

大学生电子设计丛书



DIANZI XITONG ZHUANTI
SHEJI YU ZHIZUO

电子系统专题 设计与制作

主 编 陈祝明

副主编 李晓宁



电子科技大学出版社

大学生电子设计丛书

DIANZI XITONG ZHUANTI
SHEJI YU ZHIZUO

电子系统专题 设计与制作

主 编 陈祝明

副主编 李晓宁



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电子系统专题设计与制作 / 陈祝明主编. —成都:

电子科技大学出版社, 2011.4

(大学生电子设计丛书)

ISBN 978-7-5647-1125-2

I. ①电… II. ①陈… III. ①电子系统—系统设计

IV. ①TN02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 047378 号

大学生电子设计丛书
电子系统专题设计与制作

主 编 陈祝明

副主编 李晓宁

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 谢应成 张克铃

责任编辑: 谢应成 张克铃

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 四川川印印刷有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 27.5 字数 666 千字

版 次: 2012 年 4 月第一版

印 次: 2012 年 4 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-1125-2

定 价: 56.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

《大学生电子设计丛书》编委名单

(以下姓名按笔画排列)

刘 伟 李玉柏 李良超 李晓宁
李朝海 余 魅 杨月寒 杨忠孝
杨 炼 邹 林 陈祝明 陈 瑜
沈 洁 吴 涛 张 钜 林静然
钟洪声 皇晓辉 唐 续 崔红玲
程红霞 鲍景富

序

大学生的科技活动已经成为人才培养的重要环节。开展大学生科技竞赛的训练和比赛可以检验学生所学课程知识的掌握程度，培养学生的科研能力和工程经验，搭起书本知识与工程实践的桥梁。全国大学生电子设计竞赛坚持以促进课程建设和教学改革为目的，在电子技术工科专业的人才培养中发挥了巨大的作用。电子科技大学在组织和培训大学生参加电子设计竞赛方面成绩显著，经验丰富，并开设了全校公共选修课《电子设计与制作》实践课程，以培养学生的设计与科研能力，这是教学改革的一种探索与实践。

电子科技大学在《电子设计与制作》实践课程的建设中，突出动手引导型的教学模式，教学内容实现了“单知识点学习与应用”向“系统知识学习与应用”、“被动验证、设计与制作”向“自主命题、设计与开发”、“单一知识设计”向“系统产品制作”以及“实验报告编写”向“设计报告和科技论文撰写”的转变。经过教学实践，取得了较好的教学效果。

在总结课程建设和学生培训的经验基础上，学校组织相关教师编写了《大学生电子设计丛书》，共计四本。

第一本书《电子电路设计技术基础》，主要介绍电子设计的基础知识、电子元器件选取与识别、基本电路的设计与制作、电路设计工具的使用、信号完整性分析、基本电子仪器的应用、电子电路调试、测试和分析等电子设计基础知识。

第二本书《最小系统设计与应用》，主要介绍电子系统核心电路——处理器最小系统的设计，具体包括，单片微型计算机的结构、最小系统的评估和核心芯片选取、最小系统的存储结构和设备设计、最小系统开发环境和软件开发、系统应用软件优化、最小系统低功耗处理技术，以及最小系统的典型应用。

第三本书《高频电路设计与制作》，主要介绍高频电子系统的核心电路，比如 LC 选频放大电路设计、功率放大电路设计、频率合成原理与 PLL 电路设计、信号的调制与解调电路设计、频率上下搬移电路设计、滤波器设计、阻抗匹配原理和匹配电路设计等。

第四本书《电子系统专题设计与制作》，以电子技术应用的专题方向，分类介绍专题设计制作的基础知识和设计难点，并结合电源系统设计、测量系统设计、数字电路设计、通信系统设计和控制系统设计等具体应用方向的典型系统设计，介绍系统产品开发的理论知识和设计步骤。

本套丛书覆盖从基础的电路设计知识到最小核心系统设计，从模块电路到系统电路多方面内容，对指导大学生参加电子设计的科技活动和科技竞赛有一定的参考价值。

全国大学生电子设计竞赛四川赛区专家组

前 言

全国大学生电子设计竞赛作为教育部倡导的四大学科竞赛之一，迄今已举办了十届，赛题总计有 61 题，其中专科组的赛题为 10 题，是从 2007 年（第八届）开始的，其知识面涵盖了电子类专业的核心课程，很好地将理论知识与实践应用结合在一起。这些赛题虽然表现形式多样，但都可以从专业应用方向归结为五种类型：电源类、测量类、数字类、通信类和控制类。

电子科技大学是最早参加全国大学生电子设计竞赛的高校之一，一直以电子设计竞赛为契机，对学生开展电子设计能力的全面培养，并逐渐在 10 多年大学生电子设计培训经验的基础上，为学生开设了电子设计的系列课程，将学生电子设计能力的培养常态化、课程化。

《电子系统专题设计与制作》正是针对该系列课程而编写的，用于培养学生的电子系统设计能力。

本书侧重于电子系统的设计，按照上述的五种类型分为五个部分来培养学生的系统设计与制作能力。每部分都是先介绍相应的设计基础，然后讲述相应的常用电路，最后给出精选的获奖作品实例。

第一部分是直流稳压电源设计。首先介绍直流稳压电源电路的基础知识，包括直流稳压电源的设计、直流稳压电源的分类及其技术参数与测量方法、线性稳压电源和开关稳压电源的基本电路和工作原理，使读者对直流稳压电源的设计有一个全面的认识；然后讲述直流稳压电源的工艺设计和集成稳压器的应用，使读者能够掌握直流稳压电源常用的实现电路和直流稳压电源特有的工艺设计；最后，对全国电子设计竞赛中电源类赛题进行分析，并在此基础上给出了两个电源类获奖作品的实例。

第二部分是测量系统设计。首先将测量系统归纳为时域参数测量系统、频域参数测量系统和元件参数测量系统三大类型，并逐一介绍各种系统的基本原理和系统结构；然后讲述测量系统常用的电路及其设计方法；最后给出两个测量类获奖作品的实例——“宽带直流放大器”和“简易频谱分析仪”。

第三部分是数字电路与 FPGA 设计。首先介绍数字电路设计的基础，然后给出基于 FPGA 的常用数字模块，最后展示两个数字类获奖作品的实例——“简易数字信号传输性能分析仪”和“数字幅频均衡功率放大器”。

第四部分是通信系统设计。首先介绍通信系统的设计基础，包括通信系统的基本结构和基本参数；然后详述通信系统设计中常用的电路及其设计方法；最后给出两个通信类获奖作品的实例——“单工无线呼叫系统”和“无线环境监测模拟装置”。

第五部分是控制系统设计。首先介绍控制系统设计的基础，包括控制系统的基本概念和电机伺服的控制；然后讲述控制系统的应用设计，包括控制系统中的电机控制、常见的传感器及其应用电路；最后给出两个控制类获奖作品的实例——“电动跷跷板”和“基于自由摆的平板控制系统”。

参加本书编写的老师有五位。第一部分直流稳压电源设计由杨忠孝编写，第二部分测量系统设计由吴涛编写，第三部分数字电路与 FPGA 设计和第四部分通信系统设计由李良超编写，第五部分控制系统设计由李晓宁编写，全书的统稿工作由李晓宁和陈祝明完成。本书的编写得到电子科技大学教务处和四川赛区组委会的大力支持，电子科技大学工程训练中心的许丽川、阎娜老师以及电子科技大学大学生科技创新中心的杨伟航、李伯雄、罗超、张雷、高阳、邹盼希、黄超、李永超、高清、王君龙、彭俊、王炳文、贾颖焘同学在资料收集、插图整理等方面作了许多辅助工作，在此一并表示感谢。

本书是在多年电子设计竞赛培训材料的基础上整理而成的，充分考虑了电子设计所需的知识结构以及全国大学生电子设计竞赛的特点，各部分之间既相对独立，又有相互的有机联系，既可以作为电子设计课程的教材，也可以作为各种电子设计竞赛的培训指导书，以及大学生课外电子设计制作的参考书。鉴于本书学科涉及面广，理论知识与实践应用联系紧密，而作者的知识水平与实践经验有限，因此书中错误在所难免，敬请读者给予谅解和指正。

陈祝明

2012 年 3 月 14 日于成都

目 录

第一部分 直流稳压电源设计

第 1 章 直流稳压电源电路基础.....	2
1.1 直流稳压电源分类.....	2
1.2 直流稳压电源的技术参数及测量.....	3
1.2.1 直流稳压电源的技术指标.....	3
1.2.2 直流稳压电源参数的测量.....	5
1.3 线性稳压电源的基本电路及工作原理.....	7
1.3.1 直流稳压电源电路.....	8
1.3.2 二极管稳压电路.....	17
1.3.3 串联反馈稳压电路.....	20
1.3.4 集成稳压器.....	23
1.4 开关稳压电源的原理及基本电路.....	23
1.4.1 开关稳压电源的基本工作原理.....	23
1.4.2 开关稳压电源的原理电路.....	24
1.4.3 开关稳压电源的特点.....	24
1.4.4 典型开关稳压电源的拓扑.....	25
1.4.5 开关电源磁芯特性与应用.....	30
1.4.6 开关稳压电源的保护电路.....	38
第 2 章 稳压电源设计应用基础.....	40
2.1 直流稳压电源工艺设计.....	40
2.1.1 电路设计.....	40
2.1.2 印制电路板工艺设计.....	40
2.1.3 直流稳压电源的设计步骤.....	49
2.2 集成稳压器及其应用.....	50
2.2.1 线性三端集成稳压器.....	51
2.2.2 脉宽调制器开关集成稳压器.....	65
2.2.3 单片开关式稳压器.....	72
第 3 章 电源类赛题分析与获奖作品选.....	77
3.1 全国大学生电子设计竞赛“电源类”赛题分析.....	77
3.1.1 全国大学生电子设计竞赛“历届赛题”分类.....	77

3.1.2	全国大学生电子设计竞赛历届“电源类”赛题分析	79
3.1.3	“电源类”赛题的主要知识点	80
3.1.4	“电源类”赛题的训练	80
3.2	“电源类”赛题获奖作品选	82
3.2.1	赛题——开关稳压电源（第八届，2007年E题）	82
3.2.2	赛题解析	83
3.2.3	获奖作品1（本作品获得国家一等奖、四川赛区一等奖）	84
3.2.4	赛题——电能收集充电器【第十届，2009年，E题，本科组】	93
3.2.5	赛题解析	94
3.2.6	获奖作品2（本赛题获得国家一等奖、四川赛区一等奖）	95

第二部分 测量系统设计

第4章	测量系统设计基础	104
4.1	测量系统分类	104
4.2	时域参数测量系统	104
4.2.1	示波器	104
4.2.2	示波器的主要指标	105
4.3	时域参数测量系统	106
4.3.1	频谱分析仪	106
4.3.2	频谱分析仪主要指标	107
4.4	元件参数测量系统	108
4.4.1	伏安法	108
4.4.2	谐振法	109
4.4.3	电桥法	109
4.4.4	现代数字测量法	110
第5章	测量系统常用电路设计	111
5.1	模拟电路与数字电路	111
5.1.1	小信号放大电路	111
5.1.2	仪表放大电路	117
5.1.3	程控可调增益放大电路	119
5.1.4	滤波电路	121
5.1.5	转换电路	123
5.1.6	触发电路	135
5.1.7	检波电路	142
5.1.8	有效值测量电路	146
5.1.9	过压保护电路	149

5.2 控制电路.....	150
5.2.1 A/D 控制电路.....	151
5.2.2 D/A 控制电路.....	155
5.2.3 自动增益控制电路.....	159
5.2.4 数据存储器控制电路.....	161
5.3 显示电路.....	165
5.3.1 LED 显示驱动电路.....	165
5.3.2 LCD 驱动电路.....	168
5.3.3 CRT 驱动电路.....	172
5.3.4 LED 点阵显示驱动电路.....	174
第 6 章 测量系统赛题获奖作品选.....	177
6.1 宽带直流放大器设计 (2009 年, 特等奖)	177
6.1.1 宽带直流放大器赛题解析.....	177
6.1.2 宽带直流放大器获奖报告.....	177
6.2 简易频谱分析仪设计 (2005 年, 一等奖)	184
6.2.1 简易频谱分析仪赛题解析.....	184
6.2.2 简易频谱分析仪获奖报告.....	184

第三部分 数字电路与 FPGA 设计

第 7 章 数字电路设计.....	194
7.1 组合电路设计.....	194
7.1.1 基本门电路.....	194
7.1.2 常用组合电路.....	195
7.2 时序电路设计.....	201
7.2.1 基本存储电路.....	202
7.2.2 同步时序电路.....	205
7.2.3 异步时序电路.....	208
7.3 VHDL 和 Verilog-HDL 程序设计基础.....	210
7.3.1 VHDL 基础.....	210
7.3.2 Verilog-HDL 基础.....	215
第 8 章 基于 FPGA 的常用数字模块.....	218
8.1 串行通信模块.....	218
8.1.1 曼彻斯特编解码.....	218
8.1.2 不归零编解码.....	221
8.1.3 不归零反转编解码.....	221
8.1.4 RS-232	223

8.2	数字滤波器	227
8.2.1	S 域到 Z 域的变换	228
8.2.2	Z 函数的实现	228
8.2.3	基本低通滤波器模型	232
8.2.4	FIR 滤波器	235
8.3	数据采集模块	236
8.3.1	数据采集基础	236
8.3.2	数据采集模块中常用基本模块	239
第 9 章	基于 FPGA 的全国电子大赛赛题详解	248
9.1	获奖作品 1 (简易数字信号传输性能分析仪, 2011 年国家一等奖)	248
9.1.1	题目解析	248
9.1.2	设计任务与要求	248
9.1.3	选题知识背景	250
9.1.4	系统方案论证	250
9.1.5	理论分析与计算	251
9.1.6	电路与程序设计	252
9.1.7	测试方案与测试结果	262
9.2	获奖作品 2 (数字幅频均衡功率放大器, 2009 年国家一等奖)	264
9.2.1	题目解析	264
9.2.2	设计任务与要求	265
9.2.3	选题知识背景	266
9.2.4	系统方案论证	266
9.2.5	理论分析与计算	268
9.2.6	电路与程序设计	270
9.2.7	测试方案与测试结果	277

第四部分 通信系统设计

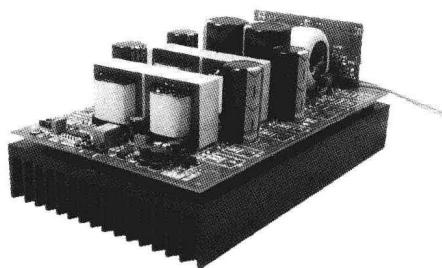
第 10 章	通信系统设计基础	280
10.1	引言	281
10.1.1	发射机和接收机概述	281
10.1.2	发射机设计	281
10.1.3	接收机设计	284
10.2	通信系统的基本参数	293
10.2.1	接收机的主要指标	293
10.2.2	发射机的主要技术指标	303

第 11 章 通信系统常用的电路.....	306
11.1 低噪声放大器.....	306
11.1.1 LNA 的主要性能指标.....	306
11.1.2 常见 LNA 电路.....	307
11.2 滤波器.....	308
11.2.1 滤波器的分类.....	308
11.2.2 常见的滤波器电路.....	309
11.3 混频器.....	312
11.3.1 混频器的干扰.....	312
11.3.2 常见的混频器电路.....	312
11.4 频率合成器.....	316
11.4.1 频率合成器分类.....	316
11.4.2 频率合成器的主要性能指标.....	317
11.4.3 Σ - Δ 小数频率合成器的电路组成.....	318
11.5 功率放大器.....	321
11.5.1 高频功率放大器的分类.....	321
11.5.2 常见功率放大器电路.....	321
11.6 调制与解调电路.....	326
11.6.1 常见调制电路.....	326
11.6.2 常见解调电路.....	328
第 12 章 通信系统设计案例.....	329
12.1 单工无线呼叫系统.....	329
12.1.1 题目解析.....	329
12.1.2 设计任务与要求.....	329
12.1.3 方案比较与论证.....	330
12.1.4 系统硬件设计.....	331
12.1.5 软件设计.....	336
12.1.6 系统测试.....	338
12.2 无线环境监测模拟装置.....	338
12.2.1 题目解析.....	338
12.2.2 设计任务与要求.....	339
12.2.3 系统方案.....	340
12.2.4 方案论证与选择.....	340
12.2.5 理论分析与计算.....	343
12.2.6 电路设计与软件设计.....	345
12.2.7 测试方案与测试结果.....	346
12.2.8 测试仪器.....	348

12.2.9 总结	348
-----------------	-----

第五部分 控制系统设计

第 13 章 控制系统设计基础	350
13.1 控制系统的基本概念	350
13.1.1 开环控制系统	350
13.1.2 闭环控制系统	351
13.2 电机伺服控制	352
13.2.1 电机伺服控制基础	352
13.2.2 PID 控制器	353
第 14 章 控制系统应用设计	357
14.1 控制系统中的电机控制	357
14.1.1 步进电机及其驱动控制	357
14.1.2 步进电机驱动与控制应用电路介绍	362
14.1.3 直流电机及其驱动控制	365
14.1.4 舵机	371
14.1.5 减速器	373
14.2 控制系统中的常见传感器及其应用电路	375
14.2.1 温度传感器应用介绍	375
14.2.2 光电传感器应用设计	380
14.2.3 压力传感器应用设计	382
14.2.4 超声波传感器应用设计	385
14.2.5 霍尔传感器应用设计	387
14.2.6 加速度传感器应用设计	390
14.2.7 颜色传感器应用设计	392
14.2.8 旋转编码器应用设计	395
第 15 章 电子设计竞赛控制类获奖作品选	398
15.1 电动跷跷板 (2007 年本科组 F 题-获全国二等奖)	398
15.1.1 题目介绍	398
15.1.2 获奖作品解析	400
15.2 基于自由摆的平板控制系统 (2011 年本科组 B 题-获全国一等奖)	414
15.2.1 题目介绍	414
15.1.2 获奖作品解析	417



第一部分

直流稳压电源设计

无论是复杂的电子电气设备,还是非常小巧的袖珍电子产品都必须在电源的支持下才能正常工作。电源是电子电路的能量源泉,电源电路是电子设备工作的基础,没有电源电路就不会有如此种类繁多的电子设备、电子产品或电子电路。

无论是教学,还是电子设计专题培训,电源设计都应该是非常重要的、必不可少的内容。本部分关于直流稳压电源的章节将详细讲解稳压电源的种类、工作原理、电路设计制作、调试技术等内容。

第1章 直流稳压电源电路基础

1.1 直流稳压电源分类

经过 AC / DC 变换（整流）和滤波后的电压往往会随着交流电源电压的波动和负载的变化而变化。直流电压的变化会引起控制装置工作的不稳定，产生测量和计算上的误差，特别是精密电子仪器、自动控制、计算装置及晶闸管的触发电路等都要求有稳定的直流电源供电。

直流稳压电源的发展已有几十年的历史，已实现晶体管化、集成化。晶体管和集成电路具有体积小、耗电少、寿命长等优点。特别是近十几年随着功率集成技术的发展，集成稳压电路已有很多品种、很多种型号问世，已按输出电压、输出电流形成系列产品，成为直流稳压电路的主流产品，特别适用于小型电子设备使用。

1. 按工作方式分

按电路工作方式不同分类，稳压电源主要包括：（1）可控整流型。用改变晶闸管的导通时间来调整输出电压。（2）斩波型。输入是不稳定的直流电压，以改变开关电路的通断比得到单向脉动直流，再经滤波后得到稳定直流电压。（3）变换器型。不稳定直流电压先经逆变器变换成高频交流电，再经变压、整流、滤波后，从所得到的直流输出电压取样，反馈控制逆变器工作频率，达到稳定输出直流电压的目的。

2. 按稳定方式分

按稳定方式不同分类，稳压电源主要包括参数型稳压器和反馈调整型稳压器。（1）参数型稳压器电路简单，主要是利用电子元件的非线性实现稳压，例如 1 只电阻和 1 只稳压管即可构成参数型稳压器。（2）反馈调整型稳压器具有负反馈闭环调整系统，利用输出电压的变化，经取样、比较、放大得到误差控制电压，去控制调整元件，从而达到稳定输出电压的目的。

3. 按结构分

按电路的结构分类，可分为线性稳压电源、电感型开关稳压电源、电容型开关稳压电源三种。（1）线性稳压电源的主要稳压元件调整管工作在线性放大状态。这种稳压电源的稳定性能很好，纹波也很小，非常适合在小功率、精密的电路或电路系统中，对电源要求很高的情况下采用。但是，线性稳压电源的效率不高，不能在大功率系统中应用。（2）开关稳压电源的主要稳压元件调整管工作在开关状态。这种稳压电源的效率很高，电压稳定范围很宽，对输入电压和负载的适应性和稳压性能都很好。不管是小功率还是大功率的电路或电路系统都能见到开关电源的身影。但是，开关稳压电源的电路结构复杂，纹波较大，干扰严重，

不能在微弱信号处理电路和精密电路中使用。在大功率或超大功率电路中,电感型开关稳压电源更适合恒电流工作的电路。电容型开关稳压电源更适合恒电压工作的电路。

4. 按调整元件和负载连接方式分

按调整元件和负载连接方式分类,可分为并联型稳压器和串联型稳压器。调整元件与负载并联的称为并联式稳压器,调整元件与负载串联的称为串联式稳压器。

5. 按应用元件分

按稳压电路使用的核心电子元件分类,可分为电子管稳压器、稳压管稳压器、晶体管稳压器、可控硅稳压器、集成电路稳压器等。

6. 按调整元件的工作状态分

按调整元件的工作状态分,直流稳压电源可分为线性稳压器和开关稳压器。调整元件工作在线性放大状态的称为线性稳压器,调整元件工作在开关状态的称为开关稳压器。

1.2 直流稳压电源的技术参数及测量

1.2.1 直流稳压电源的技术指标

直流稳压电源的技术指标可以分为:①特性指标,反映直流稳压电源的固有特性,输入电压、输出电压、输出电流、输出电压调节范围。②质量指标,反映直流稳压电源的优劣,包括稳定度、等效内阻(输出电阻)、纹波电压及温度系数等。③极限指标,电路正常工作时,主要电路指标允许的最大值,例如,最大输入电压、最大输出电流、最大输出功率等,还包括电路在异常运行状况下自动保护电路动作阈值和响应速度等指标。

1. 特性指标

(1) 输出电压范围

该指标指在符合直流稳压电源工作条件的情况下,电路能够正常工作的输出电压范围。该指标的上限是由最大输入电压和最小输入一输出电压差所决定,而其下限由直流稳压电源内部的基准电压值决定。

(2) 最大输入一输出电压差

该指标表征在保证直流稳压电源正常工作条件下,所允许的最大输入一输出之间的电压差值,其值主要取决于直流稳压电源内部调整晶体管的耐压指标。

(3) 最小输入一输出电压差

该指标表征在保证直流稳压电源正常工作条件下,所需的最小输入一输出之间的电压差值。

(4) 输出负载电流范围

输出负载电流范围又称为输出电流范围,在这一电流范围内,直流稳压电源应能保证符合指标规范所给出的指标。



2. 质量指标

常用稳压电路的技术指标来衡量稳压电路性能的高低。理想的稳压电源应该无论输入电压和负载（输出电流）怎么变化，输出电压都不变，但实际情况并不是这样，如果考虑温度对输出电压的影响，稳压电源的输出电压是输入电压、负载电流和温度的函数：

$$U_o = f(U_i, I_o, T)。U_i、I_o \text{ 引起 } U_o \text{ 的变化为 } \Delta U_o \approx \frac{\partial U_o}{\partial U_i} \Delta U_i + \frac{\partial U_o}{\partial I_o} \Delta I_o = S_r \Delta U_i + R_o \Delta I_o。$$

(1) 稳压系数 S_r

稳压系数或稳定系数是表征直流稳压电源稳压性能优劣的重要指标，它表征当输入电压 U_i 变化时直流稳压电源输出电压 U_o 稳定的程度，通常表示为

$$S_r = \frac{\partial U_o}{\partial U_i} \approx \left. \frac{\Delta U_o}{\Delta U_i} \right|_{\Delta I_o = 0}$$

有时稳压系数也用下式定义：

$$S_r = \left. \frac{\Delta U_o / U_o}{\Delta U_i / U_i} \right|_{\Delta I_o = 0}$$

(2) 电压调整率 S_v

电压调整率即为电源稳定输出电压对电源输入电压的变化（最小值—最大值）的调整性。保持负载不变，在输入电压为额定值时，测出稳压电源的输出电压 U_o 。输入电压为额定值+10%时，稳压电源对应的输出电压 U_{o1} 。输入电压为额定值-10%时，稳压电源的输出电压 U_{o2} 。稳压电源的电压调整率定义为 $S_v = \frac{\Delta U_o}{U_o} \times 100\% = \frac{U_{o1} - U_{o2}}{U_o} \times 100\%$ 。所以电压调整率，

$$\text{特指 } \Delta U_i / U_i = \pm 10\% \text{ 时的 } S_r, S_v = \left. \frac{1}{U_o} \frac{\Delta U_o}{\Delta U_i} \right|_{\Delta I_o = 0} \times 100\%。$$

(3) 电流调整率 S_i

电流调整率是反映直流稳压电源负载能力的一项主要指标，又称为电流稳定系数。它表征当输入电压不变时，直流稳压电源对由于负载电流（输出电流）变化而引起的输出电压的波动的抑制能力，在规定的负载电流变化的条件下，通常以单位输出电压下的输出电压变化值的百分比来表示直流稳压电源的电流调整率，数学表达式： $S_i = \left. \frac{\Delta U_o}{U_o} \right|_{\Delta U_i = 0} \times 100\%$ 。

(4) 输出电阻 R_o

当直流稳压电源输入电压不变时，而负载电流变化时，输出电压将随之变化，将输出电压的变化量与输出电流的变化量的比值定义为电源的输出电阻，数学表达式：

$$R_o = \left. \frac{\Delta U_o}{\Delta I_o} \right|_{\Delta U_i = 0}。$$

(5) 纹波抑制比 S_{rip}

纹波抑制比反映了直流稳压电源对输入端引入的市电电压的抑制能力，当直流稳压电源输入和输出条件保持不变时，纹波抑制比常以输入纹波电压峰—峰值与输出纹波电压峰—峰