

Electronic design

[全国大学生电子设计竞赛指导系列]

2011版

全国大学生电子设计竞赛

试题精解选

© 陈永真 闫晓金 李光琳 陈之勃 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

全国大学生电子设计竞赛指导系列

2011 版全国大学生电子设计竞赛 试题精解选

陈永真 闫晓金 李光琳 陈之勃 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

丛 书 序

一个普通的省属本科学校在历届全国大学生电子设计竞赛中能够取得优异的成绩，甚至竞赛名次能够排在参赛的“211”学校、第一批本科学校之前是难能可贵的。究其原因，除了学校相关部门的大力支持外，主要在于指导教师的敬业精神、扎实的理论基础和深厚的工程实践功底。

本系列丛书的编著者中有具有40余年电子兴趣爱好并兼具20余年电子技术专业从教经验的老教师，也有“80后”的年轻教师，他们以活跃的思维和超群的实践能力完成了教学任务并参加了国家“863”计划中的电动汽车等重大专项课题的研究。这些人指导的参赛队伍在所参加的两届全国大学生电子设计竞赛中创造了两次国家二等奖、四次省特等奖的优异成绩。

本系列丛书将这些电子设计经验丰富的指导教师的设计经验、教训和处理问题的技巧整理成文，以飨读者。如果读者能够从本丛书中有所收获，将是笔者的最大荣幸。

中国电源学会
编辑工作委员会

前 言

从1994年开始,全国大学生电子设计竞赛经历了15年的历程,共举办了8届。试题难度一届比一届增大。关于全国大学生电子设计竞赛宗旨,每年的全国大学生电子设计竞赛网站上均有说明,这里不再赘述。

全国大学生电子设计竞赛是全国各省高校参赛队的电子设计竞技,是指导教师的新、奇、特设计思路的充分展示,更是各高校之间电子技术教学科研水平的检验。现在已成为高校评估必不可少的项目之一。正因为如此,全国各高校对全国大学生电子设计竞赛越来越重视。这就是推动全国大学生电子设计竞赛的强大动力。

对参赛学生而言,通常可以直接看到的是竞赛获奖证书,所在学校的奖励政策等。事实上,无论对学校还是对参赛学生,全国大学生电子设计竞赛的意义已经远不止这些。作者通过多年来对全国大学生电子设计竞赛的指导和赛后思考认为,从更深远的意义考虑,对于参赛学校而言,全国大学生电子设计竞赛是提高教师教学水平,改进教学的好方法之一,通过参赛,可以找到教学中的不足;对于参赛学生而言,全国大学生电子设计竞赛更是大学生获得电子设计能力,巩固所学知识,用所学的理论指导实践的最好机会。通过参加竞赛,参赛学生可以看到学习过程中的不足,找到努力的方向,为毕业后从事专业技术工作打下更好的基础,为提高就业质量做好准备。

总结历届全国大学生电子设计竞赛的经验与教训,无论是参赛学校还是参赛学生,都是应该认真对待的。目前已有一些相关图书出版,在这些书中,所选编的均为获得国家一等奖、二等奖的作品,几乎全部为国内知名大学的杰作。相对大多数省属本科院校而言,具有很高的参考价值,是赛前的必读书籍。

然而,不可否认的是,现有书籍中选编的竞赛作品对于某些院校而言,由于教学水平和学生素质的限制,有些作品学习难度较高,如2005年的正弦波信号发生器试题,要求信号发生器的最高频率为10MHz,如果不采用DSP或FPGA与高速D/A转换(DDS)组合,实现起来是很困难的,甚至是不可能的。而对于某些院校而言,DSP远没有步入实际应用,甚至很少在实验室中应用,DSP和FPGA课程的相对滞后或没有开设更是制约DSP和FPGA应用的最大障碍,更不用说DDS了。

那么,对上述院校而言,如何在参加全国大学生电子设计竞赛中获得比较好的成绩呢?作者的经验就是充分发挥指导教师自身最擅长的领域,充分发挥自己的聪明才智,以个人的局部“绝对”优势抗衡知名大学的整体相对优势。本书的相关内容是最好的见证。不仅如此,赛前的培训对参赛学生来说也是极其重要的。

我们的学生,大多数实践能力不强,所以找工作难!因此,培养学生的实践能力可能是今后各高校的重要工作之一,而电子设计竞赛就是培养学生实践能力的最好途径之一。

为了让大多数省属高等院校学生参加全国大学生电子设计竞赛能够取得比较理想的成绩，作者将多年来指导电子设计竞赛和从事电子线路教学、科研的经验总结奉献给读者。

本书的主要设计思路为：利用常规的集成电路，结合新颖的设计思路，获得性能优异的设计作品；使多数省属高校参赛学生与指导教师知道如何利用自己的现有资源和基本技能取得更好的竞赛成绩，积累参赛经验，锻炼队伍，使参赛学生获得电子线路的设计、制作与调试能力，为毕业后就业打下良好的基础；这种设计思路还可以用于大学生毕业后的电子线路的设计工作。

本书不仅分析历届试题，对历届竞赛的经验与教训进行总结，还将一些新热门话题、新设计思路作为展望篇的内容写入书中。这是本书的另一特色。

本书按历届全国大学生电子设计竞赛的先后，共分5篇14章；第1篇为2005年试题：第1章为2005年竞赛试题：数控直流电流源（D题）；第2章为2005年竞赛试题：三相正弦波变频电源试题（G题）；第2篇为2007年竞赛试题：第3章为2007年竞赛试题：开关电源（E题）【本科组】；第4章为2007年竞赛试题：信号发生器（H题）【高职高专组】；第5章为2007年竞赛试题：可控放大器（I题）【高职高专组】；第3篇为2009年竞赛试题：第6章为2009年竞赛试题：电能收集器（E题）【本科组】；第7章为2009年竞赛试题：光伏并网发电模拟装置（A题）【本科组】；第8章为2009年竞赛试题：宽带直流放大器（C题）【本科组】；第9章为2009年竞赛试题：音频功率放大器（G题）【高职高专组】；第10章为2009年竞赛试题：模拟路灯控制系统（I题）【高职高专组】；第4篇为总结：第11章为如何在电子设计竞赛中取得好成绩；第12章为经验与教训；第5篇为展望：第13章为非接触式充电技术设计思路；第14章为电池保护电路。

本书第1章、第2章、第3章、第4章、第5章、第6章、第7章、第9章、第11章、第12章由辽宁工业大学陈永真执笔；第8章由辽宁工业大学李光琳执笔；第10章由北华航天工业学院闫晓金执笔；第13章、第14章由陈之勃执笔。参加本书编写的还有李锦、高莹、刘聪、王天宏、杨东。

编著者
于辽宁工业大学

目 录

第 1 篇 2005 年试题

第 1 章 2005 年竞赛试题:数控直流电流源(D 题)	2
1.1 试题:数控直流电流源	2
1.1.1 任务	2
1.1.2 要求	2
1.1.3 评分标准	3
1.1.4 说明	3
1.2 试题意图与要达到的目的与理想的解决方案	3
1.2.1 试题意图与要达到的目的	3
1.2.2 理想的解决方案	3
1.3 可以获奖的切实可行的解决方案	5
1.3.1 恒流源的实现	5
1.3.2 手动设置电路和步进控制电路	8
1.3.3 驱动控制电路	9
1.3.4 自制电源部分	10
1.3.5 预置电流值的上、下限逻辑控制电路	10
1.3.6 调试方法和过程	11
1.3.7 性能指标测试与测试数据	12
1.3.8 结论	13
1.3.9 系统说明书	13
1.4 经验与教训	14
第 2 章 2005 年竞赛试题:三相正弦波变频电源(G 题)	15
2.1 试题:三相正弦波变频电源	15
2.1.1 任务	15
2.1.2 要求	15
2.1.3 评分标准	16
2.1.4 说明	16
2.2 基本设计思路	16

2.3	逆变器与驱动电路设计思路	17
2.4	控制电路单元设计思路简介	21
2.5	PWM 电路设计	21
2.6	死区时间的设置与实现	25
2.7	计数器与 D/A 转换器组合实现三相正弦波基准电压	27
2.8	计数器与权电阻组合方式	31
2.8.1	“基准”正弦波电压产生原理	31
2.8.2	单相“基准”正弦波发生器	31
2.8.3	三相参考正弦波发生器	32
2.9	输出滤波器设计	35
2.10	稳定输出电压设计思路	35
2.11	负载不对称与负载缺相保护	36
2.12	隔离变压器与整流器部分的解决方案	37
2.13	更简洁的采用 D 类音频功率放大器解决方案	37
2.13.1	应用 LM4651/2 的解决方案	38
2.13.2	LM4651/2 简介	38
2.14	应用 LM4651/2 的解决方案详解	42
2.15	三相逆变电源的实现	46

第 2 篇 2007 年试题

第 3 章	2007 年竞赛试题:开关电源(E 题)【本科组】	50
3.1	试题	50
3.1.1	任务	50
3.1.2	要求	50
3.1.3	说明	51
3.1.4	评分标准	51
3.2	电源变压器与整流滤波电路解析	52
3.2.1	整流电路结构的选择	52
3.2.2	整流器的选择	52
3.2.3	滤波电容器的选择	53
3.2.4	整流输出电压	53
3.3	利用 PWM 控制 IC 与带有隔离变压器的推挽变换器的解决方案详解	53
3.3.1	基本参数的确定	54
3.3.2	电路及参数的确定	54
3.3.3	主要元器件参数的选择	54
3.4	采用准谐振工作方式的解决方案详解	58
3.4.1	准谐振电路工作原理	58
3.4.2	NCP1207B 的基本原理	60

3.4.3	电源主要参数的设定	64
3.4.4	主要元件的选择	65
3.4.5	变压器设计详解	68
3.4.6	电流检测用的电流传感器设计	71
3.4.7	完整电路图详解	72
3.4.8	电路板图详解	73
第4章	2007年竞赛试题:信号发生器(H题)【高职高专组】	74
4.1	试题	74
4.1.1	任务	74
4.1.2	要求	74
4.1.3	说明	74
4.1.4	评分标准	75
4.2	解决问题的思路	75
4.3	函数发生电路 MAX038 详解	75
4.3.1	封装、引脚功能及内部原理框图	75
4.3.2	基本功能的实现	77
4.3.3	MAXIM 的评估电路	79
4.4	应用函数发生电路 MAX038 的频率及占空比的数字控制	82
4.4.1	频率的数字控制	82
4.4.2	占空比的数字控制	84
4.5	用函数发生电路 MAX038 实现正弦波、方波、三角波发生电路	84
4.6	耳机放大器的利用	85
4.6.1	耳机放大器简介	85
4.6.2	耳机放大器 TPA152 的基本电路	86
4.6.3	耳机放大器 TPA152 性能分析	87
4.6.4	TPA152 作为驱动放大器的应用	89
4.6.5	输出电压幅度的调节	90
第5章	2007年竞赛试题:可控放大器(I题)【高职高专组】	91
5.1	试题	91
5.1.1	任务	91
5.1.2	要求	91
5.1.3	说明	92
5.1.4	评分标准	92
5.2	放大器部分的设计	92
5.2.1	试题来源	92
5.2.2	设计思路	93
5.3	放大器的设计详解	93

5.3.1	单级放大或两级放大的判定	93
5.3.2	放大器的选择	93
5.4	放大电路详解	96
5.4.1	电路设计	96
5.4.2	低频截止频率相关元件参数的选择	96
5.4.3	反馈网络参数选择	97
5.4.4	高频截止频率相关元件参数的选择	97
5.5	放大器增益程控化详解	98
5.5.1	衰减电路的设计	98
5.5.2	继电器控制思路详解	99
5.5.3	参数设置显示的实现	101
5.6	放大器的调试	102
5.6.1	测试仪器的选择	102
5.6.2	调试方法	103
5.7	应用低通滤波器芯片的滤波器设计	104
5.7.1	设计思路	104
5.7.2	MAX270 简介	104
5.7.3	滤波器电路设计	109
5.7.4	程控电路设计	109
5.8	应用集成运算放大器构成有源滤波器的设计思路	110
5.8.1	低通有源滤波器设计	110
5.8.2	衰减电路的设计	111
5.8.3	高通有源滤波器的设计	118
5.8.4	带通有源滤波器的设计	119
5.9	2007 年竞赛试题:程控滤波器(D 题)【本科组】	120
5.9.1	试题	120
5.9.2	试题分析	121

第 3 篇 2009 年试题

第 6 章	2009 年竞赛试题:电能收集器(E 题)【本科组】	124
6.1	试题	124
6.1.1	任务	124
6.1.2	要求	124
6.1.3	评分标准	125
6.1.4	说明	125
6.2	试题分析	125
6.3	设计方案的确立	126
6.4	电路拓扑的选择	128

6.5	MC34063 简介	129
6.5.1	MC34063 简介	129
6.5.2	MC34063 内部工作原理	132
6.5.3	MC34063 的典型应用	133
6.6	MAX756/7 简介	136
6.6.1	MAX756/7 引脚功能介绍	136
6.6.2	MAX756/7 参数	138
6.6.3	MAX756/7 典型应用电路	139
6.7	电源电压在 3.6V 及以上时的电路设计	140
6.7.1	电源电压在 3.6V 及以上时,完整电路要完成的功能	140
6.7.2	电源电压在 3.6V 及以上时的完整电路设计	140
6.8	电源电压在 3.6V 以下时的电路设计	143
6.9	调试与测试结果	145
第 7 章	2009 年竞赛试题:光伏并网发电模拟装置(A 题)【本科组】	146
7.1	试题	146
7.1.1	任务	146
7.1.2	要求	146
7.1.3	说明	147
7.1.4	评分标准	147
7.2	试题分析	148
7.3	DC-AC 逆变器的设计	148
7.3.1	电路拓扑的选择	149
7.3.2	D 类音频功率放大器是最简单的解决方案	149
7.3.3	D 类音频功率放大器芯片的选择	150
7.3.4	开关频率的设置	150
7.3.5	电路设计	150
7.4	正弦信号源的设计	156
7.4.1	正弦信号源应具有的功能	156
7.4.2	用 ICL8038 函数发生器实现正弦波信号源的设计	157
7.4.3	频率调节与锁相环的解决方案	158
7.4.4	正弦波信号源输出电压幅度控制的解决方案与最大功率跟踪的实现	159
7.5	直流母线欠压保护的实现	161
7.6	输出过电流保护的实现	161
7.6.1	在直流母线正端检测电流	161
7.6.2	在直流母线负端检测电流	162
7.7	输出滤波器的设计	163
7.7.1	滤波电容器的选择	163
7.7.2	滤波电感的选择与制作	164

7.8	变压器的设计	164
7.9	直流母线电容器的选择	164
第8章	2009年竞赛试题:宽带直流放大器(C题)【本科组】	166
8.1	试题	166
8.1.1	任务	166
8.1.2	要求	166
8.1.3	说明	166
8.1.4	评分标准	167
8.2	试题分析	168
8.3	简单实用的解决方案	168
8.3.1	放大电路的设计	169
8.3.2	输出电路的设计	172
8.3.3	直流稳压电源的设计	173
8.3.4	制作与调试的要点	174
8.3.5	可能使级联放大器带宽变窄的原因	174
8.4	采用示波器Y通道实现直流宽带放大器	175
第9章	2009年竞赛试题:音频功率放大器(G题)【高职高专组】	177
9.1	试题	177
9.1.1	任务	177
9.1.2	要求	177
9.1.3	说明	177
9.1.4	评分标准	178
9.2	试题分析与解题思路	178
9.2.1	采用线性功率放大器电路还是选用开关型功率放大器电路	178
9.2.2	采用什么样的电路	178
9.3	放大器的选择方案	179
9.3.1	通用集成电路的选择	179
9.3.2	单级放大或两级放大的判定	179
9.4	电路设计详解	179
9.4.1	前置级的设计	179
9.4.2	功放级的设计	180
9.4.3	电源电压的设置	182
9.4.4	完整电路	184
第10章	2009年竞赛试题:模拟路灯控制系统(I题)【高职高专组】	185
10.1	试题	185
10.1.1	任务	185

10.1.2	要求	186
10.1.3	说明	186
10.1.4	评分标准	186
10.2	试题意图与要达到的目的	187
10.3	理想的模拟路灯控制系统解决方案	187
10.3.1	系统总体解决方案	187
10.3.2	显示、键盘输入模块	189
10.3.3	时钟模块	190
10.3.4	环境明暗检测与自动开关灯	190
10.3.5	声光报警模块	191
10.3.6	路灯故障检测模块	191
10.3.7	物体检测模块	191
10.3.8	LED 恒流驱动及调光模块	192
10.3.9	控制器设计	195
10.4	简单可行的解决方案	197
10.4.1	系统总体方案设计	198
10.4.2	系统硬件电路设计	199
10.4.3	系统软件设计	203
10.4.4	测试结果与分析	204
10.5	实际的解决方案与出现的问题及其根源	206

第 4 篇 总 结

第 11 章	如何在电子设计竞赛中取得好成绩	208
11.1	参加电子设计竞赛的基础准备工作	208
11.2	充分发挥本校的资源优势	213
11.3	本书的设计思想对毕业后工作的指导作用	213
第 12 章	经验与教训	215
12.1	新器件在电子设计竞赛中的优势	215
12.2	赛前辅导的经验与教训	216
12.3	选题的经验与教训	216
12.4	历届电子设计竞赛的经验与教训实例	217

第 5 篇 展 望

第 13 章	非接触式充电技术设计思路	222
13.1	非接触式充电的可实现性和基本构成	222

13.2	非谐振式无线充电电路的实现	222
13.3	谐振方式无线充电的实现	223
第 14 章	电池保护电路	228
14.1	电池保护电路的起因	228
14.2	电池保护电路需要的技术要求	228
14.3	应用通用元件对电池保护电路进行设计	229
14.3.1	廉价的电压基准电路	229
14.3.2	电压检测电路	229
14.3.3	多节电池串联的过电压/欠电压检测电路的实现	230
14.3.4	电流检测电路	233
14.3.5	开关的选择	233
	本篇小结	236
	参考文献	237

第 1 篇

2005年试题

第1章 2005年竞赛试题： 数控直流电流源（0题）



1.1 试题： 数控直流电流源

1.1.1 任务

设计并制作数控直流电流源。输入交流范围为 200 ~ 240V, 50Hz; 输出直流电压不大于 10V。数控直流电流源原理示意图如图 1.1 所示。

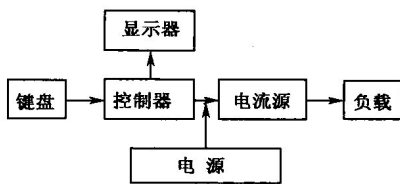


图 1.1 数控直流电流源原理示意图

1.1.2 要求

1. 基本要求

- ① 输出电流范围：200 ~ 2000mA；
- ② 可设置并显示输出电流给定值，要求输出电流与给定值偏差的绝对值不大于给定值的 1% + 10mA；
- ③ 具有“+”、“-”步进调整功能，步进不大于 10mA；
- ④ 改变负载电阻，输出电压在 10V 以内变化时，要求输出电流变化的绝对值不大于输出电流值的 1% + 10mA；
- ⑤ 纹波电流不大于 2mA；
- ⑥ 自制电源。

2. 发挥部分

- ① 输出电流范围为 20 ~ 2000mA，步进 1mA；
- ② 设计、制作测量并显示输出电流的装置（可同时或交替显示电流的给定值和实测值），测量误差的绝对值不大于测量值的 0.1% + 3 个字；
- ③ 改变负载电阻，输出电压在 10V 以内变化时，要求输出电流变化的绝对值不大于输出电流值的 0.1% + 1mA；

- ④ 纹波电流不大于 0.2mA;
- ⑤ 其他。

1.1.3 评分标准

	项 目	满分
基本要求	设计与总结报告: 方案比较, 设计与论证, 理论分析与计算, 电路图及有关设计文件, 测试方法与仪器, 测试数据及测试结果分析	50
	实际完成情况	50
发挥部分	完成第①项	4
	完成第②项	20
	完成第③项	16
	完成第④项	5
	其他	5

1.1.4 说明

关于本试题的相关说明如下。

- ① 需留出输出电流端子和电压测量端子;
- ② 输出电流可用高精度电流表测量, 如果没有高精度电流表, 可在采样电阻上测量电压值然后换算成电流;
- ③ 纹波电流的测量可用低频毫伏表测量输出纹波电压, 换算成纹波电流。



1.2 试题意图与要达到的目的与理想的解决方案

1.2.1 试题意图与要达到的目的

在试题限制条件下尽可能地实现如下目标。

- ① 通过合理设计, 尽可能地降低纹波电流, 达到要求的电流变化范围;
- ② 采用合理的方案, 实现“+”、“-”步进调整功能, 降低给定电流与实际电流的偏差;
- ③ 通过采用合理的电路结构, 降低负载调整率;
- ④ 减少由于电源电压变化对输出电流所产生的影响;
- ⑤ 完成满足设计需要的电源制作。

1.2.2 理想的解决方案

数控电流源要求输出电流 2A 以下, 最小分度为 1mA, 输出电压不高于 10V, 要求数字控制。对于这道题, 各个参赛队都有各自的解决方案, 但从整体框架来看, 主要倾向于采用 D/A 控制恒流源的方案较多。事实上, 如果利用输出电压可调的集成稳压器就可以非常好的实现这个设计, 很容易就可将输出电压可调的集成稳压器做成精度极高的恒流源, 剩下的问题就是你是否能想到这样的解决方案。以下就是这两种方案的论证比较, 读者可以通过论证衡量各方案的可行性。

方案一

采用单片机控制 D/A 实现恒流源部分电路的组建, 方案如图 1.2 所示。

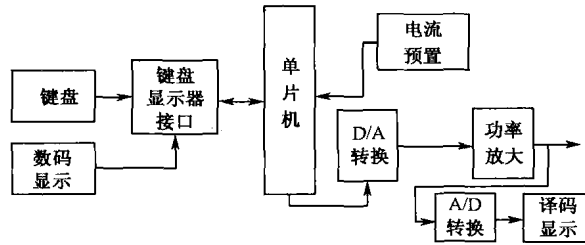


图 1.2 单片机设计数控直流电流源

单片机控制是在软、硬件结合的情况下实现的。运用此方案存在以下几个问题: 软件编程的复杂性, 硬件 D/A 的位数及响应速度受限, 输出精度不高, 更为主要的是采用单片机控制, 很容易就会将噪声引入到扩流功放的输入端, 使得将其噪声信号放大, 从而产生较大的输出纹波。这对于本命题中对纹波参数控制较为严格来说, 在输出电流精度要求很高的情况下, 不是很理想的一种解决方案。

方案二

数字电路设计数控直流电流源如图 1.3 所示。该方案的核心部分是计数器构成步进控制电路, 由拨码开关可以实现其预置功能, 通过计数器的加减计数功能实现步进控制。另外, 计数器的输出为 BCD 编码格式, 可以很方便地连接数码管驱动控制电路, 实现显示功能。也正是利用了计数器输出 BCD 编码格式, 可以用输出电压可调的集成稳压器分别做成精度极高的恒流源, 利用继电器切换组合不同电流值的恒流源实现不同输出要求的电流值, 具体的固定恒流源电路共有以下 14 种: 1mA、2mA、4mA、8mA、10mA、20mA、40mA、80mA、100mA、200mA、400mA、800mA、1000mA、2000mA。这样做不仅精度高, 而且控制方式简单, 抗干扰能力强。

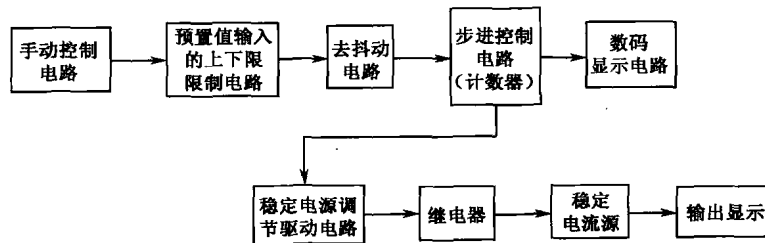


图 1.3 数字电路设计数控直流电流源

方案比较

比较两种方案, 后一种方案有以下几个特点: 不用考虑软件编程复杂性及软件和硬件的兼容性, 精度很高。稳定性强不易受到干扰, 纹波抑制比较高。也不存在方案二中需要 BCD 码向二进制码转换的问题。同时, 由于题目是数控直流电流源, 并且有精确的步进要求, 因而不适合采用普通的串联或并联的线性稳压电源和开关电源。否则难以达到步进要求和控制要求。在数字电路中, 由于结构简单集成度高, 可以容易实现精确的递增、递减的