



集成电路应用丛书

曲学基 王增福
向政 编

集成稳压器

电子工业出版社

集成电路应用丛书

集成稳压器

曲学基 王增福 向 政 编

电子工业出版社

内 容 提 要

本书着重叙述了用集成稳压器设计稳压稳流源的方法和步骤,共例举了一百三十六个设计和应用实例。为了便于读者对各个实用电路从工作原理上加以探讨,并能设计出新的电路,本书还对常用的几种典型集成稳压器的的工作原理做了简单的介绍。此外,本书还详细地论述了集成稳压器各种参数的测试方法并给出了部分国产集成稳压器的性能参数。为了便于读者设计和应用集成稳压电源,本书还摘选了国外部分集成稳压电源电路。

本书可作为广大电子工程技术人员或电子爱好者设计或制作稳定电源的借鉴和参考。

集成电路应用丛书

集 成 稳 压 器

曲学基 王增福 向 政 编

责任编辑:魏永昌

电子工业出版社出版(北京海淀区万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

中国科学院印刷厂印制

*

开本: 787×1092 毫米 1/32 印张: 10 插页: 6 字数: 232 千字

1989年 1月第一版 1989年 1月第一次印刷

印数: 8500 册 定价: 3.70 元

ISBN 7-5053-0401-1/TN·147

前 言

从七十年代开始,我国集成稳压器的研制和生产得到了飞速地发展,现已能生产上百个品种,初步形成了完整的系列产品。大输出电流集成稳压器(输出电流大于 10A)的生产,标志着我国集成稳压器的生产达到了新的阶段。

由于集成稳压器使用方便,体积小、成本低、性能优良,使得它的应用日趋广泛。《集成稳压器》一书,顺应这种形势,为读者提供了一本具有实用价值的参考书。为了叙述方便,本书将各种类型的单片集成稳压器称为集成稳压器,而将由集成稳压器组成的各种类型的稳压电源称为集成稳压电源(或集成稳压源)。

本书的重点是集成稳压器的应用,但是为了便于读者对各个实用电路能从工作原理上加以探讨,并能进一步探索出新的应用电路,我们对已得到广泛应用的几种集成稳压器的工作原理,做了简单的介绍。

集成稳压电源从结构上来说,与晶体管稳压电源大同小异。由于有关晶体管稳压电源的设计,在一般的教科书和电子技术书籍中都可找到,所以在叙述集成稳压电源的设计时,凡与晶体管稳压电源相同之处,仅粗线条地做了简单论述,而重点在于介绍集成稳压器的选择和散热设计。

在第三章——集成稳压器的应用中,给出了几种典型的集成稳压器的实用电路。这些实用电路除稳压电源以外,还

包括恒流源、充电器和功率增益器等其它方面的应用电路。这些电路中,一部分摘引于国内外文献资料和产品说明书,一部分是作者在工作实践中积累起来的,其中绝大部分电路在实际应用中得到了验证。我国生产的集成稳压器已达百余种,不可能对这些集成稳压器的实用电路一一作介绍。读者可以根据已给出的电路形式,参考各类集成稳压器的工作原理,设计出新电路来。

用户在使用集成稳压器时,为能设计出性能优良的电路,往往要求对其性能参数和工作参数进行复测。本书的第四章简单地介绍了集成稳压器有关参数的定义和测试方法。读者在自行测试时,务必按照定义给出的条件进行。

本书的最后一章摘选了国外部分集成稳压电源电路,供读者设计和选用集成稳压电源时参考。

为了便于读者选择合适的集成稳压器,在附录 A 中给出了本书第三章中介绍的几种集成稳压器的电特性参数,其中绝大部分选自北京半导体器件五厂的产品说明书。附录 B 为国内外部分集成稳压器型号对照表。

由于作者的水平有限,本书难免有错误和不足之处,恳请读者批评指正。

作者

写于 1988 年 3 月

目 录

第一章 集成稳压器	1
1. 集成稳压器的基本原理	1
1-1 串联式晶体管稳压器的工作原理	1
1-2 集成稳压器的基本原理	3
2. 典型的集成稳压器	36
2-1 带整流管的集成稳压器 STK501	38
2-2 集成稳压器 $\mu A723$	38
2-3 集成稳压器 5G11	40
2-4 集成稳压器 W611	43
2-5 三端固定正电压集成稳压器 7800 系列	46
2-6 三端固定负电压集成稳压器 7900 系列	48
2-7 三端可调正电压集成稳压器 117 / 217 / 317 系列	51
2-8 三端可调式负压集成稳压器 137 / 237 / 337 系列	55
2-9 五端功率集成稳压器 W200	57
2-10 开关式集成稳压器	60
第二章 集成稳压电源的设计	64
1. 整流电路	64
2. 滤波电路	66
3. 集成稳压器的选择	67
4. 散热设计	70

第三章 集成稳压器的应用	76
1.三端固定正输出电压集成稳压器的应用	76
1-1 固定输出的稳压源	76
1-2 高输入、高输出集成稳压源	79
1-3 可调输出的集成稳压源	83
1-4 大电流输出的集成稳压源	87
1-5 恒流源电路	90
1-6 开关式集成稳压源	92
1-7 跟踪式集成稳压源	93
1-8 可控式集成稳压源	94
1-9 三端固定输出集成稳定器的其它应用	97
2.三端固定负输出电压集成稳压器的应用	101
3.三端可调正输出电压集成稳压器的应用	111
3-1 可调集成稳压源的标准电路	112
3-2 高稳定性的集成稳压源	116
3-3 从零伏开始连续可调的集成稳压源	118
3-4 大电流可调集成稳压源	119
3-5 高输出电压集成稳压源	124
3-6 开关式集成稳压源	128
3-7 跟踪式集成稳压源	130
3-8 逻辑控制集成稳压源	132
3-9 多路集中控制集成稳压源	134
3-10 慢启动的集成稳压源	135
3-11 恒流源电路	136
3-12 恒压/恒流电源	138
3-13 充电器电路	139

3-14 功率跟随器和放大器电路	141
3-15 交流削波电路	143
4.三端可调负输出电压集成稳压器的应用	144
5.多端可调输出电压集成稳压器的应用	152
5-1 标准应用电路	152
5-2 负输出电压集成稳压源	154
5-3 高稳定度的集成稳压源	155
5-4 减小输出纹波电压的电路	156
5-5 大电流集成稳压源	157
5-6 高输入电压集成稳压源	161
5-7 高输出电压集成稳压源	164
5-8 正负输出电压集成稳压源	168
5-9 跟踪式集成稳压源	168
5-10 开关式集成稳压源	170
5-11 逻辑控制的集成稳压源	174
5-12 恒流源电路	176
5-13 充电器电路	177
5-14 慢启动集成稳压源	179
第四章 集成稳压器的参数和测试	181
1.集成稳压器的性能参数和测试	181
1-1 集成稳压器的性能参数	181
1-2 集成稳压器性能参数的测试方法	181
2.集成稳压器的工作参数和测试	191
2-1 集成稳压器的工作参数	191
2-2 集成稳压器工作参数的测试方法	191
3.集成稳压器的极限参数	197

3-1	最大输入电压 V_{imax}	197
3-2	最大输出电流 I_{0max}	197
3-3	最大功耗 P_M	198
3-4	最大瞬时功耗	199
3-5	最高结温	199
第五章	国外集成稳压电源参考电路	200
附录 A	部分国产集成稳压器的电参数特性	265
附录 B	国内外集成稳压器型号对照表	284

第一章 集成稳压器

集成稳压器发展十分迅速,在模拟集成电路中占第二位,仅次于集成运算放大器。从已有的集成稳压器电路来看,大多数是串联调整式的,也有部分开关式的。在这一章中,我们以串联调整式为重点,简略地讲述集成稳压器的基本原理和典型线路。为了更好地理解这些内容,先对分立式晶体管稳压器的的工作原理作个简单地介绍。

1. 集成稳压器的基本原理

1-1 串联式晶体管稳压器的基本原理

图 1-1 是一个串联式晶体管直流稳压器的基本电路。

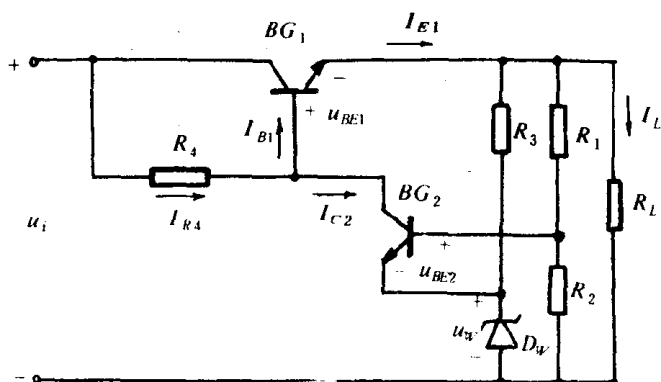


图 1-1 串联式晶体管稳压器的基本电路

当输入电压 U_i 变大或负载电流 I_L 变小时, 负载上的输出电压 U_L 就增大, 电阻 R_2 上的压降 U_{R2} 也相应变大, BG_2 管的基极电压增大。因为硅稳压管 DW 两端的电压不变, 所以 BG_2 管基极-发射极电压 U_{BE2} ($U_{BE} = U_{R2} - U_W$) 增大, 于是 BG_2 集电极电流 I_{C2} 增大, R_4 两端的压降 U_{R4} 变大, 迫使 BG_1 管基极-发射极电压 U_{BE1} 减小, I_{B1} 减小, BG_1 管的 U_{CE1} 增大, 结果负载上的输出电压 U_L ($U_L = U_i - U_{CE1}$) 下降, 使输出电压基本上恢复原来的数值。同理, 当输入电压 U_i 下降或负载电流增大时, U_L 降低, 然而通过上述的负反馈作用, 又会使 U_L 上升, 从而使输出电压基本保持不变。

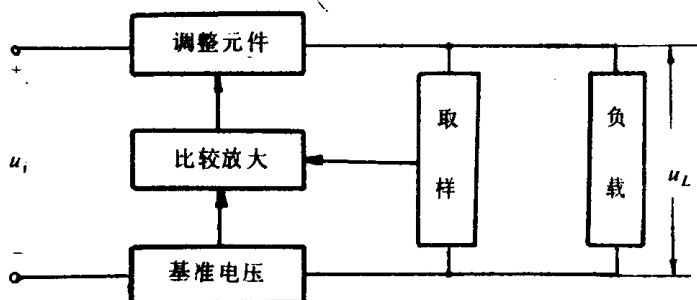


图 1-2 串联式晶体管稳压器方框图

从上面的工作过程中, 我们很清楚地看到: R_1 、 R_2 与 R_L 并联组成分压器, 起到取出输出电压变化量的作用, 所以叫做取样电路。硅稳压管 D_W 为 BG_2 管提供一个标准电压, 与限流电阻 R_3 一起称为基准电压部分。 BG_2 管把 R_1 、 R_2 取出的电压与基准电压进行比较且放大, 称作比较放大部分, 也叫误差放大器。 BG_1 管起着调节 U_i 和 U_L 的作用, 称为调整元

件。串联调整式晶体管稳压器的框图可以画成图 1-2 的形式。

1-2 集成稳压器的基本原理

集成稳压器的原理与分立晶体管稳压器基本相同,也是由调整无件、误差放大器、基准电压、比较取样等几个主要部分组成。但是集成稳压器充分利用了集成技术的优点,在线路结构和制造工艺上都采用了很多基本的模拟集成电路的方法。诸如偏置电路、电流源电路、基准电压源电路、各种形式的误差放大器和集成稳压器所特有的启动电路、保护电路等。与分立元件稳压器相比,集成稳压器具有体积小,成本低,使用方便,性能指标高的优点。

1-2.1 偏置电路及电流源

在集成电路中,不可能用大电阻给晶体管做偏置,因为大电阻不易制作,成本又高,通常用电流源对晶体管进行偏置。这一节我们讨论几种在集成稳压器电路中常用的电流源和偏置方法。

1-2.1.1 基本型电流源

图 1-3 是一个基本型电流源电路, BG_1 和 BG_2 两只晶体管几何尺寸相同,物理结构也相同,两管的基极联接在一起,所以 U_{BE} 相等,根据晶体管的原理,有

$$I_{C1} = I_{S1} (e^{\frac{qU_{BE1}}{KT}} - 1) \quad (1-1)$$

$$I_{C2} = I_{S2} (e^{\frac{qU_{BE2}}{KT}} - 1) \quad (1-2)$$

式中 I_s 是发射结反向饱和电流;

q 是电子电荷量, $q = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$;

k 是玻耳曼常数, $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

T 是绝对温度, 单位是 K。

从上面的条件可知, $I_{s1} = I_{s2}$; $U_{BE1} = U_{BE2}$,

所以, $I_{c1} = I_{c2} = I_o$

根据晶体管 $I_e = I_b + I_c$ 电流方程可得,

$$I_i = I_{c1} + 2I_b = I_{c1} + \frac{2}{\beta} I_{c1} = \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) I_o \quad (1-3)$$

$$I_o = \frac{I_i}{1 + \frac{2}{\beta}} \quad (1-4)$$

一般情况下, NPN 管的 $\beta \gg 2$, 故有

$$I_o = I_i \quad (1-5)$$

如果予先使 I_i 固定, 那么也就给定了 I_o 。在集成电路中, 一般用大电阻和场效应管固定 I_i , 其原理如图 1-4 所示。

对于图 1-4 (a) 用大电阻 R_i 来确定 I_i 的电路来说,

$$I_i = \frac{U_C - U_{BE1}}{R_i} \approx \frac{U_C}{R_i} \quad (1-6)$$

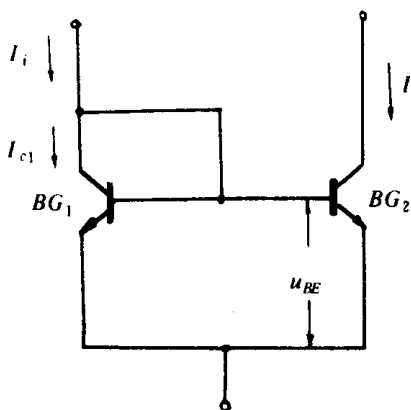


图 1-3 基本电流源

当 R_i 的阻值决定后, I_i 的值也就基本决定了。只要 I_i 稳定, I_o 也就稳定; 如果改变 I_i , 则 I_o 也跟着改变, I_o 好像是 I_i 的镜象, 所以这种电路称作镜

象电流源。因为电源电压 $U_c \gg U_{BE}$, 对于 I_i 来说, 仅取决于电源电压 U_c 和电阻 R_i , 与温度敏感的 U_{BE} 几乎无关, 因此 I_i 的温度稳定性比较高, I_o 的温度稳定性也跟着提高了。

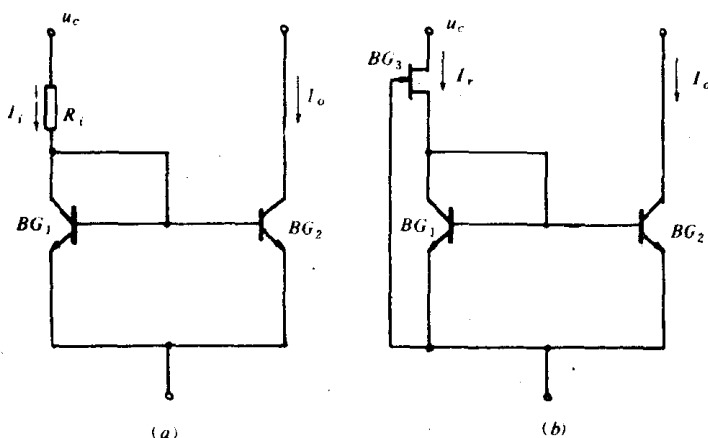


图 1-4 固定 I_i 的方法

在实际电路中, 为了减少接成二极管的 BG_1 对输入信号的旁路作用, 常用电阻将 BG_1 和 BG_2 隔离, 如图 1-5 所示。

设 BG_1 、 BG_2 管的结构相同, 电阻 $R_3 = R_4$, 从两个晶体管的基极偏置来看, 它们是完全对称的, 故

$$U_c = R_1 (I_{C1} + 2I_b) + I_b R_3 + U_{BE} \quad (1-7)$$

工作电流

$$I_{C2} = I_{C1} = \frac{U_c - U_{BE}}{R_1} - \left(2 + \frac{R_3}{R_1}\right) I_b \quad (1-8)$$

适当选择电阻 R_1 的数值, 就可以确定 BG_2 的工作电流,

通常选取 $R_2 = \frac{R_1}{2}$, 使 BG_2 的集电极电压约为电源电压 U_C 的一半,

$$U_{C2} = U_C - I_{C2} R_2 \approx U_C - \frac{U_C}{R_1} R_2 = \frac{1}{2} U_C \quad (1-9)$$

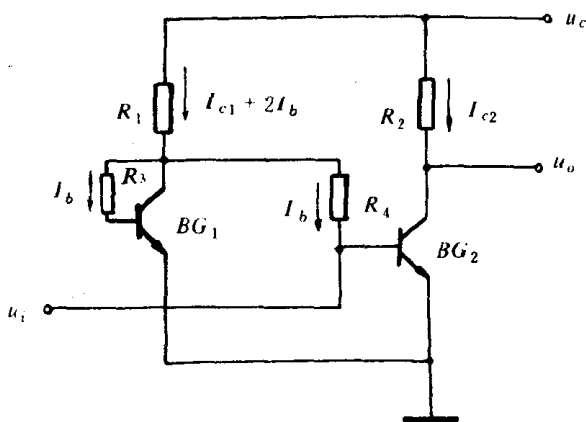


图 1-5 用电阻隔离的偏置电路

这时集电极电压将不随环境温度变化,即使电阻 R_1 、 R_2 误差较大,只要它的比值保持为 $\frac{1}{2}$,则工作点将是稳定的。

1-2.1.2 改进型电流源

对于上述的电流源结构也能用于 **PNP** 晶体管,但是因为 **PNP** 管在集成电路中大都做成横向管,它的电流放大倍数 β 值较小,一般只有 5 左右,因而镜象误差较大。为此,我们可以在基本型电流源电路上增加一只晶体管 BG_3 ,如图

流源的派生电路

图 1-7 是利用晶体管发射极周长比不同而设计的电流

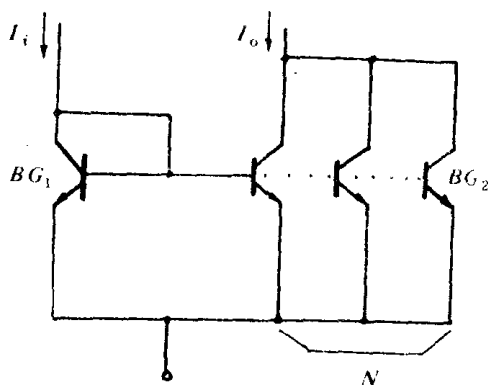


图 1-7 $L_{e1} / L_{e2} = N$ 的电流源

源。设两管的发射极周长是:

$$L_{e2} / L_{e1} = N \quad (1-14)$$

式中的 L_e 表示晶体管发射极周长。当同一结构和制作工艺的晶体管 BG_1 发射极周长比 BG_2 大一倍且在相同的集电极电流通过时,其基射极电压会降低 18mV 。反之,在相同的基射极电压作用下,集电极电流会增大一倍,于是有

$$I_o / I_i = L_{e2} / L_{e1} = N \quad (1-15)$$

图 1-8 是利用一晶体管有多个集电极面积的方法分配不同的恒流做成的另一镜象电流源的派生电路。假设 BG_2 管的两个集电极面积比为

$$A_{c1} / A_{c2} = N$$