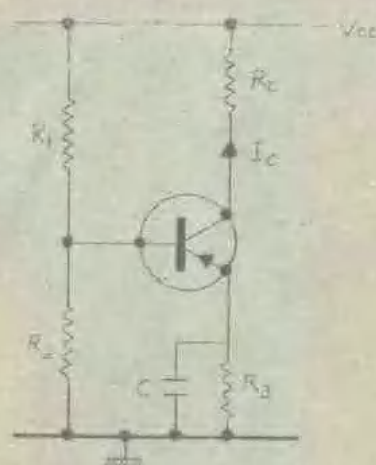


晶体管偏流表

◇◇ 天津市半导体器件厂编译 ◇◇



一九七〇年十月

前 言

随着电子工业的飞速发展，它在国民经济及国防建设中越来越显示出其优越性。而近二年来随着半导体事业的发展，使各种整机的小型化，以及高可靠性方面更有了较大的发展。而这一切都离不开本书所介绍——晶体管偏流电路——晶体管偏流表。

以往在选定偏流电路时，设计者往往要通过繁琐的数学计算来预测各种不同情况（工作温度的变化，晶体管参数的变化等）下偏流电阻，而对所有情况下的偏流电阻值进行计算是不可能的。现在原书作者已经通过电子计算机把各种情况下的偏流电阻值计算出来，只要知道晶体管参数 β 或 $\beta \cdot I_{co}$ ，设计者通过查表就能很快的知道预定的电压 V_{cc} 电流 I_c 下三个偏流电阻值，以及在各种情况下集电极电流的变化。因此它是进行电路设计、制造工作的很有实用价值的工具书。

原书系 E. Wolfendale 所编 "Transistor Bias Tables (Germanium)" 及 "Transistor Bias Tables Volume 2 Silicon" 二书，根据伟大领袖毛主席“洋为中用”的教导，汇编成一册，以供电子工业战线上的战友们参攷。

由于我们水平所限，其中有不少错误之处，请批评指正。

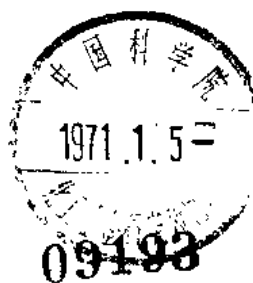
编 者

1970 · 7 · 26 ·

内 容

前 言

一、序言	1
二、如何查表例举	7
三、锗晶体管偏流表	12
四、硅晶体管偏流表	67



一、序 言

通常偏流电路如图 1 所示，其元件 R_c 及 C 决定于放大器的类型，因此超出了表的范围。而 R_1 、 R_2 及 R_3 决定于下面几个因素：

1. 所需的集电极电流 (I_c)。
2. 电源电压 V_{cc} 。
3. 晶体管参数 β 、 I_{co} 及 V_{be} 。
4. β 值的展开 (spread)。
5. 在要求工作区间里晶体管结温 T_j 的范围。

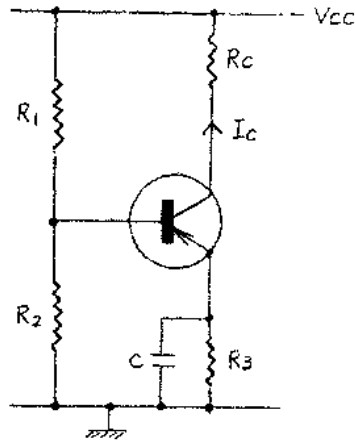


图 1. 通常的偏流电路

下面简要的就 R_1 、 R_2 及 R_3 的选择作些说明：

1. 锗器件列于第 12~46 页，硅器件列于第 67~132 页中。集电极电流 I_c 分 0.1、0.3、1.0、3.0、10、30、100、300 ma 及 1、3、10 A 等 11 档。电源电压 V_{cc} 分 3、6、9、12 及 24V 等 5 档。

2. 锗器件 V_{be} 由图 2 及图 3 查得，硅器件由图 4、图 5 查得。设计人员所用的 V_{be} 一般不给定，因为除了非常低电压，或者非常大电流外，不同的 V_{be} 对偏流电路影响非常小。为了使表不太复杂起见，就不包括其它 V_{be} 值。

3. 锗器件的 β 值分 20、60、200 三档。对于每对 R_1 及 R_2 ， β 值在每页上重复三次。硅器件 β 值分 20、50、100、200 及 300 五档。

由于锗器件 I_{co} 不可忽视，因此每页左面一栏列出 25°C 时

I_{CO} 。对于各种 β 、 R_1 及 R_2 的组合， I_{CO} 重复 9 次，以 μA 为单位， I_C 在 10 ma 以下 I_{CO} 为 $0.1, 1, 3, 5$ 及 $10\text{ }\mu A$ 。 I_C 超过 10 ma 时， I_{CO} 为 $1, 3, 10, 30$ 及 $100\text{ }\mu A$ 。

4. 硅器件每组 β 值有不同的结温范围。温度上限 T_U 为 $55^\circ C$ 、 $100^\circ C$ 及 $150^\circ C$ ，温度下限 T_L 为 $-10^\circ C$ 及 $-40^\circ C$ 。硅器件表中也列出了 $45^\circ C$ 、 $60^\circ C$ 及 $85^\circ C$ 结温时偏流电路的集电极电流 $I_C(T_{45})$ 、 $I_C(T_{60})$ 及 $I_C(T_{85})$ 。

5. 为了预计 β 值展开 (spread) 的影响，在硅器件表中列出了 β 值为原来一半时及为原来 2 倍时的集电极电流 $I_C(\beta/2)$ 、 $I_C(2\beta)$ 。

6. 硅器件表中分别列出了由 R_1 、 R_2 及 R_3 组成的偏流电路在 $25^\circ C$ 下的正常电流 I_{CN} ，以及在该温度范围里 β 展开为正常值的 2.5 倍及下降 2.5 倍时的电流上限 I_{CU} 及下限 I_{CL} ，它是在 β 随温度变化为 $0.5\%/^\circ C$ ， V_{BE} 随温度偏离正常值的变化如图 4 及图 5，三个电阻误差为 5% 且作为最劣条件的极限情形等情况下计算的电流上下限。实际上电阻最优值在 10% 范围变化，但是假定一组三个电阻误差不同，随机选择的话，最劣情况极限就为 10% 误差，因此就选取 5% 误差来计算本表。

注：如果所用晶体管 V_{BE} 与图 4 及图 5 所列的偏离较大的话，那么本表就能用作起始点。请见例 10。

为了方便起见，下面列出计算本表所用的方程式：

$$V_{B0} = \frac{V_{CC} R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

$$R_{B0} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

$$I_B = \frac{I_C - I_{CO}}{\beta} - I_{CO} \quad (3)$$

$$V_b = V_{B0} - I_B R_{B0} \quad (4)$$

$$V_e = V_b - V_{BE} \quad (5)$$

$$I_e = I_C + I_B \quad (6)$$

$$R_3 = \frac{V_e}{I_e} \quad (7)$$

为了计算 β 的展开及不同结温时集电极电流，从 (1) — (7) 式导出：

$$I_C = \frac{\bar{\beta}(V_{b0} - V_{be}) + (\bar{\beta} + 1)(R_{b0} + R_B)I_{C0}}{R_{b0} + R_B + \bar{\beta}R_B} \quad (8)$$

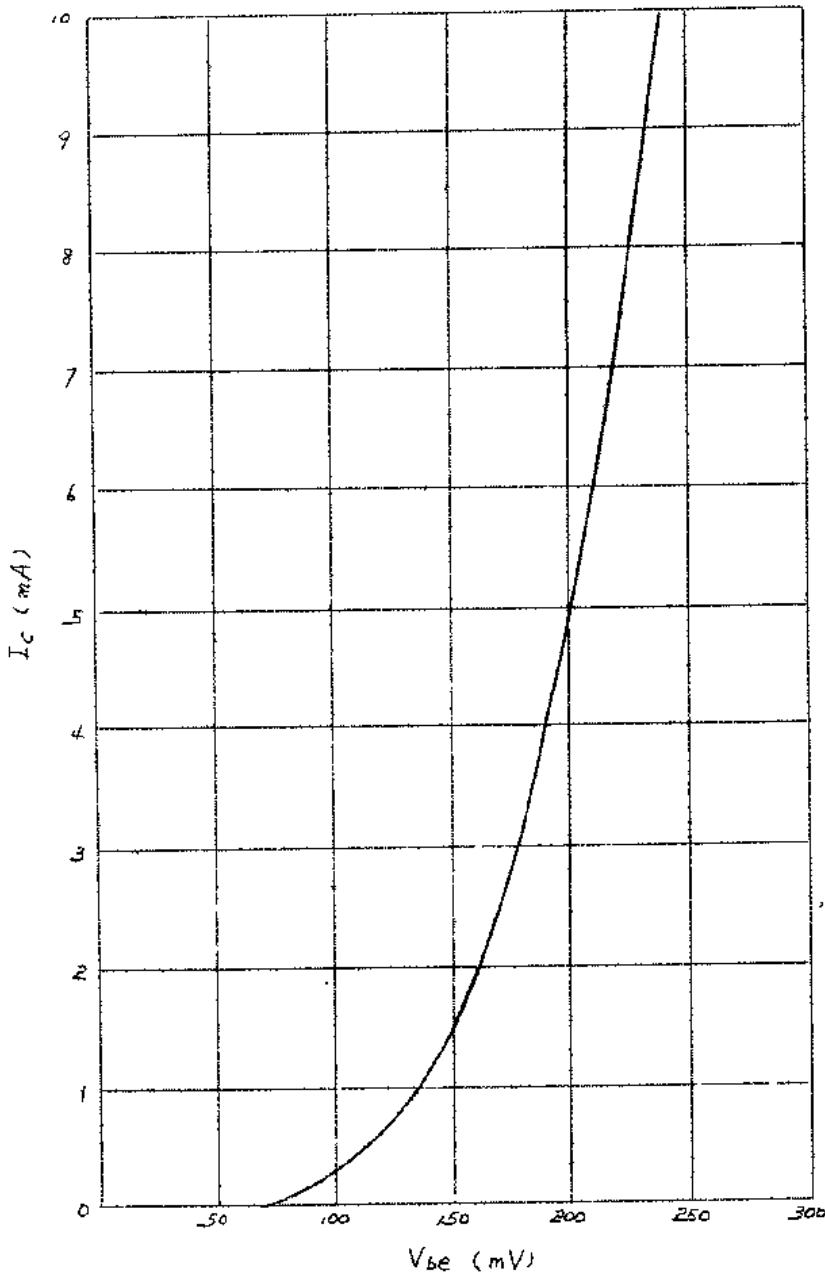


图 2 到 10 ma 为止 I_C/V_{BE} 特性 (Ge)

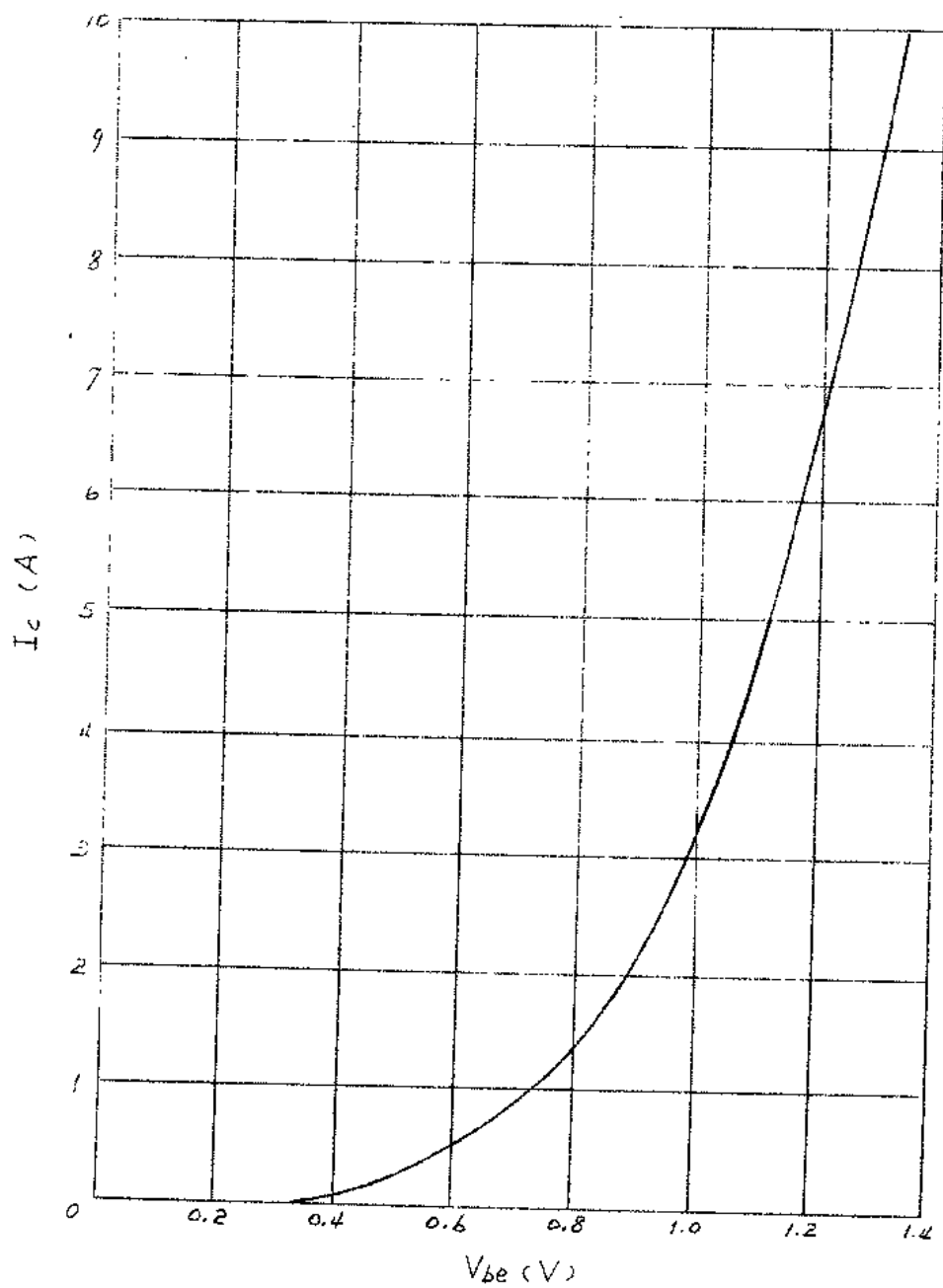


图3. 到 10 A 为止 I_c/V_{be} 特性 (Ge)

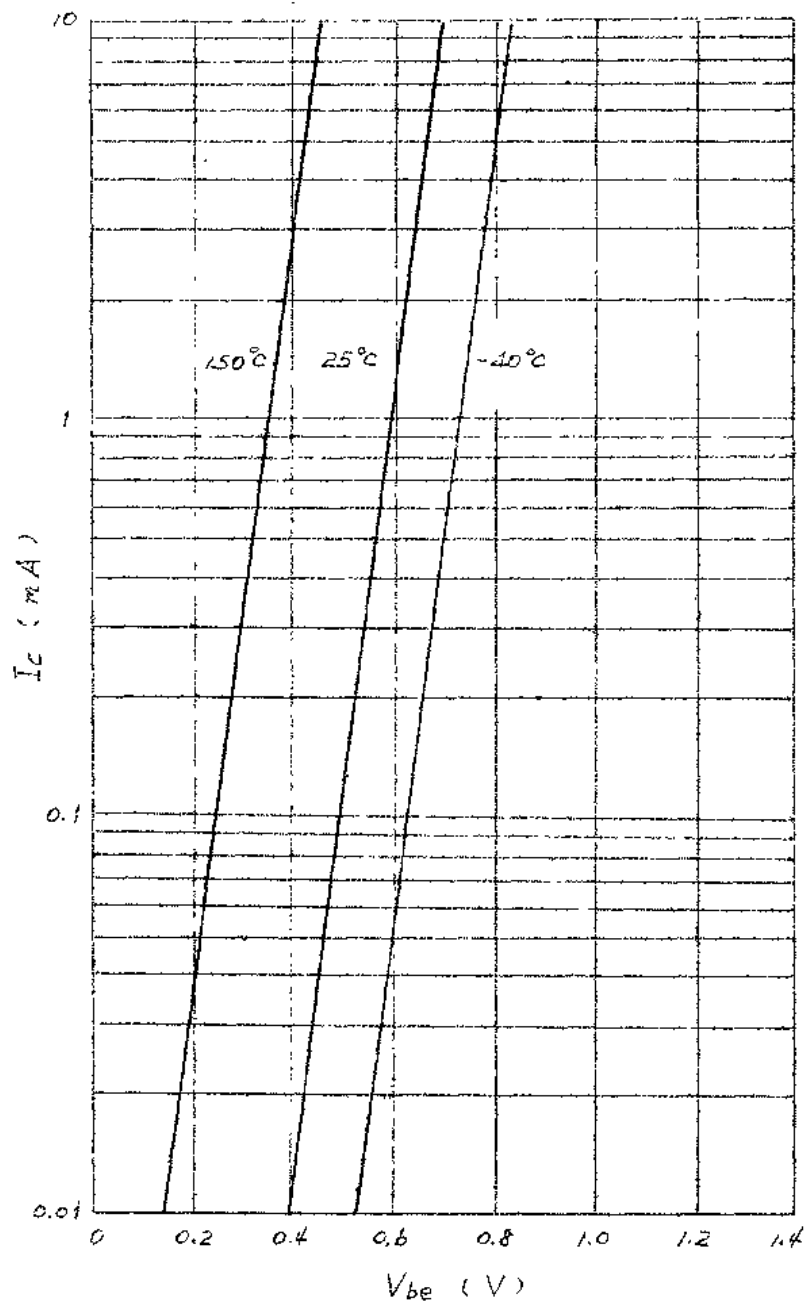


图 4. 到 10 ma 为止 I_c/V_{be} 特性 (Si)

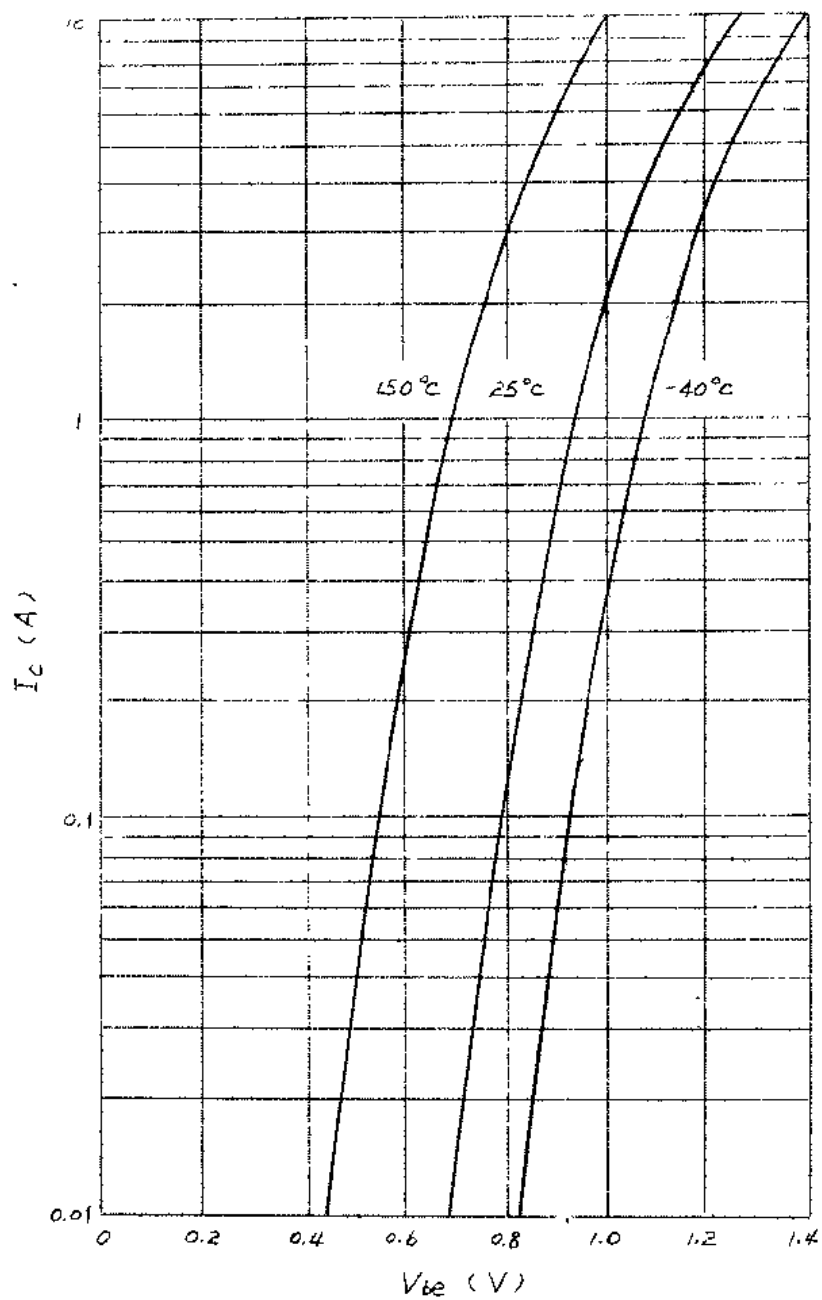


图 5. 到 10 A 为止 I_C/V_{BE} 特性 (Si)

二、如何查表例举

例 1: (一般使用)

某三级放大器, 用普通 $\beta = 60$, $I_{CO} = 3 \mu A$ 的锗晶体管组成, 电源电压为 $9 V$, 最大环境温度为 $35^\circ C$ 。第一级工作在 $0.3 ma$, 第二级为 $1 ma$, 第三级为 $10 ma$, 晶体管热阻 (从结到环境) 为 $0.3^\circ C/mW$ 。

第一级: 翻到第 19 页 $0.3 ma$, $9 V$ 表。由于晶体管耗散较小, 结温几乎与环境温度一样, 从表中查得在 R_1, R_2 为最大值时 $45^\circ C$ 下集电极电流仅仅增加到 $0.35 ma$, 因此从表中可查得:

在 $R_1 = 68 K\Omega$, $R_2 = 27 K\Omega$ 下, 从 $I_{CO} = 3 \mu A$ 处应查得 $R_3 = 8019.549 \Omega$, 取其最优值为 $8.2 K\Omega$, 这时集电极电流正好在 $0.3 ma$ 以下。

第二级: 翻到第 24 页 $1 ma$, $9 V$ 表。这时晶体管耗散仍然很小, 同样查得 $R_1 = 33 K\Omega$, $R_2 = 12 K\Omega$, 取最优值 $R_3 = 2.2 K\Omega$ 。

第三级: 查 34 页 $10 ma$, $9 V$ 表。这时晶体管耗散取决于 R_C 值。假定 $V_{CE} = 3 V$, 耗散就有 $30 mW$, 最大结温就有 $45 \times 30 \times 0.3 = 54^\circ C$ 。在 $60^\circ C$ 时电流只升高到 $10.7 ma$, 因此取 $R_1 = 4.7 K\Omega$, $R_2 = 2.2 K\Omega$, 取最优值 $R_3 = 220 \Omega$ 。

例 2: (低电流, 高温下)

某放大器经受 $0.1 ma$ 电流, 工作温度最高为 $85^\circ C$ 。需要选择适当的晶体管及适当的电源电压。而且电源电压尽可能的低。查第 12 ~ 14 页表较接近。

(1). 如果用 $3 V$ 的电源, 那么显然从 $I_C(T85)$ 下知。将用 I_{CO} 小于 $1 \mu A$ 的晶体管。事实上, 假定要 V_{CE} 较小的话, 电流 (I_{CO}) 变化就需要小于 2 倍。如, 用 $\beta = 60$, $R_1 = 47 K\Omega$, $R_2 = 12 K\Omega$, 那么 $R_3 = 511 K\Omega$ (原文印 $4.7 K\Omega$ 可能印错。编者), $V_E \approx 0.5 V$ 。如果我们用 $R_C = 10 K\Omega$ 的负载电阻, 那么 V_{CE} 就有 $1.5 V$ 。如果电流变成 2 倍的话, 那么晶体管刚好截止 (bottom)。因此最大 I_{CO} 一定要取 $0.1 \mu A$ 。这就是太严格的要求。

(2). 如果用 $9 V$ 电源, $\beta = 60$, 取 $R_1 = 56 K\Omega$, $R_2 = 15 K\Omega$, 那么 $R_3 = 18 K\Omega$, $V_E \approx 1.8 V$ 。用 $R_C = 10 K\Omega$, 在 $25^\circ C$ 时 $V_{CE} = 6.2 V$ 。用 $25^\circ C$ 下 $1 \mu A$ 的 I_{CO} , 如果温度升至 $85^\circ C$, $I_C = 0.4 ma$, 晶体管就截止。当然, 如果取较低 V_E 的第三组值, R_1 与 R_2 分别为 $56 K\Omega$, 那么 $R_3 = 10 K\Omega$, $V_E \approx 1 V$ 。用 $10 K\Omega$ 的 R_C , 在 $25^\circ C$ 时 $V_{CE} = 7 V$ 。取 $25^\circ C$ 时 $1 \mu A$ 的 I_{CO} , 如果温度升至 $85^\circ C$, 那么 $V_{CE} = 9 - 0.41 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^3 = 0.8 V$, 晶体管就明显的截止。

例3: (β 展升下大电流)

某放大器需要工作在3A电流通过1 Ω 的负载情况下,电源电压为6V,所用的功率晶体管平常 β 为20, β 从20展升到40。

翻至第58页,用第一组 $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 10\Omega$, 最优值 $R_3 = 0.39\Omega$ 。在平常 β 值下 $V_{ce} = 6 - 3 \times 1.39 \approx 1.8V$ 。在最大 β 值下, $I_c = 3.76A$, 因此 $V_{ce} = 6 - 3.76 \times 1.39 \approx 0.8V$, 就非常接近于截止。然而如果取第三组 $R_1 = 5.6\Omega$, $R_2 = 2.2\Omega$, $R_3 = 0.15\Omega$, 那么在最大 β 值下, $V_{ce} = 6 - 3.7 \times 1.15 = 1.8V$ 。

例4: (β 值在本表所列值之间的晶体管)

需要置偏某晶体管于10ma,用3V电源。该晶体管平常 β 为100,平常情况下 I_{co} 为3 μA 。

翻到本表第32页,第一组 R_1 与 R_2 分别用3.3K Ω 及1.8K Ω ,对应于 β 为20, 60及200下 R_3 分别为23, 62及76 Ω 。很明显23与62之差要大于62与76之差,因此 R_3 与 β 关系是非线性的。

β 为100粗略的为60与200之差,为了符合非线性起见,取 R_3 的中间值,得到69 Ω ,其最优值为68 Ω 。

例5: (集电极电流处于本表所列值之间)

需置偏某晶体管于200ma,用12V电源,晶体管在平常情况下 β 为60, I_{co} 为10 μA 。

表中集电极电流最接近的数值为100ma及300ma。如果100ma偏流电路的稳定度比所需要的好的话,那么就能从100ma起向上工作。然而,如果稳定度等于或者比所需要的差的话,那么就从小300ma起向下工作。二种情况如下:

(1). 第45页得出100ma, 12V。取第一组 R_1 , R_2 分别为820 Ω 及390 Ω , 100ma下 R_3 为29.6 Ω 。但是,如果电流变成二倍的话,就会由于基极电流的增加而使 V_b 值减少,这就等于 β 值减少一半。因此 R_3 值就近似为24 Ω 的一半,即 $R_3 = 12\Omega$ 。如果计算的话实际数值为12.6 Ω 。

(2). 第50页为300ma, 12V。取第一组 R_1 , R_2 分别为330 Ω 及150 Ω , 8.8 Ω 的 R_3 就得到300ma的电流。但是如果把电流减少到200ma,这就势必减少基极电流,就相当于 β 增加2/2的因子。就本看到这对 R_3 影响非常小。因此,为了具备200ma电流, R_3 近似的为 $8.8 \times 2/2 = 13.2\Omega$ 。最优值为12 Ω ,这个值下得229ma的集电极电流。

例6: (电源电压在表中值之间)

某锗晶体管平常 β 为 40, 平常 I_{C0} 为 $30 \mu A$, 要偏置得 300 ma 的集电极电流, 电源电压为 18 V 。

查 50, 51 页表。包括 R_1 及 R_3 的改变。由于 18 V 为 12 V 与 24 V 的中间, 因此取表中所列 R_1 值的中间值, 即 455Ω , 最优值为 470Ω 。类似的方法 $R_3 = 10 \Omega$, $R_2 = 150 \Omega$ 。实际上, 如果计算的话, $R_3 = 10.6 \Omega$ 。

例 7: (硅晶体管的一般用途)

某单级放大器需 30 ma 的静止电流, 集电极对发射极电压 V_{CE} 为 6 V 。所用晶体管 β 为 50, 从结到环境热阻为 0.25°C/mW 。该放大器需要工作在从 -20°C 到 $+45^\circ \text{C}$ 的环境温度里。电源电压为 18 V 。查 101 页 30 ma , 18 V 表。 V_{CE} 为 6 V 的晶体管耗散等于 180 mW 。因此结温上升到环境温度以上, $180 \times 0.25 = 45^\circ \text{C}$ 。因此该晶体管的结温从 25°C 到 90°C 变化。表中较合适部分为 $T_L = -10$, $T_U = 100^\circ \text{C}$ 那一部分。在 $\beta = 50$ 下, $R_1 = 2200 \Omega$, $R_2 = 560 \Omega$ 及 $R_3 = 82 \Omega$ 。在最劣情形下, 该放大器电流将从最小 21.77 ma 变化到最大 41.48 ma 。发射极电压 $V_E = 82 \times 30 \times 10^{-3} = 2.46 \text{ V}$ 。因此, 为了得到 6 V 的 V_{CE} , 集电极中负载电阻 $R_C = (18 - 6 - 2.46) / 30 \times 10^{-3} = 318 \Omega$ 。最优值为 330Ω 。

例 8: (集电极电流为表中所列值之间)

假定在上面例子中, 该放大器所需要电流为 20 ma 。那么就可以从 25 页及 101 页表中用外推法来求得这几个电阻值。这里必须记住, 由于本表值为最佳值, 发射极电压不是常数, 当外推 R_3 值时必须考虑。因此, 最好把三个电阻数值, 以及平常集电极电流 I_{CN} 乘 R_3 的发射极电压列一表。从 $\beta = 50$, $T_L = -10$, $T_U = 100^\circ \text{C}$, $V_{CE} = 18 \text{ V}$, 就得下列数据。

	R_1	R_2	R_3	V_E
10 ma	5600	1200	220	2.2
30 ma	2200	560	82	2.35
差数	3400	640	138	
差/2	1700	320	69	
20 ma	3900	880	151	

取最优值, 在 20 ma 时, $R_1 = 3900$, $R_2 = 820 \Omega$ 。由于 R_2 值小于上面计算的值, 再由于 10 ma 下 V_E 值小于 30 ma 下 V_E 值, 那么 R_3 就必须小于最优值 150Ω , 实际上 $R_3 = 120 \Omega$ 。这样就

到稍微小于所希望的 20 ma 的集电极电流。曾用这种方法得到的偏流电路，用式 (1)，(2) 及 (8) 对集电极电流值来进行校核。从 (1) 式， $V_{b0} = 18 \times 820 / 4720 = 3.12 \text{ V}$ ，从 (2) 式， $R_{b0} = 3900 \times 820 / 4720 = 680 \Omega$ ，由图 5， $V_{be} = 0.74 \text{ V}$ ，前面已经谈到在大电流下 (8) 式中 I_{C0} 可以忽略，所以

$$I_C = 50 \frac{(3.12 - 0.74)}{680 + 120 + 50 \times 120} = 17.6 \text{ ma}$$

实际上这表明，必须减小 R_3 的最优值，当 $I_C = 20.8 \text{ ma}$ 时， R_3 的另一数值为 100Ω 。集电极电流的展开也具有表中所列 10 ma 到 30 ma 同样的百分数展开，即 30%。

例 9：(电源电压为表中所列值之间)

假定例 7 中电源电压为 15 V，这就为 100 页与 101 页表之间。与例 8 的过程一样，首先把可能查到的数据列表。在这种情况下，发射极电压就不需要了，因为它明显的随电压变化。

	R_1	R_2	R_3
18 V	2200	560	82
12 V	1200	270	47
差数	1000	290	35
差/2	500	145	17.5
15 V	1700	415	64.5

最优值为 $R_1 = 1800 \Omega$ ， $R_2 = 470 \Omega$ ， $R_3 = 68 \Omega$ 。用式 (1)，(2) 及 (8) 来校核由这三电阻得到的集电极电流，忽略 (8) 式中 I_{C0} 项。由 (1) 式， $V_{b0} = 15 \times 470 / 2270 = 3.1 \text{ V}$ 。由式 (2)， $R_{b0} = 1800 \times 470 / 2270 = 373 \Omega$ 。由图 5， $V_{be} = 0.74 \text{ V}$ ，由 (8) 式 $I_C = 50 (3.1 - 0.74) / (373 + 68 + 50 \times 68) = 30.8 \text{ ma}$ 。如果所用晶体管的 V_{be} 与图 4，图 5 查得的值差距较大的话，那么偏流电路就按下面例子所示的来进行调整。

例 10：(V_{be} 与图 4 及图 5 中不同)

例 7 中晶体管 V_{be} 相当大，工作在 9 V 的电源电压，30 ma 下， $V_{be} = 1.2 \text{ V}$ 。

由 99 页 $\beta = 50$ ， $T_L = -10^\circ \text{C}$ ， $T_U = 100^\circ \text{C}$ 表，得 $R_1 = 820 \Omega$ ， $R_2 = 330 \Omega$ ， $R_3 = 56 \Omega$ 。由图 5 查得 $V_{be} = 0.74 \text{ V}$ ， $V_e = I_{CN} \times R_3 = 29.78 \times 10^{-3} \times 56 = 1.66 \text{ V}$ 。由于 $V_{be} = 1.2 \text{ V}$ ， V_e 就从 1.66 V 减少

到 1.2 V. 因此 $R_3 = 1.2 / 29.78 \times 10^{-3} = 40.3 \Omega$, 最优值为 39Ω .

这样就会减小电路的稳定度, 其展开就会大于表中所示的 30%。为了保持稳定度, 换一途径是增加 V_{b0} 以抵消 V_{be} 值的增加。

令 $R_1 + R_2$ 近似的为常数, 设 $R_2 = 390$, 那么 $V_{b0} = 9 \times 390 / 1210 = 2.9 \text{ V}$, 比较原来的 V_{b0} , $9 \times 330 / 1150 = 2.58 \text{ V}$, V_{b0} 增加了, 因此忽略 R_{b0} 中较小的变化, V_e 就已经减少了 0.14 V, $R_3 = 1.52 / 29.78 \times 10^{-3} = 51 \Omega$. 取最优值为 47Ω .

如果所用晶体管的 V_{be} 小于图 4, 图 5 中的值, 那么能够由增 R_3 适当量, 来改善稳定度, 因此 R_1 与 R_2 值就保持不变。

三、锗晶体管偏流表

$I_c = 1 \text{ ma}$

$V_{cc} = 3 \text{ V}$

I_{co}	R_3	$I_c (\beta/2)$	$I_c (2\beta)$	$I_c (T_{45})$	$I_c (T_{60})$	$I_c (T_{85})$
$\beta = 20$	$R_1 = 100000$	$R_2 = 27000$				
.1	4372.215	.0815	.1128	.1093	.1218	.2069
1.0	4606.242	.0822	.1122	.1282	.2028	.9491
3.0	5139.564	.0835	.1110	.1661	.3651	2.4361
5.0	5695.341	.0847	.1101	.1992	.5068	3.7341
10.0	7192.851	.0872	.1081	.2661	.7930	6.3563
$\beta = 60$	$R_1 = 100000$	$R_2 = 27000$				
.1	5213.645	.0928	.1041	.1093	.1218	.2069
1.0	5454.311	.0931	.1039	.1282	.2028	.9491
3.0	6005.118	.0936	.1035	.1661	.3651	2.4361
5.0	6579.117	.0941	.1032	.1992	.5068	3.7341
10.0	8125.726	.0952	.1026	.2661	.7930	6.3563
$\beta = 200$	$R_1 = 100000$	$R_2 = 27000$				
.1	5520.964	.0977	.1012	.1093	.1218	.2069
1.0	5764.425	.0978	.1011	.1282	.2028	.9491
3.0	6221.627	.0980	.1010	.1661	.3651	2.4361
5.0	6702.229	.0981	.1010	.1992	.5068	3.7341
10.0	8466.852	.0985	.1008	.2661	.7930	6.3563
$\beta = 20$	$R_1 = 47000$	$R_2 = 12000$				
.1	4655.862	.0883	.1071	.1087	.1185	.1724
1.0	4785.091	.0886	.1069	.1200	.1668	.6146
3.0	5080.852	.0892	.1065	.1438	.2687	1.5428
5.0	5389.066	.0897	.1062	.1661	.3640	2.4218
10.0	6219.532	.0909	.1054	.2158	.5769	4.3727
$\beta = 60$	$R_1 = 47000$	$R_2 = 12000$				
.1	5121.933	.0956	.1023	.1087	.1185	.1724
1.0	5255.399	.0957	.1023	.1200	.1668	.6146
3.0	5560.857	.0960	.1021	.1438	.2687	1.5428
5.0	5879.177	.0962	.1020	.1661	.3640	2.4218
10.0	6736.871	.0966	.1018	.2158	.5769	4.3727
$\beta = 200$	$R_1 = 47000$	$R_2 = 12000$				
.1	5292.362	.0986	.1007	.1087	.1185	.1724
1.0	5427.378	.0987	.1007	.1200	.1668	.6146
3.0	5736.382	.0987	.1006	.1438	.2687	1.5428
5.0	6058.397	.0988	.1006	.1661	.3640	2.4218
10.0	6926.048	.0990	.1005	.2158	.5769	4.3727
$\beta = 20$	$R_1 = 47000$	$R_2 = 6800$				
.1	2622.654	.0877	.1075	.1145	.1288	.1924
1.0	2700.501	.0880	.1073	.1263	.1795	.6597
3.0	2878.667	.0886	.1069	.1510	.2864	1.6426
5.0	3064.334	.0892	.1065	.1740	.3856	2.5556
10.0	3564.603	.0905	.1056	.2249	.6052	4.5770
$\beta = 60$	$R_1 = 47000$	$R_2 = 6800$				
.1	2903.414	.0954	.1025	.1145	.1288	.1924
1.0	2983.813	.0955	.1024	.1263	.1795	.6597
3.0	3167.820	.0958	.1023	.1510	.2864	1.6426
5.0	3259.575	.0960	.1021	.1740	.3856	2.5556
10.0	3876.247	.0965	.1019	.2249	.6052	4.5770
$\beta = 200$	$R_1 = 47000$	$R_2 = 6800$				
.1	3006.080	.0986	.1007	.1145	.1288	.1924
1.0	3087.413	.0986	.1007	.1263	.1795	.6597
3.0	3273.556	.0987	.1007	.1510	.2864	1.6426
5.0	3467.536	.0987	.1006	.1740	.3856	2.5556
10.0	3990.206	.0989	.1006	.2249	.6052	4.5770

$I_c = .1 \text{ ma}$

$V_{cc} = 6 \text{ V}$

I_{c0}	R_3	$I_c(\beta/2)$	$I_c(2\beta)$	$I_c(T45)$	$I_c(T60)$	$I_c(T85)$
$\beta = 20$	$R_1 = 100000$	$R_2 = 33000$				
.1	12319.623	.0884	.1070	.1041	.1104	.1580
1.0	12657.184	.0887	.1068	.1154	.1583	.5957
3.0	13429.745	.0893	.1064	.1372	.2596	1.5213
5.0	14234.825	.0898	.1061	.1614	.3544	2.3872
10.0	16404.106	.0910	.1053	.2113	.5667	4.3257
$\beta = 60$	$R_1 = 100000$	$R_2 = 33000$				
.1	13537.055	.0957	.1023	.1041	.1104	.1580
1.0	13885.683	.0958	.1022	.1154	.1583	.5957
3.0	14683.574	.0960	.1021	.1392	.2596	1.5213
5.0	15515.060	.0962	.1020	.1614	.3544	2.3872
10.0	17755.455	.0967	.1018	.2113	.5667	4.3257
$\beta = 200$	$R_1 = 100000$	$R_2 = 33000$				
.1	13982.235	.0987	.1007	.1041	.1104	.1580
1.0	14334.910	.0987	.1007	.1154	.1583	.5957
3.0	15142.064	.0988	.1006	.1392	.2596	1.5213
5.0	15983.202	.0988	.1006	.1614	.3544	2.3872
10.0	18249.604	.0990	.1005	.2113	.5667	4.3257
$\beta = 20$	$R_1 = 47000$	$R_2 = 15000$				
.1	12593.098	.0920	.1045	.1038	.1087	.1415
1.0	12810.914	.0921	.1045	.1113	.1408	.4346
3.0	13309.540	.0924	.1043	.1276	.2104	1.0706
5.0	13829.129	.0927	.1041	.1435	.2778	1.6864
10.0	15229.134	.0923	.1038	.1810	.4373	3.1436
$\beta = 60$	$R_1 = 47000$	$R_2 = 15000$				
.1	13378.795	.0971	.1015	.1038	.1087	.1415
1.0	13603.793	.0971	.1015	.1113	.1408	.4346
3.0	14118.736	.0972	.1014	.1276	.2104	1.0706
5.0	14655.362	.0973	.1014	.1435	.2778	1.6864
10.0	16101.269	.0976	.1013	.1810	.4373	3.1436
$\beta = 200$	$R_1 = 47000$	$R_2 = 15000$				
.1	13666.106	.0991	.1005	.1038	.1087	.1415
1.0	13893.715	.0991	.1004	.1113	.1408	.4346
3.0	14414.637	.0991	.1004	.1276	.2104	1.0706
5.0	14957.491	.0992	.1004	.1435	.2778	1.6864
10.0	16420.184	.0993	.1004	.1810	.4373	3.1436
$\beta = 20$	$R_1 = 47000$	$R_2 = 8200$				
.1	7456.295	.0919	.1046	.1058	.1122	.1480
1.0	1587.551	.0920	.1045	.1134	.1447	.4456
3.0	7887.952	.0923	.1044	.1299	.2153	1.0908
5.0	8201.001	.0926	.1042	.1459	.2835	1.7149
10.0	9044.494	.0932	.1038	.1837	.4447	2.1889
$\beta = 60$	$R_1 = 47000$	$R_2 = 8200$				
.1	7929.678	.0971	.1015	.1058	.1122	.1480
1.0	8065.237	.0971	.1015	.1134	.1447	.4456
3.0	8375.487	.0972	.1015	.1299	.2153	1.0908
5.0	8698.800	.0973	.1014	.1459	.2835	1.7149
10.0	9564.949	.0975	.1013	.1837	.4447	2.1889
$\beta = 200$	$R_1 = 47000$	$R_2 = 8200$				
.1	8102.780	.0991	.1005	.1058	.1122	.1480
1.0	8239.914	.0991	.1005	.1134	.1447	.4456
3.0	8553.765	.0991	.1004	.1299	.2153	1.0908
5.0	8880.831	.0992	.1004	.1459	.2835	1.7149
10.0	9762.093	.0992	.1004	.1837	.4447	2.1889

$$I_c = .1 \text{ ma} \quad V_{cc} = 9 \text{ V}$$

I_{c0}	R_3	$I_c (\beta/2)$	$I_c (2\beta)$	$I_c (T45)$	$I_c (T60)$	$I_c (T86)$
$\beta = 20$	$R_1 = 100000$	$R_2 = 33000$				
.1	19415.871	.0907	.1054	.1028	.1075	.1442
1.0	19817.943	.0909	.1053	.1117	.1451	.4880
3.0	20733.148	.0913	.1050	.1308	.2262	1.2275
5.0	21697.100	.0916	.1048	.1490	.3037	1.9348
10.0	24280.941	.0924	.1043	.1913	.4834	3.5754
$\beta = 60$	$R_1 = 100000$	$R_2 = 33000$				
.1	20865.967	.0966	.1018	.1028	.1075	.1442
1.0	21281.221	.0967	.1018	.1117	.1451	.4880
3.0	22231.597	.0968	.1017	.1308	.2262	1.2275
5.0	23221.987	.0969	.1016	.1490	.3037	1.9348
10.0	25890.546	.0972	.1014	.1913	.4834	3.5754
$\beta = 200$	$R_1 = 100000$	$R_2 = 33000$				
.1	21396.225	.0989	.1005	.1028	.1075	.1442
1.0	21816.300	.0990	.1003	.1117	.1451	.4880
3.0	22777.709	.0990	.1005	.1308	.2262	1.2275
5.0	23779.598	.0990	.1005	.1490	.3037	1.9348
10.0	26479.133	.0991	.1004	.1913	.4834	3.5754
$\beta = 20$	$R_1 = 56000$	$R_2 = 15000$				
.1	16859.677	.0927	.1041	.1030	.1071	.1362
1.0	17120.501	.0928	.1040	.1098	.1361	.4012
3.0	17717.439	.0931	.1039	.1247	.1994	.9792
5.0	18329.511	.0933	.1038	.1392	.2611	1.5427
10.0	20015.650	.0938	.1034	.1739	.4089	2.8914
$\beta = 60$	$R_1 = 56000$	$R_2 = 15000$				
.1	17800.354	.0974	.1014	.1030	.1071	.1362
1.0	18069.731	.0974	.1013	.1098	.1361	.4012
3.0	18686.240	.0975	.1013	.1247	.1994	.9792
5.0	19228.708	.0976	.1013	.1392	.2611	1.5427
10.0	21059.202	.0978	.1012	.1739	.4089	2.8914
$\beta = 200$	$R_1 = 56000$	$R_2 = 15000$				
.1	18144.333	.0992	.1004	.1030	.1071	.1362
1.0	18416.336	.0992	.1004	.1098	.1361	.4012
3.0	19040.503	.0992	.1004	.1247	.1994	.9792
5.0	19690.429	.0993	.1004	.1392	.2611	1.5427
10.0	21441.619	.0993	.1003	.1739	.4089	2.8914
$\beta = 20$	$R_1 = 56000$	$R_2 = 8200$				
.1	9910.105	.0927	.1041	.1045	.1098	.1411
1.0	10065.221	.0928	.1041	.1114	.1391	.4088
3.0	10420.229	.0930	.1039	.1264	.2030	.9926
5.0	10790.134	.0932	.1038	.1410	.2652	1.5612
10.0	11787.008	.0938	.1035	.1759	.4139	2.9208
$\beta = 60$	$R_1 = 56000$	$R_2 = 8200$				
.1	10469.540	.0973	.1014	.1045	.1098	.1411
1.0	10629.742	.0974	.1014	.1114	.1391	.4088
3.0	10996.389	.0975	.1013	.1264	.2030	.9926
5.0	11278.474	.0976	.1013	.1410	.2652	1.5612
10.0	12407.980	.0978	.1012	.1759	.4139	2.9208
$\beta = 200$	$R_1 = 56000$	$R_2 = 8200$				
.1	10674.109	.0992	.1004	.1045	.1098	.1411
1.0	10836.171	.0992	.1004	.1114	.1391	.4088
3.0	11207.074	.0992	.1004	.1264	.2030	.9926
5.0	11593.594	.0992	.1004	.1410	.2652	1.5612
10.0	12635.053	.0993	.1004	.1759	.4139	2.9208