

Electronic design

[全国大学生电子设计竞赛指导系列]

新编全国大学生电子设计竞赛

试题精解选

◎ 陈永真 宁武 蓝和慧 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

新编全国大学生电子设计竞赛试题精解选

陈永真 宁 武 蓝和慧 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书精选了历年的全国大学生电子设计竞赛试题,并进行了详解,全书共14章。第1章为1999年竞赛试题精解选;第2章为2001年竞赛试题(D题)高效率音频功率放大器;第3章为2001年竞赛试题(C题)自动往返电动小汽车;第4章为2003年竞赛试题精解选(E题)简易智能电动车;第5章为2005年竞赛试题(D题)数控直流电流源;第6章为2005年竞赛试题(G题)三相正弦波变频电源;第7章为2005年竞赛试题(E题)悬挂运动控制系统;第8章为2007年本科竞赛试题(E题)开关电源;第9章为2005年高职高专组竞赛试题(H题)信号发生器;第10章为2007年高职高专组竞赛试题(I题)可控放大器;第11章为2007年本科组竞赛试题(D题)程控滤波器;第12章为单相正弦波逆变电源设计;第13章为用硬件电路数控的实现方案精解;第14章为如何在电子设计竞赛中取得好成绩。

本书的读者对象为参加全国大学生电子设计竞赛的高校学生、指导教师以及相关领域的电气工程师、电子工程师和广大电子爱好者。

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

新编全国大学生电子设计竞赛试题精解选/陈永真,宁武,蓝和慧编著. —北京:电子工业出版社,2009.4

(全国大学生电子设计竞赛指导系列)

ISBN 978-7-121-08566-6

I. 新… II. ①陈… ②宁… ③蓝… III. 电子电路—电路设计—竞赛—高等学校—自学参考资料
IV. TN702

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第044219号

责任编辑:柴燕(chaiy@phei.com.cn)

印 刷: 北京市李史山胶印厂
装 订:

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: 16.5 字数: 422.4千字

印 次: 2009年4月第1次印刷

印 数: 4000册 定价: 29.80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。

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。

陈永真

于辽宁工业大学

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1~2章、第6章、第8~14章由陈永真执笔；第5章由宁武执笔；第3章、第4章、第7章由蓝和慧执笔。

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

编著者

目 录

第 1 章 1999 年竞赛试题精解选	1
1.1 试题: 测量放大器 (A 题)	1
1.1.1 题目: 测量放大器	1
1.1.2 任务	1
1.1.3 要求	1
1.1.4 评分意见	2
1.1.5 说明	2
1.2 试题分析	2
1.3 基本设计思路及测量放大器原理	3
1.3.1 基本设计思路	3
1.3.2 测量放大器原理	3
1.4 理想的解决方案	6
1.5 设计时需要注意的问题	8
1.6 测量放大器设计的电磁兼容与电路板设计	9
1.7 稳压电源的电路板设计与信号转换电路板的设计	11
1.8 制作要点	11
1.9 调试	12
1.10 测试结果	13
1.11 竞赛成绩	14
1.12 经验与教训	14
第 2 章 2001 年竞赛试题 (D 题) 高效率音频功率放大器	15
2.1 试题: 高效率音频功率放大器	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 试题意图与理想的解决方案	16
2.3 音频功率放大器效率分析	16
2.4 第一类可以获奖的切实可行的解决方案	18
2.5 第二类可以获奖的方案: 利用 MOSFET 实现 D 类功率放大器	27
2.6 信号转换电路	31
2.7 本章小结	31

第3章 2001年竞赛试题(C题) 自动往返电动小汽车	33
3.1 试题: 自动往返电动小汽车	33
3.1.1 任务	33
3.1.2 要求	33
3.1.3 评分标准	34
3.1.4 说明	34
3.2 试题意图与要达到的目的与理想的解决方案	34
3.2.1 试题意图与要达到的目的	34
3.2.2 理想的解决方案	35
3.3 可以获奖的切实可行的解决方案	40
3.3.1 硬件部分设计	40
3.3.2 软件部分设计	43
3.4 实际的解决方案与出现的问题及根源	46
3.4.1 实际的解决方案	46
3.4.2 出现的问题及根源	46
第4章 2003年竞赛试题精解选(E题) 简易智能电动车	47
4.1 试题: 简易智能电动车	47
4.1.1 任务	47
4.1.2 要求	47
4.1.3 评分标准	48
4.1.4 说明	48
4.2 试题意图与要达到的目的和理想的解决方案	49
4.2.1 试题意图与要达到的目的	49
4.2.2 理想的解决方案	49
4.3 可以获奖的切实可行的解决方案	62
4.3.1 系统方案设计	62
4.3.2 系统硬件电路设计	64
4.3.3 系统软件设计	67
4.4 实际的解决方案与出现的问题及根源	71
第5章 2005年竞赛试题(D题) 数控直流电流源	72
5.1 试题: 数控直流电流源	72
5.1.1 任务	72
5.1.2 要求	72
5.1.3 评分标准	73
5.1.4 说明	73
5.2 试题意图与要达到的目的与理想的解决方案	73
5.2.1 试题意图与要达到的目的	73

5.2.2 理想的解决方案	73
5.3 可以获奖的切实可行的解决方案	75
5.3.1 恒流源的实现	75
5.3.2 手动设置电路和步进控制电路	78
5.3.3 驱动控制电路	80
5.3.4 自制电源部分	81
5.3.5 预置电流值的上、下限逻辑控制电路	81
5.3.6 调试方法和过程	82
5.3.7 性能指标测试与测试数据	82
5.3.8 结论	84
5.3.9 系统说明书	84
5.4 经验与教训	85
第6章 2005年竞赛试题(G题)三相正弦波变频电源	86
6.1 试题:三相正弦波变频电源	86
6.1.1 任务	86
6.1.2 要求	86
6.1.3 评分标准	87
6.1.4 说明	87
6.2 基本设计思路	87
6.3 逆变器与驱动电路设计思路	88
6.4 控制电路单元设计思路简介	92
6.5 PWM 电路设计	92
6.6 死区时间的设置与实现	96
6.7 计数器与 D/A 转换器组合实现三相正弦波基准电压	98
6.8 计数器与权电阻组合方式	103
6.9 输出滤波器设计	107
6.10 稳定输出电压设计思路	108
6.11 负载不对称与负载缺相保护	108
6.12 隔离变压器与整流器部分的解决方案	109
6.13 更简洁的采用 D 类音频功率放大器解决方案	110
6.13.1 应用 LM4651/2 的解决方案	110
6.13.2 LM4651/2 简介	110
6.13.3 应用 LM4651/2 的解决方案详解	114
6.13.4 三相逆变电源的实现	118
6.14 最简洁的采用线性集成音频功率放大器的解决方案	120
6.14.1 集成功率放大器型号的选择	121
6.14.2 LM3886 的应用设计实例	125

第7章 2005年竞赛试题(E题) 悬挂运动控制系统	129
7.1 试题: 悬挂运动控制系统	129
7.1.1 任务	129
7.1.2 要求	130
7.1.3 评分标准	130
7.1.4 说明	130
7.2 试题意图与要达到的目的	131
7.3 理想的解决方案	131
7.3.1 悬挂运动控制系统设计方案	131
7.3.2 系统硬件电路设计	134
7.3.3 系统软件设计	138
7.4 可以获奖的切实可行的解决方案	142
7.4.1 系统方案设计	142
7.4.2 系统硬件电路设计	142
7.4.3 系统软件设计	144
7.5 实际的解决方案与出现的问题及根源	144
第8章 2007年本科竞赛试题(E题) 开关电源	145
8.1 试题	145
8.1.1 任务	145
8.1.2 要求	145
8.1.3 说明	146
8.1.4 评分标准	146
8.2 电源变压器与整流滤波电路解析	147
8.2.1 整流电路结构的选择	147
8.2.2 整流器的选择	147
8.2.3 滤波电容器的选择	148
8.2.4 整流输出电压	148
8.3 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	148
8.3.1 基本参数的确定	149
8.3.2 电路及参数的确定	149
8.3.3 主要元器件参数的选择	149
8.4 应用SEPIC变换器的解决方案	152
8.4.1 SEPIC变换器的演化过程与原理	152
8.4.2 芯片的选择与芯片简介	154
8.4.3 应用电路	155
8.4.4 参数的确定	156

第9章 2005年竞赛试题: 信号发生器 (H题)【高职高专组】	157
9.1 试题	157
9.1.1 任务	157
9.1.2 要求	157
9.1.3 说明	158
9.1.4 评分标准	158
9.2 解决问题的思路	158
9.3 函数发生电路 MAX038 详解	159
9.3.1 封装、引脚功能及内部原理框图	159
9.3.2 基本功能的实现	161
9.3.3 MAXIM 的评估电路	163
9.4 应用函数发生电路 MAX038 的频率及占空比的数字控制	166
9.4.1 频率的数字控制	166
9.4.2 占空比的数字控制	167
9.5 用函数发生电路 MAX038 实现正弦波、方波、三角波发生电路	168
9.6 耳机放大器的利用	168
9.6.1 耳机放大器简介	168
9.6.2 耳机放大器 TPA152 的基本电路	169
9.6.3 耳机放大器 TPA152 性能分析	170
9.6.4 TPA152 作为驱动放大器的应用	172
9.6.5 输出电压幅度的调节	172
第10章 2007年竞赛试题: 可控放大器 (I题)【高职高专组】	174
10.1 试题	174
10.1.1 任务	174
10.1.2 要求	174
10.1.3 说明	175
10.1.4 评分标准	175
10.2 放大器部分的设计思路	175
10.3 放大器的设计详解	176
10.3.1 是单级放大还是两级放大	176
10.3.2 放大器的选择	176
10.4 放大电路详解	179
10.4.1 电路设计	179
10.4.2 低频截止频率相关元件参数的选择	180
10.4.3 反馈网络参数选择	180
10.4.4 高频截止频率相关元件参数的选择	181
10.5 放大器增益程控化详解	181

10.5.1	衰减电路的设计	181
10.5.2	继电器控制思路详解	182
10.5.3	参数设置显示的实现	185
10.6	放大器的调试	185
10.6.1	测试仪器的选择	186
10.6.2	调试方法	187
10.7	应用低通滤波器芯片的滤波器设计	187
10.7.1	设计思路	188
10.7.2	MAX270 简介	188
10.7.3	滤波器电路设计	192
10.7.4	程控电路设计	193
10.8	应用集成运算放大器构成有源滤波器的设计思路	193
10.8.1	低通有源滤波器设计	194
10.8.2	衰减电路的设计	195
10.8.3	高通有源滤波器的设计	202
10.8.4	带通有源滤波器的设计	203
第 11 章	2007 年竞赛试题: 程控滤波器 (D 题)【本科组】	205
11.1	试题	205
11.1.1	任务	205
11.1.2	要求	205
11.1.3	说明	206
11.1.4	评分标准	206
11.2	试题分析	206
第 12 章	单相正弦波逆变电源设计	207
12.1	常规思路的单相正弦波逆变电源设计	207
12.2	基本性能要求	208
12.3	解决方案的基本思路	208
12.3.1	方波 50Hz 逆变	208
12.3.2	采用 50Hz 正弦波逆变	208
12.3.3	多重 50Hz 矩形波逆变组合的解决方案	209
12.3.4	直—交—直—交功率变换形式	212
12.4	高频逆变电路与控制电路设计	212
12.4.1	控制方式	213
12.4.2	工作在 100% 占空比控制方式时, 有效值电流的降低	214
12.4.3	旁路电容器的作用	215
12.5	高频变压器设计	216
12.5.1	变压器的结构	216
12.5.2	变压器设计	218

12.6	输出整流滤波电路	219
12.7	输出侧逆变电路与驱动电路设计	219
12.8	正弦波信号的产生与正弦化脉冲宽度调制的设计	220
12.8.1	正弦波振荡器	220
12.8.2	三角波发生电路	221
12.8.3	脉冲宽度调制电路	223
12.8.4	电路参数的确定	224
12.8.5	死区时间的设置与实现	224
12.9	输出参数的更改与元器件的选择	225
12.10	非常规思路的单相正弦波逆变电源设计之一——线性集成功率放大器的应用	225
12.10.1	集成功率放大器型号的选择	226
12.10.2	LM3886 的应用设计实例	228
12.10.3	应用 LM4780 构成的逆变器设计	229
12.11	非常规思路的单相正弦波逆变电源设计之二——D 类功率放大器的应用	233
第 13 章	用硬件电路数控的实现方案精解	235
13.1	用硬件电路数控技术问题的提出及设计思路	235
13.2	用硬件电路数控技术的最简单实现方式	236
13.2.1	拨码开关简介	236
13.2.2	利用拨码开关实现数字控制电路单元	236
13.3	用硬件电路程控及数控技术的硬件电路设计	238
13.3.1	十进制加减计数器简介	238
13.3.2	利用十进制加减计数器级联构成十进制多位计数器单元	241
13.3.3	溢出的防止	242
13.4	可能出现的问题及解决方法	243
第 14 章	如何在电子设计竞赛中取得好成绩	244
14.1	参加电子设计竞赛的基础准备工作	244
14.2	充分发挥本校的资源优势	249
14.3	本书的设计思想对毕业后工作的指导作用	249
参考文献		251

第1章 1999年竞赛试题精解选



1.1 试题：测量放大器(A题)

1.1.1 题目：测量放大器

1.1.2 任务

设计并制作一个测量放大器及所用的直流稳压电源，如图1.1所示。输入信号 V_i 取自桥式测量电路的输出。当 $R_1=R_2=R_3=R_4$ 时， $V_i=0$ 。 R_2 改变时，产生 $V_i \neq 0$ 的电压信号。测量电路与放大器之间有1m长的连接线。

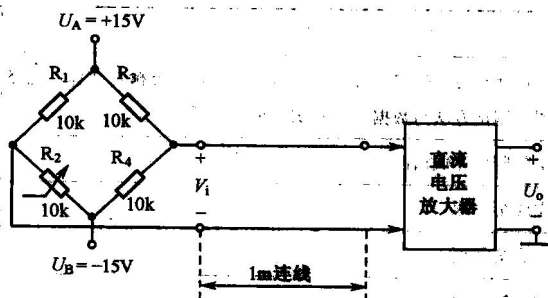


图1.1 测量放大器及所用的直流稳压电源

1.1.3 要求

1. 基本要求

(1) 测量放大器

- ① 差模电压放大倍数 $A_{VD}=1 \sim 500$ ，可手动调节；
- ② 最大输出电压为 $\pm 10V$ ，非线性误差 $< 0.5\%$ ；
- ③ 在输入共模电压 $+7.5 \sim -7.5V$ 范围内，共模抑制比 $K_{CMR} > 10^5$ ；
- ④ 在 $A_{VD}=500$ 时，输出端噪声电压的峰-峰值小于 $1V$ ；
- ⑤ 通频带为 $0 \sim 10Hz$ ；
- ⑥ 直流电压放大器的差模输入电阻不小于 $2M\Omega$ （可不测试，由电路设计予以保证）。

(2) 电源

设计并制作上述放大器所用的直流稳压电源，由单相 $220V$ 交流电压供电，交流电压变化范围为 $+10\% \sim -15\%$ 。

(3) 设计并制作一个信号转换放大器, 如图 1.2 所示。将函数发生器单端输出的正弦电压信号不失真地转换为双端输出信号, 用做测量直流电压放大器频率特性的输入信号。



图 1.2 信号转换放大器

2. 发挥部分

- ① 提高差模电压放大倍数至 $A_{VD}=1000$, 同时减小输出端噪声电压。
- ② 在满足基本要求 (1) 中对输出端噪声电压和共模抑制比要求的条件下, 将通频带展宽为 $0\sim 100\text{Hz}$ 以上。
- ③ 提高电路的共模抑制比。
- ④ 差模电压放大倍数 A_{VD} 可预置并显示, 预置范围 $1\sim 1000$, 步距为 1, 同时应满足基本要求 (1) 中对共模抑制比和噪声电压的要求。
- ⑤ 其他 (如改善放大器性能的其他措施等)。

1.1.4 评分意见

	项 目	满 分
基本要求	设计与总结报告: 方案设计与论证, 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	5
	完成第②项	10
	完成第③项	5
	完成第④项	20
	特色与创新	10

1.1.5 说明

直流电压放大器部分只允许采用通用型集成运算放大器和必要的其他元器件组成, 不能使用单片集成的测量放大器或其他定型的测量放大器产品。



1.2 试题分析

低噪声、高增益、高共模抑制比的放大器是将非电量传感器输出的信号转换成电子线路能够正常处理的信号电平的接口与预处理环节。

在如工业生产过程中的温度检测、力学实验中的电阻应变片, 运动系统中的加速度传感器, 医疗领域的各种生物电效应 (如心电信号的获取) 等, 有传感器输出的电信号往往极其

微弱，通常仅仅毫伏级，不仅如此，环境共模干扰的幅度往往远大于被测信号，如何将这样的在强电磁干扰下的微弱电信号进行有效的放大，是测量放大器的最基本性能。

该试题的目的就是让参赛学生清楚低噪声、高增益、高共模抑制比放大器的原理、设计与调试过程，并在可能时实现放大器增益的程控；供电电源对低噪声、高增益、高共模抑制比放大器性能的影响；信号源与放大器之间的连线形式对电磁干扰的影响等。

该试题就是康华光编写的《电子技术基础模拟部分》教科书中的一个习题（电子技术基础，模拟部分，第四版。第 377~378 页的习题 8.1.8，关于高输入电阻的桥式放大器电路）。



1.3 基本设计思路及测量放大器原理

1.3.1 基本设计思路

根据试题高共模抑制比的设计要求，所寻求的最佳解决方案是输入特性对称的差动放大器，应该是商品测量放大器，如 ADI 的 AD621。但是，根据试题要求“直流电压放大器部分只允许采用通用型集成运算放大器和必要的其他元器件组成，不能使用单片集成的测量放大器或其他定型的测量放大器产品”，上述放大器是不能应用的。因此，只能用通用集成运算放大器和必要的其他元器件组成。

测量放大器的低噪声、高增益、高共模抑制比特性是大家都知道的，所以选择的电路结构应与测量放大器基本相同，如图 1.3 所示。

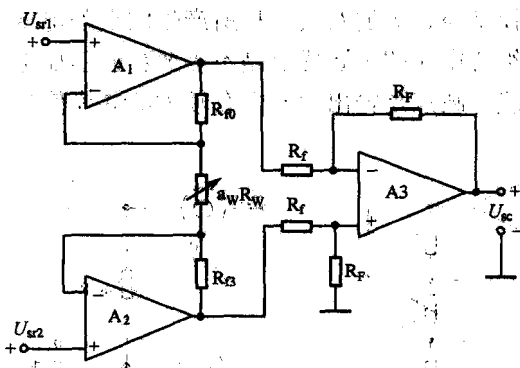


图 1.3 采用通用集成运算放大器构成的测量放大器的基本电路结构

1.3.2 测量放大器原理

测量放大器是在高精度集成运算放大器的基础上发展起来的运算放大器，其最主要的特点是，极高的共模抑制比、极高的输入电阻、可以达到上千倍的闭环电压增益、极低的噪声。

1. 高共模抑制比的实现

由于差动放大器具有良好的共模抑制能力，因此，在高共模抑制比电路的实现中往往采用差动放大器，如图 1.4 所示。

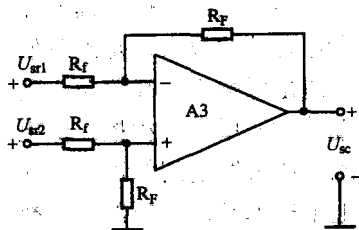


图 1.4 差动放大器电路

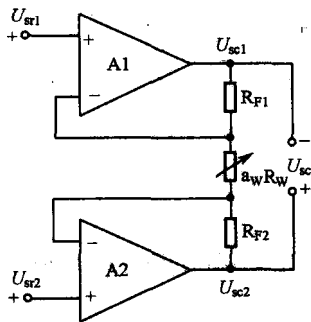
为了获得尽可能高的共模抑制比，通常差动放大器的各个电阻选择同一阻值的电阻。这样带来的问题就是输入阻抗低和增益低。这是因为差动放大器在完全对称的条件下才能达到集成运算放大器自身的共模抑制比，稍有一点微小的不对称，就会降低电路的实际共模抑制比。同一批号、同一阻值的电阻往往阻值基本一致，相互之间的阻值容差远优于绝对精度，这就是差动放大器的各个电阻均选择同一阻值电阻的原因。

为了解决上述问题，通常在差动放大器的输入端接有高输入阻抗和高共模抑制比的同相并联差动运算放大器。

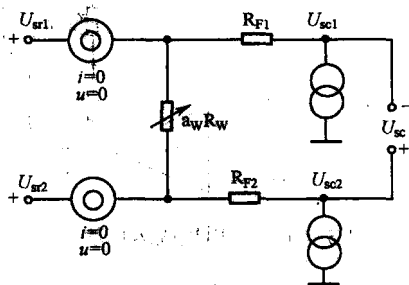
2. 同相并联差动运算放大器

(1) 基本电路

图 1.5 (a) 是同相并联差动运算放大器的基本电路。差动输入信号和共模输入信号从两只运算放大器的同相端送入，所以它的差动输入电阻和共模输入电阻都很大。电路的平衡对称结构使两只放大器的共模增益、失调及其漂移所产生的误差电压具有相互抵消的作用。和串联组合电路相比，并联组合电路的主要优点是不需要精密匹配电阻，而且能差动输出，适用于不接地的“浮动”负载，缺点是输出信号中有较大的共模信号。



(a) 同相并联差动放大器的基本电路



(b) 同相并联差动放大器等效电路

图 1.5 同相并联差动运算放大器

在这个电路中，并不要求外部回路电阻用任何形式的匹配来保证自己的共模抑制能力，这就避免了精确匹配电阻所遇到的困难。实质上，加在电位器 R_W 上的差动电压决定了整个电路的工作电流，而加在电位器 R_W 上的共模电压却对这个差动电流毫无影响，不论其他电阻取何值都是如此，所以电路的共模抑制能力与外部回路电阻是否匹配完全无关。

考虑到平衡对称结构有利于克服失调及其漂移的影响，故在实际应用时常取