

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

陈永真 等编著

全国大学生 电子设计竞赛 试题精解选



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

内 容 简 介

本书主要介绍了1994年、1995年、1997年、1999年、2001年、2003年、2005年全国大学生电子设计竞赛试题精解。作者对多年在科研、教学、产品研发中得出的独特设计思路进行归纳整理,多次成功应用于全国大学生电子设计竞赛。这些独特的设计思路不仅对普通高校的电子设计竞赛指导教师有所帮助,而且对大学生毕业后的工作也将有所启发。

本书适合参加全国大学生电子设计竞赛的高校学生、指导教师,电气/电子工程师、科研人员,以及广大电子技术领域的技术人员和电子爱好者阅读。

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

全国大学生电子设计竞赛试题精解选/陈永真等编著. —北京:电子工业出版社, 2007.6

ISBN 978-7-121-04526-4

I. 全… II. 陈… III. 电子电路—电路设计—高等学校—解题 IV. TN702-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第078604号

责任编辑:刘继红 特约编辑:李云霞

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:787×1092 1/16 印张:16.25 字数:416千字

印 次:2007年6月第1次印刷

印 数:5000册 定价:28.00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, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

从 1994 年开始, 全国大学生电子设计竞赛经历了 13 年的历程, 共举办了 7 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, 培养学生的实际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。

本书按历届全国大学生电子设计竞赛的时间顺序，分为 14 章。本书第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 10 章、第 13 章由陈永真编著；第 2 章、第 9 章、第 11 章由宁武编著；第 7 章、第 8 章、第 12 章由蓝和慧编著；第 6 章由陈永真、宁武共同编著；第 1 章由陈永真、孟丽因共同编著；第 14 章由陈永真、宁武、孟丽因共同编著；孟丽因完成全书的文字校对。

由于作者水平有限，书中难免有遗漏与不当之处，恳请各位专家和广大读者批评指正。

编 著 者

目 录

第 1 章 1994 年竞赛试题精解选	1
1.1 试题: 简易数控直流电源	1
1.1.1 任务	1
1.1.2 要求	1
1.1.3 评分意见	2
1.2 试题分析与理想的解决方案	2
1.3 采用集成稳压器的解决方案	2
1.4 采用集成功率放大器的解决方案	11
1.5 采用集成运算放大器与集成稳压器组合的解决方案	11
第 2 章 1995 年竞赛试题精解选	13
2.1 试题: 实用低频功率放大器	13
2.1.1 任务	13
2.1.2 要求	13
2.1.3 评分意见	14
2.2 试题分析与理想的解决方案	14
2.2.1 功率放大部分	14
2.2.2 信号调整部分	17
2.2.3 前置放大部分	18
2.2.4 稳压电源部分	18
2.3 试题要求及评分标准	19
2.4 可以获奖的切实可行的解决方案	20
2.4.1 功率放大部分	20
2.4.2 前置放大及信号调整部分	24
2.5 实际的解决方案与出现的问题及根源	24
第 3 章 1997 年竞赛试题精解选	29
3.1 试题: 直流稳定电源 (A 题)	29
3.1.1 任务	29
3.1.2 要求	29
3.1.3 评分意见	30

3.2	试题分析与理想的解决方案	30
3.2.1	试题意图与要达到的目的	30
3.2.2	理想的解决方案	30
3.3	低输入/低输出电压差稳压电路的设计	31
3.3.1	稳压电路的各部分损耗分析与基本设计原则	31
3.3.2	过电流保护的优化	34
3.3.3	低压差稳压电路方案的确定	35
3.4	交流输入与整流滤波部分的设计	37
3.5	附属电路的设计	38
3.6	变压器的设计与制作	38
3.7	DC/DC 转换器与恒流源设计	39
3.7.1	DC/DC 转换器设计	39
3.7.2	恒流源设计	40
3.7.3	试题的完整电路	42
3.8	其他可以获奖的切实可行的解决方案	43
3.8.1	采用 LM317L 附加晶体管扩流的解决方案	43
3.8.2	采用 LM317L 并联的解决方案	44
3.8.3	采用分立元器件构成的低压差线性稳压电路	45
3.9	实际的解决方案与出现的问题及根源	45
3.9.1	低压差稳压电路的解决方案	45
3.9.2	变压器的制作	46
3.9.3	恒流源的解决方案	46
3.9.4	DC/DC 转换器的解决方案	46
3.9.5	其他	46
3.9.6	测试结果	47
3.9.7	获奖等级及其原因	48

第 4 章 1999 年竞赛试题精解选 51

4.1	试题：测量放大器（A 题）	51
4.1.1	题目：测量放大器	51
4.1.2	任务	51
4.1.3	要求	51
4.1.4	评分意见	52
4.1.5	说明	52
4.2	试题分析	52
4.3	基本设计思路及测量放大器原理	53
4.3.1	基本设计思路	53
4.3.2	测量放大器原理	53
4.4	理想的解决方案	56

4.5	设计时需要注意的问题	58
4.6	测量放大器设计的电磁兼容与电路板设计	59
4.7	稳压电源的电路板设计与信号转换电路板的设计	61
4.8	制作要点	61
4.9	调试	62
4.10	测试结果	63
4.11	竞赛成绩	64
4.12	经验与教训	64
第 5 章	2001 年竞赛试题 (D 题) 高效率音频功率放大器	65
5.1	试题: 高效率音频功率放大器	65
5.1.1	任务	65
5.1.2	要求	65
5.1.3	评分标准	66
5.1.4	说明	66
5.2	试题意图与理想的解决方案	66
5.3	音频功率放大器效率分析	66
5.4	第一类可以获奖的切实可行的解决方案	68
5.5	第二类可以获奖的方案: 利用 MOSFET 实现 D 类功率放大器	77
5.6	信号转换电路	81
5.7	本章小结	81
第 6 章	2001 年竞赛试题 (A 题) 波形发生器	83
6.1	试题: 波形发生器	83
6.1.1	任务	83
6.1.2	要求	83
6.1.3	评分标准	84
6.2	采用 MAX038 实现波形发生器	84
6.2.1	不同波形的输出	86
6.2.2	输出频率的控制	87
6.2.3	工作周期控制	88
6.2.4	输出调整	88
6.2.5	主体电路部分	88
6.3	利用计数器、EPROM、DAC 的解决问题思路	91
6.3.1	基本设计思路	91
6.3.2	基本电路结构	91
6.3.3	EPROM 中的函数表格	93
6.3.4	提高频率的思路	98
6.4	本章小结	99

第7章 2001年竞赛试题(C题) 自动往返电动小汽车	101
7.1 试题: 自动往返电动小汽车	101
7.1.1 任务	101
7.1.2 要求	101
7.1.3 评分标准	102
7.1.4 说明	102
7.2 试题意图与要达到的目的与理想的解决方案	102
7.2.1 试题意图与要达到的目的	102
7.2.2 理想的解决方案	103
7.3 可以获奖的切实可行的解决方案	108
7.3.1 硬件部分设计	108
7.3.2 软件部分设计	111
7.4 实际的解决方案与出现的问题及根源	114
7.4.1 实际的解决方案	114
7.4.2 出现的问题及根源	115
第8章 2003年竞赛试题精解选(E题) 简易智能电动车	117
8.1 试题: 简易智能电动车	117
8.1.1 任务	117
8.1.2 要求	117
8.1.3 评分标准	118
8.1.4 说明	118
8.2 试题意图与要达到的目的和理想的解决方案	119
8.2.1 试题意图与要达到的目的	119
8.2.2 理想的解决方案	119
8.3 可以获奖的切实可行的解决方案	132
8.3.1 系统方案设计	132
8.3.2 系统硬件电路设计	134
8.3.3 系统软件设计	137
8.4 实际的解决方案与出现的问题及根源	141
第9章 2005年竞赛试题(D题) 数控直流电流源	143
9.1 试题: 数控直流电流源	143
9.1.1 任务	143
9.1.2 要求	143
9.1.3 评分标准	144
9.1.4 说明	144
9.2 试题意图与要达到的目的与理想的解决方案	144
9.2.1 试题意图与要达到的目的	144

9.2.2 理想的解决方案	144
9.3 可以获奖的切实可行的解决方案	146
9.3.1 恒流源的实现	146
9.3.2 手动设置电路和步进控制电路	149
9.3.3 驱动控制电路	151
9.3.4 自制电源部分	152
9.3.5 预置电流值的上、下限逻辑控制电路	152
9.3.6 调试方法和过程	153
9.3.7 性能指标测试与测试数据	153
9.3.8 结论	155
9.3.9 系统说明书	155
9.4 经验与教训	156
第 10 章 2005 年竞赛试题 (G 题) 三相正弦波变频电源	159
10.1 试题: 三相正弦波变频电源	159
10.1.1 任务	159
10.1.2 要求	159
10.1.3 评分标准	160
10.1.4 说明	160
10.2 基本设计思路	160
10.3 逆变器与驱动电路设计思路	161
10.4 控制电路单元设计思路简介	165
10.5 PWM 电路设计	165
10.6 死区时间的设置与实现	169
10.7 计数器与 D/A 转换器组合实现三相正弦波基准电压	171
10.8 计数器与权电阻组合方式	176
10.9 输出滤波器设计	180
10.10 稳定输出电压设计思路	181
10.11 负载不对称与负载缺相保护	181
10.12 隔离变压器与整流器部分的解决方案	182
10.13 本章小结	183
第 11 章 2005 年竞赛试题 (A 题) 正弦信号发生器	185
11.1 试题: 正弦信号发生器 (A 题)	185
11.1.1 任务	185
11.1.2 要求	185
11.1.3 评分标准	185
11.2 试题意图与要达到的目的	186
11.3 理想的解决方案论证比较	186
11.3.1 采用专用信号发生器实现的正弦信号输出方案	186

11.3.2	采用直接数字合成方案实现的正弦信号输出	187
11.4	采用 MAX038 实现正弦信号波形	187
11.5	直接数字合成方案	191
11.5.1	信号调制方案	191
11.5.2	总体设计	192
11.5.3	理论分析与参数设计	192
11.5.4	扩展创新设计	194
11.5.5	软件设计	194
11.5.6	电路设计	195
11.5.7	整体系统调试	197
11.5.8	指标测试	197
11.6	出现的问题及根源	201
第 12 章	2005 年竞赛试题 (E 题) 悬挂运动控制系统	203
12.1	试题: 悬挂运动控制系统	203
12.1.1	任务	203
12.2.2	要求	204
12.2.3	评分标准	204
12.2.4	说明	204
12.2	试题意图与要达到的目的	205
12.3	理想的解决方案	205
12.3.1	悬挂运动控制系统设计方案	205
12.3.2	系统硬件电路设计	208
12.3.3	系统软件设计	212
12.4	可以获奖的切实可行的解决方案	216
12.4.1	系统方案设计	216
12.4.2	系统硬件电路设计	217
12.4.3	系统软件设计	218
12.5	实际的解决方案与出现的问题及根源	218
第 13 章	车载正弦波逆变电源	221
13.1	基本性能要求	221
13.2	解决方案的基本思路	222
13.3	高频逆变电路与控制电路设计	226
13.4	高频变压器设计	230
13.5	输出整流滤波电路	233
13.6	输出侧逆变电路与驱动电路设计	233
13.7	正弦信号的产生与正弦化脉冲宽度调制电路的设计	234
13.8	输出参数的更改与元器件的选择	238

第 14 章 如何在电子设计竞赛中取得好成绩 239

14.1 参加电子设计竞赛的基础准备工作 239

14.2 充分发挥本校的资源优势 244

14.3 本书的设计思想对毕业后工作的指导作用 244

第1章 1994年竞赛试题精解选



1.1 试题：简易数控直流电源

1.1.1 任务

设计出有一定输出电压范围和功能的数控电源，其原理示意图如图 1.1 所示。

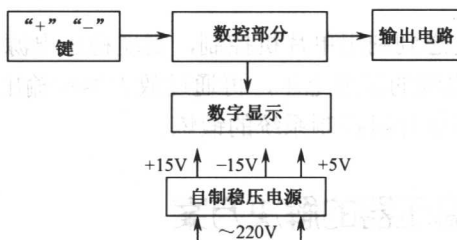


图 1.1 数控电源原理示意图

1.1.2 要求

1. 基本要求

- (1) 输出电压范围为 $0 \sim +9.9\text{V}$ ，步进为 0.1V ，纹波不大于 10mV ；
- (2) 输出电流为 500mA ；
- (3) 输出电压值由数码管显示；
- (4) 由“+”、“-”两键分别控制输出电压步进增减；
- (5) 为实现上述几部件的工作，自制一个稳压直流电源，输出电压为 $\pm 15\text{V}$ ， $+5\text{V}$ 。

2. 发挥部分

- (1) 输出电压可预置在 $0 \sim 9.9\text{V}$ 之间的任意一个值；
- (2) 用自动扫描代替人工按键，实现输出电压变化（步进为 0.1V 不变）；
- (3) 扩展输出电压种类（如三角波等）。

1.1.3 评分意见

	项 目	得 分
基本要求	方案设计与论证、理论计算与分析、电路图	30
	实际完成情况	50
	总结报告	20
发挥部分	完成第(1)项	5
	完成第(2)项	15
	完成第(3)项	20



1.2 试题分析与理想的解决方案

根据题目的要求,首先想到利用单片机控制,实现稳压电源的输出电压调节。可以经过单片机通过 D/A 输出稳压电源的基准电压,再通过放大器和输出电压调整管输出可调电压。通过竞赛,使参赛学生得到单片机控制系统的锻炼。



1.3 采用集成稳压器的解决方案

1. 基本思路

如果按上面的思路,整个电路将变得很复杂,用三天的时间来实现,时间非常紧迫,为了确保竞赛作品的顺利完成,作者建议只要是电源类的题目,无论是稳压电源还是电流源,应尽可能地采用应用极其方便的集成稳压器实现,并在集成稳压器的基础上附加所需要的功能。所采用的器件除了试题要求禁用的外,应尽可能地采用方便买到、应用简捷的元器件。

实现稳压电源最简单的方式就是采用集成稳压器。如果是输出电压可调或输出电压精确控制,则选用输出电压可调的集成稳压器,如正电压输出的 LM317 和负电压输出的 LM337。

在以 LM317 为基本稳压电路的基础上,附加电压调节电路、数字电压显示电路和发挥部分中的扩展输出电压种类电路。

为了让仅仅学过电子技术基础“模拟部分”的大学三年级的学生参赛,输出电压控制部分选用计数器控制继电器切换输出电压检测电阻的方式,这样控制电路部分不仅可以大大简化,而且也避免了单片机工作对稳压电源造成的电磁干扰;输出电压数字显示部分最简单的方法就是直接利用市场上可以买到的数字电压表头。

2. 稳压电路设计

(1) 稳压电路设计

根据试题输出电压、电流的要求,可以选用输出电压可调的通用集成稳压器 LM317, LM317 的引脚功能及典型应用电路如图 1.2 所示。

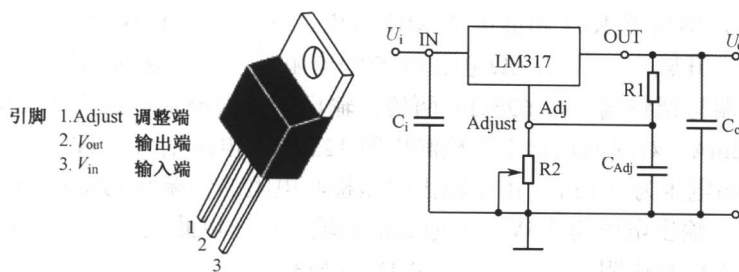


图 1.2 LM317 的引脚功能与典型应用电路

LM317 的主要技术指标见表 1.1。

表 1.1 LM317 的主要技术指标

参数	最大输入电压 (V)	静态电流 (μA)	纹波电压抑制比 (dB)	源效应 (V)	输出电压随结温变化 (V)
典型值		50	66	0.01%	0.005
最大值	40	100	80	0.04%	

从表 1.1 中可以看到, LM317 完全可以满足试题的稳压性能要求。

采用 LM317 构成的步进为 0.1V, 输出电压范围为 0~9.9V 的稳压电源部分电路如图 1.3 所示。

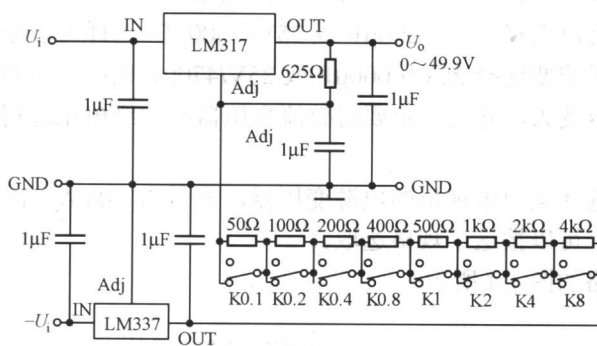


图 1.3 输出电压范围为 0~9.9V 的稳压电源部分电路

为了实现输出电压从 0~9.9V 以 0.1V 步进调节, 输出电压调节网络可以用 8 组电阻实现, 分别是 0.1V、0.2V、0.4V、0.8V、1V、2V、4V、8V。当集成稳压器的输出端与调节端所连接的电阻阻值选 625 Ω (对应 500 Ω /V) 时, 0.1V、0.2V、0.4V、0.8V、1V、2V、4V、8V 的调节电阻的阻值分别为 50 Ω 、100 Ω 、200 Ω 、400 Ω 、500 Ω 、1k Ω 、2k Ω 、4k Ω 。每组电阻两端并接小型继电器或微型继电器 K0.1、K0.2、K0.4、K0.8、K1、K2、K4、K8 (要求继电器的接触电阻小于 1 Ω), 继电器的常闭触点将各输出电压检测电阻短接, 也就是说, 所有继电器的电磁线圈均不得电时, 输出电压为零。随着不同继电器电磁线圈的得电, 将得到对应的输出电压。

例如, 需要输出电压为 2.5V, 对应的 BCD 码应该为 00100101, 即整数电压位应该是 0010, 继电器 K2 得电, 将常闭触点断开, 切换到常开触点, 使 1k Ω 电阻起作用; 小数位

电压应该是 0101, 继电器 K04 和继电器 K01 得电, 使继电器 K04 和继电器 K01 将常闭触点断开, 切换到常开触点, 使 200Ω 电阻和 50Ω 电阻起作用。这时的输出电压检测电阻为 1250Ω , 是输出端与调整端并接 625Ω 的两倍, 输出端对调整端电压为 1.25V , 忽略调整端电流 ($50\mu\text{A} \ll 2\text{mA}$) 对应的输出电压检测电阻 1250Ω 的电压则为 2.5V 。稳压电路对输出电压检测电阻的负端电压为 3.75V 。由于输出电压检测电阻的负端对 GND 的电压为 -1.25V , 扣除这个 -1.25V , 输出电压为 2.5V , 其他数值的输出电压以此类推, 不再赘述。

如果输出电压检测电阻的参考端接 GND, LM317 的最低输出电压则为 1.25V (这时 LM317 的调节端接 GND, 正常工作状态下, 输出端对参考端的电压为 1.25V , 也就是输出电压对 GND 的电压为 1.25V), 不能满足试题的 $0 \sim +9.9\text{V}$ 的基本要求。因此, 为了获得 0V 的输出电压, 输出电压检测电路的参考端应接在 -1.25V 的电压基准上, 以抵消 LM317 的输出端与基准端的 1.25V 的影响。

需要注意的是, 当整流滤波电容器远离稳压电路时, 需要在靠近稳压电路特别是集成稳压器的地方, 在输入端和 GND 端接旁路电容器, 旁路电容器的电容量可以在 $0.1 \sim 10\mu\text{F}$ 之间, 并要求旁路电容器的等效串联电阻 (ESR) 要小, 通常选用陶瓷电容器。

(2) 输入整流滤波电路的设计

由于试题对稳压电源的效率没有要求, 在设计时可以不考虑如何提高效率的问题, 因此, 在设计时仅仅考虑满足功能即可。

根据整流二极管的额定电流应为输出电流平均值的 $3 \sim 10$ 倍的规则, 整流器可以选择额定电流为 3A 的 1N5400 系列整流二极管, 为了简化整流变压器, 可以选用桥式整流电路。

整流滤波电容器可以选择 $25\text{V}/2200\mu\text{F}$ 或 $25\text{V}/3300\mu\text{F}$, 这样可以获得比较低的整流输出纹波电压。当然, 如果非要选择 $25\text{V}/1000\mu\text{F}$ 或 $25\text{V}/470\mu\text{F}$ 也不是绝对不可, 但是这样可能会使整流输出纹波电压变大, 并且一定要将整流变压器的次级电压选得比较高才能避免稳压电路的输出电压塌波。

整流变压器可以选择黑白电视机的电源变压器, 容量为 30VA , 次级输出电压约 15V 。如果需要购买变压器, 可以按这个规格选取。

输入整流滤波电路如图 1.4 所示。

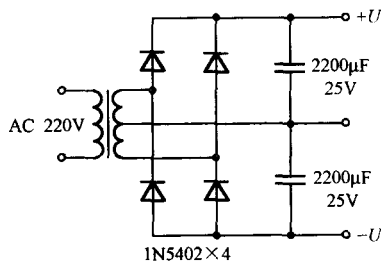


图 1.4 输入整流滤波电路

3. 数控电路设计

对于没有学过单片机或对单片机不熟的学生, 可以采用数字电路实现输出电压的控制。基本思路是: 采用加减计数器, 通过加减键实现加计数或减计数。将计数器的输出通过开关管驱动继电器的电磁线圈, 通过继电器的动作实现电压检测电阻的切换, 实现输出电压

的控制。

计数器应选择十进制加减计数器，可以选择 74LS192。采用 TTL 逻辑电路而不采用 CMOS 数字电路的原因是 TTL 逻辑电路的输入阻抗低，具有良好的抗外界电磁场干扰能力，而 CMOS 数字电路的输入阻抗极高，很容易被外界电磁场所干扰而误动作，这就是电子技术基础“数字部分”近 30 年来一直在讲 TTL 逻辑电路而很少讲 CMOS 数字电路的根本原因。

采用两个 74LS192 级联构成两位十进制计数器，实现 0.0~0.9V 和 1.0~9.0V 的切换，由两个 74LS192 级联构成两位十进制计数器电路。低位计数器输出 Q0、Q1、Q2、Q3 分别提供 0.1V、0.2V、0.4V、0.8V 的控制信号；高位计数器输出 Q0、Q1、Q2、Q3 分别提供 1V、2V、4V、8V 的控制信号。采用按键作为步进加、步进减的控制按钮；为了防止按钮过程中出现振铃现象，在计数器加计数、减计数时钟脉冲端与加、减计数按钮之间接入施密特触发器 74LS14，可以消除振铃现象。

采用两个 74LS192 级联构成的两位十进制计数器电路如图 1.5 所示。

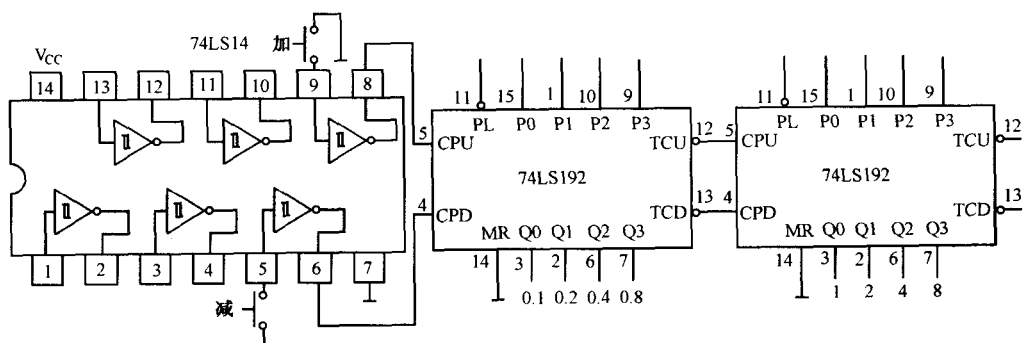


图 1.5 采用两个 74LS192 级联构成的两位十进制计数器电路

图 1.5 中 1V 以下计数器 74LS192 的时钟可以由“+”、“-”两键分别控制输出电压步进增减，1V 以上计数器 74LS192 的加、减计数时钟则由低位的进、借位输出提供。

为了防止加、减计数的溢出，需要设置防止加、减计数溢出电路。基本思路是一旦计数器输出为 1001 1001，应禁止继续加计数；同样，计数器一旦出现 0000 0000，应禁止继续减计数。按这个思路可以利用“与门”也可以是“与非门”检测 1001 1001 和 0000 0000。如果感觉找不到 8 输入的“与门”、“与非门”，由于要实现的电路不是高速电路，可以用最基础的二极管逻辑电路实现，其电路如图 1.6 所示。

图 1.6 (a) 为防止减计数溢出控制电路。当计数器输出为 0000 0000 时，防止减计数溢出控制电路的全部输入为 0000 0000。经过反相器后，在二极管逻辑电路的二极管输入端为高电位，8 个二极管全部“关断”。为了提高输出驱动能力，降低对前级的负载效应，二极管逻辑输出接晶体管射极跟随器。当跟随器输出高电位时，经过反相器转换为低电位送到减计数控制逻辑控制的“与非门”，封锁减计数控制逻辑控制的“与非门”，实现减计数溢出的防止。图 1.6 (b) 为防止加计数溢出控制电路。当计数器输出为 1001 1001 时，防止加计数溢出控制电路的全部输入为 1001 1001。其中 0.2、0.4、2、4 直接送到二极管逻辑电路的输入，其余的 0.1、0.8、1、8 经过反相器后，在二极管逻辑电路的二极管输入端为高电位，8 个二极管全部“关断”。为了提高输出驱动能力，降低对前级的负载效应，二极管逻辑输

出接晶体管射极跟随器。当跟随器输出高电位时，经过反相器转换为低电位送到加计数控制逻辑控制的“与非门”，封锁加计数控制逻辑控制的“与非门”，实现加计数溢出的防止。

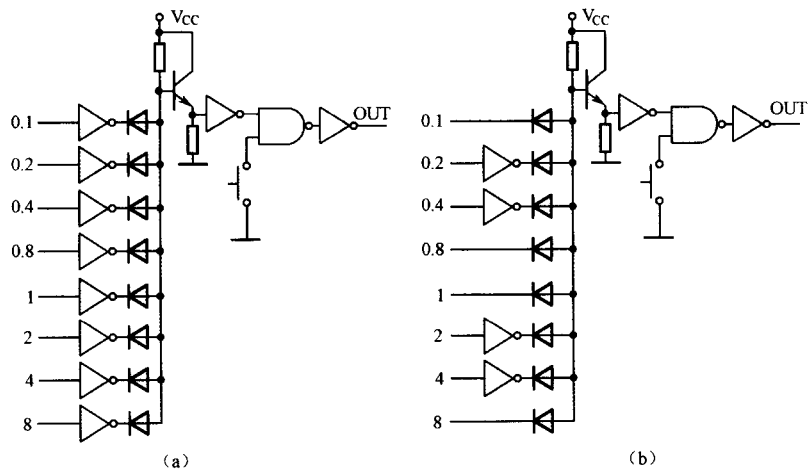


图 1.6 二极管逻辑电路

将图 1.6 电路移植到图 1.5 电路中，将防止加计数溢出控制电路替代图 1.5 的加计数按键，将防止减计数溢出控制电路替代图 1.5 的减计数按键，就可以得到完整的稳压电源步进加、减控制电路，如图 1.7 所示。

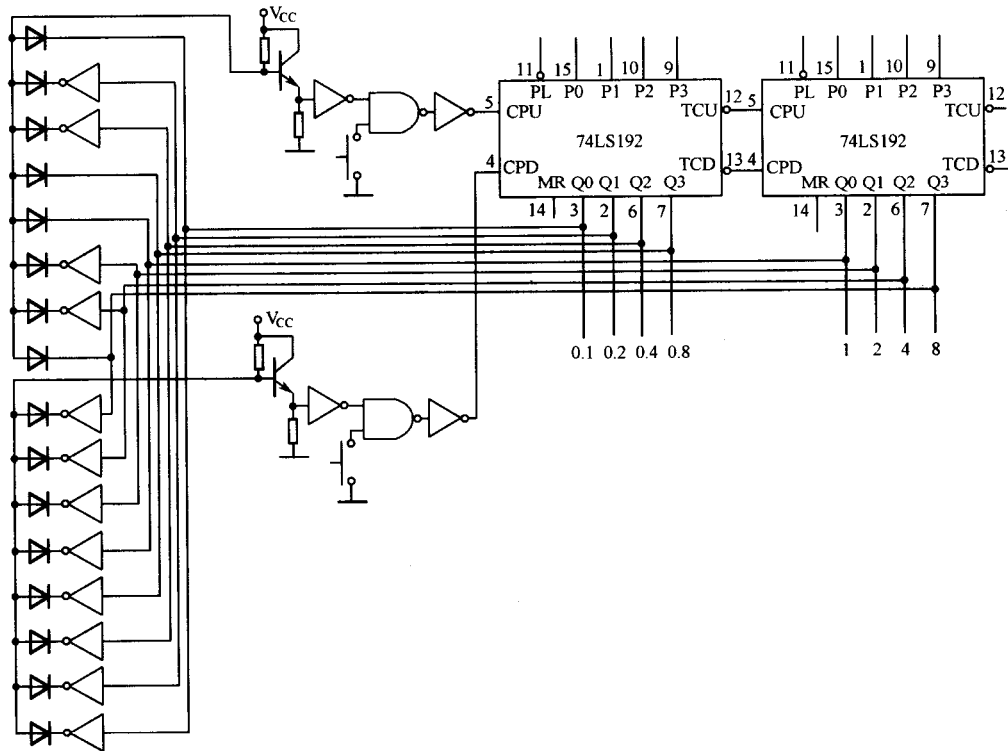


图 1.7 具有限制加、减溢出功能的两位十进制加、减计数器