

放大器类

放大器根据其结构和操作特性分为几类

并非所有放大器设计都是相同的。放大器类别之间存在明显的区别，其输出级的配置和操作方式也有明显的区别。理想放大器的主要工作特性是线性度、信号增益、效率和功率输出，但在现实世界的放大器中，这些不同特性之间总是存在权衡。

通常，大信号或功率放大器用于音频放大器系统的输出级来驱动扬声器负载。典型扬声器的阻抗在 4Ω 至 8Ω 之间，因此功率放大器必须能够提供驱动低阻抗扬声器所需的高峰值电流。

用于区分不同类型放大器的电气特性的一种方法是按“类别”，因此放大器根据其电路配置和操作方法进行分类。**放大器类别**是用于区分不同放大器类型的术语。

放大器类别表示当被正弦输入信号激励时，放大器电路在一个操作周期内变化的输出信号量。放大器的分类范围从效率非常低的完全线性操作（用于高保真信号放大）到完全非线性操作（其中忠实的信号再现并不那么重要）但效率更高，而其他是两者之间的妥协。

放大器类别主要分为两个基本组。第一种是经典控制的导通角放大器，形成更常见的放大器类别A、B、AB和C，它们由输出波形某些部分上的导通状态长度定义，因此输出级晶体管操作位于介于“完全开启”和“完全关闭”之间。

第二组放大器是较新的所谓“开关”放大器类别D、E、F、G、S、T等，它们使用数字电路和脉宽调制 (PWM) 在“完全-”之间不断切换信号。“开”和“完全关”将输出驱动至晶体管饱和和截止区域。

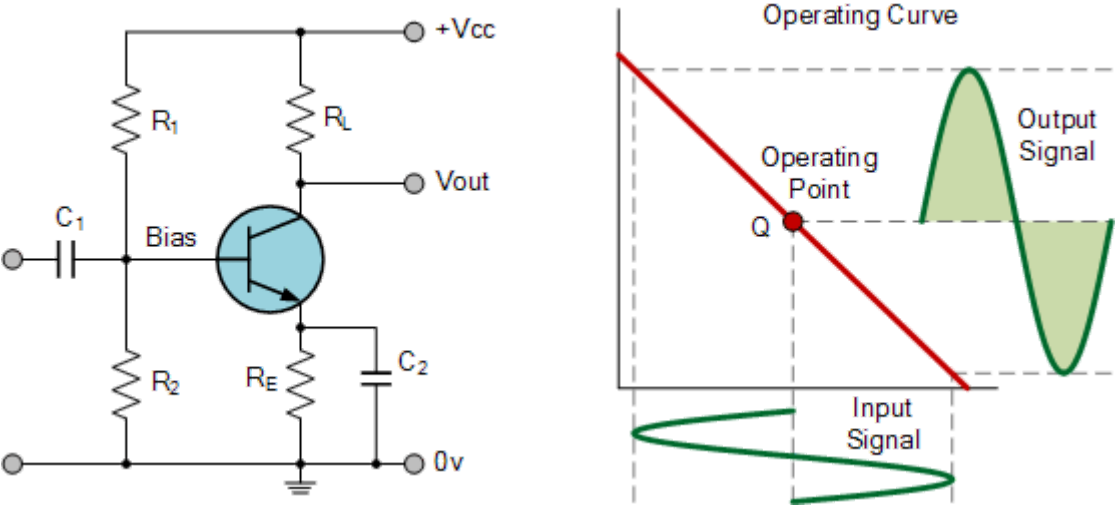
最常见的放大器类别是用作音频放大器的放大器类别，主要是A、B、AB和C类，为简单起见，我们将在此处更详细地介绍这些类型的**放大器类别**。

A类放大器类

A 类放大器是最常见的放大器拓扑类型，因为它们在放大器设计中仅使用一个输出开关晶体管（双极型、FET、IGBT 等）。该单输出晶体管在其负载线中间的 Q 点附近偏置，因此永远不会被驱动到其截止或饱和区域，从而允许它在整个 360 度的输入周期内传导电流。那么 A 类拓扑的输出晶体管永远不会“关闭”，这是其主要缺点之一。

“A”类放大器被认为是最好的放大器设计类，主要是因为它们在正确设计时具有出色的线性度、高增益和低信号失真水平。尽管由于热电源考虑，A 类放大器很少用于高功率放大器应用，但 A 类放大器可能是此处提到的所有放大器类别中音质最好的，因此用于高保真音频放大器设计中。

A类放大器



为了实现高线性度和增益，A 类放大器的输出级始终偏置为“ON”（导通）。然后，对于被归类为“A 类”的放大器，输出级中的零信号空闲电流必须等于或大于产生最大输出信号所需的最大负载电流（通常是扬声器）。

由于 A 类放大器在其特性曲线的线性部分工作，因此单个输出器件可在整个 360 度的输出波形中传导。那么甲类放大器就相当于一个电流源。

由于 A 类放大器工作在线性区，因此应正确选择晶体管基极（或栅极）直流偏置电压，以确保正确工作和低失真。然而，由于输出设备始终处于“开启”状态，因此它会不断承载电流，这意味着放大器会持续损耗功率。

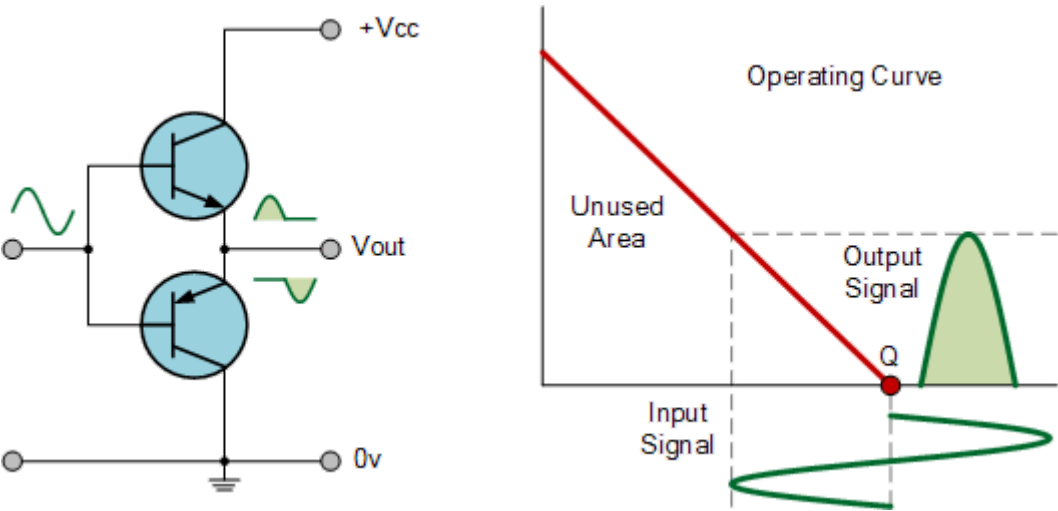
由于功率的持续损失，A 类放大器会产生大量热量，使其效率非常低（约 30%），这使得它们对于高功率放大来说不切实际。此外，由于放大器的空载电流较高，因此必须相应调整电源大小并进行良好滤波，以避免放大器产生任何嗡嗡声和噪声。因此，由于A类放大器的低效率和过热问题，更高效的放大器类别被开发出来。

B 类放大器类别

B 类放大器的发明是为了解决与之前的 A 类放大器相关的效率和发热问题。基本 B 类放大器使用两个互补晶体管（双极型 FET）来处理波形的每一半，其输出级配置为“推挽”型布置，因此每个晶体管器件仅放大输出波形的一半。

B类放大器由于静态电流为零，没有直流基极偏置电流，因此直流功率很小，因此其效率比A类放大器高得多。然而，效率提高所付出的代价是开关器件的线性度。

B类放大器



当输入信号变为正值时，正偏置晶体管导通，而负晶体管则切换为“OFF”。同样，当输入信号变为负值时，正晶体管会“关断”，而负偏置晶体管会“导通”并传导信号的负部分。因此，晶体管只有一半的时间导通，无论是在输入信号的正半周期还是负半周期。

然后我们可以看到，B 类放大器的每个晶体管器件仅在严格的时间交替中导通输出波形的一半或 180 度，但由于输出级具有针对两半信号波形的器件，因此两半信号组合在一起产生完整的线性输出波形。

这种推挽式放大器的设计显然比A类放大器的效率更高，约为50%，但B类放大器设计的问题是，由于晶体管的死区，它会在波形的零交叉点处产生失真。输入基极电压范围为-0.7V 至+0.7。

我们记得在[晶体管](#)教程中，需要大约 0.7 伏的基极-发射极电压才能使双极晶体管开始导通。然后，在 B 类放大器中，输出晶体管不会“偏置”到“ON”工作状态，直到超过该电压。

这意味着落在该 0.7 伏窗口内的波形部分将无法准确再现，从而使 B 类放大器不适合精密音频放大器应用。

为了克服这种过零失真（也称为交叉失真），AB 类放大器应运而生。

AB 类放大器类

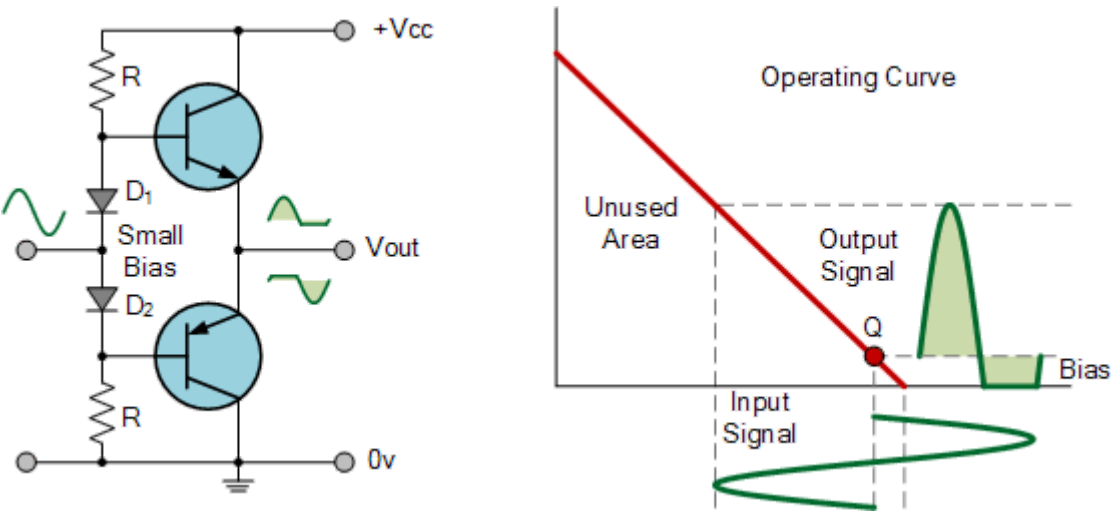
顾名思义，**AB 类放大器**是我们上面介绍的“A 类”和“B 类”类型放大器的组合。AB 类放大器是目前音频功率放大器设计中最常用的类型之一。

AB类放大器是上述B类放大器的变体，不同之处在于允许两个器件在波形交叉点附近同时导通，从而消除了先前B类放大器的交叉失真问题。

这两个晶体管具有非常小的偏置电压，通常为静态电流的 5% 到 10%，以将晶体管偏置到刚好高于其截止点。然后，导电器件（无论是双极性 FET）将“导通”超过输入信号的半个周期，但远少于输入信号的一个完整周期。因此，在 AB 类放大器设计中，每个推挽晶体管的导通时间略多于 B 类导通的半个周期，但远少于 A 类导通的整个周期。

换句话说，AB 类放大器的导通角介于 180° 和 360° 之间，具体取决于所选的偏置点，如图所示。

AB类放大器



这种由串联二极管或电阻器提供的小偏置电压的优点是可以克服 B 类放大器特性产生的交越失真，而不会出现 A 类放大器设计的低效率问题。因此AB类放大器在效率和线性度方面很好地兼顾了A类和B类放大器的性能，转换效率达到了50%到60%左右。

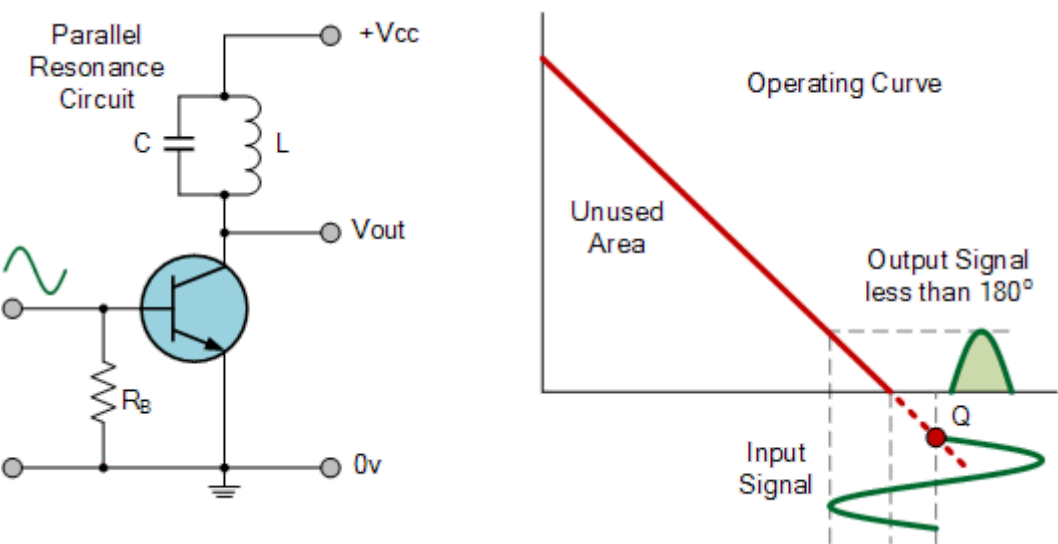
C 类放大器类别

在此处提到的各类放大器中，C 类放大器设计的效率最高，但线性度最差。前面的A、B和AB类被视为线性放大器，因为输出信号幅度和相位与输入信号幅度和相位线性相关。

然而，C 类放大器存在严重偏置，因此在超过一半的输入正弦信号周期内输出电流为零，晶体管在其截止点闲置。换句话说，晶体管的导通角明显小于180度，并且通常在90度区域左右。

虽然这种形式的晶体管偏置使放大器的效率大大提高，约为 80%，但它会导致输出信号严重失真。因此，C类放大器不适合用作音频放大器。

C类放大器



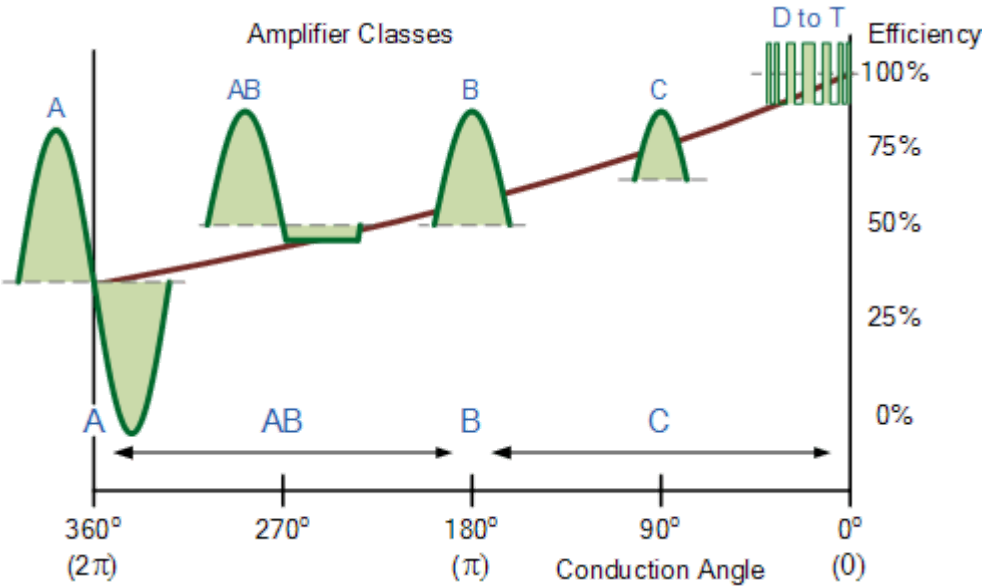
由于其严重的音频失真，C类放大器通常用于高频正弦波振荡器和某些类型的射频放大器，其中放大器输出处产生的电流脉冲可以通过以下方式转换为特定频率的完整正弦波：其集电极电路采用LC谐振电路。

放大器类别总结

然后我们看到放大器的静态直流工作点（Q 点）决定了放大器的分类。将Q 点位置设置在放大器特性曲线负载线的一半处，放大器将作为 A 类放大器运行。通过将Q 点移至负载线下方，放大器将变为AB、B或C类放大器。

那么放大器相对于其直流工作点的工作类别可以给出如下：

放大器类别和效率



除了音频放大器之外，还有许多与开关放大器设计相关的高效**放大器类**，**这些放大器类使用不同的开关技术来减少功率损耗并提高效率**。下面列出的一些放大器类设计使用 RLC 谐振器或多电源电压来减少功率损耗，或者是使用脉冲宽度调制 (PWM) 开关技术的数字 DSP（数字信号处理）类型放大器。

其他常见放大器类别

- D 类放大器 – D 类音频放大器基本上是非线性开关放大器或 PWM 放大器。D 类放大器理论上可以达到 100% 的效率，因为一个周期中没有电压和电流波形重叠的时期，因为电流仅通过导通的晶体管汲取。
- F 类放大器 – F 类放大器通过在输出网络中使用谐波谐振器将输出波形整形为方波来提高效率和输出。如果使用无限谐波调谐，F 类放大器的效率可达 90% 以上。
- G 类放大器 – G 类增强了基本 AB 类放大器设计。G 类使用多个不同电压的电源轨，并随着输入信号的变化在这些电源轨之间自动切换。这种恒定的开关降低了平均功耗，从而降低了因废热造成的功率损耗。
- I 类放大器 – I 类放大器具有两组互补输出开关器件，以并行推挽式配置排列。两组开关器件对相同的输入波形进行采样。因此，一个设备切换波形的正半部分，而另一个设备切换波形的负半部分。该开关动作与 B 类放大器的开关动作类似。

在没有施加输入信号的情况下，或者当信号达到零交叉点时，开关器件会同时打开和关闭，并具有 50% 的 PWM 占空比，从而消除任何

高频信号。

为了产生输出信号的正半部分，正开关器件的输出占空比增加，而负开关器件的输出占空比减小，反之亦然。据称，两个开关信号电流在输出端交错，因此 I 类放大器被称为：“交错式 PWM 放大器”，工作开关频率超过 250kHz。

- S 类放大器 – S 类功率放大器是一种非线性开关模式放大器，其工作原理与 D 类放大器类似。S类放大器通过 Δ - Σ 调制器将模拟输入信号转换为数字方波脉冲，并对其进行放大以增加输出功率，最后由带通滤波器解调。由于该开关放大器的数字信号始终处于完全“ON”或“OFF”状态（理论上零功耗），因此效率可以达到 100%。
- T 类放大器 – T 类放大器是另一种类型的数字开关放大器设计。由于数字信号处理 (DSP) 芯片和多通道环绕声放大器的存在，T 类放大器作为音频放大器设计如今开始变得越来越流行，因为它将模拟信号转换为数字脉宽调制 (PWM) 信号，以用于音频放大器。放大提高放大器效率。T 类放大器设计结合了 AB 类放大器的低失真信号水平和 D 类放大器的功率效率。

我们在这里看到了放大器的多种分类，从线性功率放大器到非线性开关放大器，并且看到了放大器类别在放大器负载线上的差异。AB、B和C类放大器可以根据导通角 θ 定义如下：

按导通角划分的放大器类别

功放类	描述	导通角
A级	全周期 360° 传导	$\theta = 2\pi$
B级	半周期 180° 导通	$\theta = \pi$
AB类	传导角度略高于 180°	$\pi < \theta < 2\pi$
C级	略小于 180° 的传导	$\theta < \pi$
D 级至 T 级	ON-OFF非线性开关	$\theta = 0$

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](#)

181 条评论

加入对话

Error! Please fill all fields.

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

- [觉基亚翁](#)

卡音频电子产品。服务

发表于[2023 年 7 月 29 日 | 1:00 PM](#)

[回复](#)

- 杰西·托马斯

什么最适合音圈？

发表于[2023 年 7 月 19 日 | 下午 1:59](#)

[回复](#)

- 达菲娜

好的

发表于[2023 年 7 月 18 日 | 下午 1:09](#)

[回复](#)

- *veeratamilan98@gmail.com*

你好

发表于[2023 年 7 月 18 日 | 凌晨 2:55](#)

[回复](#)

- 迪帕克·卡蒂亚尔

尼斯注意到您制作放大器课程。

发表于[2023 年 7 月 6 日 | 上午 11:37](#)

[回复](#)

- 维杰·巴杜卡莱

不错的信息，
只需显示 I 类 ckt 图，
谢谢

发表于[2023 年 7 月 5 日 | 凌晨 4:54](#)

[回复](#)

- 热尔曼

这次会议非常好

发表于[2023 年 6 月 5 日 | 上午 9:18](#)

[回复](#)

- 穆罕默德·穆什塔克

很好的解释

发表于[2023 年 5 月 31 日 | 上午 5:21](#)

[回复](#)

- 杰普库瑞突袭

解释得很好

发表于[2023 年 3 月 10 日 | 晚上 8:58](#)

[回复](#)

- 詹姆斯·艾伦·塔利

T类放大器的电流传导能力如何？

发表于[2023 年 2 月 27 日 | 晚上 7:54](#)

[回复](#)

- 韦恩·斯托尔

显然，这取决于设计者的功率要求

发表于[2023 年 2 月 28 日 | 上午 8:20](#)

[回复](#)

- 瓦西姆·汗

我是初级工程师，我对音频放大器维修非常感兴趣，所以请分享联系信息

发表于[2023 年 2 月 21 日 | 下午 1:04](#)

[回复](#)

- 麦克斯韦

我保佑

发表于[2023 年 1 月 19 日 | 晚上 9:39](#)

[回复](#)

- 纳扎尔·穆罕默德

功放维修课程

发表于[2023 年 1 月 4 日 | 下午 5:09](#)

[回复](#)

- *Medonryngkat* 构建

我想进一步解放放大器

发表于[2022 年 12 月 18 日 | 凌晨 3:37](#)

[回复](#)

- *louiejiegolis@yahoo.com*

我想了解音响系统

发表于[2022 年 9 月 26 日 | 晚上 10:54](#)

[回复](#)

- *马利卡吉·博拉*

放大器火灾修复

发表于[2023 年 3 月 31 日 | 下午 4:54](#)

[回复](#)

- *斯泰利奥*

我正在构建一个电路，将 mp3 文件放大到 130 db 响度。有什么好的建议吗？

发表于[2022 年 9 月 26 日 | 中午 12:53](#)

[回复](#)

- *库克代孔苏特*

深入而详细的文章。多谢

发表于[2022 年 8 月 30 日 | 上午 8:22](#)

[回复](#)

- *阿廷达纳·阿加纳·马丁*

这项工作很有帮助

发表于[2022 年 7 月 13 日 | 上午 10:02](#)

[回复](#)

- *阿廷达纳·阿加纳·马丁*

这里发生了什么

发表于[2022 年 7 月 13 日 | 上午 9:58](#)

[回复](#)

- *艾西瓦娅·佩蒂尔*

谢谢

发表于[2022 年 6 月 19 日 | 下午 2:32](#)

[回复](#)



[Close](#)