

# 共集电极放大器

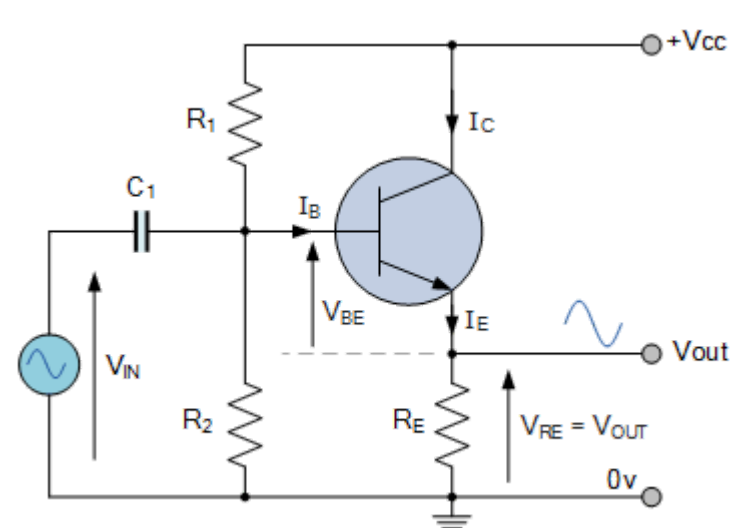
共集电极放大器在其发射极负载上产生与输入信号同相的输出电压

**共集电极放大器**是另一种类型的双极结型晶体管 (BJT) 配置，其中输入信号应用于基极端子，输出信号取自发射极端子。因此，集电极端子对于输入和输出电路是公共的。这种类型的配置称为公共集电极 (CC)，因为集电极端子通过电源有效“接地”或“接地”。

在许多方面，**共集电极(CC)** 配置与**共发射极 (CE)** 配置相反，因为连接的负载电阻从通常的集电极端子（标记为  $R_C$ ）移至**发射**极端子（标记为  $R_E$ ）。

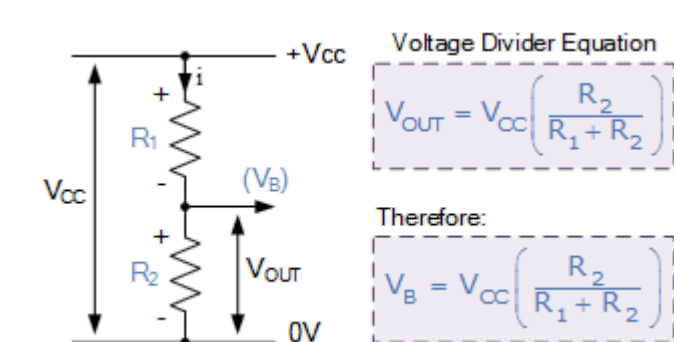
公共集电极或接地集电极配置通常用于需要将高阻抗输入源连接到需要高电流增益的低阻抗输出负载的情况。考虑下面的共集电极放大器电路。

## 使用 NPN 晶体管的公共集电极放大器



电阻器  $R_1$  和  $R_2$  形成一个简单的分压器网络，用于偏置 NPN 晶体管使其导通。由于该分压器对晶体管的负载较轻，因此可以使用如图所示的简单分压器公式轻松计算基极电压  $V_B$ 。

## 分压网络



由于晶体管的集电极端子直接连接到  $V_{CC}$  并且没有集电极电阻，( $R_C = 0$ ) 任何集电极电流都会在发射极电阻器  $R_E$  上产生压降。

然而，在共集电极放大器电路中，同样的电压降  $V_E$  也代表输出电压  $V_{OUT}$ 。

理想情况下，我们希望  $R_E$  上的直流电压降等于电源电压  $V_{CC}$  的一半，以使晶体管静态输出电压位于特性曲线中间的某个位置，从而获得最大未削波输出信号。因此， $R_E$  的选择很大程度上取决于  $I_B$  和晶体管电流增益 Beta、 $\beta$ 。

由于基极-发射极 pn 结正向偏置，基极电流通过结流向发射极，从而促进晶体管动作，从而导致更大的集电极电流  $I_C$  流动。因此，发射极电流是基极电流和集电极电流的组合： $I_E = I_B + I_C$ 。然而，由于基极电流与集电极电流相比非常小，因此发射极电流约等于集电极电流。因此  $I_E \approx I_C$

与共发射极 (CE) 放大器配置一样，输入信号施加到晶体管基极端子，正如我们之前所说，放大器输出信号取自发射极端子。然而，由于晶体管基极与其发射极端子之间只有一个正向偏置的 pn 结，因此施加到基极的任何输入信号都会直接通过该结到达发射极。因此，发射极处的输出信号与基极处施加的输入信号同相。

由于放大器输出信号取自发射极负载，这种类型的晶体管配置也称为发射极跟随器电路，因为发射极输出“跟随”或跟踪基极输入信号的任何电压变化，但它保持约 0.7 伏 ( $V_{BE}$ ) 低于基极电压。因此， $V_{IN}$  和  $V_{OUT}$  同相，在输入和输出信号之间产生零相位差。

话虽如此，发射极 pn 结实际上充当正向偏置二极管，对于小交流输入信号，该发射极二极管结的电阻由下式给出： $r'_e = 25\text{mV}/I_e$  其中 25mV 是结的热电压在室温 (25 °C) 下， $I_e$  是发射极电流。因此，随着发射极电流的增加，发射极电阻会成比例地减小。

流经该内部基极-发射极结电阻的基极电流也流出并流经外部连接的发射极电阻  $R_E$ 。这两个电阻串联连接，从而充当分压器网络，产生电压降。由于  $r'_e$  的值非常小，而  $R_E$  则大得多，通常在千欧 (kΩ) 范围内，因此放大器输出电压的幅度小于其输入电压。

然而，实际上，输出电压（峰峰值）的幅度通常为输入电压值的 98% 至 99%，在大多数情况下该值足够接近，可以被视为单位增益。

我们可以使用如图所示的分压器公式计算共集电极放大器的电压增益  $V_A$ ，假设基极电压  $V_B$  实际上是输入电压  $V_{IN}$ 。

### 共集电极放大器电压增益

$$V_{OUT} = \frac{V_{IN} \times R_E}{r'_e + R_E}$$

Thus:

$$A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{I_e \times R_E}{I_e (r'_e + R_E)}$$

Since  $R_E$  is much greater than  $r'_e$   $(r'_e + R_E) \cong R_E$

and the two emitter currents,  $I_e$  cancel, thus:

$$A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{R_E}{R_E} \cong 1$$

因此，共集电极放大器不能提供电压放大，出于明显的原因，用于描述共集电极放大器电路的另一种表达是*电压跟随器电路*。因此，由于输出信号紧密跟随输入并且与输入同相，因此公共集电极电路是非反相单位电压增益放大器。

### 公共集电极放大器示例 No1

使用 NPN 双极晶体管和分压器偏置网络构建共集电极放大器。如果  $R_1 = 5\text{k}\Omega$ ， $R_2 = 6\text{k}\Omega$ ，并且电源电压为12伏。计算以下值： $V_B$ 、 $V_C$ 和  $V_E$ 、发射极电流  $I_E$ 、内部发射极电阻  $r'_e$  以及使用  $4\text{k}\Omega$  负载电阻时的放大器电压增益  $A_V$ 。并画出最终电路以及相应的负载线特性曲线。

1. 基极偏置电压,  $V_B$

$$I = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} = \frac{12}{5600 + 6800} = 968 \mu A$$

$$V_B = I \times R_2 = 968 \times 10^{-6} \times 6800 = 6.5V$$

2. 集电极电压,  $V_C$ 。由于没有集电极负载电阻, 晶体管集电极端子直接连接到直流电源轨, 因此  $V_C = V_{CC} = 12$  伏。

3. 发射极偏置电压,  $V_E$

$$V_E = V_B - V_{BE} = 6.5 - 0.7 = 5.8V$$

Thus:

$$V_{CE(OFF)} = V_{CC} - V_E = 12 - 5.8 = 6.2V$$

4. 发射极电流,  $I_E$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{5.8}{4700} = 0.00123 = 1.23mA$$

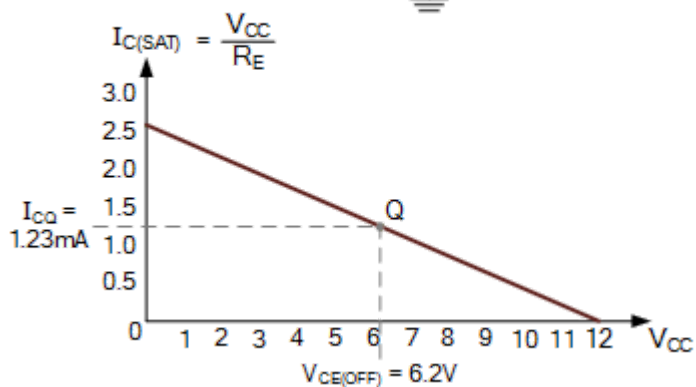
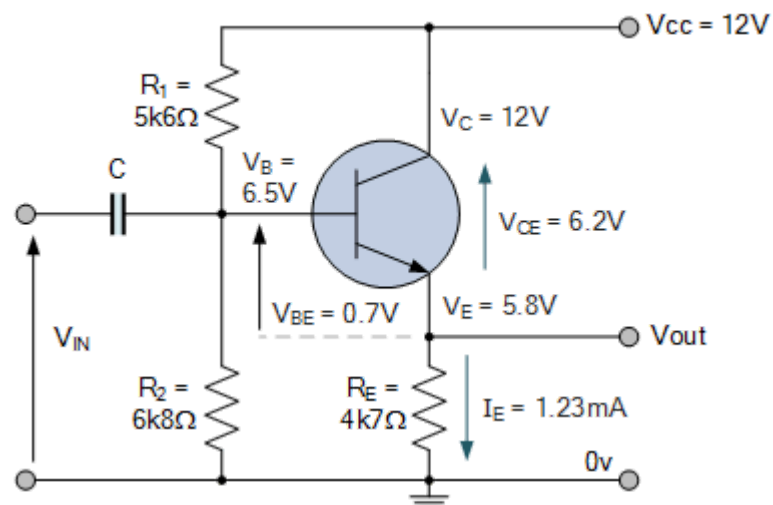
5. 交流发射极电阻,  $r'_e$

$$r'_e = \frac{25mV}{I_E} = \frac{25mV}{1.23mA} = 20.3\Omega$$

6. 电压增益,  $A_V$

$$A_V = \frac{R_E}{r_e + R_E} = \frac{4700}{20.3 + 4700} = 0.996 \text{ or } 99.6\%$$

**带负载线的共集电极放大器电路**



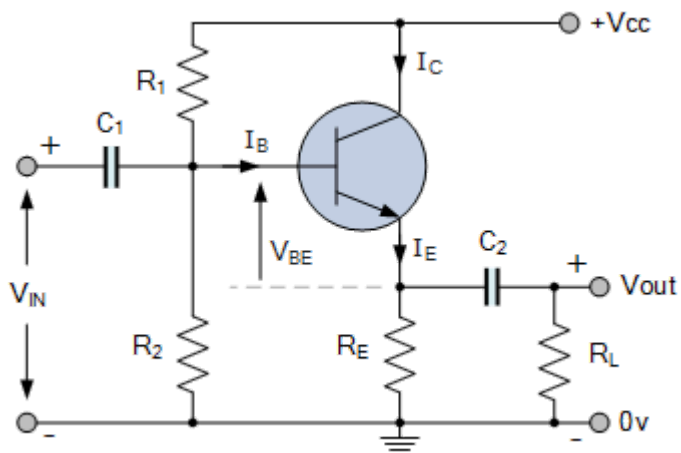
## 公共集电极输入阻抗

虽然共集电极放大器不太擅长作为电压放大器，因为正如我们所见，它的小信号电压增益大约等于 1 ( $A_V \cong 1$ )，但它确实是一个非常好的电压缓冲电路，因为其高输入 ( $Z_{IN}$ ) 和低输出 ( $Z_{OUT}$ ) 阻抗，在输入信号源与负载阻抗负载之间提供隔离。

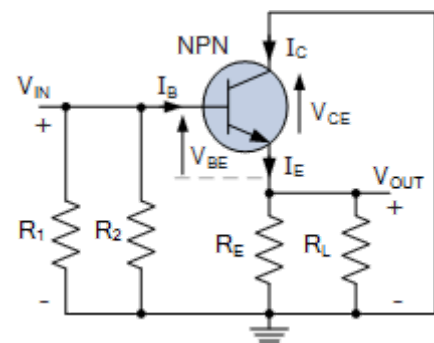
共集电极放大器的另一个有用特性是，只要其导通，它就能提供电流增益 ( $A_i$ )。也就是说，它可以响应基极电流  $I_B$  的微小变化，传递从集电极流向发射极的大电流。请记住，该直流电流只能看到  $R_E$ ，因为没有  $R_C$ 。那么直流电流就是： $V_{CC} / R_E$ ，如果  $R_E$  很小，则该电流可能很大。

考虑下面的基本共集电极放大器或射极跟随器配置：

## 公共集电极放大器配置



对于电路的交流分析，电容器被短路并且  $V_{CC}$  被短路（零阻抗）。因此，等效电路如图所示，偏置电流和电压如下：



$$R_B = R_1 \parallel R_2$$

$$R_e = R_E \parallel R_L$$

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

$$I_E \approx I_C = \beta I_B$$

$$V_{IN} = V_B = V_{BE} + V_E$$

观察基极的公共集电极配置的输入阻抗  $Z_{IN}$  给出如下：

$$Z_{IN} = R_{BIAS} \parallel Z_{base} \quad \text{Where: } Z_{base} = \frac{V_b}{I_b}$$

$$\text{But: } V_b = I_e (R_e + r'_e), \quad I_e = I_c + I_b \quad \text{and} \quad I_c = \beta I_b$$

$$\begin{aligned} \text{So: } Z_{base} &= \frac{V_b}{I_b} = \frac{I_e (R_e + r'_e)}{I_b} = \frac{(I_c + I_b)(R_e + r'_e)}{I_b} \\ &= \frac{(\beta I_b + I_b)(R_e + r'_e)}{I_b} = (\beta + 1)(R_e + r'_e) \end{aligned}$$

但作为 Beta,  $\beta$  通常远大于 1 (通常大于 100) , 表达式:  $\beta + 1$  可以简化为 Beta,  $\beta$  乘以 100 与乘以 101 几乎相同。因此：

### 共集电极放大器基极阻抗

$$Z_{base} = \beta (R_e + r'_e)$$

其中:  $\beta$  是晶体管电流增益,  $R_e$  是等效发射极电阻,  $r'_e$  是发射极-基极二极管的交流电阻。请注意, 由于  $R_e$  的组合值通常远大于二极管等效电阻  $r'_e$  (千欧姆与几欧姆相比) , 晶体管基极阻抗可以简单地给出:  $\beta * R_e$ 。

这里需要注意的一个有趣的点是, 晶体管输入基极阻抗  $Z_{IN(基极)}$  可以通过发射极电阻  $R_E$  或负载电阻  $R_L$  的值来控制, 因为它们是并联连接的。

虽然上面的方程为我们提供了晶体管基极的输入阻抗, 但它并没有为我们提供源信号在整个放大器电路中看到的真实输入阻抗。为此, 我们需要考虑构成分压器偏置网络的两个电阻器。因此：

### 共集电极放大器输入阻抗

$$Z_{IN} = R_{BIAS} \parallel Z_{base}$$

$$\text{Where : } R_{BIAS} = R_B = R_1 \parallel R_2$$

$$\therefore Z_{IN} = R_B \parallel \beta(R_e + r'_e)$$

## 通用收集器示例 No2

使用上面的共集电极放大器电路，如果负载电阻  $R_L$  为  $10k\Omega$  并且 NPN 晶体管电流增益为 100，则计算晶体管基极和放大器级的输入阻抗。

1. 交流发射极电阻,  $r'_e$

$$r'_e = \frac{25mV}{I_E} = \frac{25mV}{1.23mA} = 20.3\Omega$$

2. 等效负载电阻,  $R_e$

$$R_e = R_E \parallel R_L$$

$$R_e = \frac{R_E \times R_L}{R_E + R_L} = \frac{4700 \times 10000}{4700 + 10000} = 3197\Omega \text{ or } 3.2k\Omega$$

3. 晶体管基极阻抗,  $Z_{BASE}$

$$Z_{BASE} = \beta(R_e + r'_e)$$

$$r'_e = \frac{25mV}{I_E} = \frac{25mV}{1.23mA} = 20.3\Omega$$

$$\therefore Z_{BASE} = 100(3200 + 20.3) = 322k\Omega$$

2. 放大器输入阻抗,  $Z_{IN(STAGE)}$



$$Z_{IN} = R_{BIAS} \parallel Z_{BASE}$$

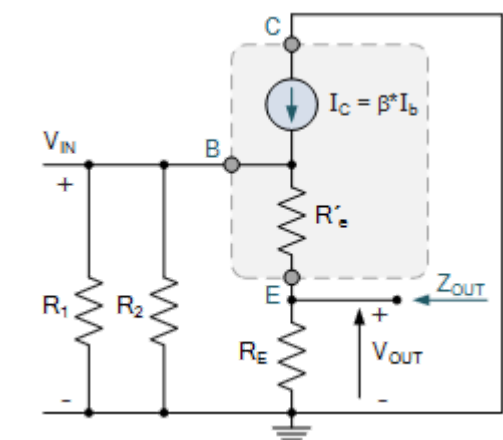
$$R_{BIAS} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5600 \times 6800}{5600 + 6800} = 3070\Omega$$

$$\therefore Z_{IN} = \frac{R_{BIAS} \times Z_{BASE}}{R_{BIAS} + Z_{BASE}} = \frac{3070 \times 32000}{3070 + 32000} = 2800\Omega \text{ or } 2.8k\Omega$$

由于晶体管基极阻抗为322kΩ，远高于放大器的输入阻抗仅为2.8kΩ，因此共集电极放大器的输入阻抗由两个偏置电阻R<sub>1</sub>和R<sub>2</sub>的比率决定。

## 集电极输出阻抗

为了确定从负载返回放大器发射极端子的 CC 放大器输出阻抗 Z<sub>OUT</sub>，我们必须首先移除负载，因为我们想要查看驱动负载的放大器的有效电阻。因此，放大器输出的交流等效电路如下：



由上可知，基本电路的输入阻抗为：R<sub>B</sub> = R<sub>1</sub> || R<sub>2</sub>。晶体管的电流增益为：β。因此输出方程如下：

$$Z_{OUT} = R_E \parallel \left( r'_e + \frac{R_1 \parallel R_2}{\beta + 1} \right)$$

我们可以看到，发射极电阻器 R<sub>E</sub> 实际上与晶体管的整个阻抗并联，然后再看其发射极端子。

如果我们使用上面的元件值计算共发射极放大器电路的输出阻抗，则输出阻抗 Z<sub>OUT</sub> 小于 50Ω (49.5Ω)，远小于较高的输入阻抗 Z<sub>IN(BASE)</sub> 之前计算过的。

因此，从计算中我们可以看出，共集电极放大器配置具有非常高的输入阻抗和非常低的输出阻抗，使其能够驱动低阻抗负载。事实上，由于 CC 放大器具有相对较高的输入阻抗和非常低的输出阻抗，因此它通常用作单位增益缓冲放大器。

通过计算确定上面示例放大器的输出阻抗 Z<sub>OUT</sub> 约为 50Ω，如果我们现在将 10kΩ 负载电阻连接回电路，则最终的输出阻抗将为：

$$Z_{OUT(LOAD)} = Z_{OUT} \parallel R_L$$

$$Z_{OUT(LOAD)} = \frac{49.5 \times 10000}{49.5 + 10000} = 49.3\Omega$$

尽管负载电阻为10kΩ，但等效输出电阻仍然较低，为49.3Ω。这是因为与 $Z_{OUT}$ 相比， $R_L$ 较大，因此为了获得最大功率传输， $R_L$ 必须等于 $Z_{OUT}$ 。由于共集电极放大器的电压增益被认为是单位 (1)，因此放大器的功率增益必须等于其电流增益，即  $P = V \cdot I$ 。

由于共集电极电流增益定义为发射极电流与基极电流之比， $\gamma = I_E / I_B = \beta + 1$ ，因此放大器电流增益必须约等于 Beta ( $\beta$ )，如下所示 $\beta + 1$ 实际上与 Beta 相同。

## 教程总结

我们在本教程中看到了有关**公共集电极放大器**的内容，它之所以得名，是因为 BJT 的集电极端子对于输入和输出电路都是公共的，因为没有集电极电阻  $R_C$ 。

共集电极放大器的电压增益近似等于 1 ( $A_v \cong 1$ )，其电流增益  $A_i$  近似等于 Beta，( $A_i \cong \beta$ )，这取决于特定晶体管 Beta 值可以安静高。

我们还通过计算看到，输入阻抗  $Z_{IN}$  较高，而输出阻抗  $Z_{OUT}$  较低，这使得它可用于阻抗匹配（或电阻匹配）目的或作为电压源和低电压源之间的缓冲电路。阻抗负载。

当共集电极 (CC) 放大器接收其基极输入信号以及从发射极负载两端获取的输出电压时，输入和输出电压是“同相”（0 o 相位差），因此共集电极<sup>配置</sup>变为由于输出电压（发射极电压）跟随输入基极电压，因此称为**发射极跟随器**。

## 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](#)

## 38 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

- *卢卡斯·赫卢波*

非常感谢您提供最好的解释。

发表于[2023 年 11 月 4 日 | 下午 3:56](#)  
[回复](#)

- *马蒂斯*

关于 RL 的退出和规模，我们可以得出什么结论

发表于[2023 年 1 月 13 日 | 上午 10:43](#)  
[回复](#)

- *阿布巴卡尔·苏莱曼*

共集电极放大器的用途

发表于[2022 年 9 月 26 日 | 晚上 7:02](#)

[回复](#)

- *P*信标

CC（也称为射极跟随器）的使用是为了向下一级或器件提供更多的信号电流。换句话说，CC具有低输出阻抗。

发表于[2023 年 5 月 6 日 | 晚上 8:38](#)

[回复](#)

- 鲁尼获胜

确实是一次很棒的会议。我真的很想了解更多。

发表于[2022 年 7 月 29 日 | 上午 5:42](#)

[回复](#)

- 萨米乌拉

我需要一个3或4级的电路，输入电压20mV，输出12V。电压增益600。输入电阻2k

发表于[2022 年 5 月 26 日 | 上午 10:30](#)

[回复](#)

- 亚历山大·皮沃瓦罗夫

我注意到这个页面的 html 标题是错误的——它写着 “Common Emitter Amplifier Tutorial” 。不过应该是《普通集电极放大器教程》

发表于[2022 年 1 月 25 日 | 上午 7:25](#)

[回复](#)

- 阿扬·萨曼塔

Ce,cb,cc-比较

发表于[2021 年 11 月 28 日 | 下午 1:02](#)

[回复](#)

- 巴克

这：

在高输入阻抗和中等输出阻抗下具有相当大的功率放大。因此经常使用。

CC (= 射极跟随器) :

电压放大率略低于一，但高电流和高功率放大。输入阻抗高，输出阻抗低。通常用于连接高阻抗源或需要大电流的负载。

CB:

低输入阻抗，高输出阻抗。电流放大率略低于1，但电压放大率很高。适用于本身具有低阻抗的源，例如射频天线系统。

当然，这在很大程度上取决于实现、使用的电阻、配置（例如级联）和反馈配置（如果使用）。

发表于[2023 年 5 月 23 日 | 晚上 8:56](#)

[回复](#)

- 马苏德

这一部分非常完美，非常非常好和实用。非常感谢。

发表于[2021 年 11 月 6 日 | 下午 5:58](#)

[回复](#)

- 离子

在浏览器的选项卡中，它显示共发射极放大器。

发表于[2021 年 8 月 11 日 | 下午 3:29](#)

[回复](#)

- 查尔斯·赫德尔斯顿

谢谢

发表于[2021 年 7 月 6 日 | 凌晨 2:00](#)

[回复](#)

- 对不起，海伦

我很感激这堂教育课.....我学到了很多关于发射器的知识

发表于[2021 年 7 月 3 日 | 上午 9:42](#)

[回复](#)

- 罗伯特·努阿科

我非常感激。感谢你所做的一切

发表于[2021 年 6 月 14 日 | 晚上 8:29](#)

[回复](#)

- 一个灯泡

非常有教育意义。多谢。

发表于[2021 年 3 月 22 日 | 下午 4:11](#)

[回复](#)

- 马特拉比亚桑

谢谢你，先生。它可以帮助我很多。

发表于[2021 年 3 月 1 日 | 下午 2:42](#)

[回复](#)

- 奥瑟·UP

谢谢，我刚刚了解了很多关于集电极发射器的知识

发表于[2021 年 1 月 17 日 | 上午 11:42](#)

[回复](#)

- 萨拉希·卜拉欣

对于输入和输出信号，它穿过集电极和电源，我说基极和集电极与 ZS 之间的结点以及屏蔽质量块的集电极发射极和非基极发射极之间的交变阻抗是输入电阻直流。

发表于[2021 年 1 月 13 日 | 上午 9:44](#)

[回复](#)

- 哈里·德苏萨

优秀的模型，可以在其上尝试软件以了解晶体管的工作原理。迫不及待地配置电路来查看不同配置的输出

发表于[2020 年 7 月 18 日 | 下午 5:11](#)

[回复](#)

- 赛勒斯·查迪

谢谢你刷新了我的记忆。

发表于[2020 年 7 月 8 日 | 凌晨 2:55](#)

[回复](#)

- 沙齐亚·安德莱布

确定集电极电阻  $R_c = 8k$  欧姆时晶体管的状态

发表于[2020 年 6 月 8 日 | 上午 5:33](#)

[回复](#)

- 了解贾巴尔

如果集电极上有一个电阻怎么办，方程是怎样的

发表于[2020 年 3 月 24 日 | 中午 12:02](#)

[回复](#)

- 更多的



[Close](#)