

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

FI
 $\cos(\omega_x)$



Sintonia

$S_{RF}(t)$

Oscilador Local

$S_{OL}(t)$

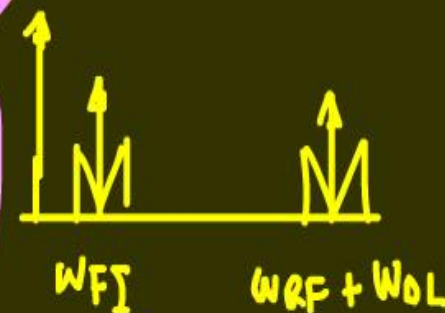
$S_{MIX}(t)$

1^a FI



3^a FI

2^a FI



Professor Bairros (29/10/2024)

COMO FUNCIONA O MISTURADOR NO RÁDIO (PARTE 1)!



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 article titled 'APRENDA A LER RESISTORES' is displayed, accompanied by an illustration of a person working with electronic components. Below the article, there is a blue button that says 'AULAS OU ASSESSORIA COM O ENGENHEIRO E PROFESSOR ROBERTO BAIROS?' and a 'CLIQUE AQUI!' link.

**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>

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

Sumário

| | |
|--|----|
| 1. Introdução. | 4 |
| 2. A etapa misturadora..... | 5 |
| 3. O sinal da corrente. | 6 |
| 4. O sinal AC. | 7 |
| 5. A velocidade angular. | 8 |
| 6. A frequência. | 9 |
| 7. As equações dos sinais envolvidos no misturador. | 10 |
| 8. O sinal do oscilador local. | 11 |
| 9. O produto dos cossenos. | 12 |
| 10. Deduzindo o produto dos cossenos. | 13 |
| 11. Isolando o produto. | 14 |
| 12. As novas frequências. | 15 |
| 13. Usando a frequência de FI. | 16 |
| 14. O espectro de frequência. | 17 |
| 15. Separando a FI..... | 18 |
| 16. Conclusão. | 19 |
| 17. Créditos..... | 20 |

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

The diagram illustrates the internal components of a radio mixer circuit, with handwritten annotations in red and yellow. The central component is a printed circuit board (PCB) containing various electronic components, including a transformer, capacitors, and a speaker. The circuit is labeled with the following terms:

- Sintonia** (Tuning): $S_{RF}(t)$
- Oscilador Local** (Local Oscillator): $S_{OL}(t)$
- Mixing Output**: $S_{MIX}(t)$
- Intermediate Frequencies**: $1^{\text{a}} FI$ (1st IF) and $2^{\text{a}} FI$ (2nd IF)

Handwritten mathematical expressions and diagrams are included:

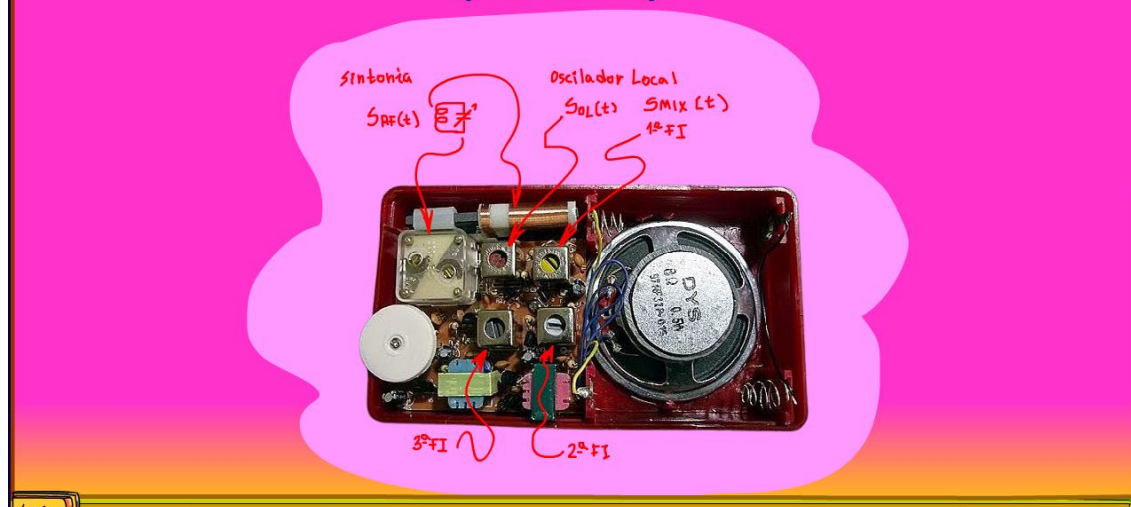
- On the left, the expression $FI \cos(\omega t)$ is written.
- A block diagram shows S_{RF} entering a multiplier symbol (a circle with an 'X') and S_{OL} entering from below. The output is labeled S_{MIX} .
- Two frequency spectra are shown on the right:
 - The top spectrum shows two peaks at ω_{RF} and ω_{OS} .
 - The bottom spectrum shows two peaks at ω_{FI} and $\omega_{RF} + \omega_{OL}$.

YOUTUBE: <https://youtu.be/f9E22fRFSV8>

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

1. Introdução.

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!



Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

Todo mundo sabe que o rádio super-heteródino tem uma etapa misturadora para gerar o sinal de FI, a frequência intermediária, todo mundo sabe que essa frequência intermediária é gerada quando o sinal de RF da estação de rádio captado pelo circuito de sintonia mais o sinal senoidal gerado no oscilador local deslocado de uma frequência de 455 kHz, são misturados no circuito misturador, gerando dois novos sinais, um com a soma das frequências e outro com a subtração das frequências e um circuito de filtro seleciona qual a combinação deverá seguir para os amplificadores seguintes e nesse caso é escolhido o sinal resultante da subtração que será exatamente 455 kHz, a frequência intermediária e mais, não importa a

frequência da estação sintonizada, isso torna muito mais fácil fazer os estágios dos amplificadores de rádio frequência seguintes, todos estarão sintonizados na mesma frequência, a frequência de FI.

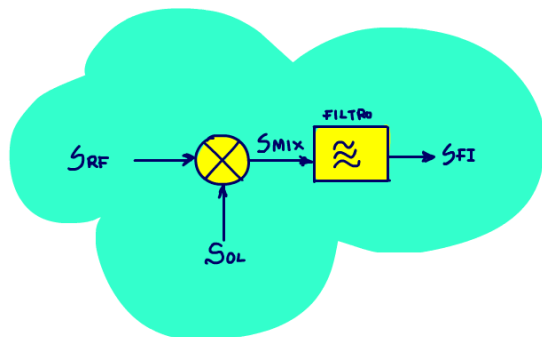
Mas como uma mistura de duas senoides geram duas novas senoides de frequências diferentes uma com a soma das frequências e outra com a subtração?

É sobre isso que eu vou falar nesse tutorial.

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

2. A etapa misturadora.

2. A etapa misturadora.



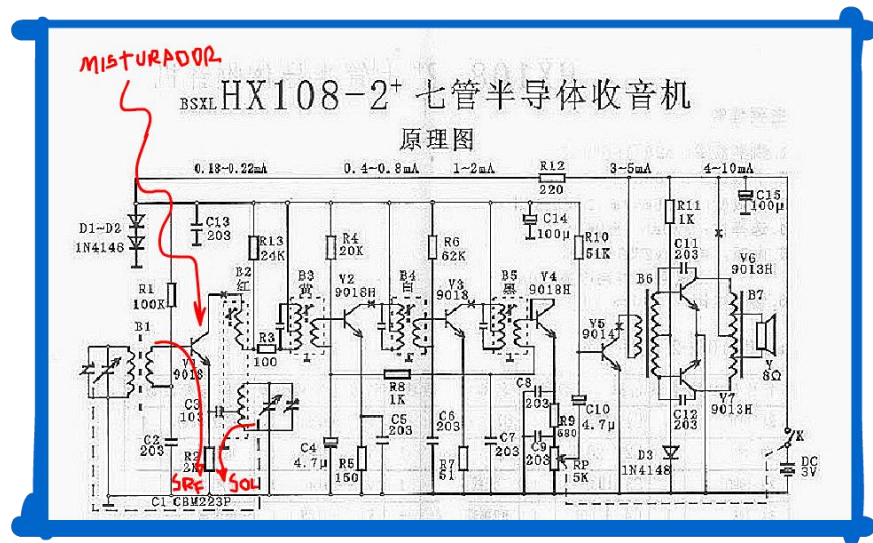
Veja o diagrama do misturador, muito bonito no papel, veja como funciona. Aqui temos o sinal de rádio frequência RF que é o sinal sintonizado pelo circuito tank, um sinal senoidal na frequência da estação sintonizada, mas temos ainda o sinal do oscilador que é gerado pelo oscilador local, nada mais lógico e será um sinal com uma frequência igual a frequência do sinal sintonizado mais 455 kHz, essa é a chamada frequência de FI.

O sinal misturado será o produto dos dois sinais, mas como um produto pode gerar uma soma?

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

3. O sinal da corrente.

3.O sinal da corrente..



Primeiro eu vou mostrar como o produto de dois sinais senoidais geram uma soma e isso é uma questão de pura trigonometria, e vamos precisar da trigonometria para explicar esse fenômeno, vamos precisar relembrar aqueles conceitos estudados lá no segundo grau, não tem jeito vamos precisar da matemática para explicar de verdade, o que acontece no misturador.

Os sinais envolvidos são do tipo tensões senoidais, e quem faz a multiplicação dos sinais é o transistor que trabalha com corrente, e todo mundo sabe que as correntes em AC estão defasados de 90 graus do sinal de tensão, e um sinal senoidal defasado de 90 graus se transforma em um sinal cossenoidal, então, se o sinal recebido pelo circuito de sintonia é senoidal, esse sinal vai gerar uma corrente cossenoidal no transistor, então

vamos tratar os sinais misturados como cossenos.

Veja no desenho que o sinal de corrente da estação sintonizada entra na base é misturado com o sinal de corrente do oscilador local que circula no emissor do transistor.

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

4. O sinal AC.

4.O sinal AC.

$$S(\phi) = A \cos(\phi)$$

$$\phi = \omega.t$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$S(t) = A \cos(\omega.t)$$

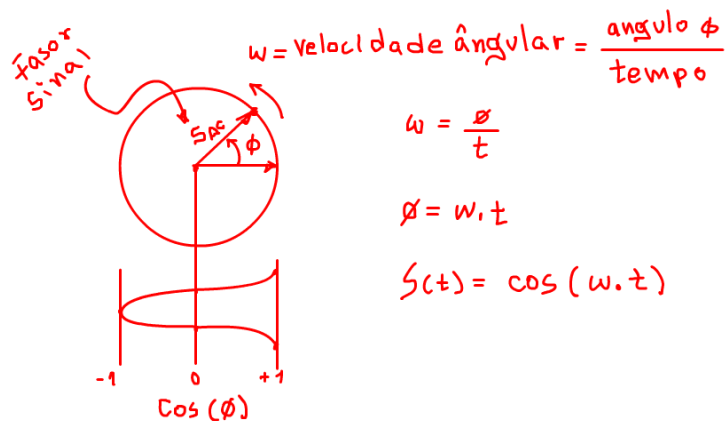
Um sinal AC pode ser descrito na forma de uma equação como mostra a figura, esse “S” é para um sinal qualquer que varia de forma cossenoidal, isso mesmo esse é o pulo do gato, descrever os sinais na forma do cosseno.

Nesse sinal o “A” é amplitude máxima e cosseno do ângulo é um valor que vai de -1, passa por zero e vai até +1 e que é função do ângulo, é o valor desse cosseno que faz o valor do sinal variar no compasso da variação do ângulo do cosseno.

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

5. A velocidade angular.

5. A velocidade angular.



Mas, na eletrônica não trabalhamos com ângulo e sim com frequência, e a forma de expressar o ângulo como frequência é pensar no sinal cossenoidal como um fasor, um vetor que fica girando, esse raciocínio é usado para a análise dos circuitos AC com fasores.

A velocidade do giro do fasor é a velocidade angular, que relaciona o tempo que o fasor leva para percorrer um determinado ângulo, então o ângulo está relacionado com o tempo, algo similar acontece com a velocidade linear, que é a razão entre a variação da distância pelo tempo, km por hora.

Então o ângulo é igual a velocidade angular multiplicado pelo tempo, é assim que escrevemos o ângulo na eletrônica, então é assim que escrevemos o

cosseno na eletrônica, uma função que varia no tempo.

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

6. A frequência.

6.A frequência.

$$S(\phi) = A \cos(\phi)$$

$$\phi = \omega \cdot t$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$S(t) = A \cos(\omega \cdot t)$$

$$S_{RF}(t) = A_{RF} \cdot \cos(\omega_{RF} \cdot t) = (A_{RF} + e_m(t)) \cdot \cos(\omega_{RF} \cdot t)$$

$$S_{OL}(t) = A_{OL} \cdot \cos(\omega_{OL} \cdot t)$$

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

Agora a gente sabe escrever o ângulo em função do tempo, mas onde entra a frequência?

A velocidade angular pode ser expressa em função do número de ciclos, isso é, a frequência que gira o fasor através da equação da figura, e agora aparece a margarida ou melhor aparece a frequência.

Essa é uma equação lá da física do movimento circular, se você quiser confirmar é só botar no google, que parece saber tudo, “equação da velocidade angular”, ou peça para uma dessas inteligências artificiais de hoje em dia.

Então, existe uma relação direta entre a velocidade angular e a frequência, daqui para frente vou usar na equação só a velocidade angular, para simplificar a

escrita das equações, esse negócio de estar escrevendo $2\pi f t$ complica muito, é mais fácil escrever o “ ωt ” e pronto!

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

7. As equações dos sinais envolvidos no misturador.

7. As equações dos sinais envolvidos no misturador.

$$S(\phi) = A \cos(\phi)$$

$$\phi = \omega \cdot t$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$S(t) = A \cos(\omega \cdot t)$$

$$S_{RF}(t) = A_{RF} \cdot \cos(\omega_{RF} \cdot t) = (A_{RF} + e_m(t)) \cdot \cos(\omega_{RF} \cdot t)$$

$$S_{OL}(t) = A_{OL} \cdot \cos(\omega_{OL} \cdot t)$$

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

Então a equação que expressa o sinal AC recebido na antena é essa da figura, o sinal de rádio frequência RF.

Esse ω_{RF} é a velocidade angular do sinal sintonizado que está relacionado com a frequência da estação sintonizada como vimos a pouco, para simplificar vou chamar de frequência da estação sintonizada.

Ao pé da letra eu deveria somar o sinal de áudio modulado, esse “em” na equação que é a função do sinal de áudio modulado em amplitude, mas para entender o misturador, não faz muita diferença, então vou manter sem o sinal modulado.

O mesmo, se aplica para o sinal gerado no oscilador local, o ω_{OL} ele está relacionado com a frequência do oscilador local.

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

8. O sinal do oscilador local.

8.O sinal do oscilador local.

$$S(\phi) = A \cos(\phi)$$

$$\phi = \omega \cdot t$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$S(t) = A \cos(\omega \cdot t)$$

$$S_{RF}(t) = A_{RF} \cdot \cos(\omega_{RF} \cdot t) = (A_{RF} + e_m(t)) \cdot \cos(\omega_{RF} \cdot t)$$

$$S_{OL}(t) = A_{OL} \cdot \cos(\omega_{OL} \cdot t)$$

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

No rádio super-heteródino a frequência do oscilador local é igual a frequência do sinal recebido WRF mais a frequência de FI ou WFI, isso é fundamental para entender como no final só fica a frequência de FI!

Agora o que acontece quando multiplicamos esses dois sinais?

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

9. O produto dos cossenos.

9.0 produto dos cossenos.

$$\begin{aligned} \cos(a+b) &= \cos(a) \cdot \cos(b) - \operatorname{sen}(a) \cdot \operatorname{sen}(b) \\ + \cos(a-b) &= \cos(a) \cdot \cos(b) + \operatorname{sen}(a) \cdot \operatorname{sen}(b) \end{aligned}$$

$$\cos(a+b) + \cos(a-b) = 2 \cos(a) \cdot \cos(b)$$

$$\frac{\cos(a+b) + \cos(a-b)}{2} = \cos(a) \cdot \cos(b)$$

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

$$\omega_{OL} \cdot t = \omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t$$

$$(\omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t) + \omega_{RF} \cdot t = 2\omega_{RF} + \omega_{FI}$$

$$(\omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t) - \omega_{RF} \cdot t = \omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t - \omega_{RF} \cdot t = \omega_{FI} \cdot t$$



Agora vamos dar uma pausa nos sinais da eletrônica e recordar a trigonometria, aquela lá do segundo grau que a gente nem imaginava que sem ela o nosso radinho não funcionaria.

Veja o que diz a trigonometria: essas são as equações dos cossenos das somas e subtrações de ângulos, para a trigonometria são ângulos, para nós da eletrônica são frequências.

A regra que responde essa pergunta está nas identidades trigonométricas, se você não lembra, é só perguntar para o google.

Estamos mais interessados nas regras do cosseno da soma e subtração de dois ângulos, essas da figura.

Mas aqui tem um detalhe interessante, não tem a identidade do produto que é o que nós queremos, de repente pode ser que alguém até encontre, mas se não encontrar?

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

10. Deduzindo o produto dos cossenos.

10. Deduzindo o produto dos cossenos.

$$\begin{aligned} \cos(a+b) &= \cos(a) \cdot \cos(b) - \operatorname{sen}(a) \cdot \operatorname{sen}(b) \\ + \cos(a-b) &= \cos(a) \cdot \cos(b) + \operatorname{sen}(a) \cdot \operatorname{sen}(b) \end{aligned}$$

$$\cos(a+b) + \cos(a-b) = 2 \cos(a) \cdot \cos(b)$$

$$\frac{\cos(a+b) + \cos(a-b)}{2} = \cos(a) \cdot \cos(b)$$

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

$$\omega_{OL} \cdot t = \omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t$$

$$(\omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t) + \omega_{RF} \cdot t = 2\omega_{RF} + \omega_{FI}$$

$$(\omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t) - \omega_{RF} \cdot t = \omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t - \omega_{RF} \cdot t = \omega_{FI} \cdot t$$



Então tem que deduzir e a dedução é muito simples e só somar as duas identidades.

Note que ao somar as parcelas com o seno se cancelam e mais, olha lá o produto no lado direito da igualdade.

Essa matemática tem cada uma que as vezes parecem duas!

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

11. Isolando o produto.

11. Isolando o produto.

$$\begin{aligned} \cos(a+b) &= \cos(a) \cdot \cos(b) - \operatorname{sen}(a) \cdot \operatorname{sen}(b) \\ + \cos(a-b) &= \cos(a) \cdot \cos(b) + \operatorname{sen}(a) \cdot \operatorname{sen}(b) \end{aligned}$$

$$\cos(a+b) + \cos(a-b) = 2 \cos(a) \cdot \cos(b)$$

$$\frac{\cos(a+b) + \cos(a-b)}{2} = \cos(a) \cdot \cos(b)$$

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

$$\omega_{OL} \cdot t = \omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t$$

$$(\omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t) + \omega_{RF} \cdot t = 2\omega_{RF} + \omega_{FI}$$

$$(\omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t) - \omega_{RF} \cdot t = \omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t - \omega_{RF} \cdot t = \omega_{FI} \cdot t$$



Agora vamos isolar o produto, para isso é só passar o 2 para o denominador temos a equação do produto do cosseno de dois ângulos diferentes, agora é só substituir os ângulos pela velocidade angular e o tempo, já vou ajeitar a equação e colocar o produto do lado esquerdo da igualdade.

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

12. As novas frequências.

12. As novas frequências.

$$\begin{aligned} \cos(a+b) &= \cos(a) \cdot \cos(b) - \text{sen}(a) \cdot \text{sen}(b) \\ + \cos(a-b) &= \cos(a) \cdot \cos(b) + \text{sen}(a) \cdot \text{sen}(b) \end{aligned}$$

$$\cos(a+b) + \cos(a-b) = 2 \cos(a) \cdot \cos(b)$$

$$\frac{\cos(a+b) + \cos(a-b)}{2} = \cos(a) \cdot \cos(b)$$

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

$$\omega_{OL} \cdot t = \omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t$$

$$(\omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t) + \omega_{RF} \cdot t = 2\omega_{RF} + \omega_{FI}$$

$$(\omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t) - \omega_{RF} \cdot t = \omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t - \omega_{RF} \cdot t = \omega_{FI} \cdot t$$



Veja o milagre acontecendo, veja como surgiram duas novas frequências, uma que é a soma da frequência sintonizada com a frequência do oscilador local e outra que é a subtração, mas onde está a frequência intermediária a FI.

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

13. Usando a frequência de FI.

13. Usando a frequência de FI.

$$\begin{aligned} \cos(a+b) &= \cos(a) \cdot \cos(b) - \operatorname{sen}(a) \cdot \operatorname{sen}(b) \\ + \cos(a-b) &= \cos(a) \cdot \cos(b) + \operatorname{sen}(a) \cdot \operatorname{sen}(b) \end{aligned}$$

$$\cos(a+b) + \cos(a-b) = 2 \cos(a) \cdot \cos(b)$$

$$\frac{\cos(a+b) + \cos(a-b)}{2} = \cos(a) \cdot \cos(b)$$

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

$$\omega_{OL} \cdot t = \omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t$$

$$(\omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t) + \omega_{RF} \cdot t = 2\omega_{RF} + \omega_{FI}$$

$$(\omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t) - \omega_{RF} \cdot t = \omega_{RF} \cdot t + \omega_{FI} \cdot t - \omega_{RF} \cdot t = \omega_{FI} \cdot t$$



Lembra que eu falei que a equação do oscilador local era a soma da frequência da rádio sintonizada mais a frequência de FI, então é só colocar na equação.

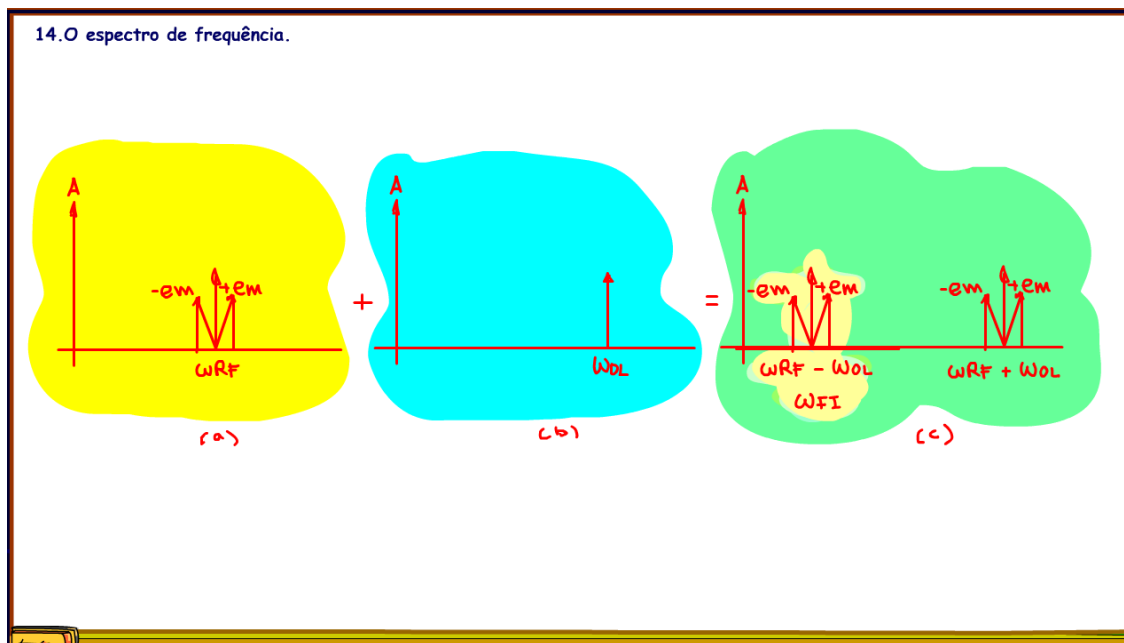
Vou mostrar como fica a soma e subtração dentro dos parênteses.

Veja que na subtração sobrou só a frequência intermediária, pronto aí está a explicação de como surge a “FI”!

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

14. O espectro de frequência.

14.O espectro de frequência.

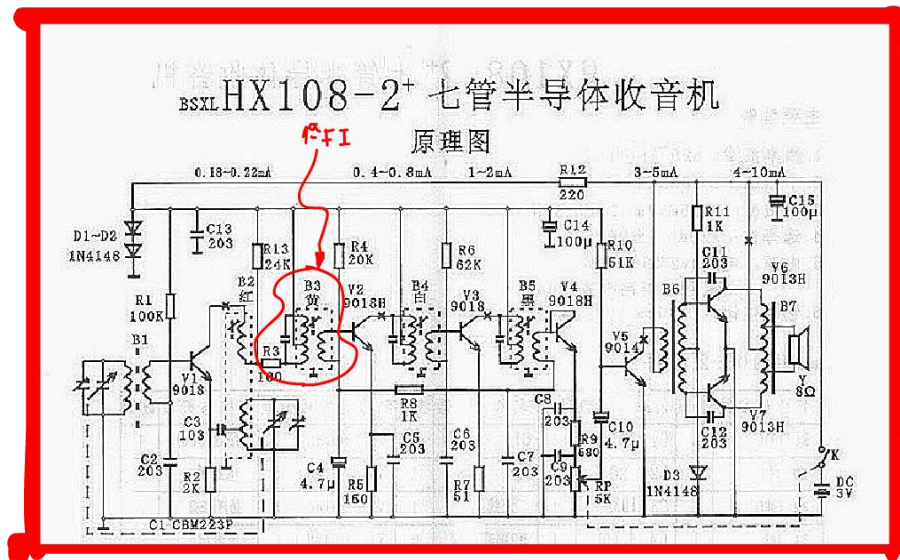


Muitos livros mostram o espectro de frequência, em (a) tem a frequência sintonizada, aquelas marcas laterais são resultado da modulação com o som, em (b) temos o sinal gerado no oscilador, uma senoide pura, em (c) o resultado, duas novas faixas, uma com a soma e outra com a subtração das frequências, a subtração é exatamente a FI.

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

15. Separando a FI.

15. Separando a FI.

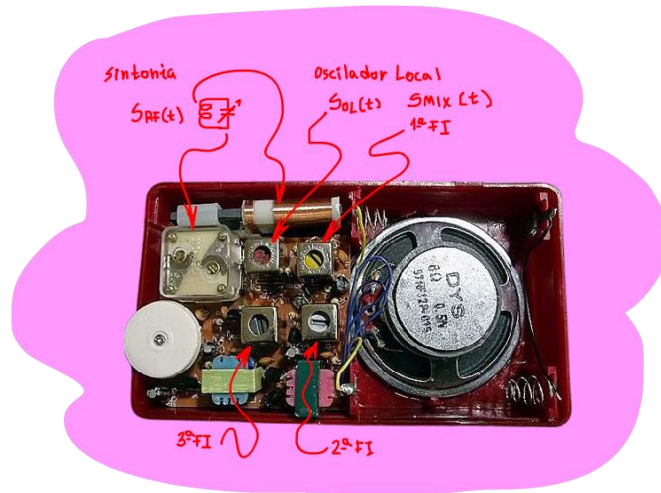


Como no final de tudo isso eu só quero o sinal de FI, eu separo esse sinal do restante usando um filtro LC, um circuito sintonizado, um circuito que só deixa passar uma frequência, isso é feito na conhecida primeira bobina de FI e pronto lá está o nosso sinal de FI limpinho para ser amplificador, agora você sabe que ele foi gerado a partir da trigonometria.

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

16. Conclusão.

16. Conclusão.



Essa foi a primeira parte, mostrar como surgiu a frequência de FI, mas ainda continua uma pergunta em aberto, como eu faço o produto desses dois sinais na eletrônica, usando resistores, capacitores, transistores e tudo mais?

Isso veremos na parte dois dessa série, até lá.

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

17. 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)

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

20241029 Como funciona o misturador no rádio parte 1

Como funciona o misturador no rádio (Parte 1)!

Todo mundo sabe que rádio super-heterodino tem uma etapa misturadora para gerar o sinal de FI, a frequência intermediária, todo mundo sabe que essa frequência intermediária é gerada quando o sinal de RF da estação de rádio captado pelo circuito de sintonia é misturado com o um sinal senoidal gerado no oscilador local com uma frequência de 455 kHz, quando esses sinais são misturados são gerados dois novos sinais, um com a soma das frequências e outro com a subtração das frequências e um circuito de filtro seleciona qual a combinação deverá seguir para os amplificadores seguintes e nesse caso é escolhido o sinal resultante da subtração que será exatamente 455 kHz, a frequência intermediária e mais, não importa a frequência da estação sintonizada..

Mas por que essa mistura de duas senoides geram essas somas e subtrações e ainda como o transistor faz essa mistura acontecer?

É sobre isso que eu vou falar nesse tutorial.

Assuntos relacionados.

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

YOUTUBE: <https://youtu.be/f9E22fRFSV8>

Frequência de FI, como funciona o misturador nos rádios, rádio super-heterodino, bobina de FI, frequência intermediária, o que é frequência intermediária,