

# 晶体管偏置

晶体管偏置是将晶体管直流工作电压或电流条件设置为正确水平的过程，以便晶体管可以正确放大任何交流输入信号

双极晶体管的稳态操作在很大程度上取决于其基极电流、集电极电压和集电极电流值。因此，如果晶体管要作为线性放大器正确运行，则必须在其工作点附近正确偏置，因为不正确的晶体管偏置将导致输出失真。

建立正确的工作点需要选择偏置电阻器和负载电阻器，以提供适当的输入电流和集电极电压条件。双极晶体管（NPN 或 PNP）的正确偏置点通常位于相对于其沿直流负载线“完全导通”或“完全截止”的两个极端操作之间的某个位置。该中心工作点称为“静态工作点”，简称**Q点**。

当双极晶体管被偏置使得 Q 点接近其工作范围的中间时，即大约截止和饱和之间的中间，它被称为作为 A 类放大器运行。这种工作模式允许输出电压在放大器 Q 点附近增加和减少，而不会在输入信号在一个完整周期内摆动时出现失真。换句话说，输出在整个 360 °的输入周期内可用。

**那么我们如何设置晶体管的 Q 点偏置呢？** – 晶体的正确偏置是通过通常称为**基极偏置**的过程来实现的。

但在我们开始研究可能的不同**晶体管偏置**布置之前，我们首先提醒自己一个基本的单晶体管电路及其电压和电流，如左图所示。

“DC Bias level”的功能是通过将其集电极电流（ IC ）设置为恒定且稳定的状态值来正确设置晶体管的Q点，而无需向晶体管基极施加任何外部输入信号。

该稳态或直流工作点由电路直流电源电压（ Vcc ）的值和连接晶体管基极端子的任何偏置电阻器的值设置。

由于晶体管基极偏置电流是稳态直流电流，因此适当使用耦合和旁路电容器将有助于阻止来自其他晶体管级的任何偏置电流影响下一级的偏置条件。基极偏置网络可用于共基极 (CB)、共集电极 (CC) 或共发射极 (CE) 晶体管配置。在这个简单的晶体管偏置教程中，我们将了解可用于共发射极放大器的不同偏置布置。

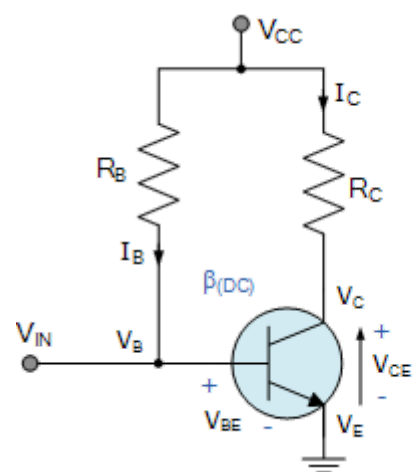
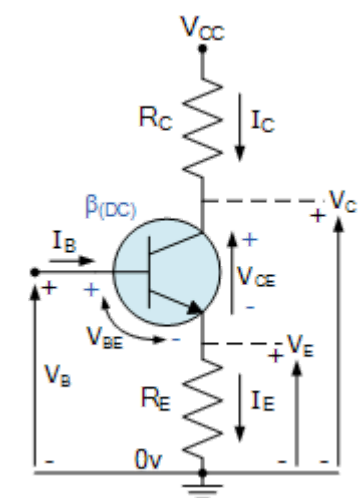
## 共发射极晶体管偏置

晶体管电路最常用的偏置电路之一是发射极偏置电路的自偏置，其中一个或多个偏置电阻器用于设置三个晶体管电流的初始直流值（ $I_B$ ），（ $I_C$ ）和（ $I_E$ ）。

双极晶体管偏置的两种最常见形式是：*Beta 相关偏置*和*Beta 独立偏置*。晶体管偏置电压在很大程度上取决于晶体管贝塔（ $\beta$ ），因此一个晶体管的偏置设置可能不一定与另一晶体管相同，因为它们的贝塔值可能不同。晶体管偏置可以通过使用单个反馈电阻器或使用简单的分压器网络来提供所需的偏置电压来实现。

以下是来自单电源（ $V_{CC}$ ）的晶体管基极偏置配置五个示例。

### 固定基极偏置晶体管



$$\begin{aligned} V_C &= V_{CC} - (I_C R_C) \\ V_{CE} &= V_C - V_E \\ V_E &= 0V \\ V_B &= V_{BE} \\ I_B &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \\ I_C &= \beta_{(DC)} I_B \\ I_E &= (I_C + I_B) \cong I_C \end{aligned}$$

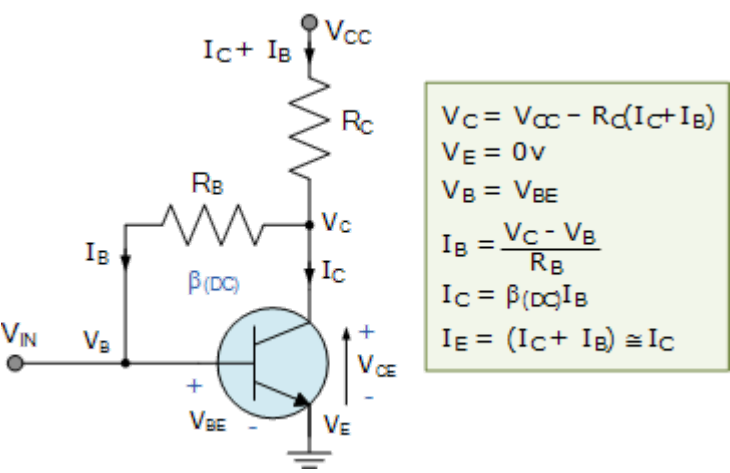
所示电路被称为“固定基极偏置电路”，因为晶体管基极电流 $I_B$ 对于给定的 $V_{CC}$ 值保持恒定，因此晶体管工作点也必须保持固定。这两个电阻偏置网络用于使用固定电流偏置建立晶体管的初始工作区域。

这种类型的晶体管偏置布置也是 $\beta$ 相关偏置，因为工作的稳态条件是晶体管 $\beta$ 值的函数，因此对于与晶体管特性相同类型的晶体管，偏置点将在很宽的范围内变化。晶体管不会完全相同。

通过限流电阻器 $R_B$ 施加所需的正基极偏置电压，对晶体管的发射极二极管进行正向偏置。假设使用标准双极晶体管，正向基极-发射极压降将为 0.7V。那么 $R_B$ 的值就是： $(V_{CC} - V_{BE}) / I_B$ ，其中 $I_B$ 定义为 $I_C / \beta$ 。

利用这种单电阻器类型的偏置布置，偏置电压和电流在晶体管工作期间不会保持稳定并且可能变化很大。此外，晶体管的工作温度也会对工作点产生不利影响。

## 收集器反馈偏置



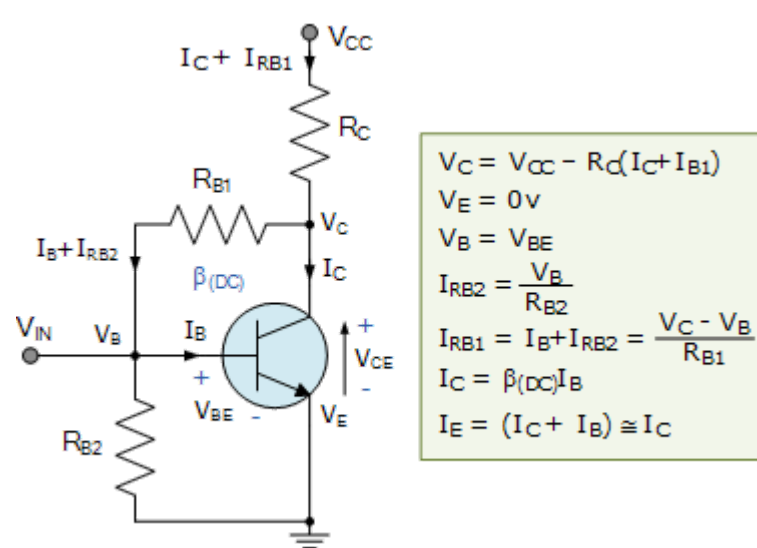
这种自偏置集电极反馈配置是另一种依赖 $\beta$ 的偏置方法，它需要两个电阻器来为晶体管提供必要的直流偏置。集电极到基极反馈配置可确保晶体管始终在有源区偏置，无论 Beta ( $\beta$ ) 的值如何。DC基极偏置电压源自集电极电压 $V_C$ ，从而提供良好的稳定性。

在此电路中，基极偏置电阻器 $R_B$ 连接到晶体管集电极C，而不是连接到电源电压轨 $V_{CC}$ 。现在，如果集电极电流增加，集电极电压就会下降，从而减少基极驱动，从而自动减少集电极电流以保持晶体管 Q 点固定。因此，这种集电极反馈偏置方法会在晶体管周围产生负反馈，因为通过电阻器 $R_B$ 从输出端子到输入端子存在直接反馈。

由于偏置电压源自负载电阻器 $R_L$ 两端的电压降，因此如果负载电流增加， $R_L$ 两端的电压降将会变大，集电极电压 $V_C$ 也会相应降低。这种效应将导致基极电流 $I_B$ 相应下降，进而使 $I_C$ 恢复正常。

当晶体管集电极电流减小时，也会发生相反的反应。这种偏置方法称为自偏置，使用这种反馈偏置网络的晶体管稳定性通常适合大多数放大器设计。

## 双反馈晶体管偏置

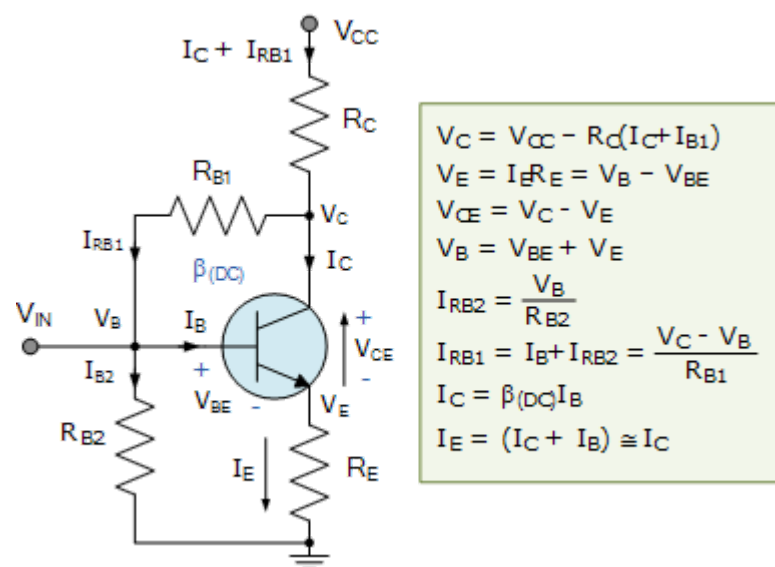


通过增加流过基极偏置电阻的电流，向先前配置的基极偏置网络添加一个额外的电阻器，可以进一步提高针对 Beta (  $\beta$  ) 变化的稳定性。

流经  $R_{B1}$  的电流通常设置为等于集电极电流  $I_C$  的约10%的值。显然它也必须大于 Beta 最小值所需的基极电流  $\beta$ 。

这种类型的自偏置配置的优点之一是两个电阻器同时提供自动偏置和  $R_f$  反馈。

## 发射器反馈配置



这种类型的晶体管偏置配置通常称为自发射极偏置，它使用发射极和基极-集电极反馈来进一步稳定集电极电流。这是因为电阻器 $R_{B1}$ 和 $R_E$ 以及晶体管的基极-发射极结均与电源电压 $V_{CC}$ 有效串联。

这种发射极反馈配置的缺点是，由于基极电阻连接，它会降低输出增益。集电极电压决定流过反馈电阻 $R_{B1}$ 的电流，产生所谓的“退化反馈”。

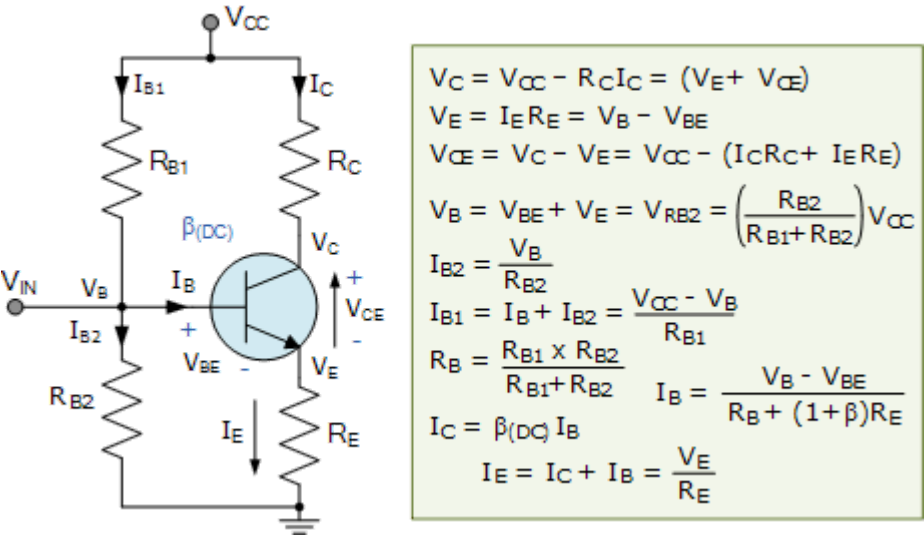
从发射极流出的电流 $I_E$ （它是 $I_C + I_B$ 的组合）会导致 $RE$ 两端出现电压降，其方向是反向偏置基极-发射极结。

因此，如果发射极电流增加，由于集电极电流增加，压降 $I \cdot R_E$ 也会增加。由于该电压的极性反向偏置基极-发射极结，因此 $I_B$ 自动减小。因此，发射极电流的增加量小于没有自偏置电阻器时的发射极电流增加量。

通常，电阻值被设置为使得发射极电阻 $R_E$ 两端的压降约为 $V_{CC}$ 的10%，并且流经电阻 $R_{B1}$ 的电流为集电极电流 $I_C$ 的10%。

因此，这种类型的晶体管偏置配置在相对较低的电源电压下工作得最好。

## 分压器晶体管偏置



这里，共发射极晶体管配置使用分压器网络进行偏置，以提高稳定性。这种偏置配置的名称来源于这样一个事实：两个电阻器 $R_{B1}$ 和 $R_{B2}$ 在电源上形成一个电压或分压器网络，其中心点连接到晶体管基极端子，如图所示。

这种分压器偏置配置是最广泛使用的晶体管偏置方法。晶体管的发射极二极管由电阻器 $R_{B2}$ 两端产生的电压值正向偏置。此外，分压器网络偏置使晶体管电路不受 $\beta$ 变化的影响，因为晶体管基极、发射极和集极端子处设置的偏置电压不依赖于外部电路值。

为了计算电阻器 $R_{B2}$ 两端产生的电压以及施加到基极端子的电压，我们只需使用串联电阻器的分压器公式。

通常，电阻器 $R_{B2}$ 两端的电压降远小于电阻器 $R_{B1}$ 的电压降。显然，晶体管基极电压 $V_B$ 相对于地电压将等于 $R_{B2}$ 两端的电压。

流经电阻器 $R_{B2}$ 的偏置电流通常设置为所需基极电流 $I_B$ 值的10倍，使得其足够高而不会影响分压器电流或Beta的变化。

**晶体管偏置**的目标是建立一个已知的静态工作点或 Q 点，以便双极晶体管有效工作并产生不失真的输出信号。晶体管的正确直流偏置还可以通过使用两个或四个电阻器偏置网络的实际偏置电路建立其初始交流工作区域。

在双极晶体管电路中，Q 点对于 NPN 晶体管用  $(V_{CE}, I_C)$  表示，对于 PNP 晶体管用  $(V_{EC}, I_C)$  表示。基极偏置网络的稳定性以及 Q 点通常通过将集电极电流视为 Beta ( $\beta$ ) 和温度的函数来评估。

在这里，我们简要介绍了使用电阻网络“偏置晶体管”的五种不同配置。但我们也可以使用硅二极管、齐纳二极管或所有连接到晶体管基极端子的有源网络来偏置晶体管。如果愿意的话，我们还可以从双电压电源正确偏置晶体管。

## 阅读放大器中的更多教程

- [1. 放大器简介](#)
- [2. 共发射极放大器](#)
- [3. 共源JFET放大器](#)
- [4. 放大器失真](#)
- [5.甲类放大器](#)
- [6. B类放大器](#)
- [7. 放大器中的交叉失真](#)
- [8. 放大器总结](#)
- [9. 发射极电阻](#)
- [10.放大器类](#)
- [11. 晶体管偏置](#)
- [12.放大器的输入阻抗](#)
- [13. 频率响应](#)
- [14.MOSFET放大器](#)
- [15.AB类放大器](#)
- [16. 公共集电极放大器](#)
- [17. 公共基极放大器](#)
- [18.分相器](#)

# 237 条评论

## 加入对话

错误！请填写所有字段。

你的名字

电子邮件地址

在这里写下您的评论

☐ 通过电子邮件通知我后续评论。

提交

- 麦克风

你应该在某个地方提到 npn 与 pnp ..

发表于[2023 年 9 月 7 日 | 中午 12:59](#)  
[回复](#)

- 西纳斯潘乔里

非常有用的视频，谢谢。

发表于[2023 年 6 月 18 日 | 凌晨 4:13](#)  
[回复](#)

- 匿名的

发射极电阻或固定偏置是否缺少发射极电阻偏置？

发表于[2023 年 6 月 4 日 | 下午 3:33](#)  
[回复](#)

- 韦恩·斯托尔

不。

发表于[2023 年 6 月 5 日 | 上午 7:49](#)

[回复](#)

- *Naibei*

分享基于电气的想法

发表于[2022 年 9 月 15 日 | 晚上 7:03](#)

[回复](#)

- *谢克苏丹*

我想了解更多

发表于[2022 年 9 月 3 日 | 上午 5:49](#)

[回复](#)

- *乔治*

分压器偏置电路需要什么偏置

发表于[2022 年 7 月 22 日 | 下午 6:18](#)

[回复](#)

- *abbaganatukur@gmail.com*

我们很喜欢这些教程，感谢您的帮助

发表于[2022 年 4 月 29 日 | 上午 9:34](#)

[回复](#)

- *耶什·阿拉法特*

所有报价

发表于[2022 年 4 月 21 日 | 上午 8:23](#)

[回复](#)

- *赫德蒙德*

非常好的笔记，解释得很清楚。通过这个我确实实现了我作为一名工程师的抱负，因此它拓宽了我对晶体管的知识和理解

发表于[2022 年 3 月 15 日 | 11:00 AM](#)



[回复](#)

- 尼莎·亚达夫

我完全理解这个话题

发表于[2022 年 1 月 31 日 | 凌晨 4:03](#)

[回复](#)

- 吉尔伯特·瓦拉斯

功放选择器后面的输入敏感1.77和0.5v是什么意思

发表于[2022 年 1 月 2 日 | 中午 12:47](#)

[回复](#)

- 何塞·埃斯特沃

我正在回收自己，很棒的材料，我希望能学到很多关于这个主题的知识

发表于[2021 年 11 月 15 日 | 上午 11:38](#)

[回复](#)

- 认识小偷

信息很棒

发表于[2021 年 10 月 17 日 | 晚上 9:35](#)

[回复](#)

- 邓肯·乔治

嗨，韦恩，

是的，抱歉，我忘了提到我指的是分压器偏置。事实上，我确实无意中颠倒了基极电流的极性，这导致了错误的系数 ( $\beta - 1$ )。我当时确实觉得这有点奇怪，因为我强烈地记得它在我大学时代有一个+号。尽管如此，考虑到这一点，偏置电流的正确形式是：

$$I_B = V_B - V_{BE}$$

---

$$I_B \cdot R_E \cdot (\beta + 1) - R_B$$

我认为您可能遇到麻烦的地方是您对偏置电流使用欧姆定律： $I_B = V_B / R_B$ 。根据原理图旁边的公式面板中  $R_B$  的定义，我一生都无法理解如何在  $R_{B1}$  中与  $R_{B2}$  并行工作。如果用  $R_E$  代替  $R_{B1}$  来形成  $V_B$  和  $I_B$  地之间的并联电阻，那么您就会回到正轨，尽管坦率地说，我没有通过代数来确认这会解决问题。在花了几分钟研究  $V_B = R_B \cdot I_B + V_{BE} + (\beta + 1) \cdot I_B \cdot R_E$  后，我意识到你不能两者兼得： $I_B = V_B / R_B$  与此根本不兼容。我在这里缺少什么？

问候,  
邓肯

PS – 在您今天早上的回复中, 您的分压器公式忽略了 VCC:

$$V_B = R_{B2} / (R_{B1} + R_{B2}) \text{ (分压网络)}$$

发表于[2021 年 9 月 20 日 | 晚上 9:12](#)

[回复](#)

- 邓肯·乔治

嗨, 韦恩 -

我相信基本电流的公式是错误推导的。分母中的 RB 项应为负, 因子 (beta + 1) 应为 (beta - 1)。如果您想要完整的推导, 请给我发电子邮件。

尽管如此, 还是一个出色的演示! (使用所有格时, 不要忘记在 “s” 前加上撇号, 例如 “...自动减少集电极电流以保持晶体管的 Q 点固定。” )

问候,  
邓肯

发表于[2021 年 9 月 18 日 | 晚上 8:48](#)

[回复](#)

- 韦恩·斯托尔

我们假设您指的是分压器偏置。

$$R_B = R_{B1} * R_{B2} / (R_{B1} + R_{B2}) \text{ (并联电阻)}$$

$$V_B = V_{CC} [ R_{B2} / (R_{B1} + R_{B2}) ] \text{ (分压网络)}$$

$$I_B = V_B / R_B \text{ (欧姆定律)}$$

$$\text{Beta} = I_C / I_B \text{ (电流增益)}$$

$$\text{如果 } I_E = I_C + I_B$$

$$\text{那么 } I_E = \text{Beta} * I_B + I_B = (\text{Beta} + 1) I_B$$

$$\text{因此: } V_B = R_B * I_B + V_{BE} + (\text{Beta} + 1) * I_B * R_E$$

$$V_B - V_{BE} = [ R_B + (\text{Beta} + 1) R_E ] I_B$$

重新排列得出： $I_B = (V_B - V_{BE}) / [R_B + (\text{Beta} + 1)R_E]$  与教程相同。

因此，该教程是正确的。

(感谢语法提示)

发表于[2021年9月20日 | 上午 7:11](#)

[回复](#)

- 菲莱休姆

你好,

上述“集电极反馈偏置晶体管”似乎有些矛盾

首先，你说：“这种自偏置收集器反馈配置是另一种依赖于 beta 的偏置方法.....”

然后“集电极到基极反馈配置可确保晶体管始终在有源区偏置，无论 Beta ( $\beta$ ) 的值如何。

最后我不明白这个电路是否依赖于 Beta (H21)。

我已经说过，相同的晶体管（即 BC 547 B/C）具有非常不同的 Beta 值（200 到 550），但 Beta 最终不是取决于 RC 和 Rb 从而 Ic 和 Ib 吗？

谢谢你的解释

菲利普

发表于[2021年8月31日 | 上午 8:11](#)

[回复](#)

- 亚当

你好。感谢这堂课。不过我有一个问题。我的左声道输出出现故障。现在为了安全起见我想更换装饰罐。问题是，在放大器关闭的情况下，如何将微调电位计设置为最低偏置值？我是否设置最高电阻，这样电流会更低，还是在微调器上设置0欧姆，然后偏置电压在启动时会最低？

发表于[2021年8月17日 | 上午 6:37](#)

[回复](#)

- 更多的

- 阿沙德·卡迈勒

问：给出下图中的网络。

A. 网络是否有适当的偏置？

b. 网络建设中的什么问题会导致VB为6.22V并得到下图所示的波形?

C. 驱动混合动力车型如下图。

发表于[2021 年 7 月 24 日 | 下午 5:03](#)

[回复](#)

- 伊萨克

如果加上这些好笔记的参考，那就太好了

发表于[2021 年 7 月 15 日 | 晚上 9:26](#)

[回复](#)

- 查尔斯·索肖

非常好的笔记，继续发帖

发表于[2021 年 7 月 2 日 | 下午 1:30](#)

[回复](#)



[Close](#)