

流过电阻 R_s 的电流 I_s 将会增加。因此，要求 R_s 和 R_1 均需具有较大的额定功率。此外，为了使电路具有较高的稳定度，要求有较高的输入电压。由于这个原因，这种电路的效率较低。

3. 另一种改进电路

上述改进电路，可以进一步改进为图1-34所示的电路。图

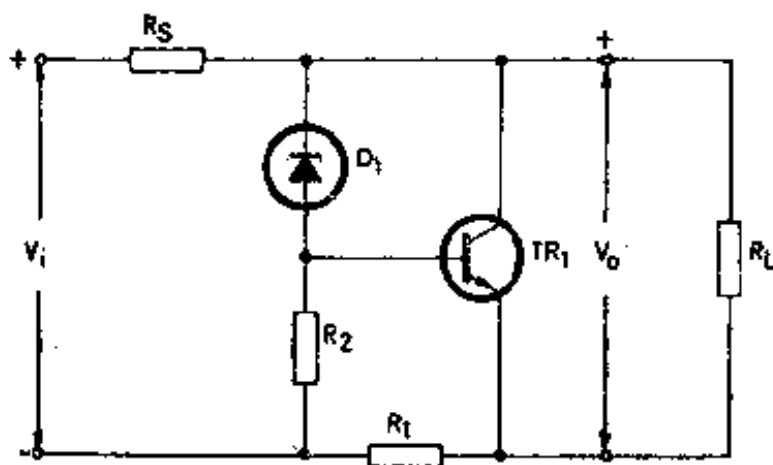


图 1-34 晶体管并联稳压器的另一种改进电路

中， R_2 是稳压管的限流电阻。电阻 R_1 不是直接串联在稳压器的输入端，而是接在晶体管的发射极与 R_2 之间。与上述改进电路一样，为了使基极电流 I_B 的变化不致影响稳压管的基准电压，稳压管的电流 I_Z 也应远远大于晶体管的基极电流 I_B 。

稳压管 D_z 及其限流电阻 R_2 直接接到稳压器的输入端，这样，可以减小流过电阻 R_1 的电流。由于流过 R_1 的电流较小，对于同样的输入电压来说，为了提高稳压器的稳压特性， R_1 可以选用较大的阻值。

与上述改进电路的分析方法一样，这种电路也可以根据图1-35所示的等效电路进行分析。

(1) 稳压系数

根据图1-35所示的等效电路， I_s 可以有三种不同的表示

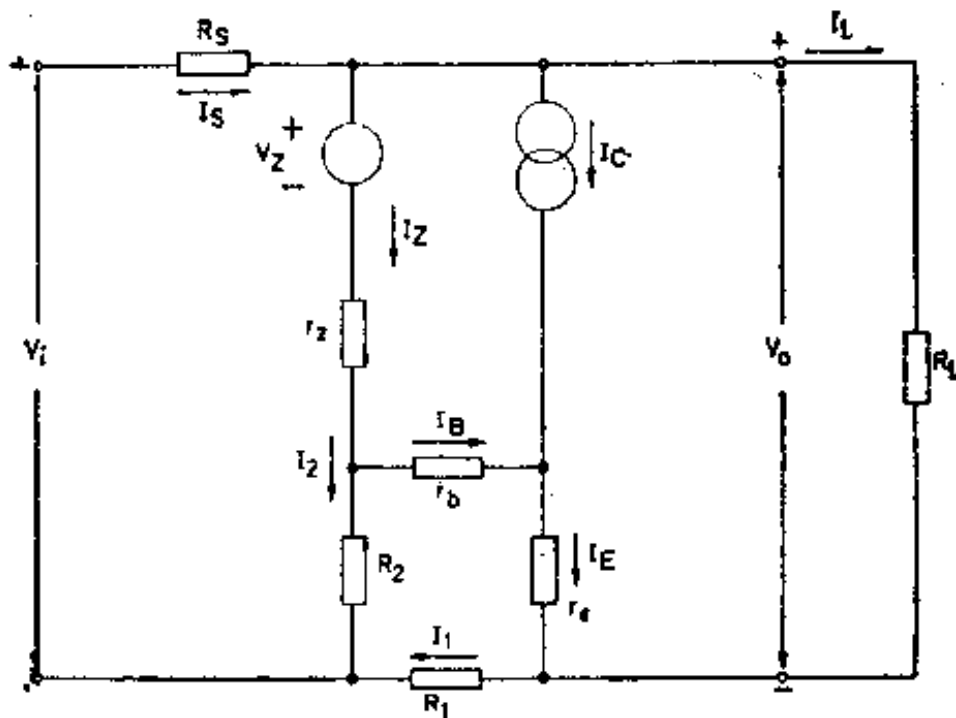


图 1-35 晶体管并联稳压器另一种改进电路的等效电路

式:

$$\begin{aligned}
 I_s &= \frac{V_i - V_o - V_1}{R} \\
 &= I_z + I_c + I_L \\
 &= I_1 + I_2 \quad (1-56)
 \end{aligned}$$

式中, V_1 为电阻 R_1 两端的压降。与前述改进电路一样, 稳压管的电流 I_z 也可用公式 (1-48) 表示。将 I_z 代入公式 (1-49), 经过适当整理, 也可以得出与公式 (1-50) 完全相同的 I_B 的表示式。

在这种电路中,

$$V_1 = I_1 R_1$$

式中,

$$\begin{aligned}
 I_1 &= I_B + I_L \\
 &= (1 + h_{FE}) I_B + I_L \approx h_{FE} I_B + I_L
 \end{aligned}$$

因此,

$$V_1 = (h_{FE} I_B + I_L) R_1 \quad (1-57)$$

将 I_z 、 I_B 、 I_c 和 V_1 代入公式 (1-56), 经过适当整理, 可

求出输出电压 V_o 与输入电压 V_i 的关系式:

$$\begin{aligned}
 V_o \left\{ \frac{1}{R_1} + \frac{1 + R_B/R_2 + h_{FE}}{(1 + R_B/R_2)r_e + R_B} \right. \\
 \left. + \frac{h_{FE}R_1}{((1 + R_B/R_2)r_e + R_B)R_1} \right\} = \frac{V_i}{R_1} - I_L \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \\
 + V_o \left\{ \frac{h_{FE}R_1 + (R_B/R_2 + h_{FE})R_2}{((1 + R_B/R_2)r_e + R_B)R_1} \right\} \quad (1-58)
 \end{aligned}$$

将 $I_L = V_o/R_L$ 代入公式(1-58), 经过适当整理, 然后, 再求 V_o 对 V_i 的微商, 可以得出稳压系数 S :

$$\begin{aligned}
 S = \frac{1}{\left\{ 1 + \frac{(1 + R_B/R_2 + h_{FE})R_2}{(1 + R_B/R_2)r_e + R_B} + \right.} \\
 \left. + \frac{h_{FE}R_1}{(1 + R_B/R_2)r_e + R_B} + \frac{R_1}{R_L} + \frac{R_1}{R_2} \right\}} \quad (1-59)
 \end{aligned}$$

(2) 输出电阻

根据公式(1-58), 求 V_o 对 I_L 的微商, 可以得出输出电阻 R_o :

$$\begin{aligned}
 R_o = \frac{1 + R_1/R_2}{\frac{1}{R_1} + \frac{1 + R_B/R_2 + h_{FE}}{(1 + R_B/R_2)r_e + R_B} + \frac{h_{FE}R_1}{(1 + R_B/R_2)r_e + R_B}} \quad (1-60)
 \end{aligned}$$

(3) 温度系数

与前述改进电路一样, 这种电路的温度系数 S_T 也可用公式(1-54)表示。

(4) 输出电压总变化量

将上面求出的稳压系数 S 、输出电阻 R_o 和温度系数 S_T 代入公式(1-34), 可以求出输出电压的总变化量 dV_o 为:

$$dV_0 = \frac{dV_i}{\left\{ 1 + \frac{(1+R_B/R_2+h_{FE})R_s}{(1+R_B/R_2)r_s+R_B} + \frac{h_{FE}R_1}{(1+R_B/R_2)r_s+R_B} + \frac{R_s}{R_L} + \frac{R_1}{R_L} \right\}} \cdot \frac{(1+R_1/R_s)dI_L}{\frac{1}{R_s} + \frac{1+R_B/R_2+h_{FE}}{(1+R_B/R_2)r_s+R_B} + \frac{h_{FE}R_1}{(1+R_B/R_2)r_s+R_B}} + (S_s + S_{TR})dT \quad (1-61)$$

二、输出电压高于基准电压的晶体管并联稳压器

1. 基本电路

在实际应用中，所需的稳压器输出电压不一定都接近于所用稳压管的基准电压。有时所需的输出电压 V_0 高于稳压管的基准电压 V_s 。在这种情况下，可以采用图1-36所示的稳压电路。图中， R_2 与 R_3 组成分压器。改变这个分压器的分压比，就

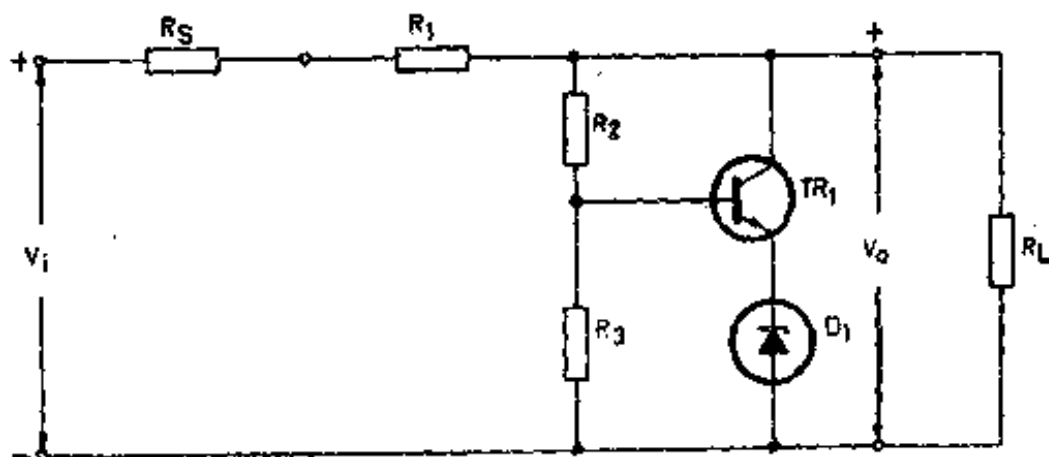


图 1-36 输出电压高于基准电压的晶体管并联稳压电路

能调整输出电压。因为分压器的分压比 $K = R_3 / (R_2 + R_3)$ ，所以，

$$V_o = \frac{1}{K}(V_z + I_z r_z + V_{BE}) \quad (1-62)$$

这样，稳压电路输出电压的有效温度系数 S_T 应为：

$$S_T = \frac{1}{K}(S_z + S_{TR}) \quad (1-63)$$

这种电路的稳压系数和输出电阻不再分析。如果需要的话，可根据等效电路，按照前面采用的方法分析计算。

在图1-37所示的稳压电路中，输出电压 V_o 也高于稳压管的

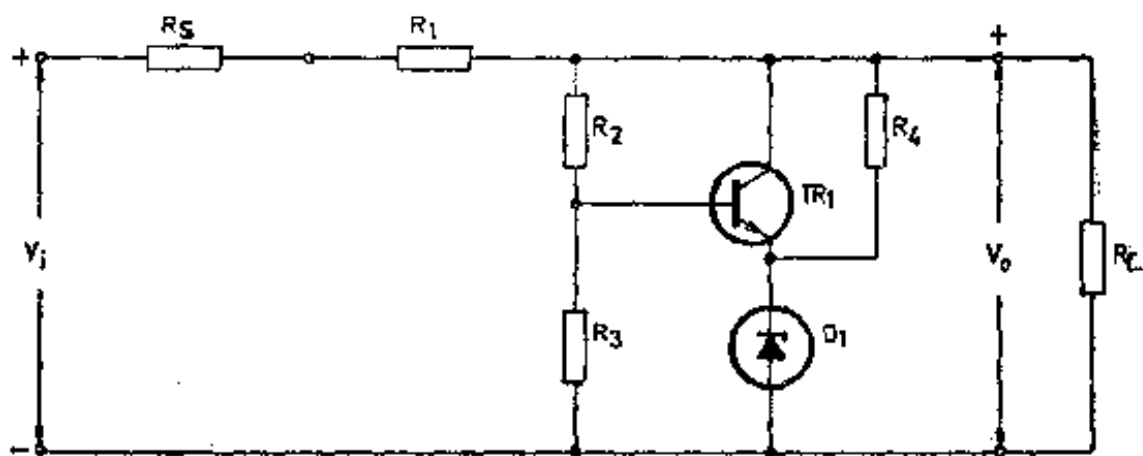


图 1-37 输出电压高于基准电压的另一种晶体管并联稳压电路

基准电压 V_z 。为了减小压降 $I_z r_z$ 的变化对基准电压 V_z 的影响，在这种电路内增加了 R_4 ，使流过稳压管的电流大于晶体管的额定发射极电流。因此，晶体管发射极电流的变化对基准电压的影响较小，电路的稳压性较高。但是，这种并联稳压器的效率较低，所以很少采用。

图1-37中，电阻 R_4 的上端也可以直接与输入电压 V_i 的正端相接，这样，可以减小电阻 R_1 的功率损耗。但是，在稳压管电流相同的条件下，由于 R_4 两端电压升高， R_4 的损耗功率将会增加。

2. 经过改进的电路

输出电压高于基准电压的晶体管并联稳压器改进电路如图1-38所示。在这种电路中，稳压管的电流等于晶体管的基极电流，稳压管的耗散功率很小，可以采用价格比较便宜的小功率稳压管。因此，这种稳压器的效率较高，成本较低。

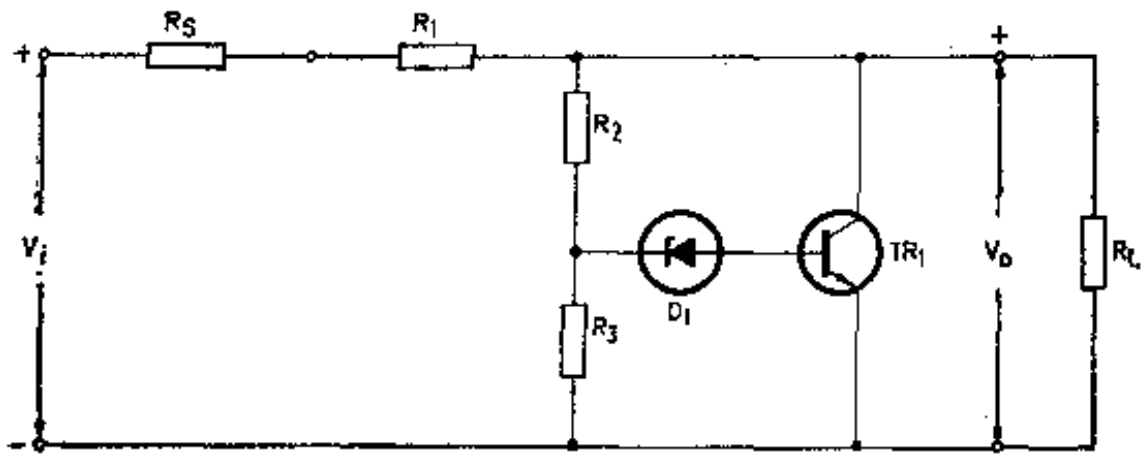


图 1-38 输出电压高于基准电压的晶体管并联稳压器改进电路

这种电路比较简单，所以比较常用。尤其是在稳压器的负载固定，只有输入电压变化时，这种稳压器特别适用。该稳压器的等效电路如图1-39所示。图中，用 R_s 表示 R_1 与 R_2 之和。

(1) 稳压系数

根据图1-39所示的等效电路，可给出下列方程式：

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{V_i - V_D}{R_s} \\ &= I_2 + I_c + I_L \\ &= I_3 + I_B + I_L \end{aligned} \quad (1-64)$$

式中， $I_2 = I_B + I_3$ (1-65)

根据图1-39所示的等效电路，也可以给出下列方程式：

$$V_3 = V_i + I_1 r_s + V_{BE} \quad (1-66)$$

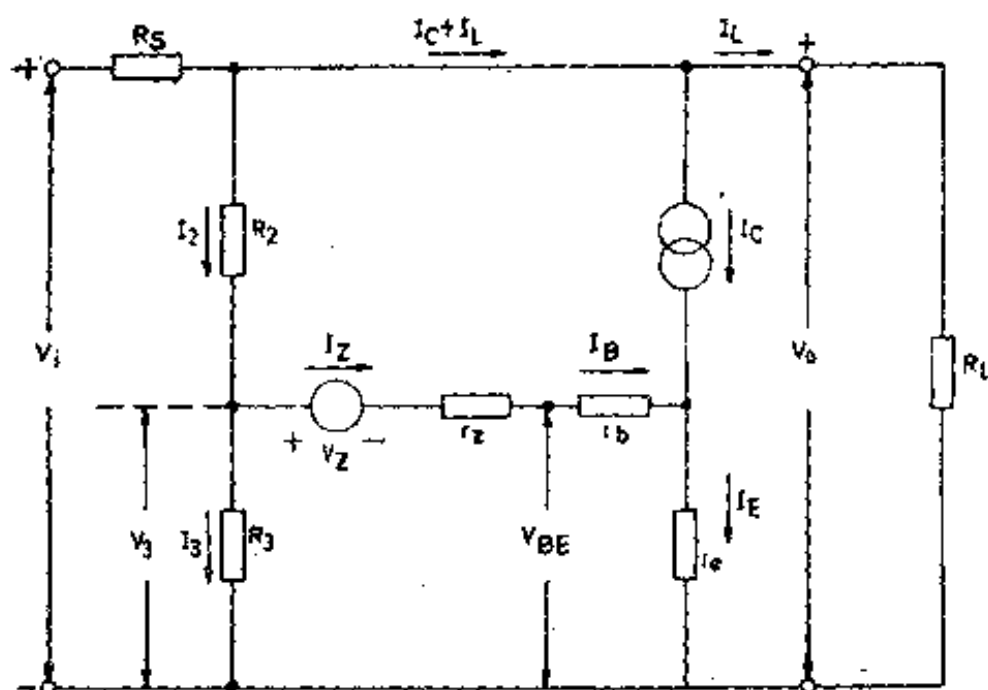


图 1-39 输出电压高于基准电压的并联稳压器改进电路的等效电路

式中, $I_2 = I_B, V_{BE} = I_B R_B,$
 因此, $V_3 = V_z + I_B(r_z + R_B)$ (1-67)

由此得出:

$$I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{V_z + I_B(r_z + R_B)}{R_3} \quad (1-68)$$

将公式(1-68)代入公式(1-65), 可以得出:

$$I_2 = \frac{V_z}{R_3} + I_B \left(1 + \frac{r_z + R_B}{R_3} \right) \quad (1-69)$$

电阻 R_3 两端的压降 V_3 也可由下式给出:

$$V_3 = \frac{V_0 R_3}{R_2 + R_3} \quad (1-70)$$

使公式(1-66)和(1-67)的右边部分相等, 并且适当整理后, 可以得出:

$$I_B = \frac{V_0 R_3 / (R_2 + R_3) - V_z}{r_z + R_B} \quad (1-71)$$

把公式(1-69)和(1-71)代入公式(1-64),并且适当整理后,可以得出下式:

$$\begin{aligned}
 V_o & \left(\frac{1}{R_1} + \frac{r_x + R_B + (1 + h_{FE})R_3}{(r_x + R_B)(R_2 + R_3)} \right) \\
 & = \frac{V_i}{R_1} - I_L + V_o \left(\frac{r_x + R_B + R_3 + h_{FE}}{r_x + R_B} - \frac{1}{R_3} \right)
 \end{aligned} \tag{1-72}$$

用 V_o/R_L 代替 I_L ,并且将上式重新整理,然后,再求 V_o 对 V_i 的微商,可以得出稳压系数 S 为:

$$S = \frac{1}{1 + \frac{(r_x + R_B + (1 + h_{FE})R_3)R_1}{(r_x + R_B)(R_2 + R_3)} + \frac{R_1}{R_L}} \tag{1-73}$$

(2) 输出电阻

根据公式(1-72),求 V_o 对 I_L 的微商,可以得出输出电阻 R_o 为:

$$R_o = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{r_x + R_B + (1 + h_{FE})R_3}{(r_x + R_B)(R_2 + R_3)}} \tag{1-74}$$

(3) 温度系数

从公式(1-66)和(1-70),可以得出:

$$V_o \frac{R_3}{R_2 + R_3} = V_z + I_z r_z + V_{BE}$$

如果 $K = R_3 / (R_2 + R_3)$,那么,

$$V_o = \frac{1}{K} (V_z + I_z r_z + V_{BE}) \tag{1-75}$$

因此,稳压电路的有效温度系数 S_T 为:

$$S_T = \frac{1}{K} (S_z + S_{Tz}) \tag{1-76}$$

(4) 输出电压总变化量

把求得的稳压系数、输出电阻和温度系数代入公式(1-34)，可以得出输出电压的总变化量 dV_o 为：

$$\begin{aligned} dV_o = & \frac{dV_i}{1 + \frac{(r_s + R_B + (1 + h_{FE})R_3)R_1}{(r_s + R_B)(R_2 + R_3)} + \frac{R_1}{R_E}} \\ & - \frac{dI_E}{\frac{1}{R_1} + \frac{r_s + R_B + (1 + h_{FE})R_3}{(r_s + R_B)(R_2 + R_3)}} \\ & + \frac{R_2 + R_3}{R_3} (S_i + S_{FE}) dT \end{aligned} \quad (1-77)$$

在这种改进电路中，稳压管的工作电流受晶体管基极电流的影响，因此基准电压的稳定性较差。当需要稳定性很高的输出电压时，可以采用多管并联稳压电路。

三、多管并联稳压器

上述的单管并联稳压器可以变换为各种各样的多管并联稳压器。在多管并联稳压器中，输入电压对输出电压的影响更小，输出阻抗更低，并且还能输出更大的电流。但是，在多管并联稳压器中，每只晶体管的基-射极电压都会随温度变化而变化，所以，稳压器的总温度系数将有所增加，这一点必须注意。下面较详细地研究多管并联稳压器的基本电路及其各种改进电路。

1. 两管并联稳压器

(1) 基本电路

两管并联稳压器的基本电路如图1-40所示。这种电路的等效电路如图1-41所示。图1-41中，用 R_s 表示 R_3 与 R_1 之和，并

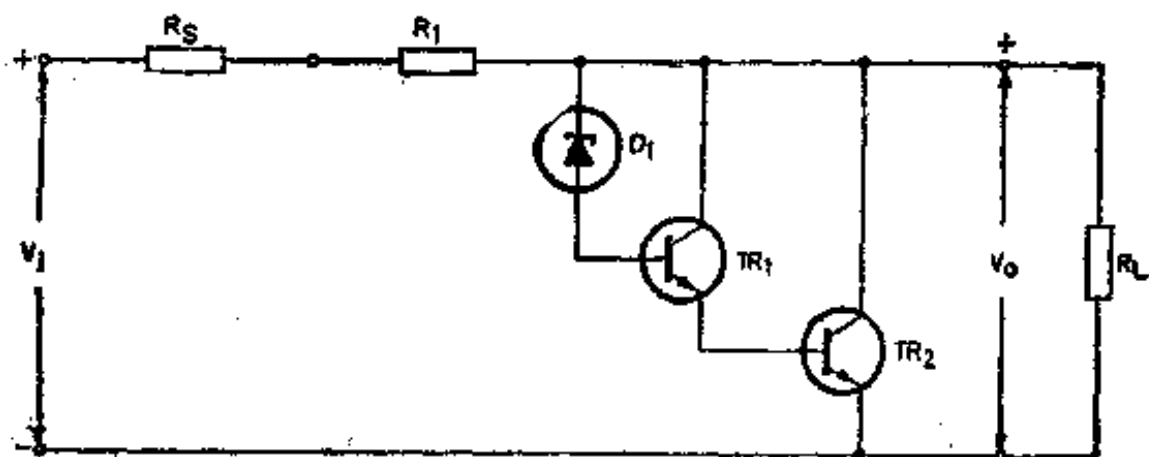


图 1-40 两管并联稳压器的基本电路

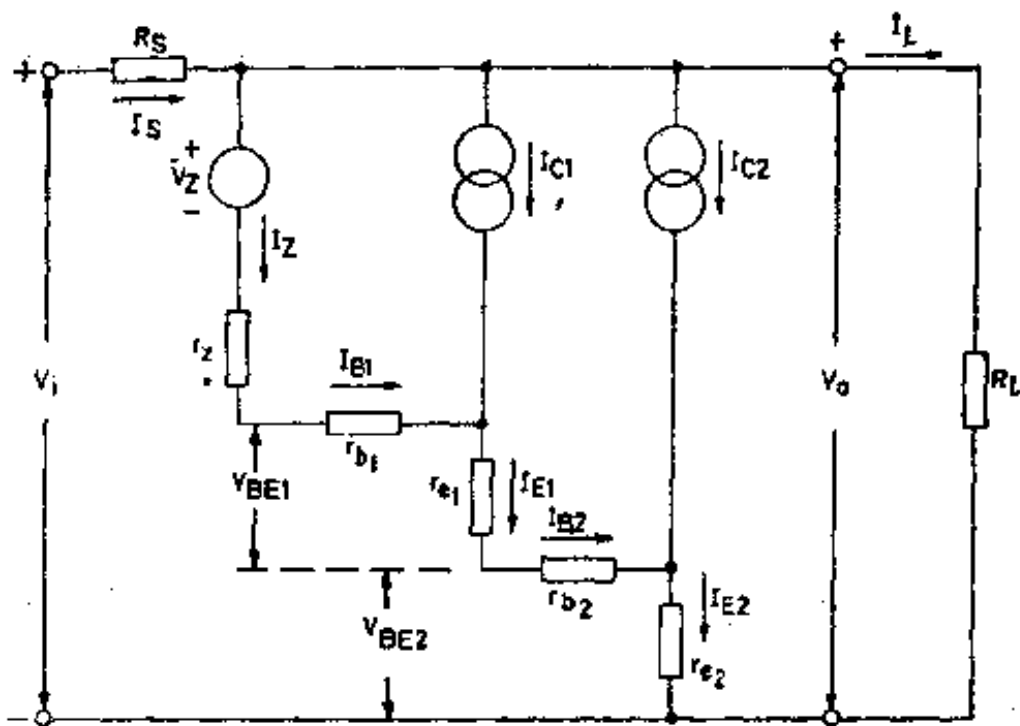


图 1-41 两管并联稳压器的等效电路

且, $I_{B1} = I_Z$, $I_{B2} = I_{B1}$ 。

(a) 稳压系数 根据图1-41所示的等效电路, 可给出下列方程式:

$$I_s = \frac{V_i - V_Z}{R_s} = I_{B1} + I_{C1} + I_{C2} + I_L \quad (1-78)$$

式中, $I_{c1} = h_{FE1} I_{B1}$

$$I_{c2} = h_{FE2} I_{B2} = (1 + h_{FE1}) I_{B1} h_{FE2}$$

因此,

$$I_{B1} + I_{c1} + I_{c2} = (1 + h_{FE1} + h_{FE2} + h_{FE1} h_{FE2}) I_{B1} \quad (1-79)$$

实际上, $h_{FE1} h_{FE2} \gg 1 + h_{FE1} + h_{FE2}$, 所以, 上式可以变为:

$$I_{B1} + I_{c1} + I_{c2} = h_{FE1} h_{FE2} I_{B1} \quad (1-80)$$

根据图1-41所示的等效电路, 也可以给出下列方程式:

$$V_0 = V_x + I_x r_x + V_{BE1} + V_{BE2} \quad (1-81)$$

式中, $I_x = I_{B1}$ 。上式可以写成:

$$V_x = V_0 - I_{B1} (r_x + R_{B1}) - I_{B2} R_{B2}$$

式中, $R_{B1} = r_{b1} + (1 + h_{FE1}) r_{c1}$

$$R_{B2} = r_{b2} + (1 + h_{FE2}) r_{c2}$$

$$I_{B2} = (1 + h_{FE1}) I_{B1}$$

因此,

$$V_x = V_0 - I_{B1} (r_x + R_{B1} + (1 + h_{FE1}) R_{B2})$$

由于 $h_{FE} \gg 1$, 所以, $(1 + h_{FE1}) R_{B2} \approx h_{FE1} R_{B2}$ 。如果假设 $R_{Bx} = R_{B1} + h_{FE1} R_{B2}$, 那么,

$$V_x = V_0 - I_{B1} (r_x + R_{Bx})$$

因此,

$$I_{B1} = \frac{V_0 - V_x}{r_x + R_{Bx}} \quad (1-82)$$

将公式(1-80)和(1-82)代入(1-78), 经过适当整理后可以得出:

$$V_0 \left(\frac{1}{R_s} + \frac{h_{FE1} h_{FE2}}{r_x + R_{Bx}} \right) = \frac{V_i}{R_s} - I_L + V_x \frac{h_{FE1} h_{FE2}}{r_x + R_{Bx}} \quad (1-83)$$

把 $I_L = V_o / R_L$ 代入上式，并且经过适当整理后，再求 V_o 对 V_i 的微商，就可以得出稳压系数 S ：

$$S = \frac{1}{1 + \frac{h_{FE1} h_{FE2} R_s}{r_s + R_{Bx}} + \frac{R_s}{R_L}} \quad (1-84)$$

(b) 输出电阻 根据公式 (1-83)，求 V_o 对 I_L 的微商，可以得出输出电阻 R_o ：

$$R_o = \frac{1}{\frac{1}{R_s} + \frac{h_{FE1} h_{FE2}}{r_s + R_{Bx}}} \quad (1-85)$$

(c) 温度系数 根据公式 (1-81)，可以得出温度系数 S_T ：

$$S_T = S_s + S_{TR1} + S_{TR2}$$

每只晶体管的基-射极电压的温度系数都近似等于 -2 毫伏/°C；

即：

$$S_{TR1} = S_{TR2} = S_{TR}$$

因此，

$$S_T = S_s + 2S_{TR} \quad (1-86)$$

(d) 输出电压总变化量 将上面求出的稳压系数 S 、输出电阻 R_o 和温度系数 S_T 代入公式 (1-34)，可以得出输出电压总变化量 dV_o ：

$$dV_o = \frac{dV_i}{1 + \frac{h_{FE1} h_{FE2} R_s}{r_s + R_{Bx}} + \frac{R_s}{R_L}} - \frac{dI_L}{\frac{1}{R_s} + \frac{h_{FE1} h_{FE2}}{r_s + R_{Bx}}} + (S_s + 2S_{TR}) dT \quad (1-87)$$

从以上的分析可以看出，在这种电路中，温度系数将会增

加，也就是说，温度变化对输出电压的影响较大。如果只考虑两只晶体管的话，这种电路的温度系数约为 -4 毫伏/ $^{\circ}\text{C}$ 。如果采用三只完全相同的晶体管，那么，总温度系数为 $3S_{\text{TR}}$ ，或者说，温度系数接近于 -6 毫伏/ $^{\circ}\text{C}$ 。这是多管并联稳压器基本电路的一个严重缺点。因此，这种基本电路必须作进一步的改进。为此，通常可采用互补晶体管并联稳压器。

(2) 互补晶体管并联稳压器

为了减小两管并联稳压器的温度系数，可以采用互补晶体管 ($p-n-p$ 和 $n-p-n$) 并联稳压器。互补晶体管并联稳压器如图1-42所示。它的等效电路如图1-43所示。图1-43中，用 R_s 表示 R_1 与 R_s 之和。

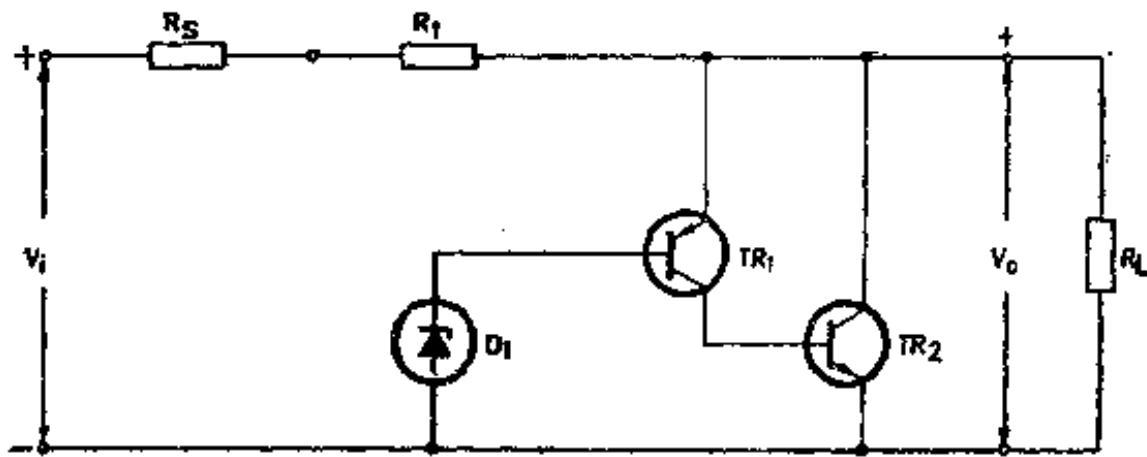


图 1-42 互补晶体管并联稳压器

(a) 稳压系数 从图1-43所示的等效电路可以看出：

$$I_s = I_{B1}, \quad I_{C1} = I_{B2} \quad (1-88)$$

根据等效电路，可以给出下列方程式：

$$\begin{aligned} I_s &= \frac{V_i - V_o}{R_s} = I_{B1} + I_{B2} + I_L \\ &= I_{B1} + I_{B2} + I_L \end{aligned} \quad (1-89)$$

另外，根据晶体管的基本原理可知：

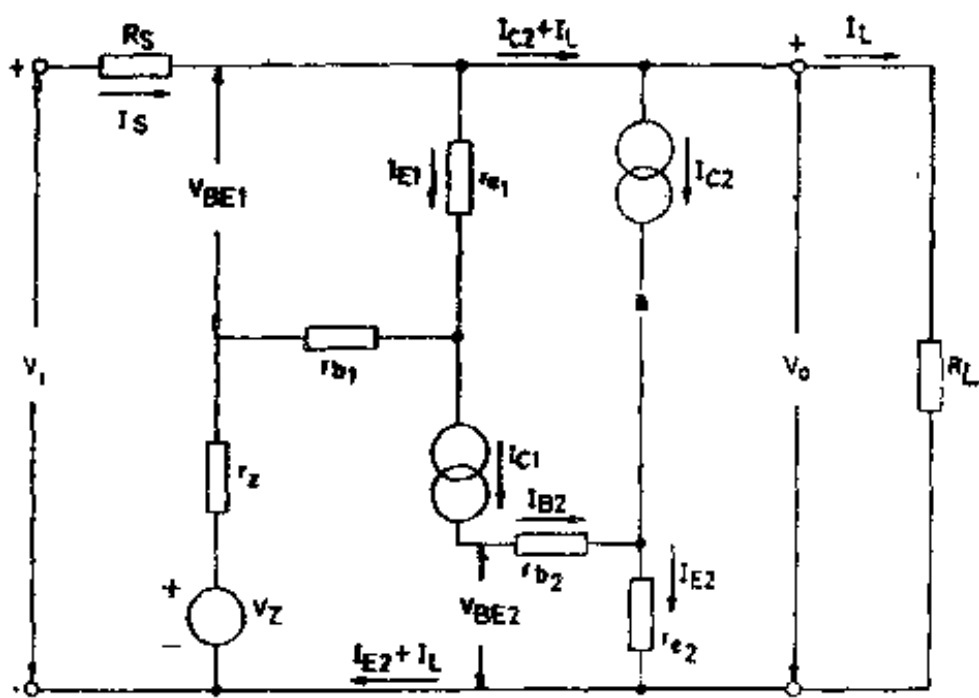


图 1-43 互补晶体管并联稳压器的等效电路

$$I_{E2} = (1 + h_{FE2}) I_{B2} = h_{FE1} (1 + h_{FE2}) I_{B1}$$

因此，

$$I_{B1} + I_{E2} = (1 + h_{FE1} + h_{FE1} h_{FE2}) I_{B1}$$

由于 $h_{FE2} \gg 1$, $h_{FE1} h_{FE2} \gg (1 + h_{FE1})$, 所以，

$$I_{B1} + I_{E2} = h_{FE1} h_{FE2} I_{B1} \quad (1-90)$$

根据等效电路，也可以给出下列方程式：

$$V_o = V_z + I_s r_z + V_{BE1} \quad (1-91)$$

将 $I_s = I_{B1}$, $V_{BE1} = I_{B1} R_{B1}$ 和 $R_{B1} = r_{b1} + (1 + h_{FE1}) r_{e1}$

代入上式，经过适当整理后，可以得出：

$$I_{B1} = \frac{V_o - V_z}{r_z + R_{B1}} \quad (1-92)$$

根据公式 (1-89)、(1-90) 和 (1-92)，可以得出：

$$V_o \left(-\frac{1}{R_s} + \frac{h_{FE1} h_{FE2}}{r_z + R_{B1}} \right) = \frac{V_z}{R_s} - I_L + V_z \frac{h_{FE1} h_{FE2}}{r_z + R_{B1}} \quad (1-93)$$

把 $I_L = V_o / R_L$ 代入上式，并求 V_o 对 V_i 的微商，可以得出稳压系数 S ：

$$S = \frac{1}{1 + \frac{h_{FE1} h_{FE2} R_i}{r_e + R_{B1}} + \frac{R_i}{R_L}} \quad (1-94)$$

(b) 输出电阻 根据公式 (1-93)，并求 V_o 对 I_L 的微商，可以得出输出电阻 R_o ：

$$R_o = \frac{1}{1 + \frac{h_{FE1} h_{FE2}}{r_e + R_{B1}}} \quad (1-95)$$

(c) 温度系数 从等效电路和公式 (1-91) 可以看出，在这种互补晶体管并联稳压器中，只有晶体管 TR_1 的基-射极电压 V_{BE1} 的温度系数影响稳压器的总温度系数。因此，

$$S_T = S_r + S_{TR1} \quad (1-96)$$

式中， S_{TR1} 为晶体管 TR_1 的基-射极电压的温度系数。

(d) 输出电压总变化量 把上面得出的稳压系数 S 、输出电阻 R_o 和温度系数 S_T 代入公式 (1-34)，可以得出输出电压总变化量 dV_o 为：

$$dV_o = \frac{dV_i}{1 + \frac{h_{FE1} h_{FE2} R_i}{r_e + R_{B1}}} - \frac{dI_L}{R_i + \frac{h_{FE1} h_{FE2}}{r_e + R_{B1}}} + (S_r + S_{TR1}) dT \quad (1-97)$$

为了减小稳压系数，应当使较大的电流流过稳压管，即 $I_z \gg I_{B1}$ 。这样，负载变化引起的晶体管基极电流 I_{B1} 变化，对稳压管电流的影响较小，因而对稳压管基准电压的影响较小。为了使 $I_z \gg I_{B1}$ ，可采用图 1-44 所示的经过改进的互补晶体管并联稳压器。这种电路可以减小输入电压和负载电流变化对输

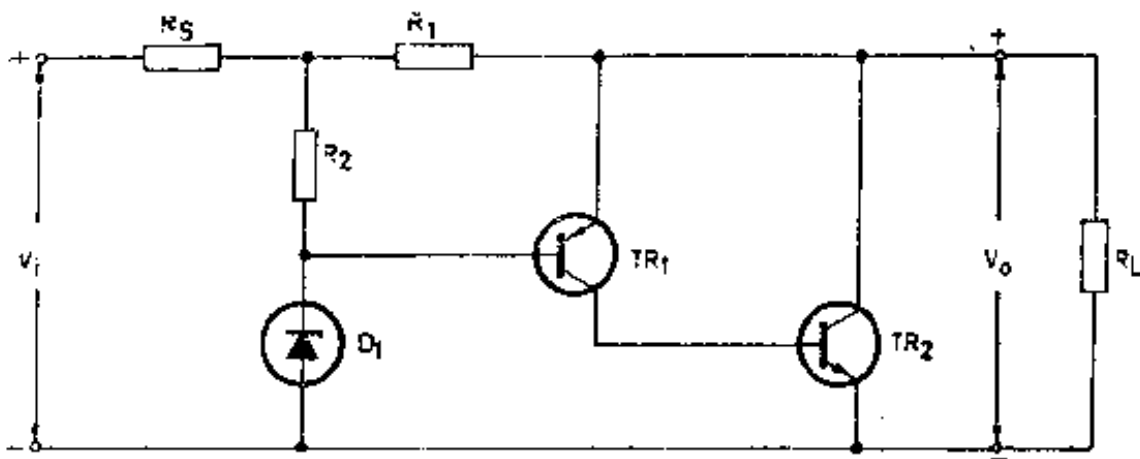


图 1-44 改进的互补晶体管并联稳压器

出电压的影响，而温度变化对输出电压的影响（即电路的温度系数）则与上述电路完全相同。

如果所需要的输出电压高于稳压管的基准电压，可以采用图1-45所示的互补晶体管并联稳压电路。

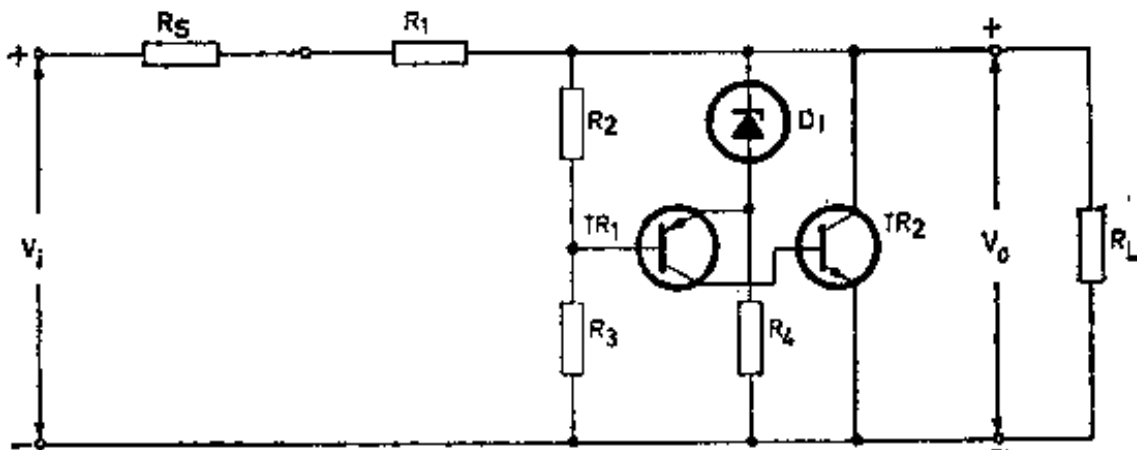


图 1-45 $V_o > V_Z$ 的互补晶体管并联稳压器

下面只研究这种电路的温度系数。由于电阻 R_2 和 R_3 的分压比 $K = R_3 / (R_2 + R_3)$ ，所以，

$$V_{R_3} = KV_Z, \quad V_{R_2} = (1-K)V_Z$$

因此，

$$V_o = \frac{V_z + V_{BE1} + I_z r_z}{1-K} \quad (1-98)$$

由此得出：

$$\frac{dV_o}{dT} = \frac{1}{1-K} (S_z + S_{TR1}) \quad (1-99)$$

式中， S_z 是稳压管的温度系数， S_{TR1} 是晶体管 TR_1 基-射极电压的温度系数。

输出电压 V_o 高于基准电压 V_z 的互补晶体管并联稳压器，也可以进一步改进为图1-46所示的电路。

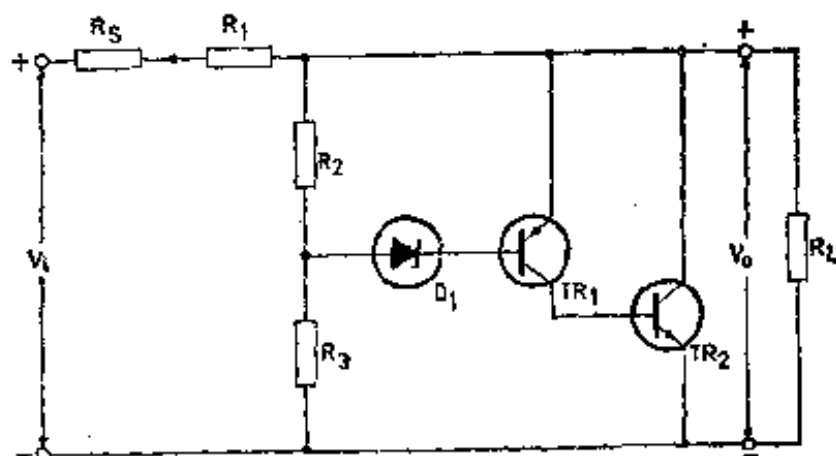


图 1-46 输出电压高于基准电压的互补晶体管并联稳压器的改进电路

2. 三管并联稳压器

只要将 $p-n-p$ 和 $n-p-n$ 互补晶体管再加上一只 $n-p-n$ 型输出晶体管，上述互补晶体管并联稳压器就可以扩展为三管并联稳压器。图1-47到图1-50，给出四种不同的三管并联稳压器电路。

前面已经说过，在互补晶体管并联稳压器中，只有一只晶体管影响整个电路的温度系数。因此，图1-47与图1-42以及图1-48与图1-44所示电路的温度系数是完全相同的，无需再作推

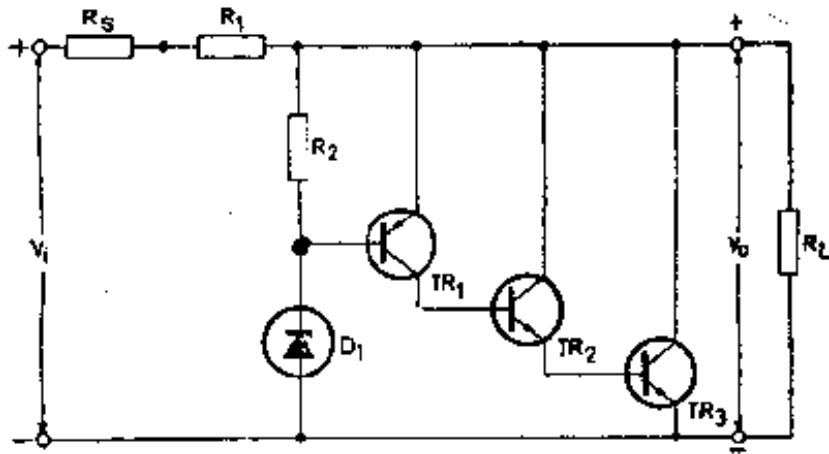


图 1-47 三管并联稳压器的基本电路

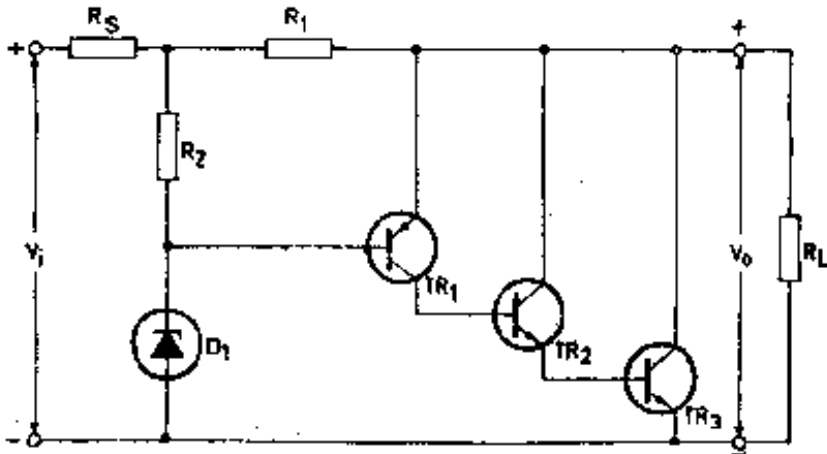


图 1-48 三管并联稳压器的改进电路

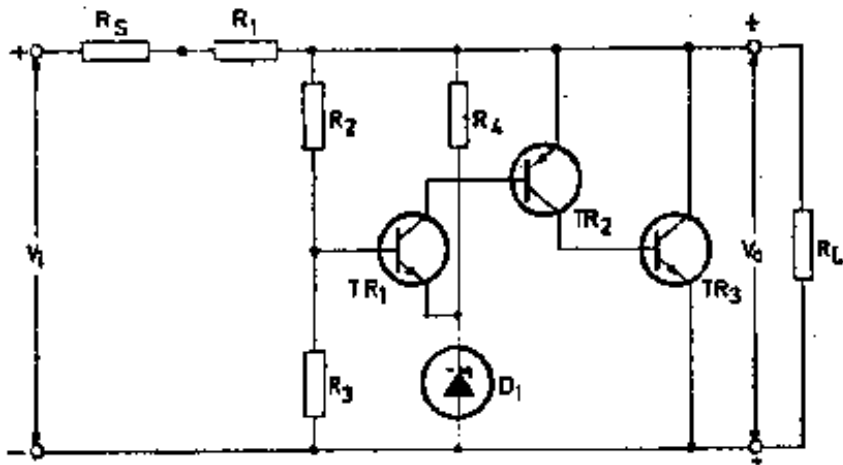


图 1-49 $V_o > V_z$ 的三管并联稳压器电路

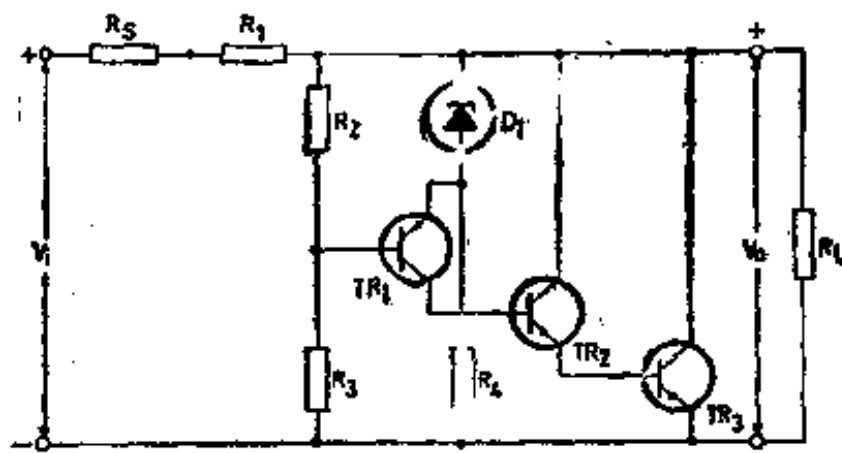


图 1-50 另一种 $V_o > V_z$ 的三管并联稳压器电路

导。

现将图1-49所示电路的温度系数推导如下：

假设： $K = R_3 / (R_2 + R_3)$

$$V_o = \frac{V_z + V_{BE1} + I_z r_z}{K}$$

因此，

$$\frac{dV_o}{dT} = \frac{1}{K} (S_z + S_{TR1}) \quad (1-100)$$

图1-50与图1-45所示的电路具有相同的温度系数。

3. 带有差动放大器的晶体管并联稳压器

由三级以上直接耦合放大器构成的并联稳压器，因负载变化时并联晶体管的耗散功率过大，所以很少采用。

在差动放大器中，晶体管基-射极电压的温度系数能够互相补偿。为了减小晶体管的温度系数对输出电压的影响，可以采用差动放大器。图1-51和1-52绘出两种带有差动放大器的并联稳压器。在这两种电路中，如果把其它元件的温度系数忽略不计，当温度变化时，就只有稳压管的温度系数对稳压器的输

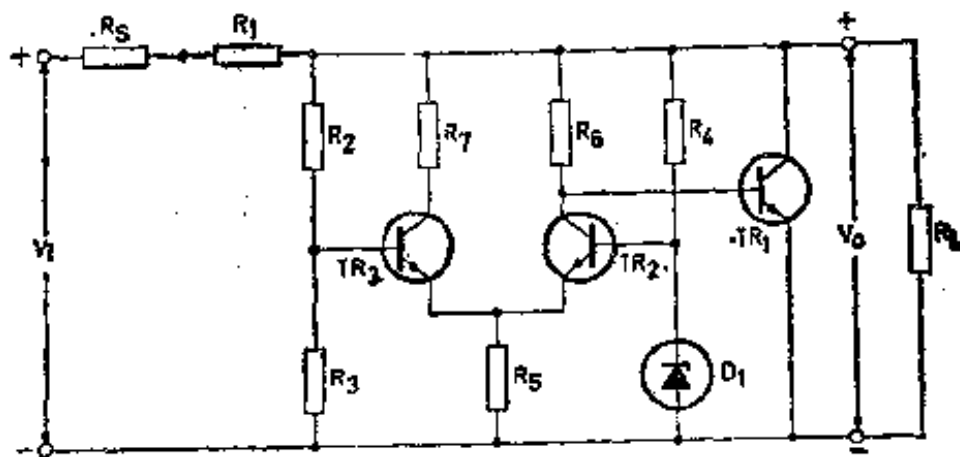


图 1-51 带有差动放大器的并联稳压器

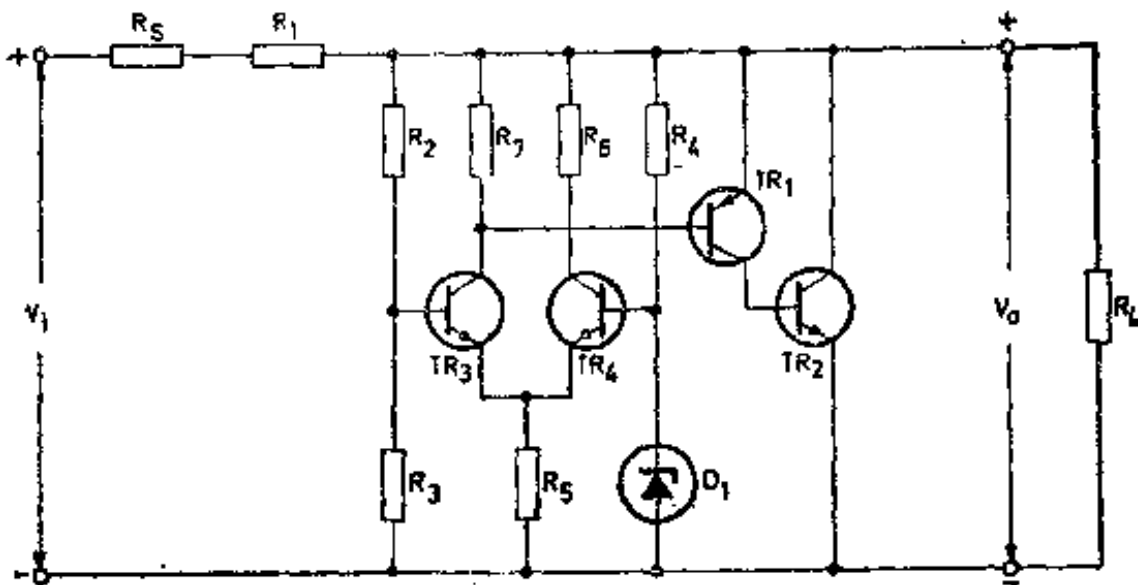


图 1-52 带有差动放大器和复合调整管的并联稳压器

出电压有影响。

四、晶体管并联稳压器的简单评价

当负载电流保持不变时，晶体管并联稳压器具有较高的效率。但是，如果稳压器的负载是可变的，特别是在空载状态下，稳压器的全部输入电能都损耗在串联电阻和并联调整元件上，稳压器的效率非常低。因此，当输出电压需要在较大范围内