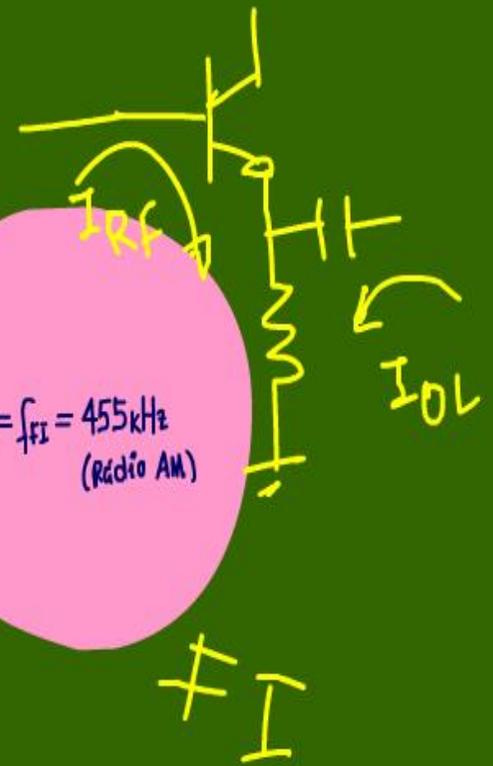
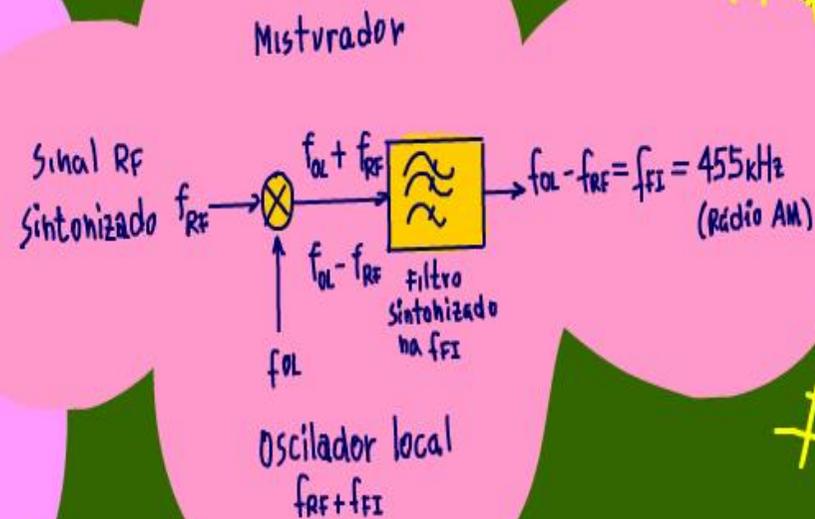
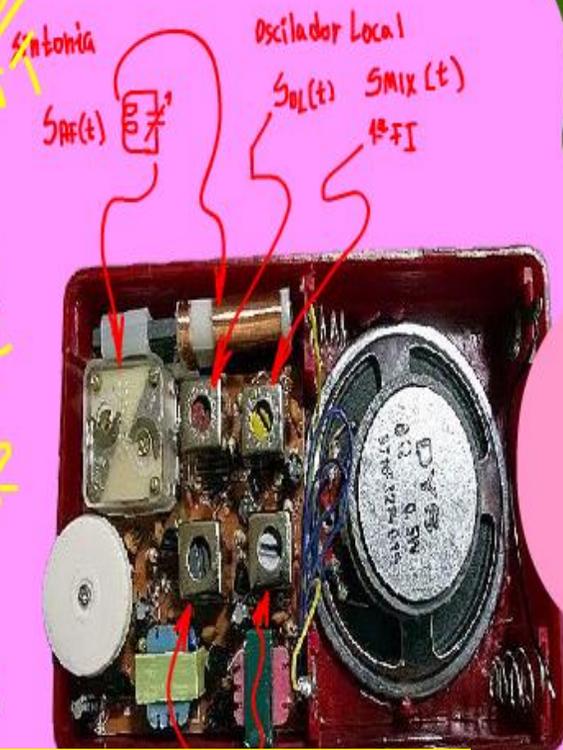


Como funciona o misturador no rádio (Parte 2)

$I_c = I_s \cdot e^{-V_{BE}/V_T}$
OSCILADOR LOCAL



Professor Bairros (31/10/2024)

TÍTULO DO MODELO DE TUTORIAL



The screenshot shows the homepage of the website 'bairrospd'. The header includes the logo and text: 'bairrospd BAIROS PROJETOS DIDÁTICOS E ELETRÔNICOS'. Below the header, there is a green banner with the text 'ESTUDE ELETRÔNICA NO SITE WWW.BAIROSPD.COM!'. The main content area features a navigation menu with options like 'HOME', 'CURSOS', 'BIBLIOTECA', 'TUTORIAIS', 'VOCÊ SABE?', and 'CONTATO'. A prominent yellow banner reads 'APRENDA A LER RESISTORES'. Below this, there is an illustration of a person working with a circuit board and a text box titled 'O QUE SIGNIFICA GASTAR ENERGIA ELÉTRICA: Uma questão de Potência.'. At the bottom, a blue banner asks 'AULAS OU ASSESSORIA COM O ENGENHEIRO E PROFESSOR ROBERTO BAIROS?' and includes a 'CLIQUE AQUI!' button.

**VISITE
O NOSSO
SITE e
CANAL
YOUTUBE**

www.bairrospd.com
Professor Bairos

www.bairrospd.com

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIROS LÁ EM O PDF E MUITO MAIS.
PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE.

www.bairrospd.com

<https://www.youtube.com/@professorbairros>

Título do modelo de tutorial

Sumário

1. Introdução.	4
2. O modelo linear	5
3. O modelo em AC	6
4. A corrente de coletor real.....	7
5. A corrente reversa.....	8
6. O termo V_T	9
7. Exemplo.	10
8. Solução.	11
9. A tensão V_{BE} no misturador.....	12
10. A corrente no circuito misturador.	13
11. A multiplicação de potências.....	14
12. O produto das correntes no transistor.	15
13. O produto dos cossenos.	16
14. Sintetizando.	17
15. Conclusão.	18
16. Créditos.....	19

Título do modelo de tutorial

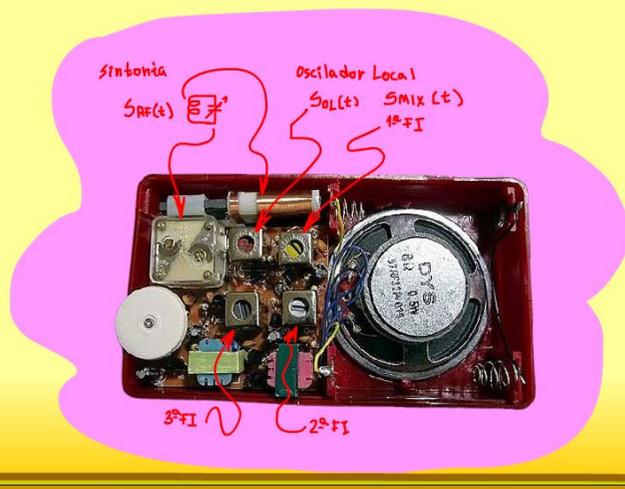
Título do modelo de tutorial

Como funciona o misturador no rádio (Parte 2)

YOUTUBE: <https://youtu.be/U0EPGJJnF00>

1. Introdução.

Como funciona o misturador no rádio (Parte 2)



Como funciona o misturador no rádio (Parte 2)

Na parte (1) dessa série eu mostrei como o produto de dois sinais do tipo cosseno de frequências diferentes geram outros dois sinais do tipo cosseno, mas um com a soma das frequências e outro com a subtração das frequências gerando o sinal de FI, a frequência intermediária.

Esse produto é feito no transistor do misturador, mas como esse produto se transforma em somas de frequências, como explicar isso usando a análise de circuitos e o modelo do transistor?

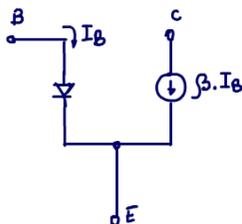
É isso que nós vamos ver nesse tutorial.

Vamos lá.

Título do modelo de tutorial

2.0 modelo linear

2.0 modelo linear



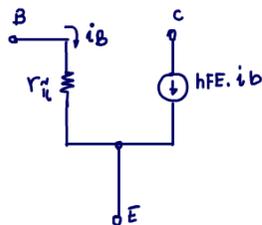
$$I_c = \beta \cdot I_B$$

Tudo depende do modelo, e existe um modelo do transistor que explica isso, um modelo pouco usado porque o transistor é modelado como um componente linear como estamos acostumados a ver, o modelo mais usado para polarizar um transistor é o da figura, a gente imagina que entre a base o emissor tem um diodo e a tensão nesse diodo é de 0,7V, alguns professores preferem 0,6V, outros 0,65V, e a corrente de coletor é simplesmente a corrente de base multiplicada pelo beta do transistor.

Título do modelo de tutorial

3. O modelo em AC

3.0 modelo em AC.



$$i_c = hFE \cdot i_b$$

$$r_{\pi} = hFE \cdot r_e$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{25\text{mV}}{I_E} \quad (I_E = I_C \text{ se } hFE \gg 100)$$

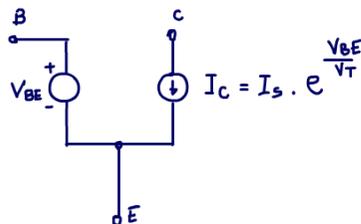
Um dos modelos mais usados para a análise em AC é o modelo PI-híbrido que segue o mesmo raciocínio, agora entre a base e o emissor é colocada a resistência intrínseca da base do transistor, a resistência r_{π} que depende da corrente de emissor do transistor que igual a corrente de coletor se o hFE for igual ou maior do que 100, aqui na análise AC, a corrente de coletor é igual a corrente de base multiplicada pelo hFE .

Se você tentar descrever o misturador usando esse modelo, você terá problemas!

Título do modelo de tutorial

4. A corrente de coletor real.

4.A corrente de coletor real.



Você sabe que na prática os valores reais das correntes e tensões ficam só próximos dos valores calculados usando esses modelos, isso porque o transistor não é tão bem-comportado assim, existe uma forma mais precisa de modelar o transistor, aquela que diz que a corrente de coletor é uma função exponencial e vai depender da tensão entre a base e o emissor e da temperatura e mais alguns detalhes de construção do próprio transistor, veja como fica a equação da corrente de coletor em função da tensão base emissor.

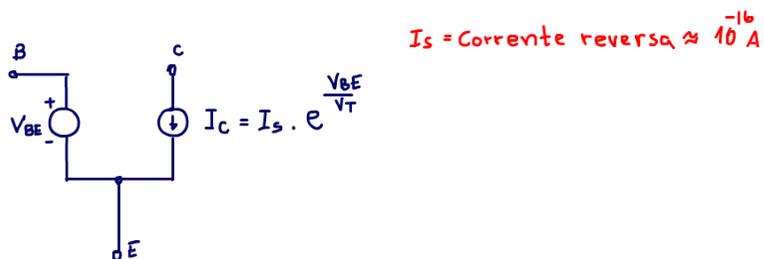
Essa equação apesar de bem mais completa ainda é uma simplificação, ela funciona bem quando o tensão de polarização do transistor, a tensão base emissor, é maior do 0,1V, se estiver ao redor de 0,6V ela funciona muito bem, por isso é amplamente usada.

Nesse modelo eu penso na corrente de coletor em função da tensão base emissor, essa é uma equação bem mais realística do transistor, muito diferente do que se pensa normalmente, quando a gente diz que o transistor trabalha com correntes, a corrente de coletor depende da corrente de base, agora você já sabe que na verdade a corrente de coletor depende da tensão base emissor!

Título do modelo de tutorial

5. A corrente reversa.

5.A corrente reversa.



Aquela corrente I_S é a corrente reversa do transistor, o valor dessa corrente vem em todo o datasheet dos transistores e o valor típico fica ao redor de 10 na menos 16 Ampère, isso mesmo um valor muito, mas muito pequeno, da ordem de pico Ampère, tão pequeno que a corrente reversa raramente é usado na análise de circuitos com transistores.

Título do modelo de tutorial

6. O termo VT.

6.O termo VT.

$I_s = \text{Corrente reversa} \approx 10^{-16} \text{ A}$
 $V_T = \text{Tensão térmica} = 25 \text{ mV}$
 $(0,025 \text{ V})$
 $r_{\pi} = r_e \cdot h_{FE}$
 $r_e = \frac{25 \text{ mV}}{I_E}$

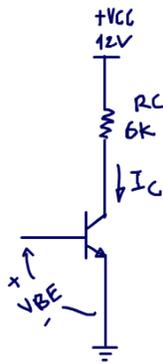
O termo VT já é mais conhecido, é a tensão térmica, na prática à temperatura ambiente, temperatura de 27 graus centígrados, o valor da tensão térmica fica ao redor de 25 mV ou 0,025V e como você já deve ter percebido, varia com a temperatura.

Você já usou esse valor para determinar a resistência intrínseca de emissor no modelo PI-híbrido, a resistência PI é a resistência intrínseca do emissor multiplicado pelo ganho hfe e a resistência intrínseca de emissor é igual a tensão térmica de 25 mV dividido pela corrente de polarização do emissor que é igual a corrente de coletor se o ganho hFE for maior do que 100.

Título do modelo de tutorial

7. Exemplo.

7.Exemplo.

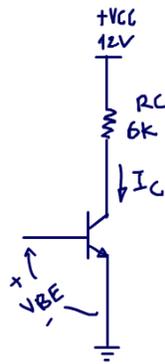
Para $V_{BE} = 0,75 \text{ V}$ $I_S = 10^{-16} \text{ A}$ $I_C = ?$

Para tentar deixar mais claro a equação exponencial de um transistor real vou mostrar num exemplo, suponha que você queira a tensão base emissor de um transistor seja igual a 0,75V na temperatura ambiente, e esse transistor tem uma corrente reversa de 10 na menos 16 Ampère, qual a corrente de coletor desse transistor?

Título do modelo de tutorial

8. Solução.

8. Solução.

Para $V_{BE} = 0,75 \text{ V}$

$$I_S = 10^{-16} \text{ A}$$

$$I_C = ?$$

$$I_C = I_S \cdot e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

$$V_T = 0,025 \text{ V}$$

$$I_C = 10^{-16} \text{ A} \cdot e^{\frac{0,75 \text{ V}}{0,025 \text{ V}}} = 0,00107 \text{ A}$$

$$I_C \approx 1 \text{ mA}$$

A solução, é só aplicar a equação, veja que aqui eu vou determinar a corrente sem usar o beta, a tensão V_{BE} é que vai determinar a corrente de coletor, a gente não tá acostumado com esse pensamento!

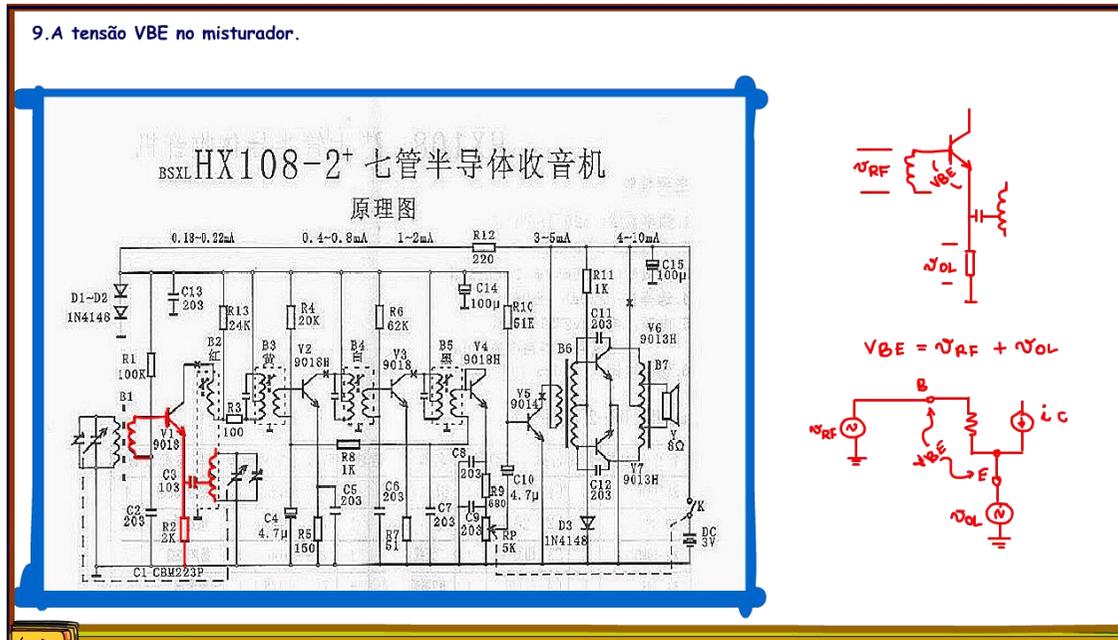
Na temperatura ambiente a tensão térmica é 25mV, então é só substituir na equação e usar uma calculadora, essa letrinha “e” é o número neperiano que gera o logaritmo neperiano, muito usado na física, no EXCEL é a função EXP().

Substituindo os valores e calculando dá, aproximadamente 1 mA!

Conta aí nos comentários se você já tinha visto isso antes?

Título do modelo de tutorial

9. A tensão VBE no misturador.

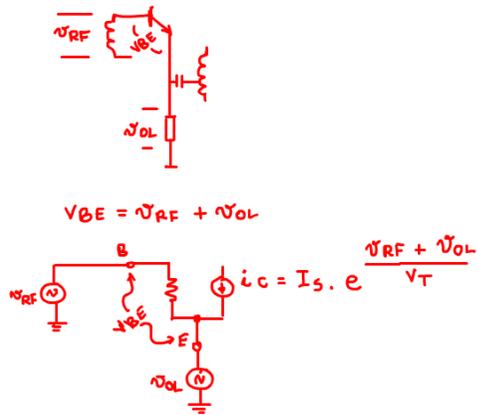


Agora veja o circuito do misturador, nesse circuito eu vou representar o sinal de RF como uma fonte AC, a tensão gerada no circuito de sintonia, ela é aplicada a base do transistor e no emissor em paralelo com a resistência de emissor temos a tensão AC gerada pelo oscilador local, a tensão entre a base e o emissor será soma da tensão de rádio frequência mais a tensão gerada no oscilador, viu de onde surge a soma.

Título do modelo de tutorial

10. A corrente no circuito misturador.

10.A corrente no circuito misturador.



Vou escrever a corrente de coletor usando a equação exponencial e vou colocar no lugar da tensão v_{be} , a soma da tensão do sinal de RF sintonizado mais a tensão do oscilador local, aqui temos a soma.

Título do modelo de tutorial

11. A multiplicação de potências.

11. A multiplicação de potências.

$$x^a \cdot x^b = x^{(a+b)}$$
$$x^{(a+b)} = x^a \cdot x^b$$

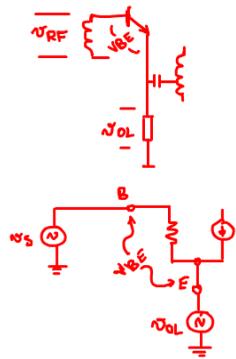
Agora vem a mágica da matemática novamente, agora nas operações de multiplicação da exponenciação ou potenciação, você lembra, foi vista lá no segundo grau.

O produto de duas potências de mesma base é igual a soma das potências mantendo a mesma base, está duvidando?

Entra no google e coloca multiplicação de potência, novamente a matemática vai resolver a questão eletrônica do misturador, então a volta também é verdadeira, invertendo tudo veja que a soma se transforma em um produto.

12. O produto das correntes no transistor.

12.O produto das correntes no transistor.



$$v_{BE} = v_{RF} + v_{oL}$$

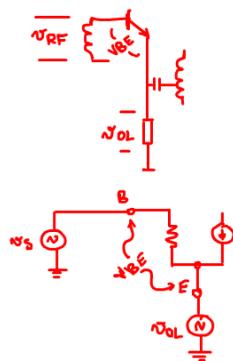
$$i_C = I_S \cdot e^{\frac{v_{RF} + v_{oL}}{V_T}}$$

$$i_C = I_S \cdot e^{\frac{v_{RF}}{V_T}} \cdot e^{\frac{v_{oL}}{V_T}}$$

Agora é só aplicar na equação do misturador e pronto transformamos a água em vinho, bem quase, transformamos a soma em um produto de correntes.

13. O produto dos cossenos.

13.O produto dos cossenos.



$$\omega_{OL} = \omega_{RF} + \omega_{IF}$$

$$V_{BE} = V_{RF} + V_{OL}$$

$$i_C = I_S \cdot e^{\frac{V_{RF} + V_{OL}}{V_T}}$$

$$i_C = I_S \cdot e^{\frac{V_{RF}}{V_T}} \cdot e^{\frac{V_{OL}}{V_T}}$$

$$i_C = i_{RF} \cdot i_{OL}$$

$$i_C = \cos(\omega_{RF} \cdot t) \cdot \cos(\omega_{OL} \cdot t)$$

$$i_C = \frac{\cos(\omega_{OL} \cdot t + \omega_{RF} \cdot t) + \cos(\omega_{OL} \cdot t - \omega_{RF} \cdot t)}{2}$$

$$i_C = \frac{\cos(\omega_{OL} \cdot t + \omega_{RF} \cdot t) + \cos(\omega_{FI} \cdot t)}{2}$$

Agora a corrente de coletor depende do produto dos dois sinais aplicados a base, e como os sinais de tensão senoidais estão defasados em relação a correntes, as correntes serão do tipo cossenoides e pronto temos o produto de cosseno.

Esse produto de cossenos pode ser resolvido usando a trigonometria como vimos no tutorial passado, se você não viu, sugiro que você dê uma olhada.

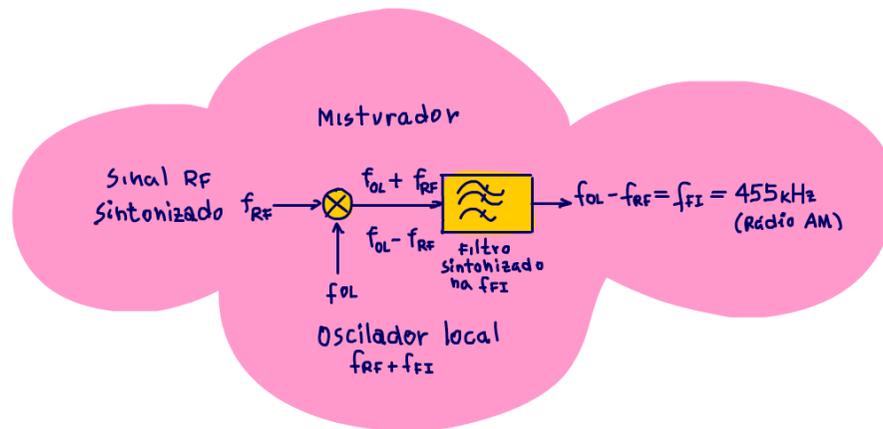
Esse produto feito com os cossenos resulta em mais duas frequências, a última parcela é a frequências de FI, isso porque a frequência do oscilador local é igual a frequência de rádio frequência da estação recebida mais a frequência de FI, ao fazer a subtração fica somente a frequência de FI e a mágica aconteceu,

misturamos dois sinais, o sinal da estação sintonizado mais o sinal do oscilador local e geramos o sinal de FI, e não importa a frequência da estação sintonizada, esse processo todo é chamado simplesmente de batimento, mas para explicar o batimento tivemos que fazer duas mágicas matemáticas, a soma de cossenos da trigonometria, e a soma das potências da álgebra, esse eletrônica e essa matemática são fantásticas.

Título do modelo de tutorial

14. Sintetizando.

14. Sintetizando.



Sintetizando.

O misturador consiste de um transistor polarizado na região não linear de sua característica, e recebe na base o sinal de RF sintonizado na etapa de entrada e recebe no emissor um sinal proveniente do oscilador local, um sinal com a frequência igual a frequência da estação sintonizada mais a frequência de FI que nos rádios AM é de 455 kHz. O misturador faz o batimento dessas duas frequências, gerando no coletor o sinal de FI e mais outro sinal que a soma das frequências, um circuito sintonizado separa só o sinal de FI que segue para os amplificadores de rádio frequência seguintes, os amplificadores de FI!

Título do modelo de tutorial

15. Conclusão.

15. Conclusão.



Você viu nessa série como podemos explicar o circuito misturador dos rádios super-heteródinos que gera a frequência de FI, bom proveito!

Título do modelo de tutorial

16. 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 lá você encontra o PDF e tutoriais sobre esse e outros assuntos da eletrônica

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

INSCRIÇÃO YOUTUBE: <https://www.youtube.com/@professorbairros>

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIROS LÁ TEM O PDF E MUITO MAIS

PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE

www.bairrospd.com

SOM: pop alegre Mysteries -30 (fonte YOUTUBE)

Título do modelo de tutorial

20241029 Como funciona o misturador no rádio parte 2

Como funciona o misturador no rádio (Parte 2)

Na parte (1) dessa série eu mostrei como o produto de dois sinais do tipo cosseno de frequências diferentes geram outros dois sinais do tipo cosseno, mas um com a soma das frequências e outro com a subtração das frequências gerando o sinal de FI, a frequência intermediária.

Esse produto é feito no transistor do misturador, mas como esse produto se transforma em somas de frequências, como explicar isso usando a análise de circuitos e o modelo do transistor?

É isso que nós vamos ver nesse tutorial.

Vamos lá.

Assuntos relacionados.

Quanta teoria eu preciso para trabalhar com eletrônica?: <https://youtu.be/-5T6T3sljDo>

YOUTUBE: <https://youtu.be/U0EPGJJnF00>

Rádio, rádio super-heteródino, o circuito misturador, o circuito misturador no rádio, frequência intermediária, como é gerada a FI,