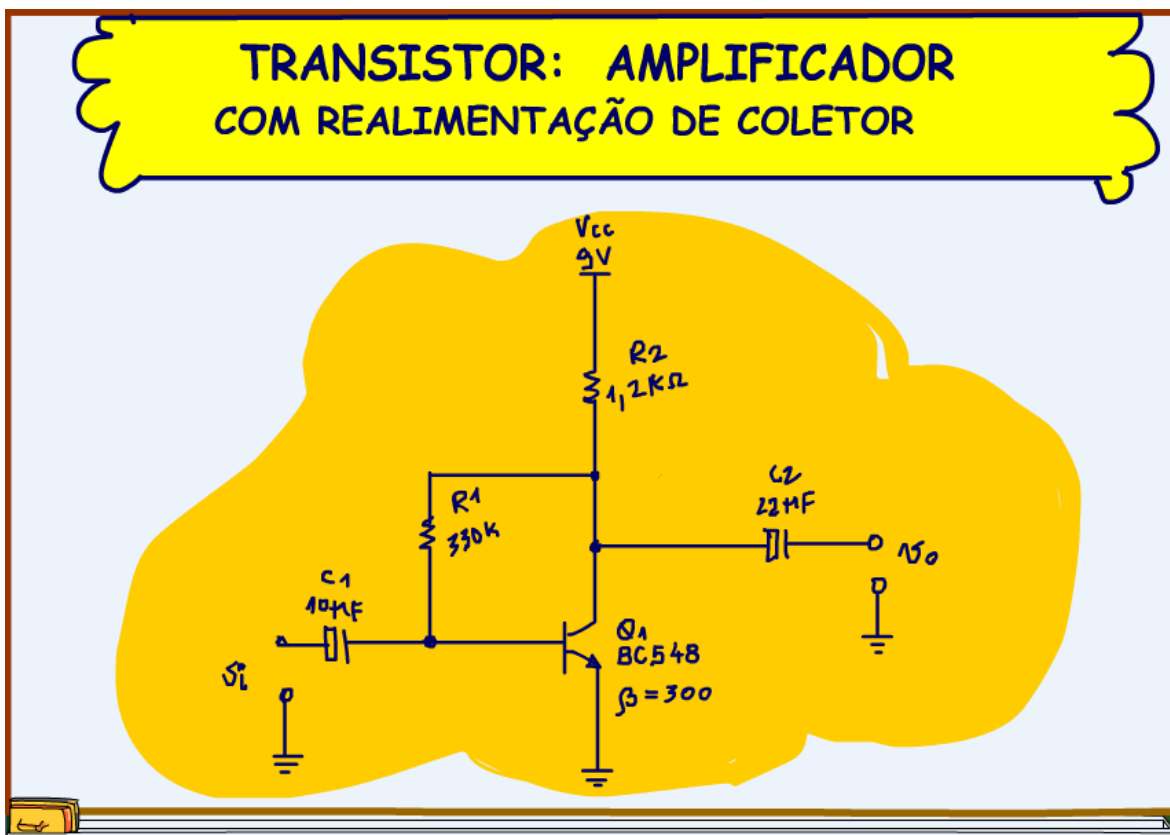


Arquivo: 20201031 transistor amplificador com realimentação coletor

Link Youtube:

## TRANSISTOR: Amplificador com realimentação de coletor



Por Eng. e professor Roberto Bairros dos Santos

[www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com)

**CANAL YOUTUBE: Professor Bairros.**

**Data: 31/10/2020**

## Sumário

1	TRANSISTOR: Amplificador com realimentação de coletor .....	3
1.1	O circuito.....	4
1.2	Por que usar a realimentação de coletor?.....	5
1.3	Os capacitores de acoplamento.....	6
1.4	Amplificando pequenos sinais. ....	7
1.5	Polarizando o transistor.....	8
1.6	O objetivo da análise do circuito. ....	9
1.7	A equação da malha de entrada. ....	10
1.8	Incluindo as correntes na equação. ....	11
1.9	O transistor e a segunda equação.....	12
1.10	A equação para determinar a corrente de base.....	13
1.11	Isolando a corrente de base.....	14
1.12	Colocando a corrente de base em evidência.....	15
1.13	Equação da corrente de base.....	16
1.14	Calculando a corrente de base.....	17
1.15	Calculando a corrente de coletor.....	18
1.16	Queda de tensão na resistência de coletor. ....	19
1.17	Calculando VCE. ....	20
1.18	Conclusão.....	21
1.19	Créditos.....	22

# 1 TRANSISTOR: AMPLIFICADOR COM REALIMENTAÇÃO DE COLETOR

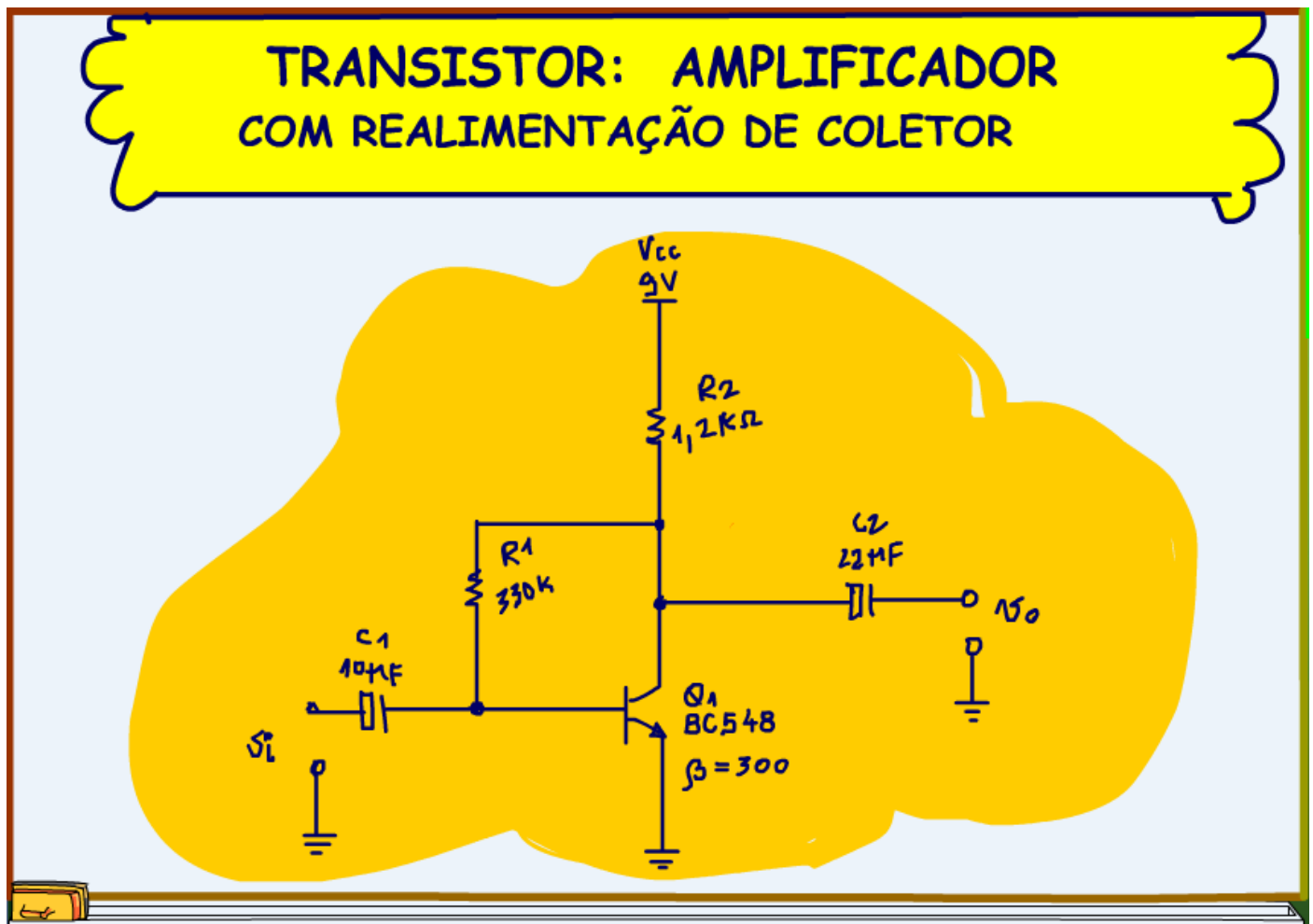
Simmmm, eu sou o professor Bairros e no tutorial de hoje nós vamos ver....

TRANSISTOR: Amplificador com realimentação de coletor.

Você verá nesse tutorial como uma pequena alteração no circuito de base do transistor é um grande passo para a estabilidade do circuito.

Vou analisar o circuito da figura onde a resistência de base é ligada ao coletor tornando esse um dos circuitos amplificadores mais simples para você amplificar pequenos sinais, como sinais de microfone tipo eletreto, captadores de guitarra etc.

Vamos lá.

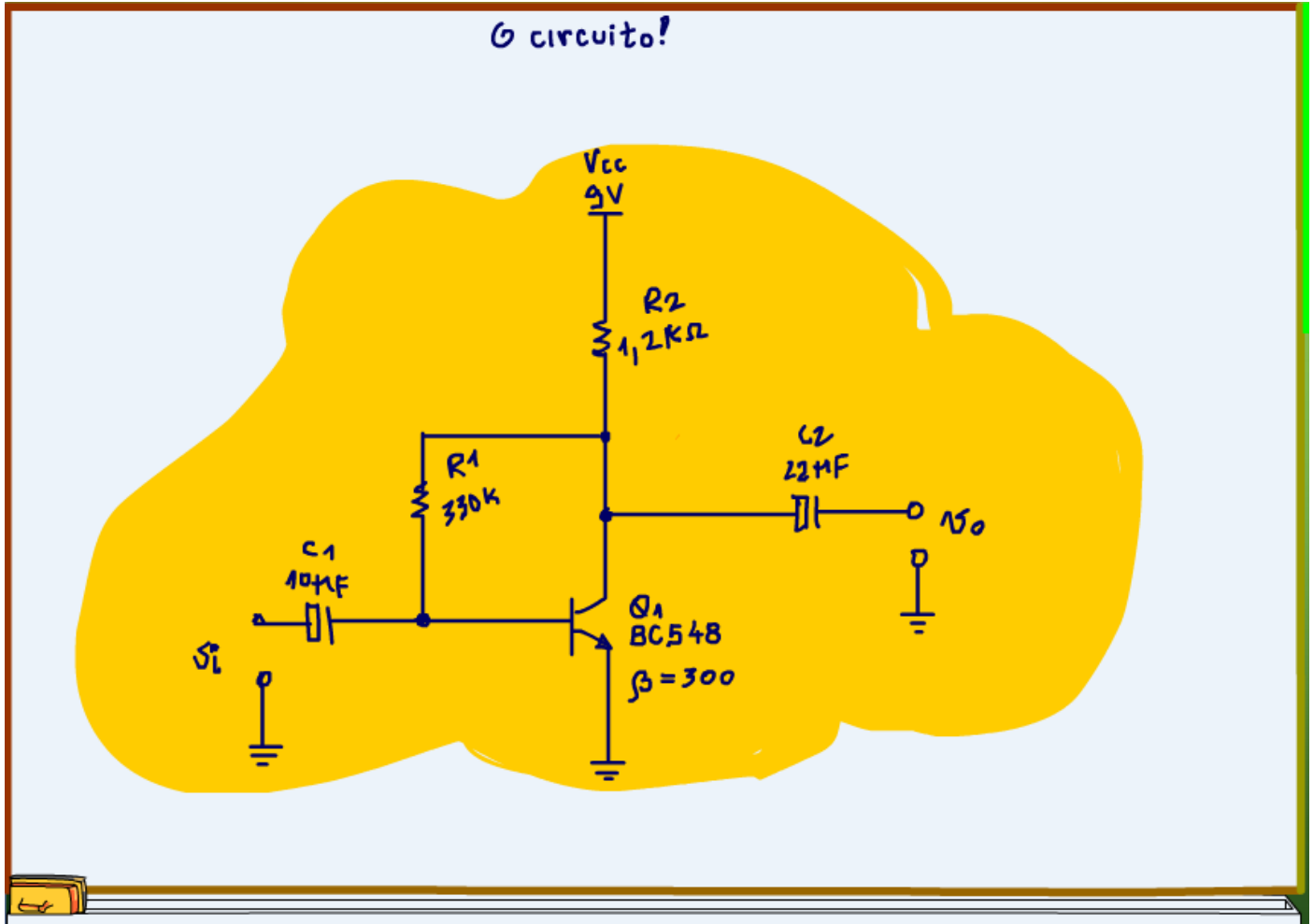


## 1.1 O CIRCUITO.

Esse circuito com transistor onde a resistência de base é ligada no coletor é chamado de:

Circuito com realimentação de coletor.

A resistência R1 é a resistência de realimentação de coletor.

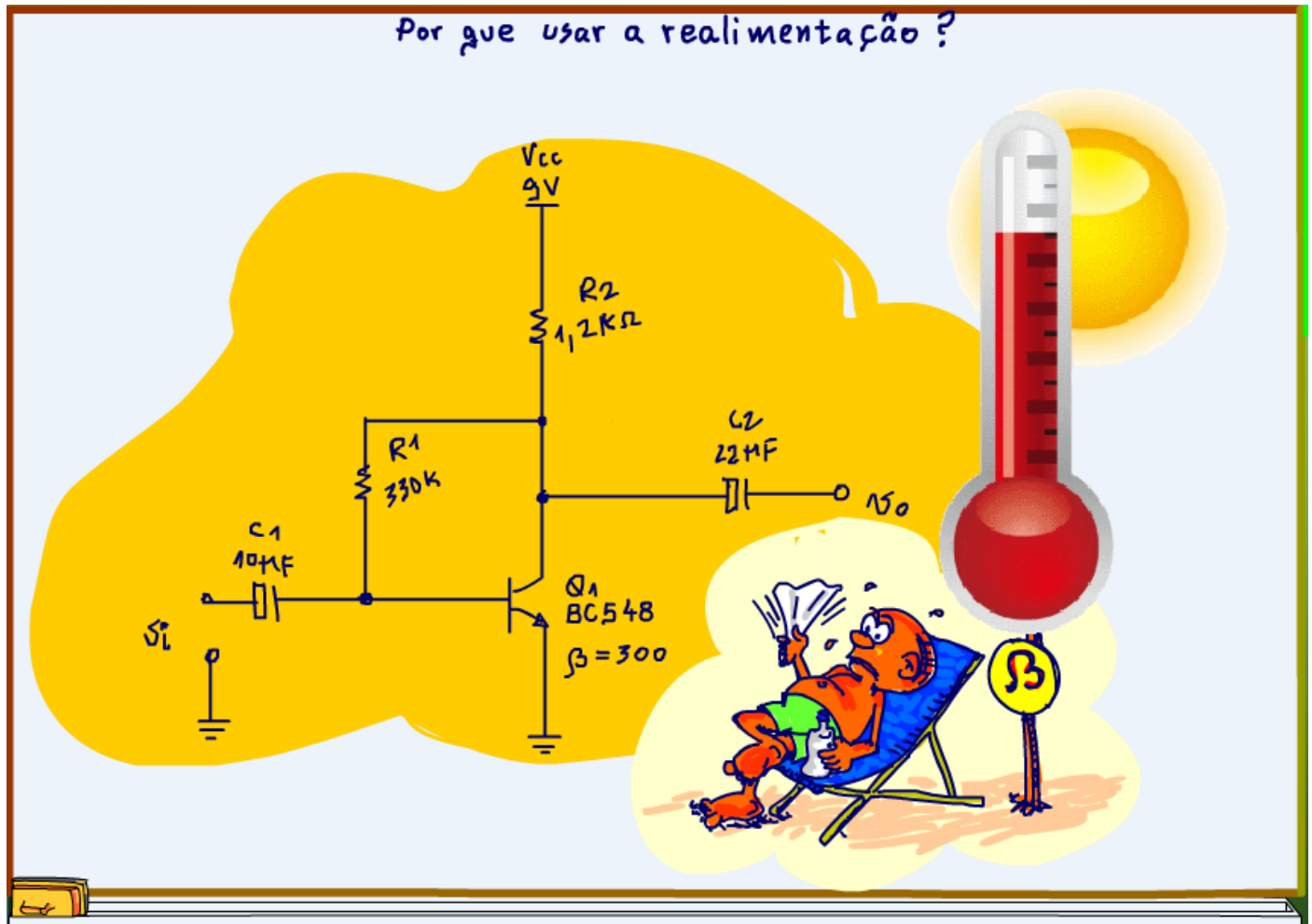


## 1.2 POR QUE USAR A REALIMENTAÇÃO DE COLETOR?

Essa mudança simples deixa o circuito mais estável quanto a variação do ganho beta.

Vocês já sabem, o ganho beta é muito nervoso com respeito a alterações na temperatura, ele fica muito alterado quando a temperatura sobe e o sinal do amplificador pode sair completamente distorcido.

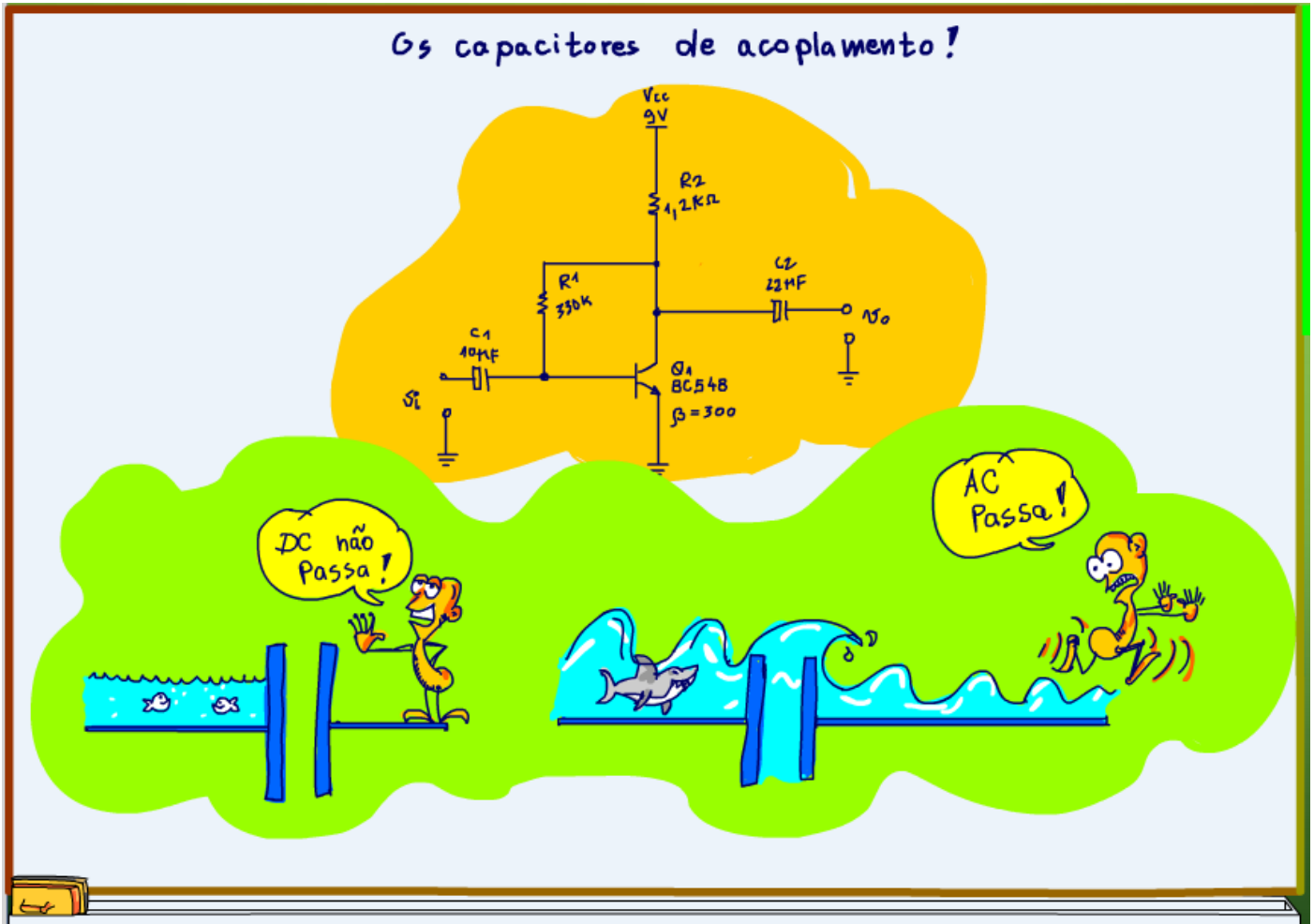
Um sinal distorcido faz parecer que o seu cantor predileto está cantando dentro de uma lata de azeite, você não entende nada do que ele está cantando.



### 1.3 OS CAPACITORES DE ACOPLAMENTO.

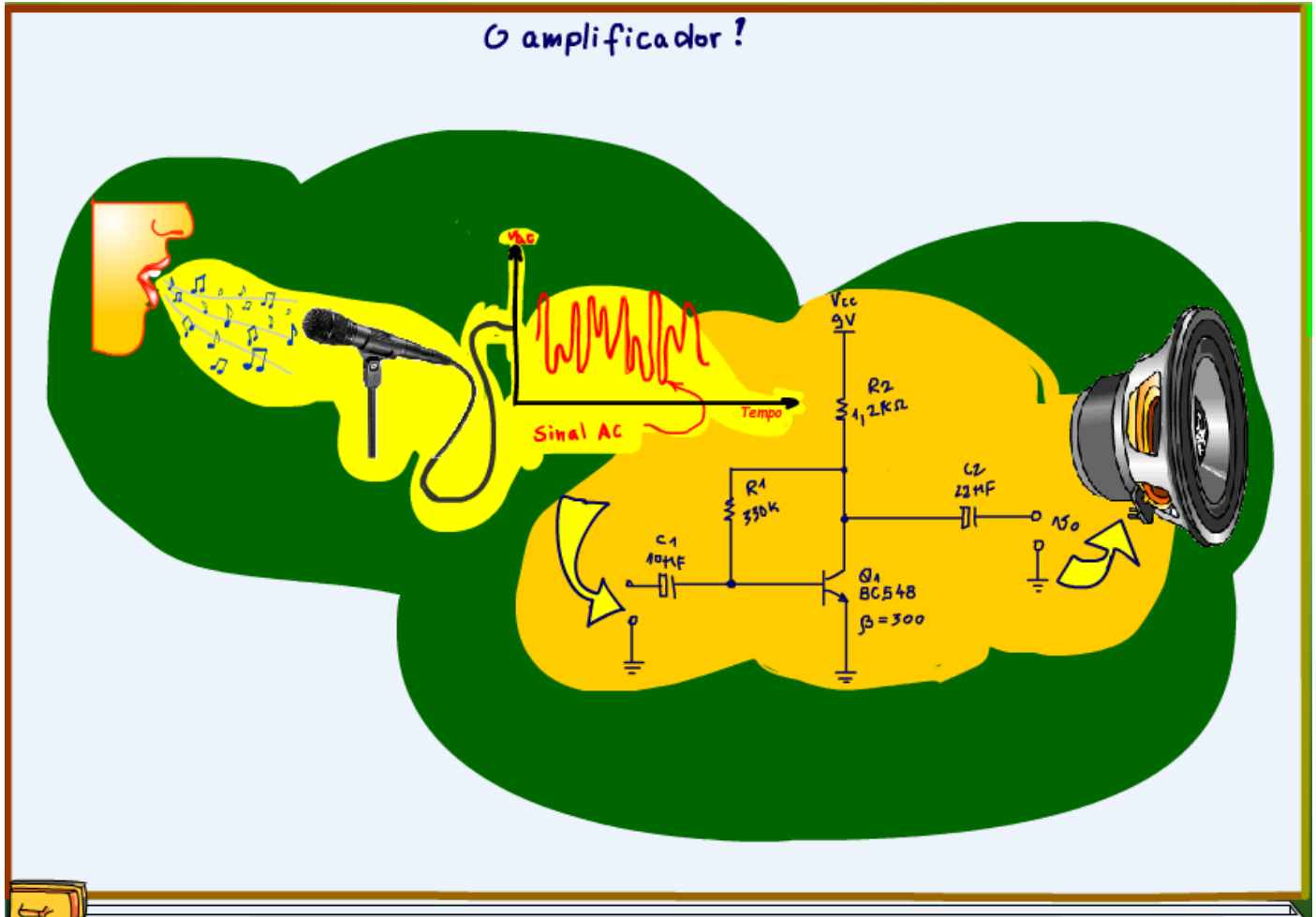
Os capacitores desenhados no diagrama não interferem no circuito de polarização em corrente contínua, como vocês sabem, um capacitor em corrente contínua é considerado um circuito aberto.

Esses capacitores são chamados de capacitores de acoplamento.



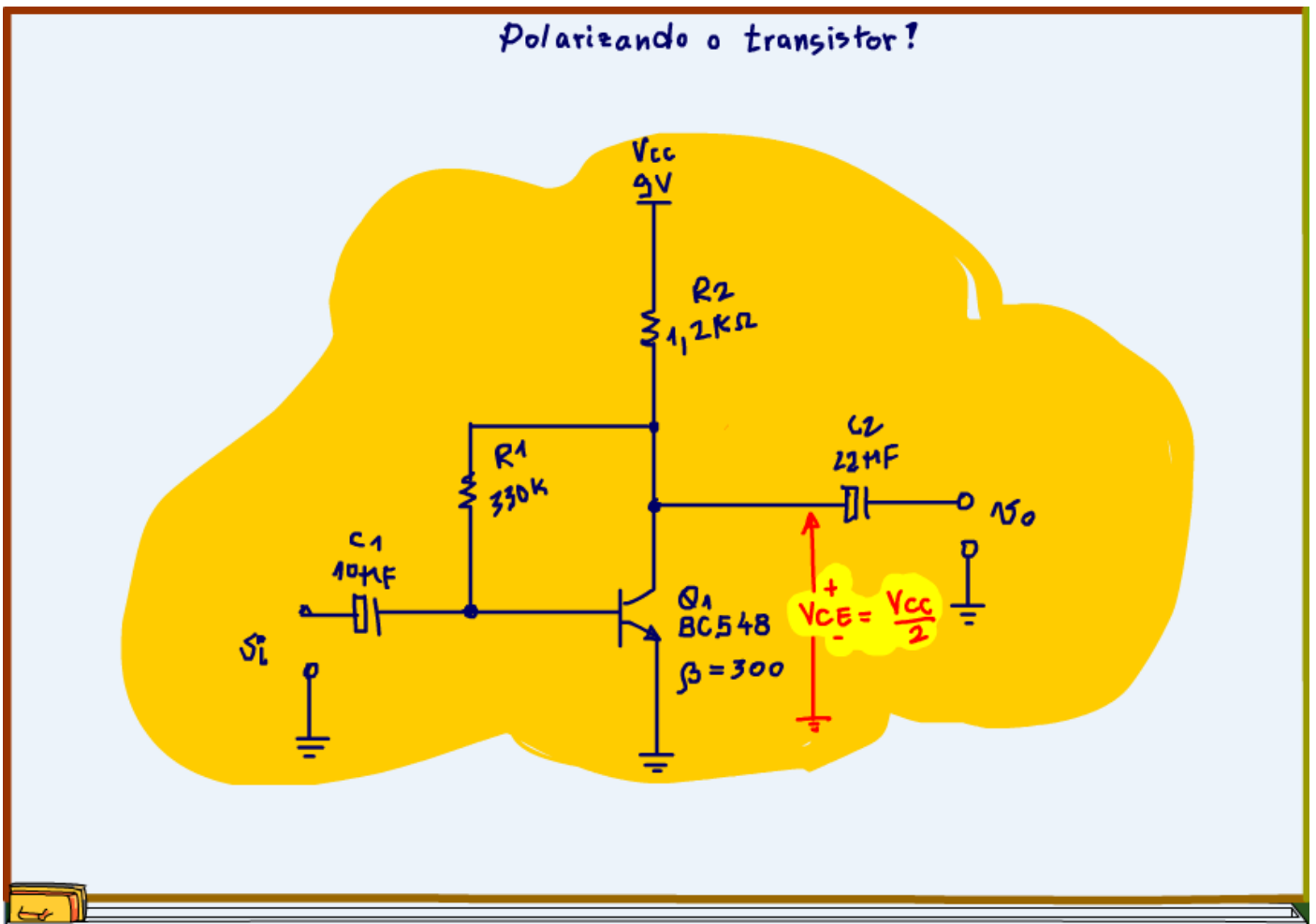
## 1.4 AMPLIFICANDO PEQUENOS SINAIS.

O pequeno sinal vindo do circuito de entrada é do tipo tensão alternada, e a tensão alternada passa pelo capacitor como uma onda de rádio e será amplificada pelo transistor e vai aparecer no coletor amplificado, e será encaminhado para o circuito de saída via capacitor, que nesse caso bloqueia a tensão contínua da polarização e só deixa passar o sinal AC!



## 1.5 POLARIZANDO O TRANSISTOR.

É assim que funciona o amplificador, primeiro você tem que polarizá-lo escolhendo os valores das resistências para que VCE fique ao redor de metade de VCC, depois acopla esse circuito a um sinal de entrada e saída via capacitores.





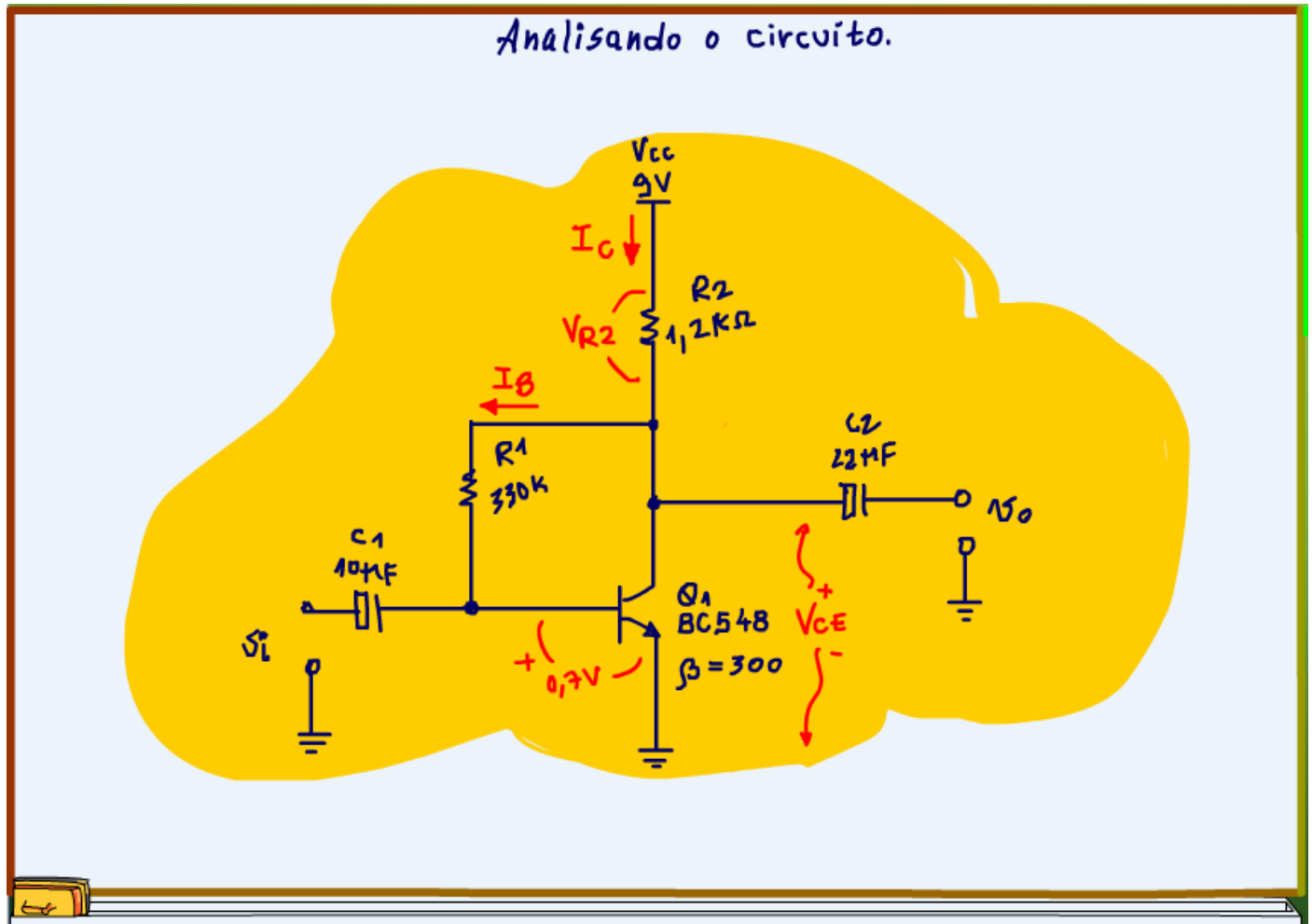
## 1.6 O OBJETIVO DA ANÁLISE DO CIRCUITO.

Quando alguém projeta um circuito amplificador tenta ajustar os valores das resistências de forma a deixar a tensão VCE igual a metade de VCC, o projetista diz, esse é o melhor ponto de polarização do transistor.

Então, analisar um circuito amplificador é determinar a tensão VCE e verificar se ela está próxima de metade de VCC.

Por onde começar?

Vou começar tentando determinar a corrente de base, vou levantar a equação da malha que passa pela base do transistor!



## 1.7 A EQUAÇÃO DA MALHA DE ENTRADA.

A malha de entrada é marcada em amarelo na figura.

Vou usar a lei das malhas prática.

A tensão gerada  $V_{CC}$  é igual a tensão sobre a resistência  $R_2$ , a resistência de coletor.

Mais a tensão sobre a resistência  $R_1$ , a resistência de realimentação de coletor.

Mais  $V_{BE}$ , a tensão da junção base emissor do transistor.

Simple assim.

Equação da malha de entrada

$$V_{CC} = V_{R2} + V_{R1} + V_{BE}$$

$$V_{CC} = I_C R_2 + I_B R_1 + V_{BE}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CC} = I_B \beta R_2 + I_B R_1 + V_{BE}$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B (\beta R_2 + R_1)$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B (\beta R_2 + R_1)$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\beta R_2 + R_1}$$

$$I_B = \frac{9V - 0,7V}{300, 1,2K + 330K} = 0,012mA$$

## 1.8 INCLUINDO AS CORRENTES NA EQUAÇÃO.

Mas eu quero a corrente de base, então vou usar a Lei de OHM para incluir as correntes na equação.

$V_{CC}$  é igual a corrente de coletor vezes  $R_2$ , essa é a tensão sobre a resistência de coletor.

Mais a corrente de base vezes a resistência de base  $R_1$ .

Mais  $V_{BE}$  a tensão na junção base emissor do transistor.

Note que essa equação tem duas perguntas, incógnitas, corrente de coletor e corrente de base.

É preciso achar outra equação.

Equação da malha de entrada

$$V_{CC} = V_{R2} + V_{R1} + V_{BE}$$

$$V_{CC} = I_C R_2 + I_B R_1 + V_{BE}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CC} = I_B \beta R_2 + I_B R_1 + V_{BE}$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B (\beta R_2 + R_1)$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B (\beta R_2 + R_1)$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\beta R_2 + R_1}$$

$$I_B = \frac{9V - 0,7V}{300, 1,2K + 330K} = 0,012mA$$

## 1.9 O TRANSISTOR E A SEGUNDA EQUAÇÃO.

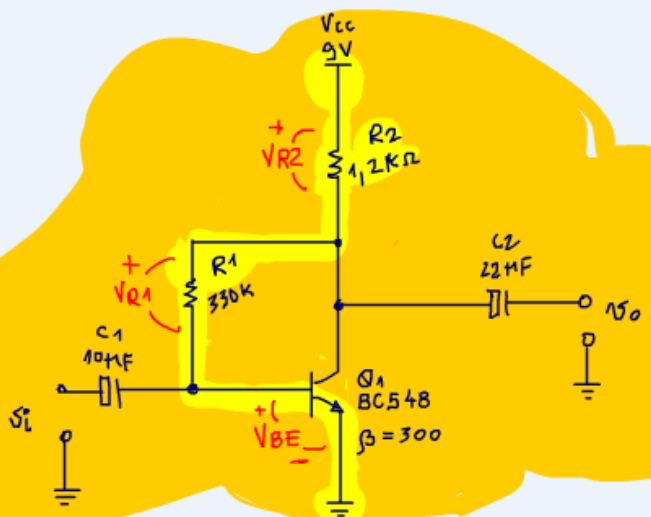
Arthurzinho: E agora, Quem poderá nos ajudar?

O Chapolin Colorado?

Não, o Beta do transistor.

Como você sabe, a corrente de coletor é igual ao ganho beta vezes a corrente de base, essa será a segunda equação.

Equação da malha de entrada



$$V_{CC} = V_{R2} + V_{R1} + V_{BE}$$

$$V_{CC} = I_C R_2 + I_B R_1 + V_{BE}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CC} = I_B \beta R_2 + I_B R_1 + V_{BE}$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B (\beta R_2 + R_1)$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B (\beta R_2 + R_1)$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\beta R_2 + R_1}$$

$$I_B = \frac{9V - 0,7V}{300 \cdot 1,2K + 330K} = 0,012mA$$

## 1.10 A EQUAÇÃO PARA DETERMINAR A CORRENTE DE BASE.

Tensão VCC é igual a corrente de base vezes beta, no lugar da corrente de coletor.

Veza a resistência R2.

Mais corrente de base vezes R1 a resistência de base.

Mais a tensão VBE a tensão da junção base emissor do transistor.

Equação da malha de entrada

$$V_{CC} = V_{R2} + V_{R1} + V_{BE}$$

$$V_{CC} = I_C R_2 + I_B R_1 + V_{BE}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CC} = I_B \beta R_2 + I_B R_1 + V_{BE}$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B (\beta R_2 + R_1)$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B (\beta R_2 + R_1)$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\beta R_2 + R_1}$$

$$I_B = \frac{9V - 0,7V}{300 \cdot 1,2K + 330K} = 0,012mA$$

### 1.11 ISOLANDO A CORRENTE DE BASE.

Agora só tem uma variável, a corrente de base.

Vou isolar a corrente de base, primeiro passando  $V_{BE}$  para o outro lado da igualdade.

A tensão da fonte de alimentação  $V_{CC}$  menos a tensão  $V_{BE}$  é igual a corrente de base vezes o beta multiplicado pela resistência de coletor  $R_2$ .

Mais a corrente de base vezes a resistência de base  $R_1$ .

Equação da malha de entrada

$$V_{CC} = V_{R2} + V_{R1} + V_{BE}$$

$$V_{CC} = I_C R_2 + I_B R_1 + V_{BE}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CC} = I_B \beta R_2 + I_B R_1 + V_{BE}$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B (\beta R_2 + R_1)$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B (\beta R_2 + R_1)$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\beta R_2 + R_1}$$

$$I_B = \frac{9V - 0,7V}{300 \cdot 1,2K + 330K} = 0,012mA$$

The diagram shows a common-emitter amplifier circuit. The power supply  $V_{CC}$  is 9V. The collector resistor  $R_2$  is 1.2kΩ. The base resistor  $R_1$  is 330kΩ. The input capacitor  $C_1$  is 10μF. The output capacitor  $C_2$  is 22μF. The transistor is a BC548 with a current gain  $\beta = 300$ . The base-emitter voltage  $V_{BE}$  is 0.7V. The input signal is  $S_i$  and the output is  $V_o$ . The circuit is highlighted in yellow.

## 1.12 COLOCANDO A CORRENTE DE BASE EM EVIDÊNCIA.

Agora é só colocar a corrente de base em evidência.

A tensão da fonte de alimentação VCC menos a tensão VBE é igual a corrente de base, abre parênteses beta vezes a resistência de coletor R2 mais a resistência de base R1, fecha parênteses.

Equação da malha de entrada

$$V_{CC} = V_{R2} + V_{R1} + V_{BE}$$

$$V_{CC} = I_C R_2 + I_B R_1 + V_{BE}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CC} = I_B \beta R_2 + I_B R_1 + V_{BE}$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B (\beta R_2 + R_1)$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B (\beta R_2 + R_1)$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\beta R_2 + R_1}$$

$$I_B = \frac{9V - 0,7V}{300 \cdot 1,2K + 330K} = 0,012mA$$

The diagram shows a common-emitter amplifier circuit. The collector is connected to a 9V VCC source through a 1.2kΩ resistor (R2). The base is connected to the collector through a 330kΩ resistor (R1) and to the input signal Vi through a 10μF capacitor (C1). The emitter is connected to ground. The output is taken from the collector through a 22μF capacitor (C2). The transistor is a BC548 with a current gain β = 300. The base-emitter voltage VBE is indicated as 0.7V. The input signal Vi and output Vo are shown.

## 1.13 EQUAÇÃO DA CORRENTE DE BASE.

Para isolar a corrente de base é só passar os parênteses para o outro lado da igualdade.

Corrente de base é igual a tensão de alimentação VCC menos a tensão base emissor VBE sobre beta vezes a resistência de coletor R2 mais a resistência de base R1.

Equação da malha de entrada

$$V_{CC} = V_{R2} + V_{R1} + V_{BE}$$

$$V_{CC} = I_C R_2 + I_B R_1 + V_{BE}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CC} = I_B \beta R_2 + I_B R_1 + V_{BE}$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B (\beta R_2 + R_1)$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B (\beta R_2 + R_1)$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\beta R_2 + R_1}$$

$$I_B = \frac{9V - 0,7V}{300 \cdot 1,2K + 330K} = 0,012mA$$

The diagram shows a common-emitter amplifier circuit. The collector is connected to a 9V VCC supply through a 1.2kΩ resistor (R2). The base is connected to the collector through a 330kΩ resistor (R1). The emitter is connected to ground. The input signal Vi is applied to the base through a 10μF capacitor (C1). The output signal Vo is taken from the collector through a 22μF capacitor (C2). The transistor is a BC548 with a current gain β = 300. The base-emitter voltage VBE is indicated as 0.7V. The circuit is highlighted in yellow.



## 1.14 CALCULANDO A CORRENTE DE BASE.

Agora é só substituir os valores.

Corrente de base é igual a nove volts da tensão vcc menos 0,7 da tensão da junção base emissor, sobre 300 do ganho beta vezes 1,2k da resistência de coletor mais 330k da resistência de base.

Isso é igual a 0,012 mA, uma corrente de base bem pequena.

Equação da malha de entrada

$$V_{CC} = V_{R2} + V_{R1} + V_{BE}$$

$$V_{CC} = I_C R_2 + I_B R_1 + V_{BE}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CC} = I_B \beta R_2 + I_B R_1 + V_{BE}$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B (\beta R_2 + R_1)$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B (\beta R_2 + R_1)$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\beta R_2 + R_1}$$

$$I_B = \frac{9V - 0,7V}{300, 1,2K + 330K} = 0,012 mA$$

The diagram shows a common-emitter amplifier circuit. The collector is connected to a 9V VCC supply through a 1.2kΩ resistor (R2). The base is connected to the same 9V supply through a 330kΩ resistor (R1). The emitter is connected to ground. The transistor is a BC548 with a beta of 300. The base-emitter junction voltage (VBE) is indicated as 0.7V. The input signal (Si) is coupled through a 10μF capacitor (C1) to the base. The output is taken from the collector through a 22μF capacitor (C2).

## 1.15 CALCULANDO A CORRENTE DE COLETOR.

A corrente de coletor é igual a corrente de base vezes o ganho beta, equação básica do transistor.

A corrente de coletor é igual a 300 do ganho beta, vezes 0,012 mA da corrente de base calculada a pouco.

A corrente de coletor é igual a 3,6 mA.

Calculando a corrente de coletor!

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\beta R_2 + R_1}$$

$$I_B = \frac{9V - 0,7V}{300 \cdot 1,2K + 330K} = 0,012mA$$

$$I_C = I_B \beta = 300 \cdot 0,012mA$$

$$I_C = 3,6mA$$

$$V_{R2} = I_C \cdot R_2 = 3,6mA \cdot 1,2K$$

$$V_{R2} = 4,33V$$

$$V_{CC} = V_{R2} + V_{CE}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - V_{R2}$$

$$V_{CE} = 9V - 4,33V = 4,66V$$

## 1.16 QUEDA DE TENSÃO NA RESISTÊNCIA DE COLETOR.

A queda de tensão na resistência de coletor  $R_2$  é igual a corrente de coletor multiplicado pela resistência de coletor  $R_2$ .

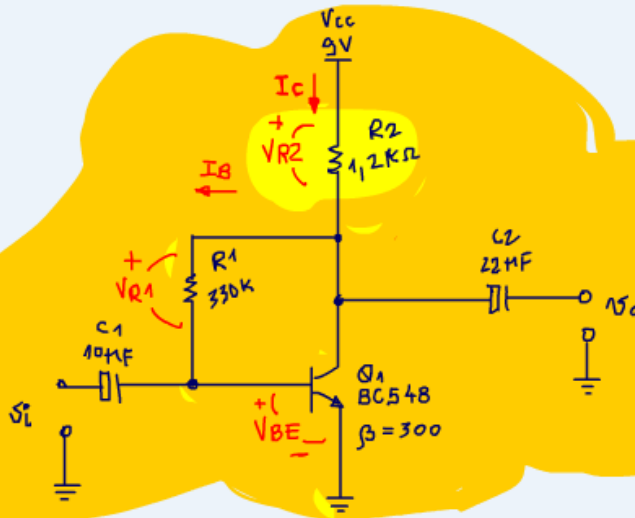
Vou desprezar a corrente de base que também passa pela resistência de coletor, você pode fazer isso quando o beta é maior do que 100.

Substituindo os valores.

A queda de tensão na resistência de coletor  $R_2$  é igual a 3,6 mA da corrente de coletor vezes 1,2k OHM da resistência de coletor.

Isso é igual a 4,33V.

Queda de tensão na resistência de coletor



$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\beta R_2 + R_1}$$

$$I_B = \frac{9V - 0,7V}{300 \cdot 1,2K + 330K} = 0,012mA$$

$$I_C = I_B \beta = 300 \cdot 0,012mA$$

$$I_C = 3,6mA$$

$$V_{R2} = I_C \cdot R_2 = 3,6mA \cdot 1,2K$$

$$V_{R2} = 4,33V$$

$$V_{CC} = V_{R2} + V_{CE}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - V_{R2}$$

$$V_{CE} = 9V - 4,33V = 4,66V$$

## 1.17 CALCULANDO VCE.

Para determinara VCE é só olhar para a malha de saída.

Tensão da fonte VCC é igual a queda de tensão sobre a resistência de coletor R2 mais a queda de tensão sobre VCE.

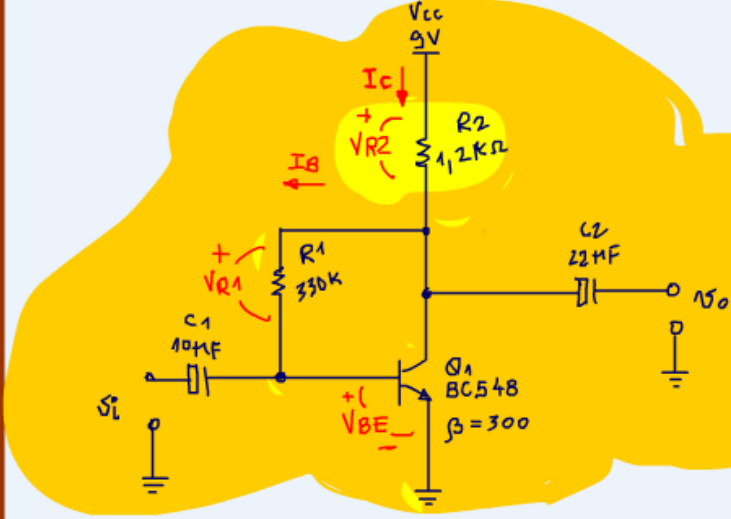
A queda de tensão VCE é igual a tensão VCC menos a queda de tensão na resistência de coletor.

A tensão VCE é igual a 9V da tensão da fonte menos 4,33V da queda na resistência de coletor.

Isso é igual a 4,66V, bem próximo do sonhado 4,5V.

O transistor está trabalhando com amplificador.

Queda de tensão na resistência de coletor



$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\beta R_2 + R_1}$$

$$I_B = \frac{9V - 0,7V}{300 \cdot 1,2K + 330K} = 0,012mA$$

$$I_C = I_B \beta = 300 \cdot 0,012mA$$

$$I_C = 3,6mA$$

$$V_{R2} = I_C \cdot R_2 = 3,6mA \cdot 1,2K$$

$$V_{R2} = 4,33V$$

$$V_{CC} = V_{R2} + V_{CE}$$

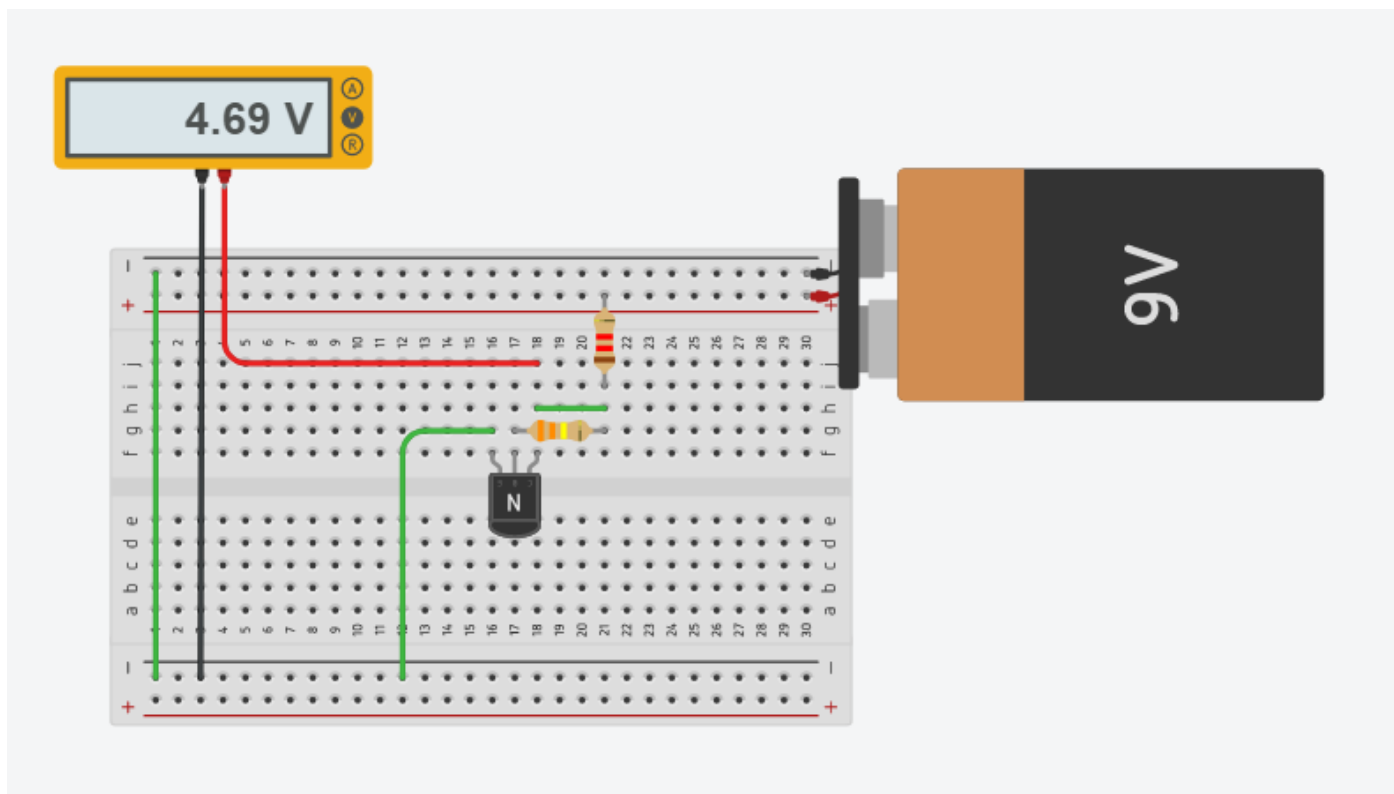
$$V_{CE} = V_{CC} - V_{R2}$$

$$V_{CE} = 9V - 4,33V = 4,66V$$

## 1.18 CONCLUSÃO.

Você viu nesse tutorial um dos circuitos amplificadores com transistor mais simples e como analisá-lo.

Agora é só montar e ver funcionando, como por exemplo, no Tinkercard!



## 1.19 CRÉDITOS

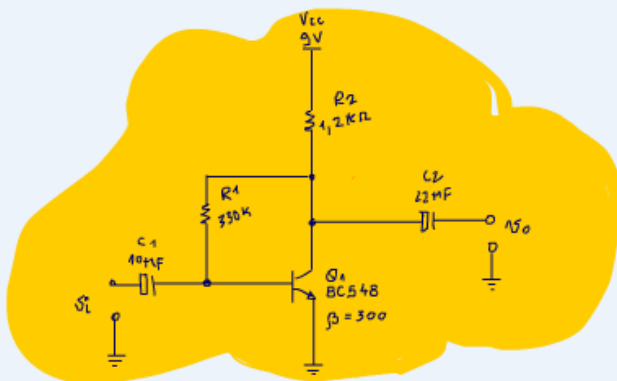
E por favor, se você não é inscrito, se inscreva e marque o sininho para receber as notificações do canal e não esqueça de deixar aquele like e compartilhar para dar uma força ao canal do professor bairros.

**Arthurzinho: E não tem site.**

Tem sim é [www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com) lá você encontra o pdf e tutoriais sobre esse e outros assuntos da eletrônica


E fique atento ao canal do professor bairros para mais tutorias sobre eletrônica, até lá!

# www.bairrospd.com



 **Inscreva-se**



 **COMPARTILHAR**