

AB类放大器

AB类放大器输出级结合了A类放大器和B类放大器的优点，产生了更好的放大器设计

*B 类放大器*和 *AB 类放大器*均具有由两个功率晶体管（或 FET）组成的推挽输出级，这些功率晶体管的配置方式可在输出端重构完整的 360° 输入波形，无论是否失真。

任何放大器的目的都是产生一个遵循输入信号特性的输出，但又足够大以满足与其连接的负载的需求。我们已经看到，放大器的功率输出是施加到负载的电压和电流 ($P = V \cdot I$) 的乘积，而功率输入是从电源获取的直流电压和电流的乘积。

尽管 A 类放大器（输出晶体管在 100% 的时间内导通）的放大倍数可能很高，但从直流电源到交流电源输出的转换效率通常相当差，低于 50%。

然而，如果我们修改 A 类放大器电路以在 B 类模式下运行（每个晶体管仅在 50% 的时间内导通），每个晶体管中的集电极电流仅在 180° 的周期内流动。这里的优点是直流到交流的转换效率要高得多，约为 75%。然而，B 类配置会导致输出信号的交叉失真，这是不可接受的。

生产具有 B 类配置的高效率输出以及 A 类配置的低失真的放大器的一种方法是创建一个放大器电路，该电路是前两类的组合，从而产生一种称为**AB 类**放大器。

虽然*AB 类放大器*本身并不是一个真正独立的放大器类别，但它的输出级结合了 A 类放大器和 B 类放大器的优点，同时最大限度地减少了与两者相关的低效率和失真问题。

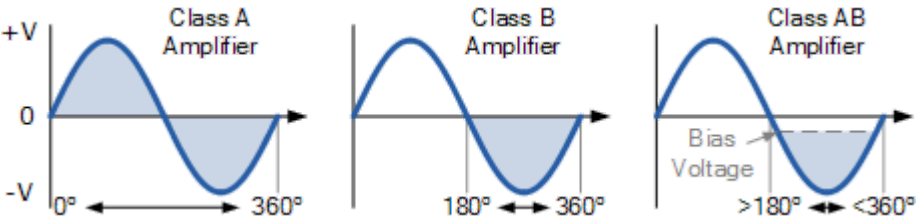
正如我们上面所说，*AB 类放大器*是 A 类和 B 类放大器的组合。对于小功率输出，两个输出设备均导通，并且放大器作为 A 类放大器运行。如果放大器偏置为 B 类，并且对于大电流输出进一步增加偏置，则它将进入 AB 类模式。也就是说，AB 类配置共享其他两类的特性，并通过预偏置放大器输出级中的两个晶体管来实现。

2. 对于小功率输出，两个输出设备均导通，并且放大器作为 A 类放大器运行。如果放大器偏置为 B 类，并且对于大电流输出进一步增加偏置，则它将进入 AB 类模式。也就是说，AB 类配置共享其他两类的特性，并通过预偏置放大器输出级中的两个晶体管来实现。

每个输出晶体管的导通时间在 180° 和 360° 之间，具体取决于负载电流输出量和预偏置布置，允许放大器输出级作为 AB 类放大器运行。

首先让我们看一下不同放大器操作类别的输出信号的比较。

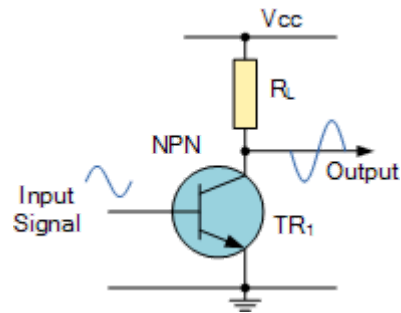
不同放大器类别的比较



那么放大器类别总是定义如下：

- A 类： – 放大器单输出晶体管在输入波形的整个 360° 周期内导通。
- B 类： – 放大器的两个输出晶体管仅在输入波形的二分之一（即 180° ）内导通。
- AB 类： – 放大器的两个输出晶体管在输入波形的 180° 和 360° 之间导通。

A 类放大器操作



对于 A 类放大器操作，开关晶体管 Q 点位于晶体管输出特性负载线中心附近且位于线性区域内。这允许晶体管导通完整的 360° ，因此输出信号在输入信号的整个周期内变化。

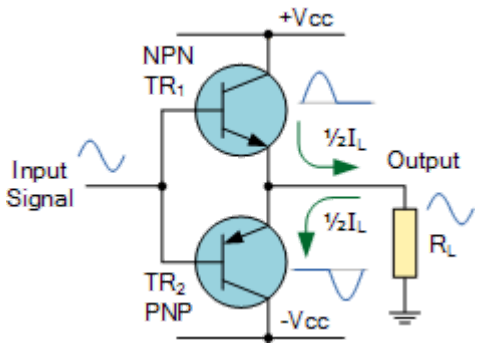
A 类的主要优点是输出信号始终是输入信号的精确再现，从而减少失真。然而，它的效率较差，因为为了将晶体管偏置在负载线的中心，即使没有要放大的输入信号，也必须始终有合适的直流静态电流流过开关晶体管。

B 类放大器操作

对于 B 类放大器操作，使用两个互补的开关晶体管，每个晶体管的 Q 点（即其偏置点）位于其截止点。

这允许一个晶体管放大输入波形一半以上的信号，而另一个晶体管则放大另一半。然后，这两个放大的一半在负载处组合在一起，产生一个完整的波形周期。该 NPN-PNP 互补对也称为推挽配置。

由于截止偏置，当没有输入信号时静态电流为零，因此当晶体管处于静态状态时不会消耗或浪费功率，从而提高了 B 类放大器相对于 A 类放大器的整体效率。



然而，由于 B 类放大器受到偏置，使得输出电流仅在输入周期的一半时间内流过每个晶体管，因此输出波形不是输入波形的精确复制品，因为输出信号失真。这种失真发生在输入信号的每次过零处，当两个晶体管在它们之间切换“ON”时，产生通常称为交叉失真的现象。

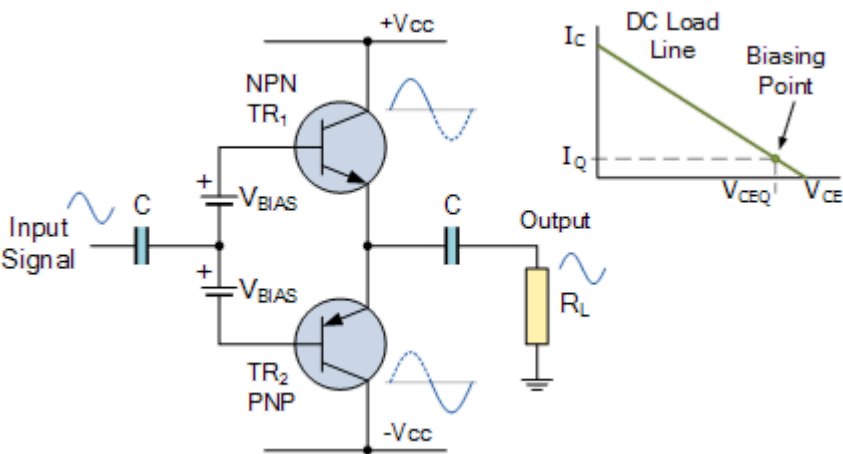
通过将晶体管的偏置点定位在略高于截止点的位置，可以轻松克服这种失真问题。通过将晶体管偏置为略高于其截止点但远低于 A 类放大器的中心 Q 点，我们可以创建 AB 类放大器电路。AB 类放大器的基本目的是保留基本的 B 类配置，同时通过将每个开关晶体管偏置到略高于阈值来提高其线性度。

偏置 A AB 类放大器

那么我们应该怎么做呢？即使没有输入信号，AB 类放大器也可以通过将两个开关晶体管偏置为轻微导通，由标准 B 类推挽级构成。这种小型偏置布置可确保两个晶体管在输入周期的 50% 以上但小于 100% 的输入波形的一小部分期间同时导通。

通过使用适当的偏置，可大大减少 B 类放大器中产生交越失真效应的 0.6 至 0.7V（一个正向二极管电压降）死区。晶体管器件的预偏置可以使用预设电压偏置、分压器网络或通过使用串联二极管布置以多种不同方式实现。

AB 类放大器偏置电压



这里，晶体管的偏置是通过使用施加在TR1和TR2的基极上的合适的固定偏置电压来实现的。然后有一个区域，两个晶体管都导通，流经TR1 的小静态集电极电流与流经TR2的小静态集电极电流结合并流入负载。

当输入信号变为正值时， TR1基极的电压增加，产生类似量的正输出，从而增加流经TR1 的集电极电流，向负载 R_L 提供电流。然而， 由于两个基极之间的电压是固定不变的， TR1导通的任何增加都会导致TR2导通在正半周期内相等且相反的减少。

结果，晶体管TR2最终关闭，留下正向偏置晶体管TR1为负载提供所有电流增益。同样，对于输入电压的负半部分，情况相反。也就是说，当输入信号变得更负时， TR2进行灌电流，而TR1则关断。

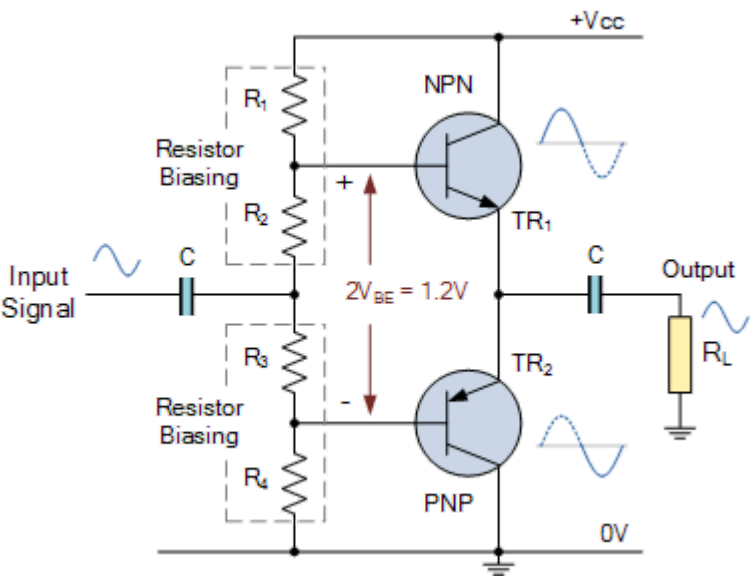
然后我们可以看到，当输入电压 V_{IN} 为零时，两个晶体管由于其电压偏置而略微导通，但随着输入电压变得更正或更负，两个晶体管之一会导通更多，或者向负载提供灌电流当前的。

由于两个晶体管之间的切换几乎是瞬间发生的并且是平滑的，因此影响 B 类配置的交越失真大大减少。然而，当两个晶体管切换时，不正确的偏置可能会导致尖锐的交叉失真尖峰。

使用固定偏置电压允许每个晶体管导通超过一半的输入周期（AB 类操作）。然而，在放大器输出级设计中使用额外的电池不太实用。

产生两个固定偏置电压以在晶体管截止附近设置稳定 Q 点的一种非常简单且容易的方法是在单电源上使用电阻分压器网络。

放大器电阻偏置



当电流通过电阻器时，电阻器两端会产生电压降，如欧姆定律所定义。因此，通过在电源电压上串联放置两个或多个电阻，我们可以创建一个分压器网络，该网络可以按我们选择的值产生一组固定电压。

基本电路与上述电压偏置电路相似，晶体管TR1和TR2在输入波形的相反半周期内导通。即，当 V_{IN} 为正时，TR1导通，当 V_{IN} 为负时，TR2导通。

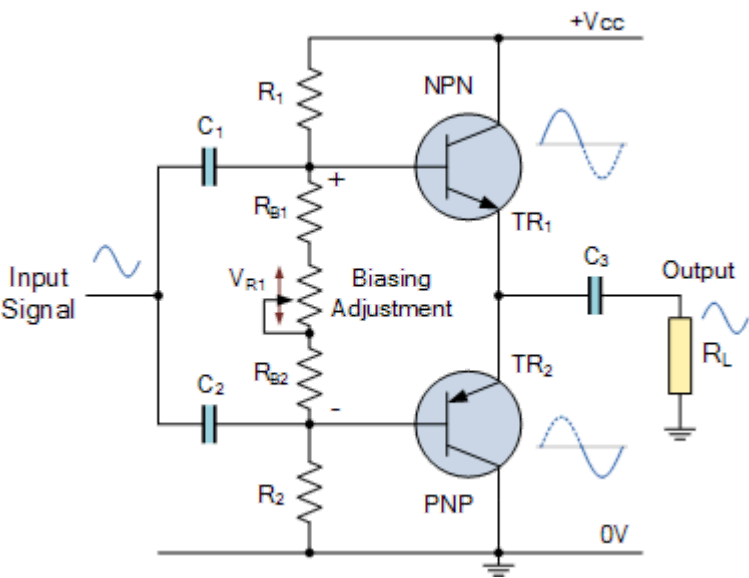
四个电阻R1至R4连接在电源电压Vcc两端，以提供所需的电阻偏置。选择两个电阻器R1和R4将 Q 点设置为略高于截止值，并将 V_{BE} 的正确值设置为约 0.6V，以便电阻网络上的电压降使TR1的基极电压达到约 0.6 V，TR2 约为-0.6V。

那么偏置电阻器R2和R3上的总压降约为 1.2 伏，略低于完全导通每个晶体管所需的值。通过将晶体管偏置到刚好高于截止值，静态集电极电流 I_{CQ} 的值应为零。

此外，由于两个开关晶体管实际上串联连接在电源上，因此每个晶体管上的 V_{CEQ} 电压降将约为Vcc的二分之一。

虽然 AB 类放大器的电阻偏置在理论上起作用，但晶体管集电极电流对其基极偏置电压 V_{BE} 的变化非常敏感。此外，两个互补晶体管的截止点可能不相同，因此在分压器网络内找到正确的电阻器组合可能很麻烦。克服这个问题的一种方法是使用可调电阻来设置正确的 Q 点，如图所示。

可调放大器偏置



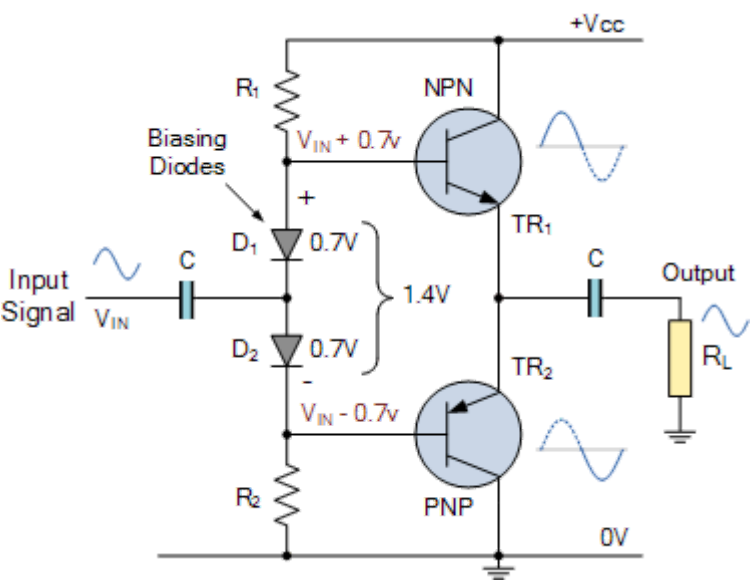
可使用可调电阻器或电位器将两个晶体管偏置到导通边缘。然后晶体管TR1和TR2通过 $R_{B1} - VR1 - R_{B2}$ 偏置，使得它们的输出平衡并且零静态电流流入负载。

通过电容器C1和C2施加的输入信号叠加到偏置电压上并施加到两个晶体管的基极。请注意，施加到每个基极的两个信号具有相同的频率和幅度，因为它们源自 V_{IN} 。

这种可调偏置布置的优点在于，基本放大器电路不需要使用具有紧密匹配的电气特性的互补晶体管，或者在分压器网络内使用精确的电阻比，因为可以调整电位器进行补偿。

由于电阻器是无源器件，根据其额定功率将电能转换为热量，因此 AB 类放大器的电阻偏置（无论是固定的还是可调的）对温度的变化非常敏感。偏置电阻器（或晶体管）工作温度的任何微小变化都可能影响其值，从而在每个晶体管的静态集电极电流中产生不期望的变化。克服与温度相关的问题的一种方法是用二极管代替电阻器以使用二极管偏置。

放大器二极管偏置



虽然使用偏置电阻可能无法解决温度问题，但补偿基极-发射极电压 (V_{BE}) 中与温度相关的任何变化的一种方法是在放大器偏置装置内使用一对正常的正向偏置二极管，如图所示。

小的恒定电流流过R1-D1-D2-R2的串联电路，产生输入两侧对称的压降。在没有施加输入信号电压的情况下，两个二极管之间的点为零伏。当电流流过该链时，二极管两端会产生大约0.7V的正向偏置电压降，该电压降施加到开关晶体管的基极-发射极结上。

因此，二极管两端的电压降将晶体管TR1的基极偏置至约 0.7 伏，将晶体管TR2的基极偏置至约 -0.7 伏。因此，两个硅二极管在两个基极之间提供约 1.4 伏的恒定压降，将它们偏置到截止电压以上。

随着电路温度升高，位于晶体管旁边的二极管的温度也会升高。因此，二极管 PN 结两端的电压降低，转移一些晶体管基极电流，从而稳定晶体管集电极电流。

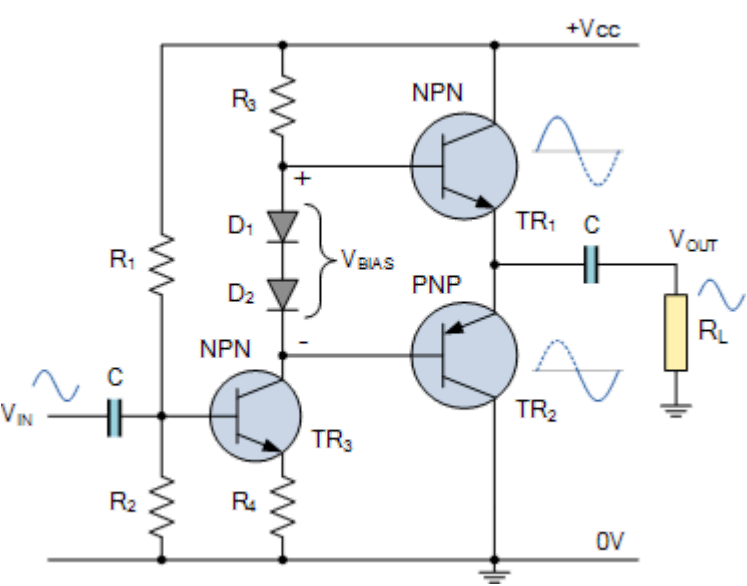
如果二极管的电气特性与晶体管基极-发射极结的电气特性密切匹配，则二极管中流动的电流和晶体管中流动的电流将相同，从而形成所谓的电流镜。该电流镜的效果可补偿温度变化，产生所需的 AB 类操作，从而消除任何交叉失真。

实际上，在现代集成电路放大器中，二极管偏置很容易实现，因为二极管和开关晶体管都制造在同一芯片上，例如流行的 LM386 音频功率放大器 IC。这意味着它们在很宽的温度变化范围内都具有相同的特性曲线，从而提供静态电流的热稳定性。

AB 类放大器输出级的偏置通常会进行调整，以适应特定的放大器应用。放大器的静态电流被调整为零，以最大限度地降低功耗，如在 B 类操作中，或者调整为非常小的静态电流流动，从而最大限度地减少交越失真，从而产生真正的 AB 类放大器操作。

在上述AB类偏置示例中，输入信号通过使用电容器直接耦合到开关晶体管基极。但我们可以通过添加一个简单的共发射极驱动级来进一步改进 AB 类放大器的输出级，如图所示。

AB 类放大器驱动级



晶体管TR3充当电流源，设置流经二极管所需的直流偏置电流。这将静态输出电压设置为 $V_{CC}/2$ 。当输入信号驱动TR3的基极时，它充当驱动TR1和TR2基极的放大器级，其中输入周期的正半部分驱动TR1，而TR2关闭，输入周期的负半部分驱动TR2，而TR1关闭。关了，和以前一样。

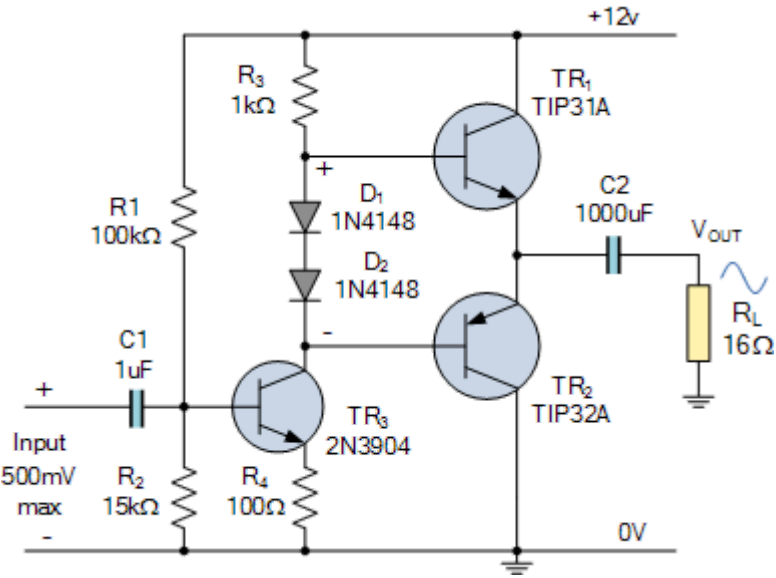
与大多数电子电路一样，有许多不同的方法来设计功率放大器输出级，因为可以对基本放大器输出电路进行许多变化和修改。

功率放大器的工作是以合理的效率向连接的负载提供可观的输出功率（电流和电压）。这可以通过以两种基本操作模式（A 类或 B 类）之一操作晶体管来实现。

以合理的效率水平运行放大器的一种方法是使用基于互补 NPN 和 PNP 晶体管的对称 B 类输出级。通过适当水平的正向偏置，可以减少由于两个晶体管在每个周期的短时间内都截止而导致的交叉失真，正如我们在上面所看到的，这种电路被称为 AB 类放大器。

然后将它们放在一起，我们现在可以设计一个简单的 AB 类功率放大器电路，如图所示，在 16 欧姆中产生约 1 瓦的功率，频率响应约为 20Hz 至 20kHz。

AB类放大器



放大器总结

我们在这里看到，AB 类放大器受到偏置，因此输出电流的流动时间少于输入波形的一个完整周期，但超过半个周期。AB 类放大器的实现与标准 B 类配置非常相似，因为它使用两个开关晶体管作为互补输出级的一部分，每个晶体管在输入波形的相反半周期上导通，然后在负载处组合。

因此，通过允许两个开关晶体管在非常短的时间内同时传导电流，零交叉周期期间的输出波形可以被充分平滑，从而减少与B类放大器设计相关的交叉失真。那么导通角大于180° 但远小于360° 。

我们还发现，AB 类放大器配置比 A 类放大器效率更高，但比 B 类放大器效率稍低，因为将晶体管偏置到略高于截止值所需的静态电流很小。然而，使用不正确的偏置可能会导致交叉失真尖峰，从而产生更糟糕的情况。

话虽如此，AB 类放大器是最受欢迎的音频功率放大器设计之一，因为它们结合了相当好的效率和高质量输出，因为它们具有与 A 类放大器设计类似的低交越失真和高线性度。

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](#)

126 条评论

加入对话

Error! Please fill all fields.

在这里写下您的评论

☐ 通过电子邮件通知我后续评论。

提交

• 乔

AB类的描述不正确。根据定义，AB 类永远不会从 A 类变为 B 类。它只是描述 A 类和 B 类之间的条件的名称。要更改为 B 类，需要非常接近截止无功电流。然而，AB 类绝不会在截止频率附近产生偏差（RCA Radiotron 设计师手册）。

B 类由于非线性、截止附近器件中的扭结而产生陷波失真。AB 类不会因更高的空闲电流而产生非线性陷波、扭结失真等。

典型 AB 类放大器的空闲偏置永远不会随着信号变化而变化，除非在某些设计或过载情况下。AB 类在 A 类区域中的输出功率比在 B 类操作中尝试的输出功率高得多。

例如，在三极管模式下使用推挽 6L6GC，在每个管达到其截止点（输出取决于空闲电流）之前，管子可以在 A 类操作中提供约 7.5 瓦 rms 输出功率，此时 AB 类开始。

B类空闲电流永远无法产生这样的功率输出，最多可能只有小毫瓦，并且在“A类区域”具有高失真度。

诚挚的，
乔

发表于[2023 年 11 月 3 日 | 下午 6:22](#)

[回复](#)

◦ 韦恩·斯托尔

正如教程中所解释的。虽然 AB 类放大器并不是真正的独立类别，但它是另一种推挽式配置，可模拟 A 类和 B 类放大器输出级。其输出晶体管导通角介于输出波形的 180 和 360 之间，消除了标准 B 类配置中存在的交叉失真。

对于小信号或负载，两个输出晶体管同时导通，其行为就像 A 类放大器一样。对于大信号或负载，一个晶体管进入截止模式，而另一个晶体管提供更多的负载电流和交叉失真，就像 B 类放大器一样。然后 AB 类配置共享其他两个类的特征，并且教程是正确的。

发表于[2023 年 11 月 4 日 | 下午 2:00](#)

[回复](#)

- 提米的工作室

你好。

在绘制最终电路时，Q3 基极处的电压约为 1.5 伏，因此其发射极处的电压约为 0.9 伏。在这种情况下，大约 9 mA 电流向下流过 R3(1k)、二极管和 Q3 的 ce。

9mA 到 1k 将意味着电压下降约 9 伏！

如果 Q1 和 2 的发射极应该处于半电源状态（大约 6 伏），并且二极管用作偏置，那么两个二极管的结点应该大约相同？

如果我们保持 Q3 发射极的电阻值相同（并且通过它的电流相同，9mA），那么要实现这一点，我们需要 R3 上的压降约为电源的一半（6 伏）减去一个二极管压降，即 VR3 约为 5.3 伏。

因此，R3 的更好值应该在 560 欧姆范围内吗？

发表于[2023 年 8 月 27 日 | 上午 10:56](#)

[回复](#)

- 维奈·库马尔·奥贾

我可以使用的音频放大器电路在 A 类，B 类，AB 类 C 类和 D 类

发表于[2023 年 6 月 5 日 | 凌晨 3:49](#)

[回复](#)

- 普拉迪普

Sir H 类放大器原理

发表于[2023 年 6 月 2 日 | 下午 1:57](#)

[回复](#)

- G·贾亚桑卡

我喜欢你的
解释

发表于[2023 年 4 月 30 日 | 下午 3:09](#)

[回复](#)

- 乔·道森

如果你检查类的比较，作者让 AB 传导小于 180 度，而不是大于 180 度。

发表于[2023 年 11 月 3 日 | 下午 6:27](#)

[回复](#)

- 普拉迪普

Sir H级放大器理论电路图和电路艺名。

发表于[2023 年 2 月 4 日 | 凌晨 4:37](#)

[回复](#)

- 问候迈克尔

我喜欢你在这里给出的通知，我今天在 ab 类放大器中学到了更多，很可能是在偏置方面。非常感谢并继续努力。

发表于[2023 年 1 月 12 日 | 晚上 9:19](#)

[回复](#)

- 德温

您需要 -Vcc 电源来在 PNP 晶体管上产生电压差。一开始很好，但大约一半的时候你把 -Vcc 换成了 GND 符号。如果我对此感到困惑，那么很多其他人也可能会感到困惑。检查教程的详细信息非常重要。

发表于[2022 年 12 月 21 日 | 凌晨 4:29](#)

[回复](#)

- 好的

这很鼓舞人心，谢谢！

发表于[2022 年 11 月 25 日 | 中午 12:12](#)

[回复](#)

- 威廉·理查德

你对写文章的专注令人难以置信，它在每个人的心中点燃了火花。你总是通过把每件事都做得很好来让自己脱颖而出。

了解更多：

[AB类功率放大器](#)。

发表于[2022 年 11 月 7 日 | 上午 10:47](#)

[回复](#)

- 杰·阿利索索

感谢您的学习。

发表于[2022 年 9 月 5 日 | 上午 10:39](#)

[回复](#)

- 伊曼纽尔·恩科马

我是电子领域的新手，想成为该论坛的成员

发表于[2022 年 8 月 4 日 | 上午 9:39](#)

[回复](#)

- 彼得

实际非常有用

发表于[2022 年 7 月 8 日 | 下午 3:25](#)

[回复](#)

- 鲁帕西里

对我来说非常有用。谢谢。

发表于[2022 年 7 月 2 日 | 下午 5:06](#)

[回复](#)

- 迪利普·穆萨莱

非常好的文章！恭喜你

发表于[2022 年 6 月 10 日 | 凌晨 2:27](#)

[回复](#)

- 姆博盖拉·易卜拉欣

感谢您的教育，我想对我们用来偏置晶体管的二极管有更多的了解，为什么大多数amplifire电路更喜欢使用IN4148，如果我用in4007等其他二极管替换它是否可以正常工作？

发表于[2022 年 6 月 8 日 | 下午 6:05](#)

[回复](#)

- 彼得

我读过的关于 AB 类放大器解释得最好的教程之一。非常感谢作者。

发表于[2022 年 5 月 21 日 | 中午 12:38](#)

[回复](#)

- 苏维尔·辛格

我是AB班amplifire的学生

发表于[2022 年 5 月 7 日 | 凌晨 2:47](#)

[回复](#)

- 约瑟夫

Proteus 模拟器中的最大功率输出约为 0.1W，而不是 1W。我认为问题在于驱动级的限制。我对吗？谢谢！

发表于[2021 年 12 月 12 日 | 中午 12:41](#)

[回复](#)

- 更多的
- 亚里士多德罪

这是非常愚蠢的

发表于[2021 年 12 月 5 日 | 晚上 7:18](#)

[回复](#)



[Close](#)