

集成运算放大器 应用 200 例

湖北襄樊仪表元件厂编
湖北襄樊市科技情报所



7639

前 言

自集成运算放大器问世以来，由于它具有性能好、可靠性高、组装调试方便、成本低廉等一系列优点，因而发展十分迅速，无论是品种还是产量均居于模拟集成电路的首位，并在积分、微分、加、减、乘、除等模拟运算，以及在精密测量，自动控制，电源，通讯，信息处理等领域中得到了日益广泛的应用。为了帮助各行各业的工程技术人员进一步熟悉和应用集成运放，开拓应用思路，我们根据国内集成运放的生产、研制、引进和应用现状，从近年来美、英、日、德等外文书刊中广集有关集成运放的应用线路，从中选译并汇编成《集成运算放大器应用200例》（分上、下两册），供各行业从事电子线路和电子产品设计、研制、革新、教学等方面的人员参考，以期对运放的推广应用有一定的裨益。在编译过程中，由于我们的水平有限，缺点、错误在所难免，恳请批评指正。

《集成运算放大器应用200例》编译组

一九八二年七月

目 录

一、电源技术

1. 用741运放构成可调的基准电压源和电压调节器 (1)
2. 用廉价的定时电路来控制开关型电压调节器 (2)
3. 用快速检测电压的电路来保护大电流电源 (3)
4. 输出电压可控的电源 (4)
5. 压控毫安级电流源 (6)
6. 驱动接地负载的电流源 (7)
7. 标度盘设定式恒流电源 (8)
8. 电源设备用的附加恒流装置 (9)
9. 具有正交特性的稳压稳流装置 (10)
10. 可输出2000V、10mA的稳流电源 (11)

二、波形发生与转换

11. 采用光函数发生器映描示波器上遮光纸所规定的波形 (13)
12. 电容倍增电路扩大了函数发生器的频率范围 (14)
13. 加快伺服系统响应的双向斜波发生器 (15)
14. 将分频器和运算放大器结合产生近似的正弦波 (17)
15. 用自动钳位电路来移动对称波形的直流电平 (18)
16. 由多段斜波合成一个特定的专用波形 (19)
17. 由时基电路和转换器来产生曲线记录用的低频斜波 (21)
18. 通用波形发生器电路 (22)
19. 产生三角波、锯齿波和斜波的电路 (24)
20. 阶梯电压发生器 (27)

三、时间、频率与相位

21. 能使报警器发出声音的SR—56定时装置 (28)
22. 用电位器控制LC网络来驱动可调谐的鉴频器 (30)
23. 电压控制移相器 (32)
24. 一种简单而实用的频率倍增电路 (33)
25. 能使三个信号混频的平衡调制器 (35)

四、脉冲电路与放大电路

26. 由取样保持组件和运算放大器构成的专用微分电路 (36)
27. 用反相放大器来增大积分器的时间常数 (38)

28. 反相放大器、同相放大器及其失调调零技术	(39)
29. 缓冲放大器	(41)
30. 用低漂移集成运放构成仪表放大器	(42)
31. 介绍一种降低仪表放大器温漂的方法	(44)
32. 输入阻抗无限大的仪表放大器	(45)
33. 一个共模抑制比为无限大的交流测量放大器	(46)
34. 提高放大器效率的桥式功率均分电路	(48)
35. 用场效应对管 and 通用运放构成高输入阻抗电压跟随器和放大器	(49)
36. 具有线性放大作用的限压器	(51)
37. 使用CdS光耦合器的自动增益控制电路	(52)
38. 自动适应光亮变化的光电放大器	(53)

五、检测与仪表

39. 用检测幅度的变化来测定无规则的波形	(54)
40. 快速检验光缆质量的检测电路	(55)
41. 用光敏二极管和运放构成的宽带幅射监测计	(56)
42. 用741和高输入阻抗运放来扩大线性刻度电阻表的量程	(59)
43. 使用频率高达1500MHz的廉价功率计	(61)
44. 满标值为1 μ A的微安表与多量程微安表	(63)
45. 交流毫伏计	(64)
46. 电路连续性测试仪	(65)
47. 采用时基电路和运放使电容测试仪的灵敏度高达 $\frac{1}{10^6}$	(66)
48. 一种输出能发音的数字电压表	(67)
49. 一种能用英语阅读直流电压的仪表	(69)
50. CMOS逻辑电路测试仪	(71)
51. NPN型和PNP型半导体元件特性曲线图示仪	(72)
52. 用磁阻的原理来设计涂层厚度测厚仪	(74)
53. 测量精度为 $\pm 1^\circ$ 的数字式相位计	(76)
54. 用弧度和度数作显示单位的数字式相位计	(78)
55. 用风敏二极管和运放构成无转杯的电子风速计	(79)
56. 带同步分解器的数字式风向计	(80)
57. 用2位读数指示汽车发动机转速、提前点火角和载荷的三用表	(84)
58. 用铂电阻温度计进行线性温度测量	(86)
59. 测量范围为1~30K的介质温度计	(87)
60. 用运算放大器和热敏电阻测量较小温差	(91)
61. 用音频混频器来校准互调失真分析仪	(92)

六、显示与指示

62. 一种能产生绘图信号的光笔	(95)
------------------	------

63. 采用三只发光二极管来显示零值检波电路的状态	(97)
64. 使LED发光亮度保持稳定的负反馈电路	(98)
65. 用发光二极管的颜色变化来指示平衡电压	(99)
66. 跟踪双向信号的动点指示器	(100)
67. 可简便检测锁定状态的锁相环锁定指示器	(102)
七、无线电与音频技术	
68. 用运放、RC网络和喇叭组成无开关对讲装置	(104)
69. 用741运放构成的音频前置放大器和混频器	(106)
70. 音频输入范围达60分贝的自动增益控制 (AGC) 电路	(107)
71. 只用运算放大器等四块集成电路就能获得计算机的音响效果	(108)
72. 供公安系统自动跟踪最强联络信号用的逻辑电路	(110)
八、计算技术	
73. 能大幅度降低数据存储成本的微处理机和盒式磁带录音机的接口电路	(112)
74. 模拟除法器与乘法器	(114)
75. 新型的模拟除法器能求解大信号的商	(115)
76. 用NE555和741型运放组成的开方电路	(116)
九、转换技术	
77. 用压控振荡器来制作简单的V/F变换器	(118)
78. 将极坐标的数字转换为XY坐标的电路	(119)
79. 电路结构简单的V/F变换器	(120)
80. 仅用两块IC的压控振荡器	(121)
81. 用于阶梯电流发生器的电压/电流转换器	(122)
十、传感与控制技术	
82. 动态范围为40dB的宽频带射频功率传感器	(124)
83. 由线性偏光镜构成的旋轴角度传感器	(125)
84. 模拟输出为10V的温度传感器	(126)
85. 交直流两用电动机的遥控调速线路	(127)
86. 使用CRD组件和运放的高精度温度调节器	(128)
87. 简易PH值控制仪的制作	(129)
88. 能使加热式低温恒温器恒温的廉价的控制电路	(132)
十一、有源滤波器	
89. 能使文氏桥式振荡器输出幅度平滑的有源滤波器	(134)
90. 能独立选择滤波器陷波频率和带宽的桥接T型网络	(135)
91. 相移可控的有源滤波器	(136)
十二、其他	
92. 一种有助于模拟信号隔离的电荷平衡调制器	(139)
93. 一种能消除直流发电机剩余电压的电路	(140)

94. 一种能使细小物体悬吊空中的磁性悬浮装置.....	(142)
95. 供汽车用的路面结冰温度报警电路.....	(143)
96. 扫描天线阵用的扇形PPI扫描电路.....	(144)
97. 串联死区电路.....	(145)
98. 由耿氏振荡器构成的防盗报警装置的控制电路.....	(146)
99. 可控振荡器的广泛应用.....	(147)
100. 用组合电阻的电子锁.....	(149)

一、电 源 技 术

1. 用741运放构成可调的基准电压源和电压调节器

图1所示的电路是一个由741运放构成的简单的基准电压源。图中使用一只6.8V的齐纳二极管来提供基准电压。因为电压为6.8V的齐纳二极管具有很低的温度系数。流经齐纳二极管的电流是恒定的,且与741输出端的负载无关。 R_1 的阻值是这样确定的,即该阻值要使流经齐纳二极管 D_1 的电流具有适当的数值,以便获得具有最高稳定性的工作点。

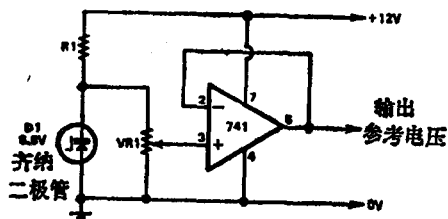


图1 用741运放构成可调的基准电压源

图中741运放系接成一个电压跟随器,其输出电压与电位器 VR_1 的分压相等,图2的电路与图1相似,不过它输出的可调基准电压是负的。

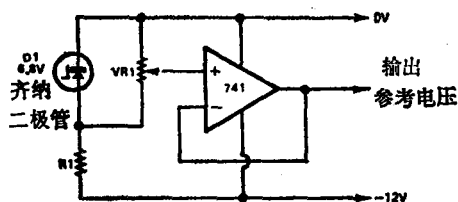


图2 可调负基准电压源

在需要电压调节器的应用场合,为获得稳定的直流电压,通常需用专门设计的电

压调节器集成电路。但是,我们也可以采用741运放来制作图3所示的那种电压调节器。

图3中的齐纳二极管给741电路提供一个基准电压。如果某一瞬间,反相输入端的电位低于基准电压值,741运放的输出电压就会升高。这样就会使 TR_1 导通更充分,从而使输出电压跟着升高。经短时间的如此反馈作用,电位器 VR_1 滑臂所分出的部分输出电压就会与基准电压相等。此电压调节器可输出的最大电流与图中所用的晶体管 TR_1 的具体型号有关。不过,其典型的输出阻抗则低于 0.1Ω 。

应该指出,图3电路中的741运放系接成一个电压比较器。它将齐纳二极管的基准电压与 VR_1 分出的部分输出电压进行比较,并利用其比较结果来调节输出电压使之稳定在特定的电压值。

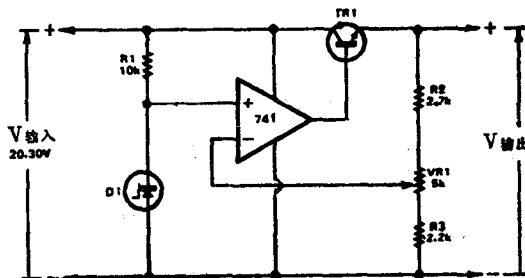


图3 用741运放构成的稳压电源
译自《Op-Amps their Principles Applications》P21~23

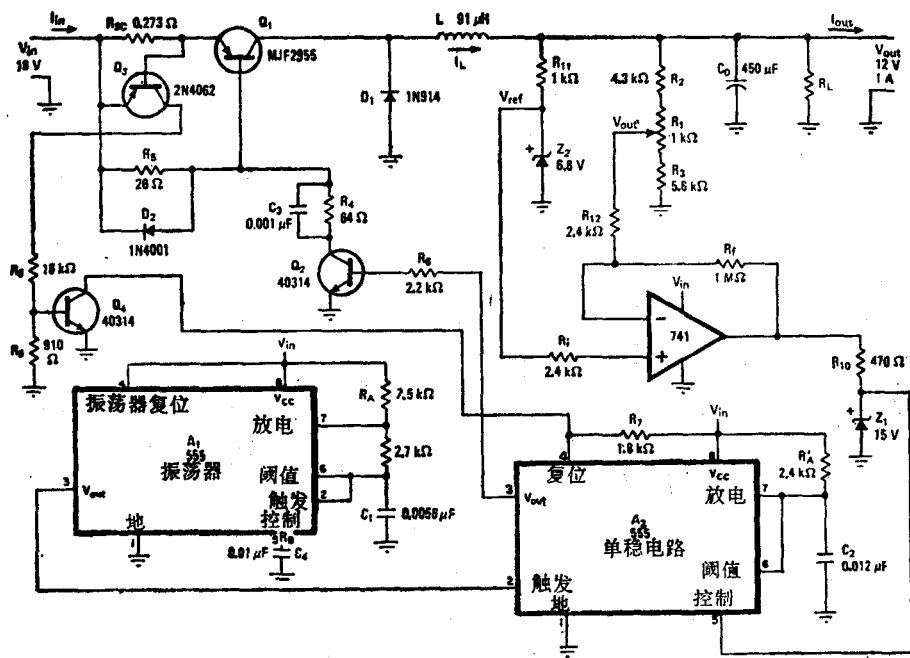
2. 用廉价的定时电路来控制开关型电压调节器

本文介绍的这个电路是低压稳压电源，为了调制脉冲的宽度，使用了555定时电路，这个电路的性能价格居于中等水平。当该电路输入18V的电压时可以输出1A、12V的电压，它的输入电流可以限制，输入电压调整率为0.1%/V，负载调整率为0.5%，而输出稳波电压则 $<20\text{mV}$ 。然而，图中列出的设计方程，可供用户根据本身的特定要求拟定

技术条件。并且费用也较低廉。

图中，定时电路A₁的工作相当于一个非稳态多谐振荡器，振荡频率为20KHz，定时电路将产生它所需要的脉冲。在每一个周期中，为使单稳多谐振荡器A₂的输出翻转为逻辑1，图中系用741运算放大器的输出来调制A₂的输出脉宽。

741运算放大器将两个输入端的电压加



设计方程：

$$t_{on(min)} = \frac{2rI_{in sc}}{I_L(max)}$$

$$t_{on}/t_{off} = \frac{V_{out} + 0.7}{V_{in} - (V_{out} + V_{ce sat Q_1})}$$

$$L = \frac{(V_{out} + 0.7) t_{off}}{I_p}$$

$$C_0 = \frac{I_{out} t_{off}}{4 V_{ripple}}$$

$$R_{ec} = \frac{V_{BEQ_2}}{1.1 I_p}$$

$$r = \text{振荡周期}$$

$$I_{in sc} = \text{短路输入电流}$$

$$I_p \approx 2 I_{out}$$

开关型电压调节器：

dc—dc开关型电压调节器使用了555定时电路。它是一个结构简单，价格低廉而性能良好的电压调节器，其典型的性能指标：输入电压为18V时，输出电压为12V；电压调整率为0.1%/V；负载调整率为0.5%；输出稳波电压则 $<20\text{mV}$ 。此外用户可借助图中所列的方程组来拟定其本身的技术指标。

以比较,一个是按预定的比例从输出电压 V_{out} 中取出部分电压;另一个则是6.8V参考电压。当 $V_{ref} > V_{out}$ 时,单稳态电路的控制端就为高电平,从而使 A_2 的输出脉冲展宽,这一过程一直要延续到参考电压等于电源电压时为止。同样地,当 $V_{ref} > V_{out}$ 时,输出脉冲就会变窄。

正象图中所看到的那样,在简单的反馈回路中,晶体管 Q_1 和 Q_2 起一个开关的作用,当流经电感的最大峰值电流达到设计值时,监控晶体管 Q_3 和 Q_4 将使 A_2 的复位端(Reset)变为低电平来限制电路的输入

电流,同时使脉冲宽度变窄,这一过程一直要延续到故障的原因排除时为止。 Q_3 作为一个开关具有双重的作用,即在过载的情况下,它可以关掉电源。例如,如果要自动关断电源的话,为了使振荡器 A_1 的复位端(Reset)一直处于低电平,可用 Q_3 来触发硅可控整流元件。在上述情况发生时,需要一个简单的电路,以使用手控的方法使电源恢复工作。

译自《Electronics》1980, No27,
P97

3、用快速检测电压的电路来保护大电流电源

要保护由741型运算放大器和晶体管构成的非开关型稳压电源使之既能防止短路又能避免过压的破坏作用可能是困难的,尤其是电源的输出为大电流时更是如此。假如短路或过压这两种情况有一个发生时,本文所介绍的电路就会迅速阻塞串联或并联通路的元件,使输出电流和电压降到零,从而发挥快速保护电源及其负载设备的作用。

为了使稳压电源和图中虚线框内的保护电路配合协调,图中的稳压电路是典型的大电流电源(5V, 5A)稍加改进后得到的。

当输出端短路时, Q_2 导通,这样又反过来使 Q_1 截止,因此可控硅整流元件(SCR)的门极电压就会以既定的速率(由 R_1 、 D_1 、 D_2 和 C_1 诸元件的时间常数来确定的)上升。此延迟作用可以防止SCR在电源刚

接上时被触发导通。随后,SCR导通,从而使电源中的晶体管BC141/BC139截止,因而稳压电源就会停止工作。

另一方面,当输出电压上升而超越用户所设定的极限值时, Q_3 会很快检测出来。换言之,输出电压一旦超过极限值, R_3 的基极电压也以另一既定的速率(由 C_2 、 R_4 、 D_3 和设定极限值的电位器 R_5 诸元件的时间常数确定)上升,然后 Q_3 导通(和前面讨论的道理一样, Q_3 导通到引起SCR导通必定也有延迟作用)。从而象短路保护的作用过程一样, Q_2 和 Q_1 接着反应而关断,最后使SCR导通将晶体管BC141和139阻塞,达到停止电源工作的目的。

要使电路恢复正常工作十分简单,即先关掉电源,排除异常状态,随后再打开电源便可。

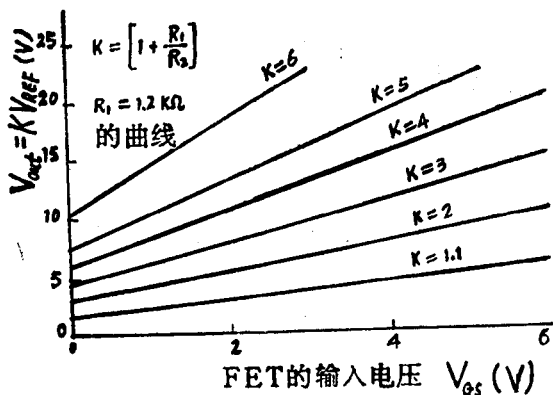


图1、输出电压可控的电源：当FET作为电压控制电阻时，数—模转换器就可控制调节器的输出电压。如果输入数字来源于计算机，就可产生自动测试元器件所规定的电压。

如图所示，模拟器件公司的MDA—102—110型转换器产生0~2mA的输出电流，其分辨值系由输入端的十位输入数字来确定。这个电流在下一级741型运算放大器的输出端被转换为0~6V的电压。723型电压调节器的输出电压可调范围较宽（7~37V）。在需要线性控制电压的场合，它可作为一个2~22V的电压调节器。

2N4351型场效应管系作为一个压控电阻，以便获得参考电压 V_{REF} ，而 V_{REF} 实际上与 R_0 两端的电压是相等的，且与数—模转换器的输入数字相对应。

723型电路是这样设计的：即它的输出电压等于输入电压乘以一个系数 K ，而这个系数决定于反馈回路中的增益控制电阻 R_1 和 R_2 。因此它的特性可用下面的方程来表示，即

$$V_o = K V_{REF}$$

$$\text{式中 } K = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

723型电压调节器在输出电流高达150mA时，仍具有0.02%的负载调整率和0.01%的输入电压调整率。这一优异性能是通过723中的误差控制放大器来实现的，因为误差控制放大器会将参考电压 V_{REF} 和一个采样电压进行比较（采样电压是经反馈电阻网络 R_1 和 R_2 将输出电压 V_{out} 按比例缩小而得到的）。电阻 R_{SC} 是用来限流的。若 R_{SC} 取30Ω，输出电流将被限制在20mA。若 R_{SC} 换成4Ω，则输出电流将达到其最大额定值150mA。若外接晶体管电路就可方便地提高其负载电流的能力。

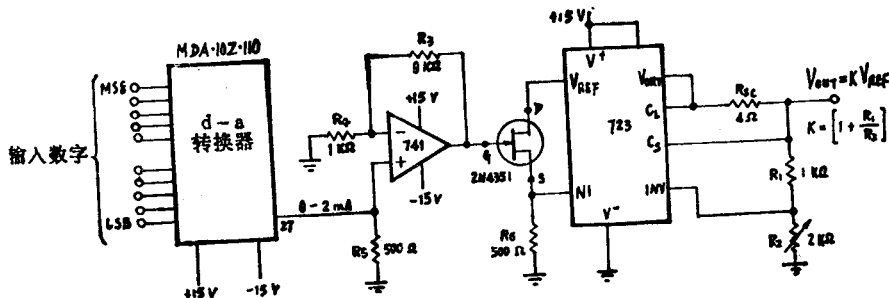


图2，特性曲线：如图所示，比例系数 K 的大小与 V_{out} ， V_{GS} 呈线性关系。 K 的大小由电压调节器输出端的反馈电阻网络控制。FET起压控电阻的作用，从而确保其输出电压与 K 成正比。

译自《Electronics》1977，No15，P125

5. 压控毫安级电流源

对于各种低电平测量, 可以利用压控源产生的正负小电流恒流源, 因为此电流与输入电压之间实际上呈线性关系, 所以可根据要求用给定的输入波形调节它, 而使用最多的还是将它置于微处理机控制之下, 以建立起自动测试系统。

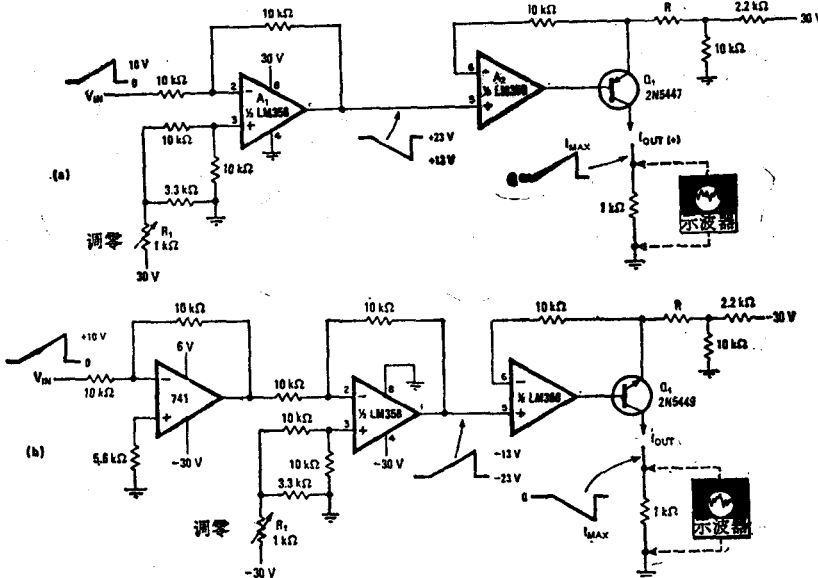
如图(a)看到的那样, 0~10V的输入信号先用LM358型低功耗运算放大器缓冲, 接着加到放大器A₂, A₂和Q₁一起组成电流监测反馈回路。对于一个给定的输入电压, A₂把Q₁的发射极—基极的电压变化 ΔV_{EB} 加以放大并倒相, 因此由于温度和负载变化而引起的电流的增加或减小可被抵消。这样电流I将按线性规律由0上升到I_{max}。这里

I_{max}是由电阻R决定的, 对于给定的V_{in}, I的变化约为2%。在本文叙述的这个电路中, 如用1.5K负载, 可得到的I_{max}的极限值约为4mA。

此电路的校准很简单。仅需要调节电位器R₁, 使V_{in} = 0时输出电流为零。为便于调节输出电流, 可将示波器接在1KΩ电阻的两端。

与上述电路对应的负电流源, 在线路设计上类似的, 见图(b)。其中Q₁改为PNP晶体管。电路的供电电压也改为负的, 并在输入端增接一级倒相电路。

虽然此电路对电源的变化并不灵敏, 但我们还是建议使用简单的串联式稳压电源。



毫安级恒流源: 对于本电路, 输入电压可调节其恒流输出, 控制精度为5%。如果R = 1.5KΩ, 电流可调范围为0~4mA。以微处理机为基础而构成的自动控制和测试系统对本电路中输入电压与输出电流之间的线性响应是很感兴趣的。用电位器R₁和示波器可简便地校准图(a)的正恒流源和图(b)的负恒流源。

译自《Electronics》1981, Vol4, No7, P134

6. 驱动接地负载的电流源

我们经常希望用一个输出电流来驱动接地负载，例如在一条很长的线路上传输模拟信息。为了把线路电阻变化而引起的误差减小到最小值，该电流源应具有很高的输出电阻。一般应在该输出端串接一只电流取样电阻，这只电阻与产生的电压不仅取决于负载电流，而且还有一个取决于负载阻值的叠加共模电压，这一共模电压和由它产生的误差往往使简单的电路达不到输出电阻的理论值。本文所述的电路封装在一个外壳中，因而，在共模变化范围较大的情况下，仍是一个高输出电阻的电流源。

电阻 R_2 对流经负载的电流取样并产生一个施加于单位增益差分放大器 A_2 的电压。由于 A_2 的输出与 A_1 的反相输入端相连，因而本电路是一个闭合回路。该输入由与 E_{in}

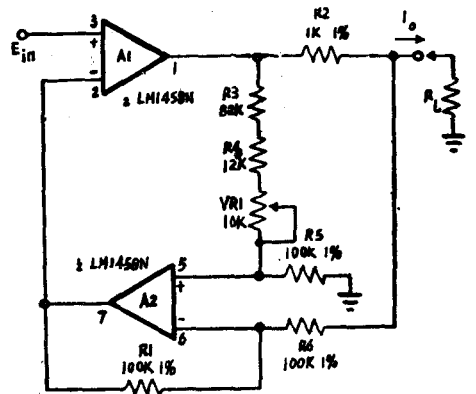
相同的电压驱动。因此， $I_o \approx \frac{E_{in}}{R_2}$ 。

如果改变负载 R_L ，所产生的共模电压就会加到 A_2 ，但利用共模抑制能力，取样电压中的共模电压就会被消除。 VR_1 是一个微调电阻，用来抵消电阻的容差和 R_2 两端的不同源电阻，以获得最佳的共模抑制比。

两个放大器都是内补偿的，因而 A_1 的

最大相移为 90° ，而 A_2 则很接近于 0 ，结果构成了一个稳定的闭合回路。电路的负载可在预期的极限范围内变化，调整 VR_1 ，直至观察到输出电流变化达到最小值为止。

业已发现，高达 $1K \Omega$ 的负载流入 $5mA$ 的驱动电流时，调整本电路，可提供 $10m\Omega$ 的输出电阻。为了增大负载电流，可以增接一级双极晶体管或场效应晶体管输出级，如果需要的话，还可以增加失调调零电路。



译自《Electronic Engineering》1975，
12, P9

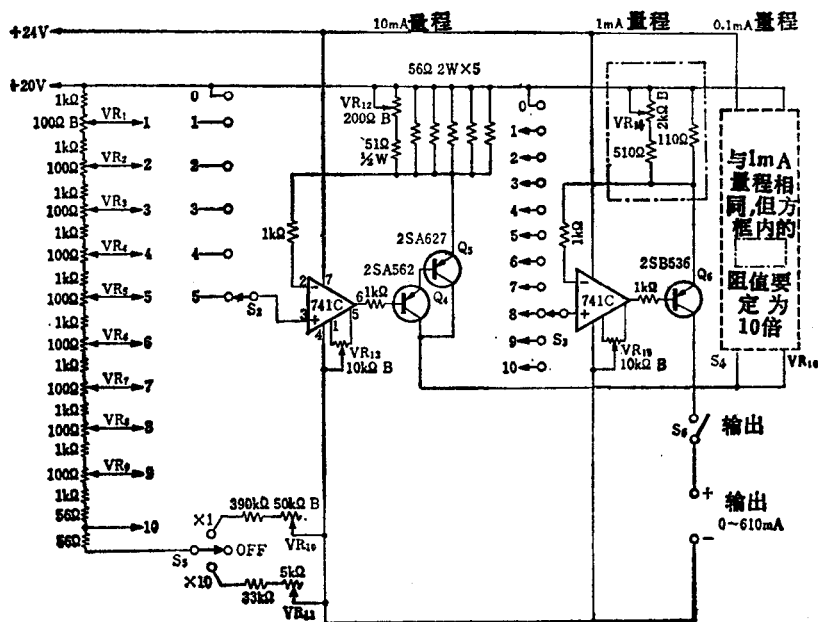
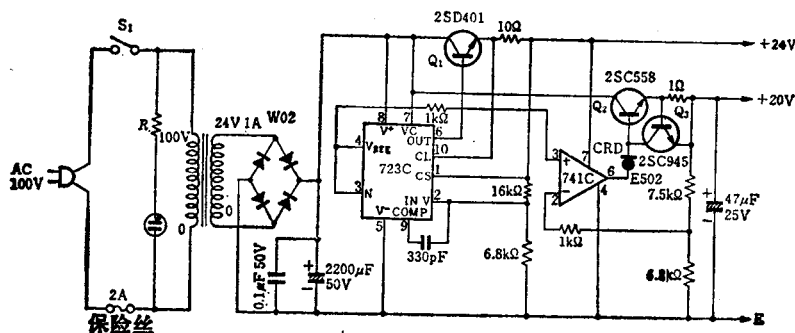
7. 标度盘设定式恒流电源

本恒流电源是用来产生基准电流的，它的特点是：1、能取出和标度盘数值相一致的电流。2、借助开关能立刻取出10倍的电流值。

为校验可调电阻和齐纳二极管等元器件

的性能，需要10倍的电流，因为要检验10倍电流比所发生的电压变化。假如不需要，则不必安装。但这种装置确实使用方便。

本电路并非有什么特殊变化，决定此设定方式好坏的是微调。其调整顺序是，起码



要备有0.1%级精度的电压表，根据分压比调整VR₁~VR₆以获得正确的各分压电压；接着转换开关S₂，调整使之变化值为10倍。

当测试仪不齐备时，VR₁~VR₆就要用1%级的电阻来分压，这时，只要调节VR₁和VR₁₁的滑动臂，这是轻而易举的。

当最大设定值为61mA或610mA时，因Q₂承受的功率很大，故必须安装满足要求

的散热片。

使用723基准电压后，现在数字显示面板的仪表已很普及，按其应用而研制的基准电压用IC不仅性能好，而且开关S₂~S₄和数字编码开关有一样的外观，灵敏度相当高。

VR₁₃~VR₁₆是运算放大器的失调调零用的电位器，当输出设定为0时，输出即可完全被调整到0。

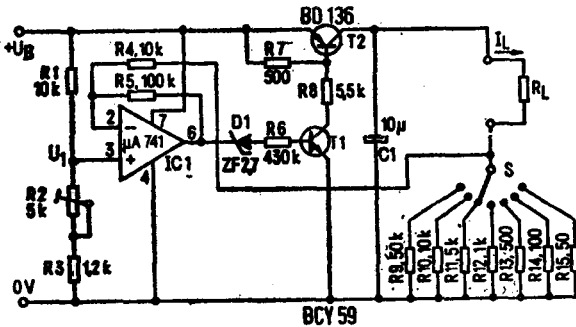
译自《电子展望》1980，Vol.17，No.11，P11~12

8. 电源设备用的附加恒流装置

图中所示为一简易恒流源电路，由输出电压约20V的稳压源扩展而成，可作晶体管测试用的基极电流源，与被测晶体管的型号无关，不接串联电阻可提供恒定的基极电流。经校正后，集电极电流的指示值可直接表示为增益值。此外，亦可在光度计中给测试灯提供恒流，在用正或负温度系数精确测定温度时，以及在用恒定电流使电容器充电而产生锯齿波电压时，均可用这种电路。

此电路为一可调电路，按所需的恒流范

围调整电阻R₉~R₁₅的实际值。用741型运算放大器（TBA221）可对测定值和基准值进行比较，即以运放作比较器，通过晶体管T₁控制晶体管T₂。所需的恒流可由转换开关S在0.1~100mA之间进行调整。表中列出常用电流值、电阻实际值和负载电阻范围，在表列范围内可保证恒流，这时的工作电压U_B=+20V，经微调电位器R₂调整，S点的电压约为+5V。



恒流源电路：R₁₅为1W，其余均为0.5W

恒流源的量程：

I _L (mA)	R 实际值 (Ω)	R _L (Ω)
0.1	R ₉ 50K	0~150 K
0.5	R ₁₀ 10K	0~30 K
1	R ₁₁ 5K	0~15 K
5	R ₁₂ 1K	0~3 K
10	R ₁₃ 500	0~1.5 K
50	R ₁₄ 100	0~300
100	R ₁₅ 50	0~150

恒定电流可通过 R_2 进行精确调整,根据电路的不同应用,择用微调电位器或旋转式电位器。因只进行一次调整,故电阻实际值和工作电压的容许误差必须很小(约0.5%)。

此外,该仪器常用于构成专用电流表, R_2 使用旋转式电位器, $R_9 \sim R_{15}$ 和 U_B 的容差为10%已足够,因用 R_2 和所构成的电流表易于对各量程作精确的调整。若在转换开

关S上加上第二层,藉此,可转换指示仪的量程。

此电路使用安全。当为晶体管BD136装上散热器后,在100mA量程短路时,晶体管上的最大功耗可达1.5W左右。

译自《Elektronik》1976, Heft1, S67

9.具有正交特性的稳压稳流装置

图1示出了一个稳压稳流装置,其特性曲线近似呈正交,即向一个已知的负载提供稳压和稳流。

在稳压范围内, IC_1 将输出电压和参考电压 U_{Bez} 作比较,如有差值则控制晶体管 $T_1 \sim T_3$,直至差值为0。输出电压 U_{aus} 由 P_2 和 P_3 调节。 U_{Bez} 由图2中的电路产生。

在稳流范围内, IC_2 通过 R_7 的压降将输

出电流 I_{aus} 与参考电压(由 R_2 、 R_5 和 P_4 调节)作比较,如果 R_7 的压降大于参考电压,则调整 T_4 使 U_{aus} 变小,直至参考电压和 R_7 的电压相等,即 I_{aus} 保持稳定。

I_q (最小1mA)应大于 $T_1 \sim T_3$ 的漏电流,此外,高阻负载时的输出电压不能调零:

$$I_q = \frac{U_{Bez}}{P_1 + R_1}$$

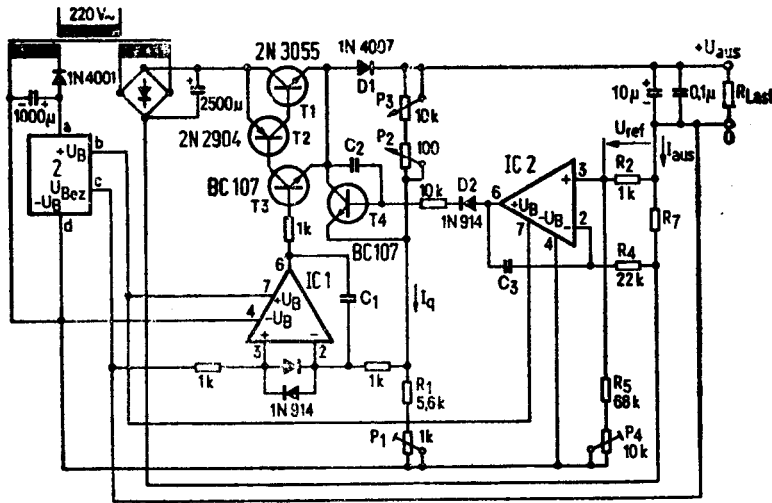


图1 稳流稳压装置的电路

设备参数: 稳压时的内阻: 5 mΩ; 稳流时的内阻: 20KΩ;
噪声 + 交流声: 10mV (峰~峰直)。

在本文所述的设计中, U_{ref} 约为 100mV ;

$$U_{ref} = U_{bez} \frac{R_2}{P_4 + R_2 + R_6}$$

流经分压器的电流约 0.1mA , 足以供 741 运算放大器。

$$I_{aus} \text{ 由 } R_7 \text{ 决定: } I_{aus} \approx \frac{U_{ref}}{R_7}$$

应注意的是在小电流时, 流经 R_7 的电流包括输出电流和 I_q 。

$C_1 \sim C_3$ 用于遏止振荡, 其值为 $10 \sim 100\text{nF}$ 。二极管 D_1 在输出端的电压为峰值时起保护电路的作用。

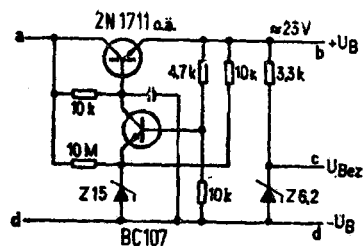


图 2 用于产生 IC_1 、 IC_2 的电源电压和辅助电压 U_{Fe} 的电路

译自《Elektronik》1976, Heft11, S120

10. 可输出 2000V 、 10mA 的稳流电源

双极晶体管的耐压如图 (a) 所示, 虽然应该用 V_{CER} 来判别耐压性能较为实用, 但在有关样本中发表的却是 V_{CBO} 。 V_{CBO} 偏离实际使用的状态较大而无多少参考价值。照理说, 使用 V_{CEO} 为宜, 但不仅这方面的资料少, 而且测试时电路中无集电极电流流过, 所以也就无法使用。那么, 对耐压应估计多大裕量, 这要根据经验、成本与可靠性等方面因素权衡来决定。

目前认为所用的高电压电路中之所以无功率晶体管, 是因为 P_C 的几分之一就可毁坏电路, 而且这种现象是常见的。因此, 即使在 100W 级的晶体管中, 充其量也只能使用到 2W 。为防止这种现象的发生, 应规定在不易毁坏晶体管的前提下使用。

V_{CER} 是符合实际使用的标准, 电阻值越小, 耐压就越高, 但在实际使用时, 在基极—发射极之间连续加上低阻值的电阻一般是不可能的。因为此时基极电流损耗大, 驱

动就难。

最好用 CRD 代替 R_{BE} , 因为 CRD 在达到稳流区的整个过程中电阻都小。

图 (b) 有效地利用了这一特点, 使用高电压使 2SD621 达到使用极限, 就能控制稳流电源的输出, 使其达到 2000V 的高压。这与无驱动电流损耗的情况相当, 故能工作正常。因而可用于测高电压的非线性电阻电压。

图 (b) 中, 741 运放系用作电压比较器, 以控制输出电流的稳定。

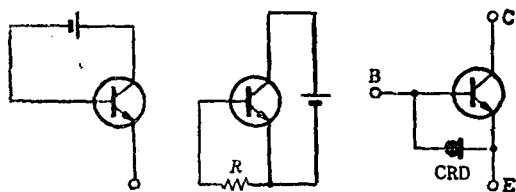


图 (a) $V_{CBO} > V_{CES} > V_{CER} > V_{CEO}$