

# 分相器

分相器电路从单个输入信号产生两个幅度相等但相位相反的输出信号

**分相器**是另一种类型的双极结型晶体管 (BJT) 配置，其中单个正弦输入信号被分成两个相位相差 180 电角度的独立输出。

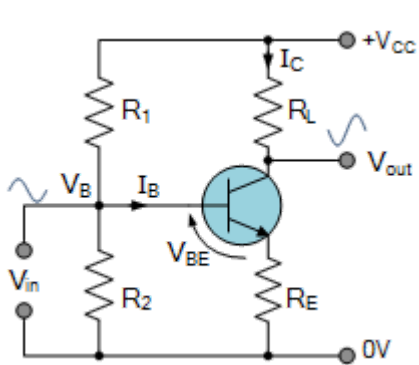
晶体管分相器的输入信号施加到基极端子，其中一个输出信号取自集电极端子，第二输出信号取自发射极端子。因此，*晶体管分相器*是一个双输出放大器，从其集电极和发射极端子产生互补输出，这些输出异相180°。

单晶体管分相器电路并不是什么新鲜事，因为我们在之前的教程中已经看到了它的基本构建块。分相器、反相器电路结合了共发射极放大器和共集电极放大器的特性。与CE放大器和CC放大器电路一样，分相器电路被正向偏置以作为线性A类放大器运行，以减少输出信号失真。

但首先让我们回顾一下共发射极（CE）放大器电路和共集电极（CC）放大器电路配置的知识。

## 共发射极放大器

*具有分压器偏置的共发射极电路*是最广泛使用的线性放大器配置，因为它易于偏置和理解。

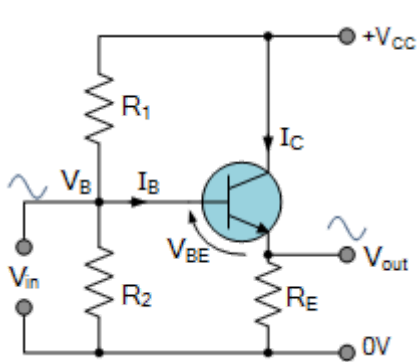


输入信号施加到基极端子，输出信号取自负载电阻两端， $R_L$  连接在集电极和正电源轨  $V_{CC}$  之间，如图所示。因此，发射极对于输入和输出电路来说是公共的。

除了提供由  $R_L/R_E$  比率确定的电压放大之外，共发射极 (CE) 配置的主要特点是它是一个反相放大器，在输入和输出信号之间产生  $180^\circ$  的相位反转。

为了作为 A 类放大器工作，电路被偏置，以便馈入基极的静态电流  $I_B$  将集电极端子电压定位在电源电压值的大约一半。选择电阻器  $R_1$  和  $R_2$  的比率，使得晶体管正确偏置，提供最大不失真输出信号。

## 共集电极放大器



共集电极放大器在共集电极配置中使用单个晶体管，集电极为输入和输出电路所共用。输入信号施加到晶体管基极端子，输出来自发射极端子，如图所示。

由于输出信号取自发射极电阻  $R_E$  两端，因此未使用集电极电阻，因此集电极端子直接连接到电源轨  $V_{CC}$ 。这种类型的放大器配置也称为电压跟随器或更常见的射极跟随器，因为输出信号跟随输入信号。

共集电极 (CC) 配置的主要特点是它是同相放大器，因为输入信号直接通过基极-发射极结到达输出。因此，输出与输入“同相”。因此，它的电压增益略小于一（单位）。

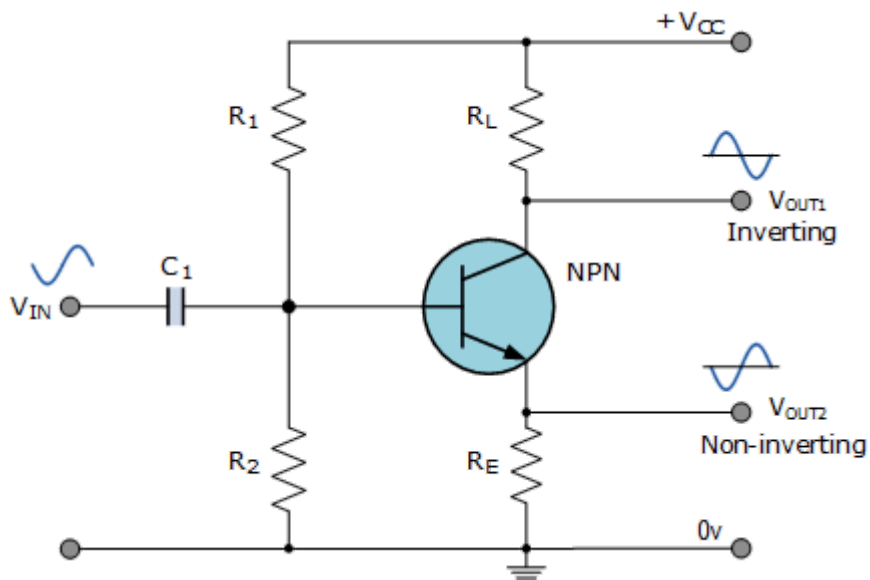
与之前的共发射极配置一样，共集电极放大器的晶体管使用分压器网络进行偏置，使电源电压减半，从而为其直流工作条件提供良好的稳定性。

## 分相器配置

如果我们将共发射极放大器的配置与共集电极放大器的配置结合起来，并同时从集电极和发射极端子获取输出，我们可以创建一个晶体管电路，该电路产生两个大小相等的输出信号但彼此相反。

分相器使用单个晶体管来产生反相和非反相输出，如图所示。

## 使用 NPN 晶体管的分相器



前面我们说过，共发射极放大器的电压增益是 $R_L$ 与 $R_E$ 的比值，即 $-R_L / R_E$ （负号表示反相放大器）。如果我们使这两个电阻器的值相等（ $R_L = R_E$ ），那么共发射极级的电压增益将等于 -1 或 1。

作为共集电极，射极跟随器放大器电路自然具有接近单位（+1）的同相电压增益，两个输出信号（一个来自集电极，一个来自发射极）的幅度相等，但相差 180 度。这使得单位增益晶体管分相器电路对于向另一个放大器级（例如B类推挽功率放大器）提供互补或反相输入非常有用。

为了正确运行，必须选择连接在电源轨和接地之间的分压器网络，以便为来自集电极和发射极端子的输出电压摆幅产生正确的直流条件稳定，从而产生对称输出。

## 分相器示例 No1

需要单个晶体管分相器电路来驱动推挽功率放大器级。如果电源电压为9伏，所用NPN 2N3904晶体管的Beta值为100，静态集电极电流为1mA，输入信号的峰值幅度为1V，则设计一个合适的电路。

为了防止发射极端子输出信号失真，发射极端子的直流偏置电压必须大于输入信号的最大值，在本例中为 1 伏峰值。如果我们将直流静态发射极端电压设置为输入值的两倍以确保无失真输出摆幅，则  $V_E$  将等于 2 伏。

由于  $V_E$  设置为 2 V，流经发射极的电流（也是集电极静态电流）为 1mA，因此发射极电阻  $R_E$  的值计算如下：

$$R_E = \frac{V_E}{I_E} = \frac{2V}{1mA} = \frac{2}{0.001} = 2,000\Omega \text{ or } 2k\Omega$$

为了使分相器电路的共发射极侧的电压增益等于-1（单位），集电极负载电阻R<sub>L</sub>必须等于R<sub>E</sub>。即R<sub>L</sub> = R<sub>E</sub> = 2kΩ。因此，集电极负载电阻上的压降计算如下：

$$R_L = R_E = 2.0k\Omega$$

$$V_C = I_C \times R_L = 1mA \times 2k\Omega = 2.0 \text{ Volts}$$

$$\therefore V_{C(Q)} = V_{CC} - V_C = 9 - 2 = 7.0 \text{ Volts}$$

$$\text{As } V_{E(Q)} = 2.0V, \quad \text{and} \quad V_{C(Q)} = 7.0V,$$

$$V_{CE(Q)} = V_{C(Q)} - V_{E(Q)} = 7.0 - 2.0 = 5.0 \text{ Volts}$$

应用基尔霍夫电压定律， $V_{CC} - V_C - V_{CE} - V_E = 0$ 。因此  $9 - 2 - 5 - 2 = 0$ 。我们期望看到这一点，因为  $R_L = R_E$  并且电流流过两个电阻器的值大致相同，因此每个电阻器上的  $I \times R$  压降在 2.0 伏时将相同。

这意味着同相输出（发射极端子）的直流偏置电压为 2.0 伏（0 + 2），反相输出（集电极端子）的直流偏置电压为 7.0 伏（9 - 2）。换句话说，两个输出的直流静态输出电压处于不同的值。

晶体管的直流电流增益 Beta 为 100。对于共发射极放大器，Beta 为集电极电流与基极电流之比，即： $\beta = I_C / I_B$ ，所需基极偏置电流值计算如下：

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = 100$$

$$\therefore I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1mA}{100} = 10\mu A$$

对于 100 的直流电流增益，静态基极电流  $I_{B(Q)}$  为 10uA。通常的做法是，流过分压器网络的基极接地电阻器的静态电流值比基极电流大十倍 (x10)。因此流经 R<sub>2</sub> 的电流将为  $10 \times I_B = 10 \times 10uA = 100uA$ 。

基极电压 V<sub>B</sub> 等于发射极电压 V<sub>E</sub> 加上基极-发射极 pn 结的 0.7 伏正向压降，即：2.0 + 0.7 = 2.7 伏。因此 R<sub>2</sub> 的值计算如下：

$$R_2 = \frac{V_B}{I_{R2}} = \frac{2.7V}{100\mu A} = 27,000\Omega \text{ or } 27k\Omega$$

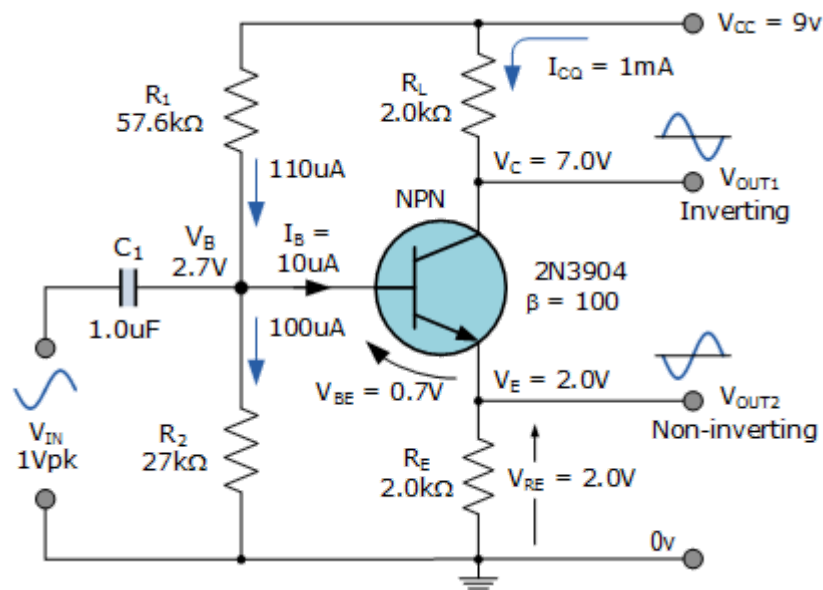
由于有 100uA 流过  $R_2$  且有 10uA 流入晶体管基极端子，因此必然有 110uA (100uA + 10uA) 流过分压器网络的顶部电阻器  $R_1$ 。如果电源电压为 9 伏，晶体管基极电压为 2.7 伏。电阻器  $R_1$  的值计算如下：

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_B}{I_{R1}} = \frac{9.0 - 2.7}{110\mu A} = 57,272\Omega \text{ or } 57.3k\Omega$$

因此，用于分配器电路直流偏置的分压器网络由  $R_1 = 57.3k\Omega$  和  $R_2 = 27k\Omega$  组成。

将上述计算值放在一起，得到单晶体管分相器电路：

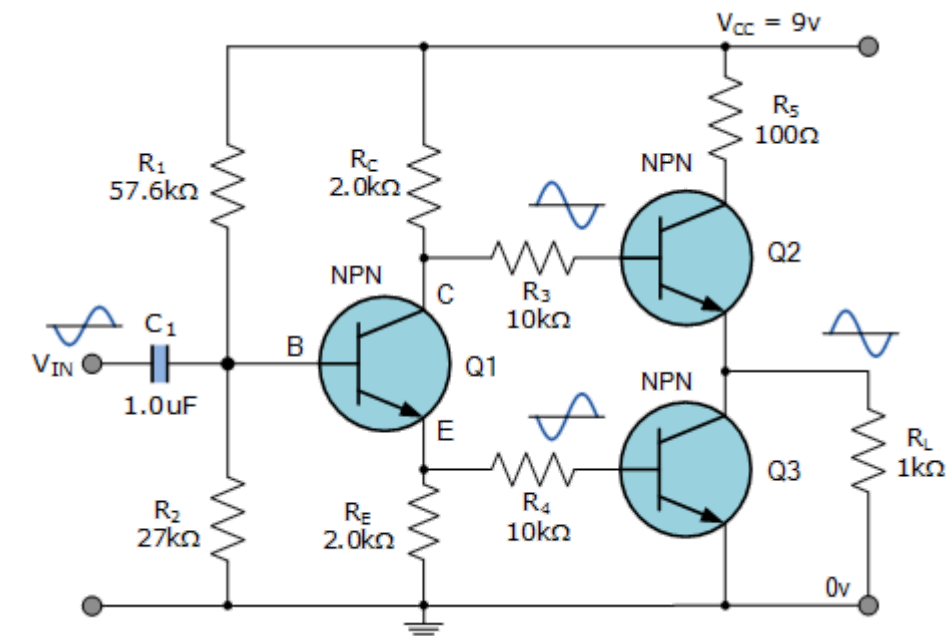
### 晶体管分相电路



由于单晶体管分相器电路产生输入信号的两个输出版本，一个与输入信号相位相同的非反相版本，以及输入信号的180°<sup>相位</sup>反相版本，两个输出具有相似的幅度。这将使分相器电路非常适合用于驱动推挽或图腾柱配置的输出，以进行放大或直流电机控制。

考虑下面的电路。

### 图腾柱输出级



由于互补输出取自晶体管 Q1 的集电极和发射极，当上晶体管Q2正向偏置并在负半周导通（由于反转）时，下晶体管Q3截止，因此负半周导通。波形的一半传递到负载电阻 $R_L$ 。

在输入波形的正半周期，下部晶体管Q3正向偏置并导通，而上部晶体管Q2截止，因此波形的正半周传递到负载电阻器 $R_L$ 。

因此，在任一时刻，只有输出晶体管Q2或Q3之一被充分正向偏置，并且仅传导输入信号波形的一半。两个输出晶体管按照 Q1 的确定从一个晶体管交替导通到另一个晶体管，输入信号的两半组合在一起以在 $R_L$ 上产生反相输出波形。负载电阻 $R_L$ 具有以 $V_C$ 和 $V_E$ 之差为中心的直流偏置电压。电阻器 $R_5$ 用于限制最大电流。

## 晶体管分相器总结

我们在本教程中看到，通过将共发射极电路与共集电极电路相结合，我们可以创建另一种类型的单晶体管电路，它实际上不是 CE 放大器也不是 CC 放大器，而是产生两个电压的分相器电路振幅相同但相位相反。

有时需要有两个幅度相等但相位相差  $180^\circ$  的信号，并且有不同的方法来创建双输出分相器电路，包括使用差分放大器和运算放大器。但单晶体管分相器电路配置是最容易构建和理解的。

单晶体管分相器电路被偏置以作为 A 类放大器运行，具有分别取自晶体管的集电极和发射极端子的两个互补（反相和非反相）输出。为了正确运行，每个输出的增益必须设置为 1（单位增益）。

单晶体管**分相器电路**可用于驱动 B 类推挽放大器、用于逆变器的中心抽头变压器或用于电机控制的图腾柱输出，因为当一个晶体管导通时，另一个晶体管截止。

## 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](#)

## 12 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

- 什里克里希纳音频

先生，biose 系统中没有 avilabal 输入

发表于[2023 年 8 月 22 日 | 中午 12:57](#)  
[回复](#)

- 泰国

能告诉我分相器在哪里买吗？专柜上有吗？如果有人知道请告诉我，谢谢！

发表于[2022 年 12 月 13 日 | 中午 12:38](#)  
[回复](#)

- 阿尼尔·德什穆克

感谢对广大工程师有用的优秀材料描述。

发表于[2022 年 1 月 17 日 | 上午 6:27](#)  
[回复](#)

- 奥宾纳·梅卡

有人可以使用这些晶体管分相器作为功率放大器电路的分相器吗

发表于[2021 年 3 月 17 日 | 上午 9:13](#)  
[回复](#)

- 韦恩·斯托尔

所有形式的分相器电路均可用于任何需要互补信号的应用，包括放大器



发表于[2021 年 3 月 17 日 | 上午 10:33](#)

[回复](#)

- 西纳斯·潘乔里

非常好的网站值得参观。感谢您的光临。

发表于[2021 年 1 月 31 日 | 下午 3:41](#)

[回复](#)

- 普拉克里蒂·帕尔

这是这里介绍的极好的材料。它非常适合初学者、业余爱好者和实践工程师。许多主题和信息、实际使用的设计规则都以示例的形式讨论。简而言之，这对于理解该主题非常有帮助。

发表于[2020 年 8 月 27 日 | 下午 2:29](#)

[回复](#)

- 乔·麦克斯威尼

图腾轮询输出示例中 Q3 的输出将在 Q2 关闭时（即输入相位的一半）接地。R(L)的非输出侧应连接或偏置至4.5V，或者整个电路应具有+4.5V和-4.5V电源轨，且R(L)的非输出侧接地。我缺少什么？

发表于[2020 年 8 月 4 日 | 下午 4:08](#)

[回复](#)

- 韦恩·斯托尔

否，正如教程中所解释的，两个 npn 晶体管 Q2 和 Q3 采用直流偏置，在 Q1 的控制下仅传导每个输入波形的一半。信号的两半以小的交叉失真结合到负载中。如果使用互补的 npn 和 pnp 晶体管，则可以修改这个简单的示例以通过双电源运行。

发表于[2020 年 8 月 5 日 | 凌晨 4:49](#)

[回复](#)

- 塞尔吉奥·博内托

我真的很喜欢这些关于阀门的文章。

发表于[2020 年 5 月 16 日 | 中午 12:38](#)

[回复](#)

- 塞尔吉奥·博内托

很棒的工作，它对我帮助很大，我是自学成才的，我需要这样的信息。谢谢

发表于[2020 年 5 月 16 日 | 中午 12:36](#)

[回复](#)

- 布赖恩·瓦图瓦

干得好  
， 谢谢

发表于[2020 年 1 月 20 日 | 上午 10:14](#)

[回复](#)

[Close](#)