原理	(64)
1.6.2 数字化直接测量周期的原理	(65)
1.6.3 数字化测量时间间隔的原理	(66)
1.6.4 中界频率的确定	(68)
1.6.5 多周期同步测量法(倒数计数器)	(69)

实用低频功率放大器(1995 年题一)解析

(73)

2.1 题目分析	(73)
2.1.1 总体要求及实现基本指标的方略	(73)
2.1.2 实现其他各项指标与要求的方略	(73)
2.2 方案选择讨论	(74)
2.2.1 前置放大级	(74)
2.2.2 低频功率放大级	(76)
2.2.3 电路设计计算	(81)
2.2.4 波形变换电路和稳压电源设计	(83)
2.2.5 指标测试方法	(86)

3	直流稳定电源(1997 年 A 题)解析	(89)
3.1	题目分析	(89)
3.1.1	稳压电源部分	(89)
3.1.2	稳流电源部分	(94)
3.1.3	DC - DC 变换器部分	(95)
3.2	基本方案讨论	(97)
3.2.1	直流稳压电源方案	(97)
3.2.2	恒定稳流电路方案	(98)
3.2.3	DC - DC 变换器方案	(99)
3.3	关键指标的实现与设计举例	(100)
3.3.1	直流稳压电源的指标实现与举例	(100)
3.3.2	稳流电源的设计	(106)
3.3.3	DC - DC 变换器的设计	(107)
3.4	指标测试方法	(109)
3.4.1	稳压电源	(109)
3.4.2	稳流电源	(109)
3.4.3	DC - DC 变换器	(110)
4	数字式工频有效值多用表(1999 年 B 题)解析	(111)
4.1	赛题分析	(111)
4.2	方案讨论	(111)
4.2.1	总体方案设计	(111)
4.2.2	硬件为主的方案	(113)
4.2.3	软件为主的方案	(117)
5	频率特性测试仪(1999 年 C 题)解析	(119)
5.1	理解赛题	(119)
5.1.1	频率特性测试的知识准备	(119)
5.2	赛题要求分析	(125)
5.2.1	基本部分的要求分析	(125)
5.2.2	发挥部分的要求分析	(125)
5.3	频率特性的动态响应测试法	(126)
5.3.1	冲激脉冲发生器	(126)
5.3.2	数字化样本的参数	(127)
5.3.3	计算	(127)
5.3.4	结果显示	(127)
5.4	频率特性扫频测试方法	(128)
5.4.1	扫频振荡源	(128)
5.4.2	DDS 信号源	(134)
5.4.3	幅度测量	(140)

5.4.4	相位测量	(141)
5.4.5	结果显示和打印输出	(142)
5.5	系统总体设计	(143)
5.5.1	DDS 正弦波发生器	(144)
5.5.2	幅频特性的测量	(144)
5.5.3	相频特性的测量	(144)
5.5.4	频率特性曲线的显示	(145)
5.6	被测网络的设计	(146)
5.7	软件设计	(147)
5.8	测试所需要的设备	(149)
5.9	结果分析	(149)
5.10	结束语	(149)
	简易数字存储示波器(2001 年 B 题)解析	(150)
6.1	对赛题要求的分析	(150)
6.2	方案讨论	(151)
6.2.1	采样方式的选择	(151)
6.2.2	控制器的选择	(152)
6.2.3	关于简易 DSO 技术指标的初步分配	(153)
6.3	部分电路设计及模拟	(153)
6.3.1	前向通道	(154)
6.3.2	信号的采样、量化和存储	(160)
6.3.3	后向通道的设计	(163)
6.3.4	控制器的设计	(167)
6.3.5	简易 DSO 对电源的要求	(175)
6.4	安装调试	(176)
6.4.1	硬件安装调试	(176)
6.4.2	软件调试	(177)
6.5	测试结果	(177)
6.5.1	拟定测试方案	(177)
6.5.2	测试结果记录	(178)
6.5.3	测试结果总评价	(179)
6.6	小结	(179)
6.7	展望	(180)
6.7.1	采用程控电阻	(180)
6.7.2	用示波器的 Z 通道增辉显示实现双扫描显示作用	(180)
6.7.3	增加信号处理功能	(180)
	参考文献	(180)
	波形发生器(2001 年 A 题)解析	(181)
7.1	赛题分析	(181)

7.1.1	抓住任务的核心	(181)
7.1.2	波形生成子系统的实现原理的分析与选择	(181)
7.2	总体方案的设计	(183)
7.3	相关技术参数的总体考虑与确定	(185)
7.3.1	输出波形的频率范围	(185)
7.3.2	波形生成子系统的有关参数分析	(185)
7.3.3	输出频率控制方法	(187)
7.4	有关子系统与软硬件模块的设计	(188)
7.4.1	单片机子系统	(188)
7.4.2	任意波输入	(188)
7.4.3	频谱分析的实现	(190)
7.4.4	稳幅功能的实现	(191)
7.4.5	输出幅度的调整	(192)
7.4.6	利用比率乘法器产生频率可以数字调控的时钟	(192)
	短波调频接收机(1999年D题)解析	(194)
8.1	题目分析	(194)
8.1.1	任务指标评析	(194)
8.1.2	系统总体设计	(194)
8.2	主要指标定义和功能的回顾	(195)
8.2.1	主要指标定义	(195)
8.2.2	频率合成器与单片机	(196)
8.3	设计方案	(197)
8.3.1	主要元器件的选择	(198)
8.3.2	系统介绍	(201)
8.4	注意事项	(204)
8.5	调频接收机主要指标测量	(205)
8.5.1	灵敏度(这里指可用灵敏度)	(205)
8.5.2	最大不失真功率	(206)
8.5.3	调制接受带宽	(206)
8.5.4	镜频干扰	(206)
	参考文献	(207)
	数字化语音存储与回放系统(1999年E题)解析	(208)
9.1	题目分析	(208)
9.1.1	设计者背景知识要求	(208)
9.1.2	顶层设计要求的理解和确认	(208)
9.1.3	需要进一步明确的技术指标	(209)
9.2	设计方案讨论	(209)
9.2.1	系统级方案设计	(209)
9.2.2	子系统级方案设计	(210)

9.3 各个子系统的详细设计..... (211)

9.3.1 语音前置放大器的设计..... (212)

9.3.2 带通滤波器设计..... (214)

9.3.3 自动增益控制电路—AGC..... (220)

9.3.4 单片机子系统..... (221)

9.3.5 幅频特性校正电路..... (228)

9.3.6 末级放大器..... (228)

9.4 系统调试与指标测试..... (229)

参考文献..... (230)

9.5 附录..... (231)

9.5.1 ADC 和 DAC..... (231)

9.5.2 存储器分页控制接口模块源代码(用 VHDL 编写)..... (234)

附录

附录 1 电子设计常用网址..... (239)

附录 2 SE - PAC2 型在系统可编程模拟电路实验箱简介..... (241)

附录 3 NH - P 型通用数字系统实验开发平台..... (244)

赛题任务书

任务书 1 简易数字频率计(1997 年 B 题)

一、任务

设计并制作一台数字显示的简易频率计。

二、要求

1. 基本要求

(1) 频率测量

- a. 测量范围 信号:方波、正弦波;
幅度:0.5 ~5 V;^[注]
频率:1 Hz ~1 MHz

- b. 测试误差 $\leq 0.1\%$ 。

(2) 周期测量

- a. 测量范围 信号:方波、正弦波;
幅度:0.5 ~5 V;^[注]
频率:1 Hz ~1 MHz

- b. 测试误差 $\leq 0.1\%$ 。

(3) 脉冲宽度测量

- a. 测量范围 信号:脉冲波;
幅度:0.5 ~5 V;^[注]
脉冲宽度 $\geq 100 \mu\text{s}$ 。

- b. 测试误差 $\leq 0.1\%$ 。

(4) 显示器 十进制数字显示,显示刷新时间 1 ~10 s 连续可调,对上述三种测量功能分别采用不同颜色的发光二极管指示。

(5) 具有自校功能,时标信号频率为 1 MHz。

(6) 自行设计并制作满足本设计任务要求的稳压电源。

2. 发挥部分

(1) 扩展频率测量范围为 0.1 Hz ~10 MHz (信号幅度:0.5 ~5 V^[注]),测试误差降低为 0.01% (最大闸门时间 $\leq 10 \text{ s}$)。

(2) 测量并显示周期脉冲信号(幅度 0.5 ~5 V^[注]、频率 1 Hz ~1 kHz)的占空比,占空比变化范围为 10% ~90%,测试误差 $\leq 1\%$ 。

(3) 在 1 Hz ~1 MHz 范围内及测试误差 $\leq 0.1\%$ 的条件下,进行小信号的频率测量,提出并实现抗干扰的措施。

三、评分意见

	项 目	满 分
基本要求	设计与总结报告:方案设计 with 论证,理论分析与计算,电路图,测试方法与数据,对测试结果的分析	50
	实际制作完成情况	50
发挥部分	完成第(1)项	10
	完成第(2)项	10
	完成第(3)项	20
	特色与创新	10

四、说明

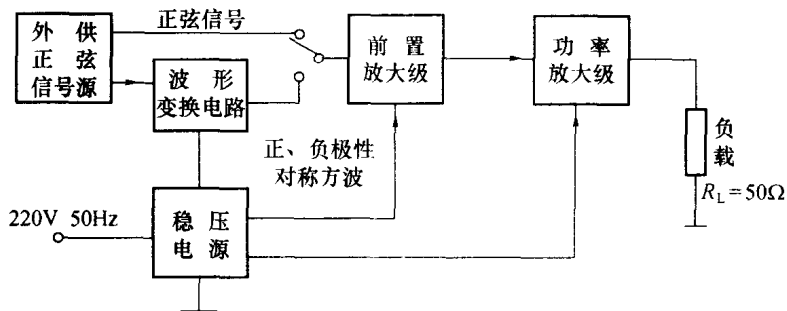
- (1) 不能采用频率计专用模块。
- (2) 在设计报告前附一份 400 字以内的报告摘要。

(注:该幅值应理解为对正弦波是有效值,对方波、脉冲波是峰 - 峰值——编者)

任务书2 实用低频功率放大器(1995 年题一)

一、任务

设计并制作具有弱信号放大能力的低频功率放大器。其原理示意图如下:



二、要求

1. 基本要求

在正弦信号输入电压幅度为 $5 \sim 700 \text{ mV}$, 等效负载 $R_L = 8 \Omega$ 条件下, 放大器应满足:

- (1) 额定输出功率 $P_{OR} \geq 10 \text{ W}$;
- (2) 带宽 $BW \geq 50 \sim 10\,000 \text{ Hz}$;
- (3) 在 P_{OR} 下和 BW 内非线性失真系数 $\gamma \leq 3\%$;
- (4) 在 P_{OR} 下效率 $\eta \geq 55\%$;
- (5) 在前置放大级输入端交流短接时, R_L 上的交流声功率 $\leq 10 \text{ mW}$ 。

放大器的供电稳压电源设计制作, 也是本题目设计制作的内容。

2. 发挥部分

(1) 放大器的时间响应

方波产生: 由外供正弦信号经变换电路产生正、负极性的对称方波; 频率为 $1\,000 \text{ Hz}$ 、上升和下降时间 $\leq 1 \mu\text{s}$ 、峰-峰值电压为 200 mV_{p-p} 。

在上述方波输入时, 放大器在 $R_L = 8 \Omega$ 条件下, 应满足:

- a. 额定输出功率 $P_{OR} \geq 10 \text{ W}$;
- b. 在 P_{OR} 下输出波形的上升和下降时间 $\leq 12 \mu\text{s}$;
- c. 在 P_{OR} 下输出波形顶部斜降 $\leq 2\%$;
- d. 在 P_{OR} 下输出波形过冲量 $\leq 5\%$ 。

(2) 放大器性能指标的提高和实用功能的扩展

例如提高效率、减小非线性失真等。

三、评分意见

	项 目	得分
基本要求	设计与总结报告(包括方案论证、电路分析计算、测试数据等)	50
	实际制作完成情况	50
发挥部分	完成第(1)项	20
	完成第(2)项	10
	特色与创新	20