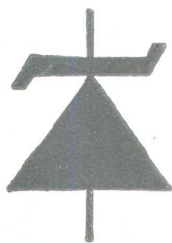


电子设备电源技术普及丛书

常用晶体管稳压电源

张果 焦文 编著



人 民 邮 电 出 版 社

11.11.11
684.3
27
1

电子设备电源技术普及丛书

常用晶体管稳压电源

张果 焦文 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书通俗易懂地讲解收音机、扩音机、录音机、电视机等设备中常用的晶体管稳压电源。先从比较简单的串联型稳压电源谈起，介绍稳压电源的基本原理、制作调试和设计方法，然后结合收、扩、录音和电视机中的稳压电源，阐述提高稳压性能的各种技术措施，并给出实用电路图。最后扼要介绍一些常见故障的检修方法和制作工艺知识。

本书适合于无线电爱好者、电子技术初学者以及从事电子技术和通信工作的工人和技术人员阅读。

电子设备电源技术普及丛书 常用晶体管稳压电源

张 果 焦 文 编 著

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32 1982年4月 第 一 版

印张： 8 页数：48 1982年4月河北第一次印刷

字数：66千字 印数：1—58,000 册

统一书号：15045·总2578-有5245

定 价： 0.27 元

丛 书 前 言

任何电子设备都离不开电源，为了普及电源技术知识，我们编辑出版了“电子设备电源技术普及丛书”。对一些常用的电源设备或器件，通俗易懂地简单讲解它的基本原理、规格性能、使用注意事项，并列举一些实用电路，介绍制作或调测方法等等。

主要读者对象为无线电爱好者、电子技术初学者以及从事电子技术和通信工作的工人和非电源专业的技术人员。

这套丛书要求在普及电源技术知识的同时，力求与实际相结合，向初学者介绍起码的实用技术，使之能解决简单的具体问题，从而为登堂入室创造条件，希望为我国电源技术培养人才起一定的促进作用。

本丛书初步计划出版有关于电池、微型电池、锌银蓄电池、燃料电池、常用晶体管稳压电源、整流器、逆变器、可控硅等方面的小册子，欢迎关心科普的作者和读者对本丛书的选题、内容等方面提出意见和建议。

本丛书是1979年11月在第二届全国电源技术年会上倡议组织的，并成立了编委会，负责审定本丛书编写原则和选题，推荐适宜的作者和审核书稿等事宜。编委会由下列人员组成：

章燕翼、李道恺、李厚福

倪本来、李颖达、李宗光

马传添、谭 信、蔡效平

“电子设备电源技术普及丛书”编委会

一九八一年三月

前 言

收音机、扩音机、录音机和电视机等，已成为人们学习、工作和丰富文化生活不可缺少的工具，这些设备都需要一个良好的电源供电。而“稳压电源”往往是这些设备中重要的组成部分，它供给电压电流，就象一个人的心脏一样向全身供给所需要的血液。用晶体管制作的稳压电源，可以满足这一要求。当然，稳压电源的用途还要广泛得多，因为大至一个系统，小至一台仪器，只要是用电的地方，多数情况下希望电压是稳定的。

有人会说，不少收音机、扩音机等设备中用电池或整流电源直接供电，没有用稳压电源，不是也可以照样工作吗？是的，用电池有便于携带的优点，但需经常更换，费用较高，而且用久了，电压降低、内阻增大，影响音响效果，如能改为交直流两用岂不更好。同理，用整流电源直接供电，为了减小整流电路的内阻，必须把变压器绕组的导线直径增大，铁心截面积及滤波电容也要选得大一些，这样做除了具有电路简单的优点之外，在体积及重量方面不会有大的收效，而且上述措施对交流电源电压的波动是无能为力的，目前有些地方电源电压波动较大，严重影响收听收看效果、缩短设备的使用寿命。而稳压电源既有减少内阻，又有使设备不受电源电压波动影响的功能，所以已被广泛应用。

当你动手制作一台稳压电源来代替半导体收音机的干电池时，就会感到收到的声音圆润宏亮，既节约又省事；而当你想丰富一下家庭生活自制一台高保真度扩音机时，为了获得较好的

低频响应，也要首先考虑选择合适的电源才能满足要求。

对于晶体管电视机来说，稳压电源的好坏直接影响整机的性能和可靠性，如果电源输出电压的纹波大于几十毫伏，就会引起明显的黑条、光栅扭曲和交流声，甚至图象出现不同步等现象。至于精密电子仪器和复杂的电子设备往往对稳压电源的要求更高。

随着科学技术的迅速发展，对稳压电源的性能也提出了许多新的要求。因此必须采取一系列的措施，从电路设计、元器件选择、制造工艺及调试技术等各方面加以改进。本书首先从较简单的串联调整型稳压器——半导体收音机用稳压电源谈起，介绍稳压电源的基本原理、制作调试和设计方法，然后结合一些收、扩、录音和电视机中的稳压电路，阐述提高电源性能的各种措施，给出实用电路图，可供读者参考。最后扼要叙述一些在检修稳压电源时较常遇到的故障现象和解决方法。考虑到电源技术的迅速发展，对集成化稳压电路和其它新型稳压电源的知识也作了初步介绍。并且在附录中对制作工艺方面的知识作了说明，书末所附几种实用电路图可供读者学习或制作时选用。

本书是一本科普读物，为了帮助具有初中以上文化程度的知识青年和无线电爱好者学习稳压电源的基本原理，培养维修和制作的实践技能，在文字叙述上力求简明，深入浅出，讲清物理概念，在内容上尽量联系收扩录音和电视机中的稳压电路进行分析。但由于我们缺乏经验，错误缺点在所难免，希望读者批评指正。

本书承北京市计量管理局倪本来工程师审阅，提出许多宝贵意见，特此致谢。

作 者

1981年5月

目 录

一、从收音机用 6 伏稳压电源谈起	(1)
1.1 电路的组成	(1)
1.2 简易型稳压电路	(3)
1.3 具有放大环节的稳压电路	(6)
1.4 输出电压的调节	(8)
1.5 用复合管组成调整管	(9)
1.6 试装一台 6 伏稳压电源	(13)
1.7 稳压电源的设计计算	(21)
二、串联型稳压电源的改进措施	(27)
2.1 要增大输出电压范围怎么办?.....	(27)
2.2 要增大输出电流怎么办?.....	(31)
2.3 要提高输出电压稳定度怎么办?.....	(35)
2.4 要获得正、负两路电压怎么办?.....	(41)
2.5 要提高温度稳定性怎么办?.....	(44)
2.6 要降低输出端纹波电压怎么办?.....	(46)
2.7 要保证稳压电源安全工作怎么办?.....	(50)
2.8 要减小调整管功耗怎么办?.....	(54)
2.9 要减小体积重量怎么办?.....	(57)
2.10 要采用集成化稳压电路怎么办?.....	(60)
三、晶体管直流稳压电源的故障检修	(65)
3.1 电源变压器的检修	(65)
3.2 整流滤波电路的检修	(65)

3.3	稳压电路的检修	(67)
附录一	业余条件下稳压管和整流管的代换	(71)
附录二	大功率调整管的散热措施	(73)
附录三	稳压电源中常用的二极管、三极管和稳压管 的主要参数	(75)
附录四	收音机扩音机录音机电视机中稳压电路实 例	(78)
附录五	实用电路和制作电路索引	(86)

一、从收音机用 6 伏稳压电源谈起

晶体管稳压电源种类繁多，电路和用途各不一样，但以晶体三极管作调整元件与负载相串联的“串联调整型晶体管稳压电源”应用最多，它具有输出电压可以调节、输出电流较大、内阻小、稳定度高等优点。这里先以常用的 6 伏收音机稳压电源为例，分析串联型稳压电路的工作原理及其制作调试方法。

1.1 电路的组成

图 1 是收音机用稳压电源的原理电路，这个电源可作为工作电压在 3~6 伏范围、总工作电流在 150 毫安以下的各种国产晶体管收音机外接电源使用。本机全部采用硅晶体管，能在较高气温的环境下正常工作，具有输出电压稳定、纹波电压较小、经济可靠等特点。

图 1 原理图可用图 2 方框图表示，分为电源变压器(B)、整流滤波器($D_1 \sim D_4$ 及 C_1)、调整管(BG_1 、 BG_2)、比较放大器(BG_3)、基准电压($D_5 \sim D_8$)和取样电路(R_w)等六部分。

把图 1 与图 2 对照起来可以看出，电源变压器先把 220 伏交流市电降低到 10 伏左右，用四只二极管整流变成“脉动”的直流电，再经过电容 C_1 滤波，得到比较平滑的直流电压 U_d 。但这个整流电压 U_d 的数值是不稳定的，当交流市电电压波动时(例如白天降低到 200 伏，或夜间升高到 240 伏)，或负载电流变化

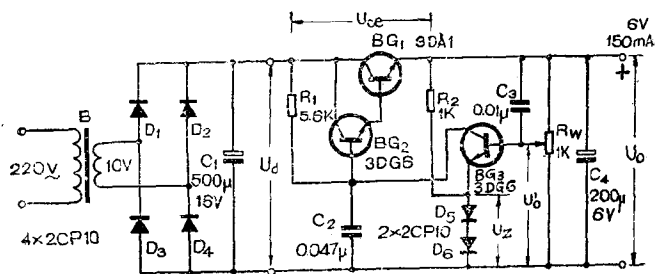


图 1 6V/150mA 稳压电路

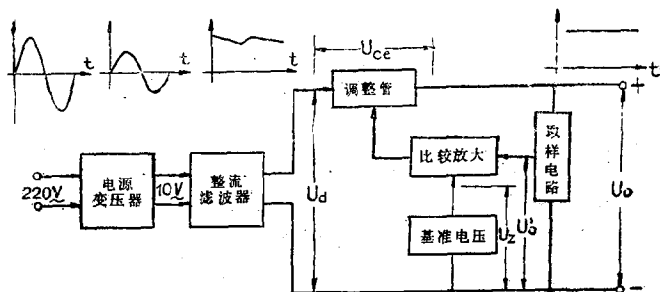


图 2 串联型稳压电源方框图

时（例如推挽式扩音机，音量小时消耗电流大，音量小时消耗电流小）， U_d 将随之变化。如果把整流滤波输出电压 U_d 直接供给负载（收音机电路），将产生明显的噪声，影响收听效果。所以在整流滤波输出端与负载之间，有必要接入“稳压环节”。图 3 给出了当交流电源电压升高时的稳压过程。

在稳压环节中，执行自动调压任务的主要元件是调整管 BG_1 ，它的作用类似一个“可变电阻”，如图 4 所示。当负载电阻 R_L 减小使输出电压 U_o 下降时，调整管的等效电阻也相应减小，给出较多的电流促使 U_o 回升；而当 U_d 增加使 U_o 增加时，

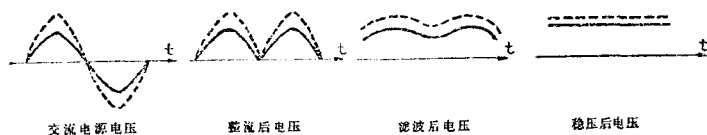


图 3 稳压过程

调整管的等效电阻也相应增加，在负载电流不变时调整管上的压降随之增加，促使 U_o 下降，从而达到稳压的目的。

那么调整管为什么能自动起上述作用呢？这是依靠取样电路中 R_w 引回 U_o 的部分电压 U_o' 与基准电压 U_z 相比

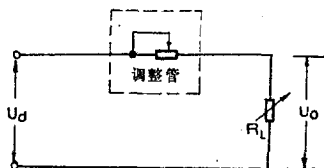


图 4 调整管工作原理

比较（见图 1）， BG_3 将比较后的差值电压放大，送到辅助调整管 BG_2 的基极，再去控制主调整管 BG_1 的基极电位，从而调整 BG_1 的集电极与发射极之间的电压 U_{ce} 。例如当电压 U_d 为 10 伏时， BG_1 的管压降 U_{ce} 为 4 伏，则输出电压 U_o 为 6 伏。当 U_d 降为 9 伏时，依靠上述自动调整过程使 U_{ce} 变成 3 伏，则输出电压 U_o 仍保持 6 伏不变。

为了进一步了解稳压环节的工作过程，将图 1 电路化简为一个基本电路来说明。

1.2 简易型稳压电路

电路如图 5 所示。由图可知，输出电压 $U_o = U_z - U_{be}$ ，而晶体管 BG_1 的基极电位 V_b 等于基准电压 U_z ，固定不变。 U_{be} 在 BG_1 正常工作时也基本不变，所以 U_o 是稳定的。如果 U_{be} 比 U_z

小的多时，可以忽略 U_{be} ，则 $U_o \approx U_z$ 。若改变 U_z 时（更换稳压管）， U_o 也随之改变，所以这个电路实际上是“射极跟随器”（也称射极输出器）。

在图 5 电路中，当交流电源电压 U_d 降低，引起整流电压 U_d 降低，进而使输出电压 U_o 降低时（设 R_L 不变），即 BG_1 的射极电位 V_e 降低，但 BG_1 基极电位 V_b 固定不变，因此 BG_1 的

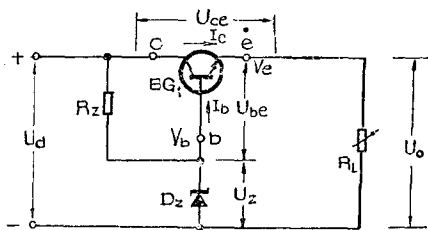
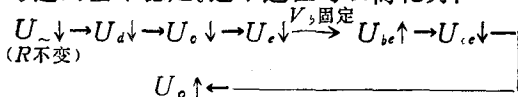


图 5 简易型稳压电路

发射结电压 U_{be} 略有增加， I_b 及 I_c （即 I_o ）随之增加，根据晶体管负载特性可知，这时 U_{ce} 将减小，使 U_o 回升，如果这个回升量与上述降低量大致相当的话，则

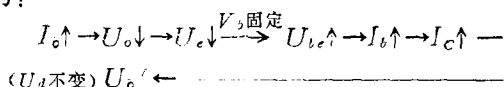
输出电压 U_o 达到基本稳定。这个过程可以简化为：



反之，当 U_d 上升时， U_{be} 下降， U_{ce} 上升，同样维持 V_b 基本不变。上述过程是由于 U_o 的变化量通过 U_{be} 的变化调整了 BG_1 的 U_{ce} 值，从而补偿了输入端电压 U_d 的变化，最后保持 U_o 基本不变。为了减小交流电源电压 U_d 波动对输出电压 U_o 的影响，应选择内阻较低的稳压管以取得稳定的基准电压，选择输出特性较平坦的三极管做调整管，使其工作在线性范围。

当负载电流 I_o 变化时，例如负载电阻 R_L 减小， I_o 增加。由于整流及稳压电路存在内阻，必将引起输出电压 U_o 的降低，因 $U_o = U_e$ ，使 U_e 下降，但 BG_1 的 V_b 固定不变，因此发射结电压 U_{be} 增加。同前， U_{be} 的增加导致 I_b 及 I_c 的增加，补偿 I_o 的增加，

最后使 U_o 回升，从而 U_o 稳定。这个过程，是由于 I_o 的变化量，通过 U_{be} 的变化调整了 BG_1 的 I_c 值，从而补偿了 I_o 的变化，最后保持 U_o 基本不变。或者说调整管自动地调整其内阻（ I_o 增加时内阻减小），以适应 I_o 的变化，从而维持 U_o 的稳定。这也是 BG_1 接成射极输出器时具有电流放大作用的结果。这个过程可以简化为：



反之， I_o 减小时， U_{be} 下降，使 I_c 降低（即内阻增加），维持 U_o 基本不变。

在实际工作中，有可能交流电源电压 U_i 及负载电流 I_o 同时变化，但最终结果都反映在输出电压 U_o 的变化上，而晶体管 BG_1 总是根据 U_o 偏离它的正常值的方向和大小，以稳压管电压 U_z 为基准，以它的发射结电压 U_{be} 所感受到的变化来对调整管的 U_{be} 及 I_c 进行快速自动调节，即上述两种调节过程同时起作用，从而保持 U_o 基本稳定。从上述可以看出，“ V_o 固定”及 BG_1 工作在放大区是这个电路能够稳压的关键。这是由于这个电路本身是由稳压管稳定电路及射极输出电路组成的缘故。

如果用反馈原理来说明就更方便了，因为射极输出器是电压串联负反馈电路，它本身就有稳定输出电压的功能，所以具有稳压的作用。

从图5电路可以看出， BG_1 以其 c 、 e 两端串接在 U_d 与 U_o 之间起调整作用，所以这种电路被称为“串联调整型稳压电路”。当然图5是简易型式，它是以 U_o 的变化通过 U_{be} 直接去调节 BG_1 ，因而控制作用较小，稳压效果也不够好。它的优点是不用稳压管去调整输出电流，可以扩大负载电流的范围，对于一

般要求的场合还是适用的。例如无锡市无线电五厂生产的“咏梅”牌771型8管台式收音机就是用这种稳压电路（见图6）。

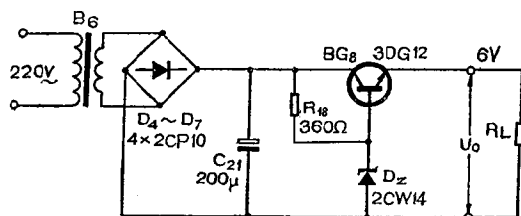


图6 咏梅牌771型8管台式收音机稳压电源

图中， BG_8 、 D_z 、 R_{18} 构成上述简易型稳压电路，由 B_6 、 $D_4 \sim D_7$ 、 C_{21} 组成整流滤波电路，考虑到 BG_8 的发射结有0.7伏压降，稳压管 D_z 选用稳压值为6.7伏左右的规格为宜。

这种电路的缺点是输出电压在一般情况下不能调节。那么怎样克服呢？可以在此电路基础上增加一个直流放大环节，把输出电压的微小变化加以放大，再去控制调整管的基极，就可以使输出电压的稳定度有较大的提高，而且输出电压可以在一定范围内进行调节。

1.3 具有放大环节的稳压电路

假如在图5稳压管的负极与调整管的基极之间接入一个可变电​​源 E ，如图7(a)所示，这样就可以将输出电压 U_o 根据需要在原来基础上变化。这个可变电​​源 E 应起到如下作用：当 U_o 下降时， E 的数值增加，使 U_o 回升；当 U_o 升高时， E 则下降，使 U_o 随之降低。这样就可以补偿 U_o 的变化，提高了 U_o 的稳定度。这个起着自动调节作用的可变电​​源 E ，可以通过图7(b)中放大管 BG_3 来实现。用 U_{c3} 代替 E ， BG_3 的基极与输出端电

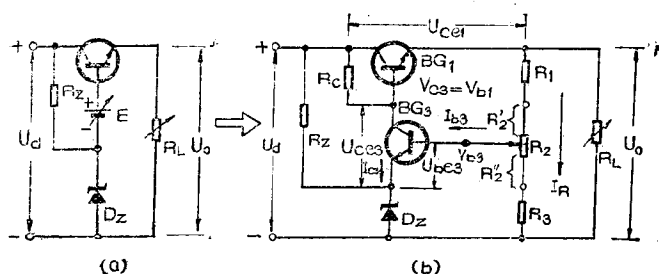


图7 具有放大环节的稳压电路

压相联系，电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 组成分压电路，取出输出电压 U_o 的一部分，加到 BG_3 的基极，故称 R_1 、 R_2 、 R_3 支路为“取样电路”。例如交流电源电压降低或负载电流加大，使输出电压 U_o 降低时，通过取样电路使 BG_3 基极电位下降，由于存在基准电压 U_z ， BG_3 射极电位不变，则其发射结电压 U_{be3} 减小，于是 I_{b3} 、 I_{c3} 减小， V_{ce3} 增高，调整管 BG_1 的基极电位上升，管压降 U_{ce1} 减小。这样就补偿了 U_o 的降低，使 U_o 维持基本不变。这个过程可以简写为

$$\begin{array}{c} U_o \downarrow \\ I_o \uparrow \end{array} \rightarrow U_{b3} \downarrow \rightarrow V_{ce3} \uparrow \rightarrow V_{b1} \uparrow \rightarrow U_{ce1} \downarrow \rightarrow U_o \uparrow$$

可见，由于增加了放大管 BG_3 ，把输出电压 U_o 的变化量放大后再去控制调整管基极，大大提高了对调整管的控制作用，使电路的稳定性有很大的改善。实践证明，由 BG_3 及电阻 R_e 组成的放大电路的增益越大，控制作用越灵敏，输出电压越稳定。

通过上面叙述，我们明确了稳压原理和过程，那么这种电路是如何实现“使输出电压可以调节”的呢？

1.4 输出电压的调节

由图 7 (b) 可以看出, 输出电压 U_o 的调节是利用电位器 R_2 来实现的, 而 U_o 的调节范围与 R_1 及 R_3 的大小有关。因为 R_2 滑动端的位置确定了放大管 BG_3 的基极电位 V_{b3} , 而 R_1 与 R_3 的数值限制了 R_2 最上端和最下端的电位值。

那么 U_o 最高能调到多少, 最低又能调到多少呢? 可以用近似的办法进行估算。假设流过 R_1 、 R_2 、 R_3 支路的电流 I_R 远大于 I_{b3} , 忽略 I_{b3} 的分流作用, 则 V_{b3} 的大小就可以用电阻分压的关系得到。

当 R_2 滑动端移到最上端时, $R_2' = 0$, $R_2'' = R_2$, 则

$$V_{b3} = \frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3} U_i$$

这时输出电压 U_o 记作 U'_o

$$\begin{aligned} \text{即 } U'_o &= \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_2 + R_3} V_{b3} \\ &= \frac{R_z}{R_2 + R_3} (U_{b3} + U_z) \end{aligned}$$

式中: $R_z = R_1 + R_2 + R_3$

如果 $U_z \gg U_{b3}$ 时, 则

$$U'_o \approx \frac{R_z}{R_2 + R_3} U_i \quad (1)$$

当 R_2 滑动端移到最下端时, $R'_2 = R_2$, $R''_2 = 0$,

$$\text{则} \quad V_{b3} = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} U_0 = \frac{R_3}{R_2} U_0$$

此时输出电压 U_0 记作 U'_0

$$\text{即} \quad U'_0 = \frac{R_2}{R_3} V_{b3} = \frac{R_2}{R_3} (U_{be3} + U_z)$$

或

$$U'_0 \approx \frac{R_2}{R_3} U_0 \quad (2)$$

比较式(1)与式(2), U'_0 显然小于 U''_0 , 这表明 R_2 动端上滑时 U_0 下降, 因为这时 V_{b3} 增加, 而 U_z 不变, 使 U_{be3} 上升, I_{b3} 及 I_{c3} 增加, U_{ce3} 下降, 相当于图 7(a) 中的可变电源 E 降低, 于是 U_0 随之下落。反之, R_2 滑动端下移时, 使 U_0 增加。 U'_0 和 U''_0 分别对应输出电压的最小值和最大值。

搞清上述规律对于调试稳压电路是很重要的。只要适当选择 R_1 、 R_2 、 R_3 的数值, 就可以定出 U_0 的调节范围。改变 R_1 或 R_3 的大小, 就可以改变 U_0 的边界值。

1.5 用复合管组成调整管

图 1 所示的稳压电路中, BG_1 及 BG_2 是以复合管形式组成的调整管。通常 BG_2 选用功率较小而 β 值较大的三极管, BG_1 选用功率较大而 β 值较小的三极管。把两个管子按图上连接方式组合起来, 就可以看成是一个 β 值较大、功率也较大的管子。

为什么稳压电路中的调整管要用复合连接形式呢? 由图 8 可以看出, BG_2 的发射极与 BG_1 的基极相连, BG_1 的发射极作为输出端, 连接负载 R_L 。显然 BG_1 与 BG_2 都是射极输出形式。