

# Equipamentos de **RF**

*Wattímetros / Freqüencímetros  
Sweep de FI / Osciloscópios  
Carga Atenuadora / Detetor  
Gerador de Marcas e de 2,33 Mhz  
Analizador de Espectro  
Medidor de Campo  
FM - Teoria Básica/Esquemas/Diagramas de Blocos*

*Afterglow  
Eletrônica*

*Autor:  
Luiz Bertini*



# ***Equipamentos de RF***

*Luiz Betini*



© 2007 by Afterglow Eletrônica Ltda.

Esta publicação tem seu conteúdo protegido pelas convenções internacionais e a legislação brasileira de Direitos Autorais, razão pela qual a reprografia, a transcrição ou adaptação, em qualquer idioma, ainda que parciais ou de circulação restrita (apostilas e usos similares), bem como armazenamento em sistema de informática e a transmissão em qualquer forma e por qualquer meio são expressamente proibidas.

Editor: Luiz A. Bertini  
Coordenação Editorial: Gilberto R. Crescêncio  
Editoração Eletrônica: Gilberto R.Crescêncio  
Revisão de Texto: Luiz A. Bertini  
Capa: Gilberto R. Crecscêncio

ISBN XXXXXXXXXXXXXXXX

---

***Afterglow Eletrônica***

Rua Camburiu, 278  
05058-020 - Lapa - São Paulo - SP  
Tel: (11) 3641-5353 - 3642-1160  
*[www.luizbertini.net/download.html](http://www.luizbertini.net/download.html)*



**Apresentação:**

A teoria e prática aqui demonstrada, faz parte da experiência de mais de 20 anos trabalhando com RF.

Neste livro, você conseguirá tirar várias dúvidas que vinham lhe atrapalhando no seu dia-a-dia, você encontrará aqui, vários projetos, diagramas, esquemas e demonstração de equipamentos que são muito utilizados na área de eletrônica e também como construir um aparelho destes.

Todos os circuitos e projetos aqui apresentados, foram testados e aprovados, por este motivo, você poderá construir sem problemas os circuitos, mas, lembre-se, fique atento e tome o máximo cuidado quanto às ligações aqui apresentadas.



**Agradecimento:**  
A Deus,  
Ao Gilberto;  
Aos meus amigos da TV Cultura, do DIM.





# Sumário

<b>Capítulo 1</b>	
<b>WATTÍMETROS DE RF, PASTILHAS, CARGA ATENUADORA</b>	9
1.1. Construção Básica de um Wattímetro para VHF e UHF	10
1.2. A “Cara” do Wattímetro de Pastilhas	12
1.3. Vamos Imaginar uma Medida	13
1.4. Veja uma Carga Atenuadora	14
<b>Capítulo 2</b>	
<b>FREQÜENCÍMETROS</b>	19
2.1. Funcionamento Básica de um Freqüencímetro	20
<b>Capítulo 3</b>	
<b>SWEEP DE FI, ATENUADOR, DETETOR, OSCILOSCÓPIO</b>	21
3.1. Veja o Canal de FI	23
3.2. Diodo Detector ou Detetor	25
3.3. Como Sweepar um Circuito de FI	31
3.4. Sweepando um Amplificador de FI	34
3.5. Exemplos de Curvas Erradas	36
3.6. Sweepando um Filtro de FI	37
3.7. Sweepando um FI de uma TV	37
3.8. Detetor Alternativo	38
3.9. Leve em Consideração o Seguinte	39
<b>Capítulo 4</b>	
<b>SWEEP DE VHF E UHF</b>	41
4.1. Algumas coisas são Comuns a qualquer um destes Três Tipos	41
4.2. Alguns Sweeps de VHF são assim, ou Parecidos	42
4.3. Alguns Sweeps de VHF e UHF são assim, ou Parecidos	43
4.4. Funcionamento Básico	43
4.5. Outros Sweeps de VHF e UHF são assim	46
4.6. Funcionamento Básico	46
<b>Capítulo 5</b>	
<b>GERADOR DE MARCAS</b>	47
<b>Capítulo 6</b>	
<b>GERADOR DE 2,33 MHz</b>	49



<b>Capítulo 7</b>	
<b>ANALISADOR DE ESPECTRO E SONDA PESCADORA</b>	53
7.1. Vamos ver a “Cara” de um Espectro e como Utilizá-lo	55
7.2. Uso do Analisador de Espectro	55
<b>Capítulo 8</b>	
<b>MEDIDOR DE CAMPO</b>	57
<b>Capítulo 9</b>	
<b>REDE ESCOLAR</b>	59
<b>Capítulo 10</b>	
<b>FM – TEORIA BÁSICA/DIAGRAMA DE BLOCOS/DIAGRAMA ESQUEMÁTICO</b>	61



# Capítulo I

## O WATTÍMETRO DE RF – Pastilhas / Cargas

O Wattímetro de RF é um instrumento que serve para medir a potência entre dois pontos. Normalmente é utilizado para se medir a potência entre dois módulos amplificadores ou entre um transmissor e sua antena.

Existem diversos tipos de Wattímetros de RF e duas diferenças básicas, que são:

- Preço;
- Frequência de trabalho.

Quanto menor o preço de um wattímetro, menor a sua qualidade é menor a faixa de frequência que ele é capaz de medir.

Como exemplo de um wattímetro barato podemos citar os wattímetros usados em PX, por rádios amadores e geralmente chamamos de medidor de onda estacionária.

Como exemplo de um wattímetro caro, podemos citar os *Wattímetros Bird* que podem medir diversas faixas de frequência. Desde VHF baixo até os canais de UHF.

Podemos ter dois tipos de *Wattímetros Bird*, um onde trocamos uma pastilha, que se encaixa no corpo principal, e que define a faixa de frequência e a potência máxima que pode ser medida e outro que possui uma chave para selecionarmos a potência e uma tabela para fazermos a correção da potência de acordo com a faixa de frequência medida.

Com um wattímetro podemos medir a potência direta e a potência refletida ou onda estacionária.

Potência direta é a potência que sai do transmissor e é irradiada pela antena.

Potência refletida é parte da potência que chega até a antena, não é irradiada e volta para o de onda estacionária.

Você tem potência refletida devido a um casamento de impedância errada entre a transmissão o cabo e a antena. Quando medimos uma portadora única, sem modulação, o wattímetro mede a potência de pico.

Quando medimos uma portadora com modulação em amplitude (AM) o valor medido é um valor médio e devemos multiplicá-lo por um determinado valor para encontrarmos o valor de pico.

No caso de um transmissor de TV com barras coloridas modulando a portadora de vídeo devemos multiplicar o valor eficaz (Wrms) por 3,33 para encontrarmos o valor de pico.

Quando a portadora é modulada por um sinal de preto devemos multiplicar tudo por 1,67 para encontrarmos o valor real.

Quando um transmissor que gera muitas frequências harmônicas e usamos um wattímetro para medir a potência, ele indicará uma potência errada, pois ficará uma média das portadoras.

Por frequências harmônicas queremos dizer frequências múltiplas e sub-múltiplas da frequência principal.

Veja a seguir a **figura 1.1**:

Luiz Bertini

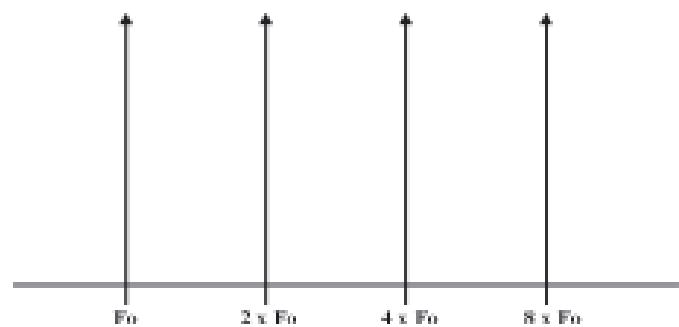


Fig. 1.1

Considerando “ $F_0$ ” como freqüência principal, ou fundamental, as harmônicas são as múltiplas dela.

Existem também wattímetros e multivoltímetros para a medição de freqüência de microondas que vão de 3GHz a 30GHz, mais ou menos.

Quando falamos em wattímetros bons, devemos associar a elas mais duas coisas:

- Pastilhas;
- Cargas atenuadoras.

1.1. Construção Básica de um Wattímetro para VHF e UHF:

Um wattímetro consiste basicamente de uma linha com impedância de  $50\Omega$  (padrão de impedância para transmissão) com uma cavidade onde se coloca a pastilha e dois contatos ligados há um galvanômetro (VV) analógico.

Esta linha consiste em dois tubos metálicos montados com conectores nas extremidades. O diâmetro destes dois tubos definirá a impedância do wattímetro. Normalmente o conector no wattímetro são conectores “N”. Veja a **figura 1.2**:

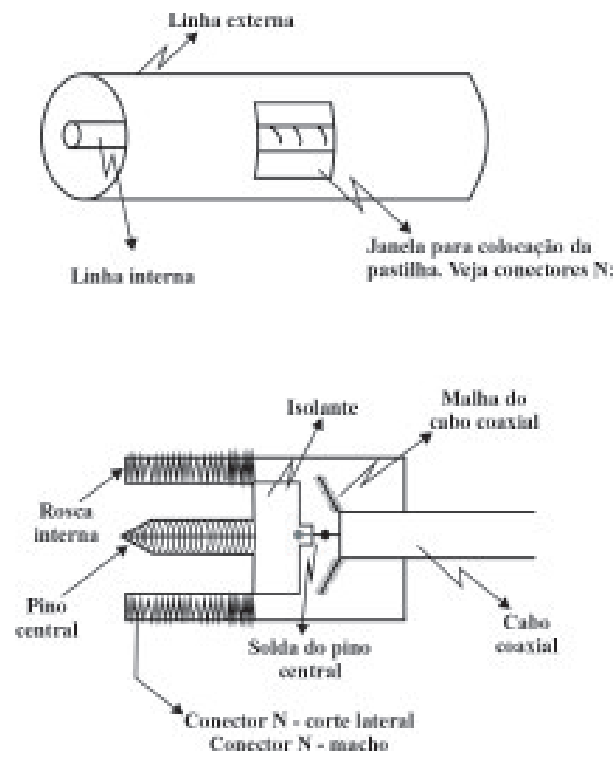


Fig. 1.2

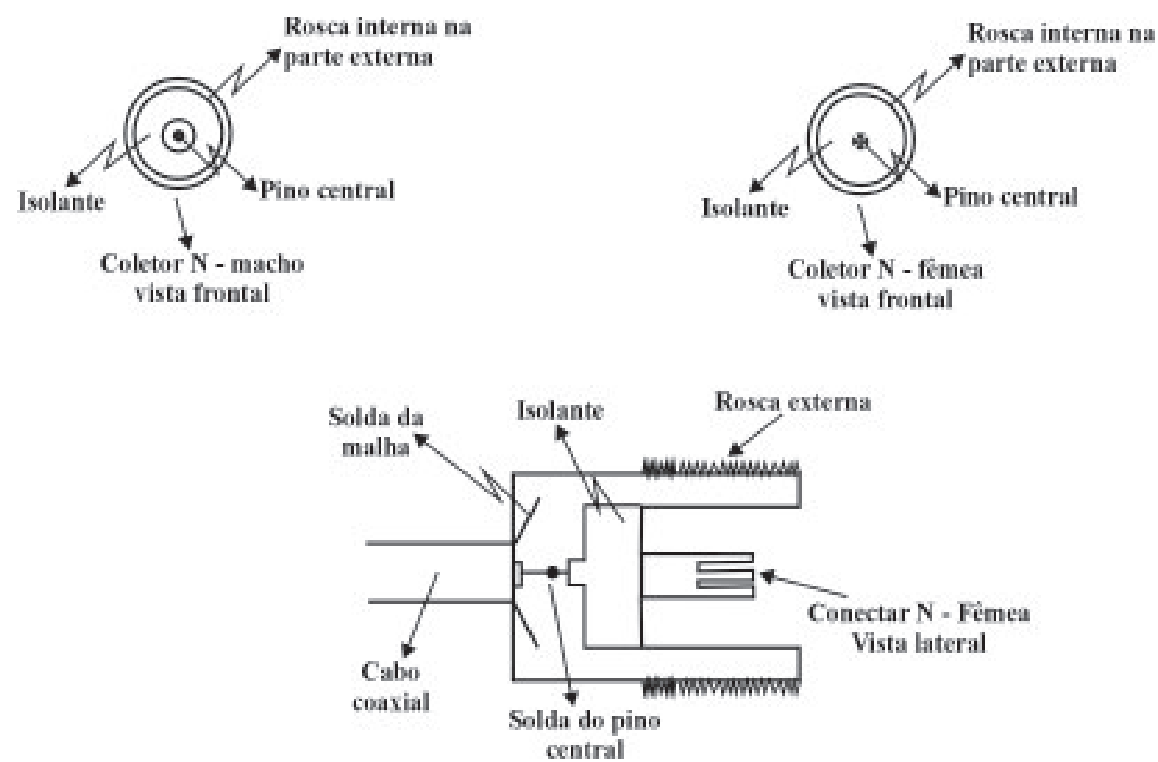


Fig. 1.3

Dentro da pastilha teremos um circuito sintonizado em uma faixa de frequência e um circuito detetor, que transformará a RF em tensão DC. Esta tensão DC será aplicada no galvanômetro que deflexionará o ponteiro de acordo com a potência. A escala do galvanômetro é logarítmica. A **figura 1.4** nos mostra um exemplo desta pastilha:

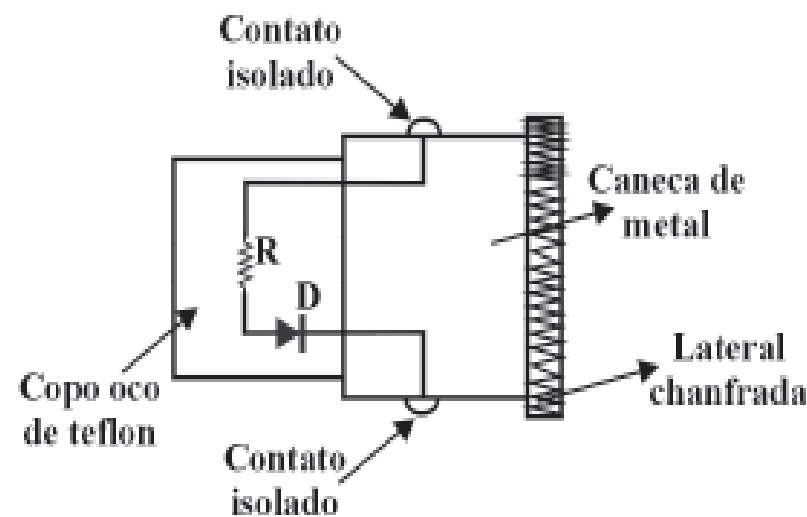


Fig. 1.4

“R” pode ser só um resistor como um circuito “LC” mais complexo.  
“D” é um diodo detetor (um diodo que pode ser usado é o 1N82).  
Através dos contatos usados da carcaça metálica, a tensão induzida em “R” e detectada por “D”, será aplicada ao galvanômetro. Veja a seguir a **figura 1.5**:

Luiz Bertini

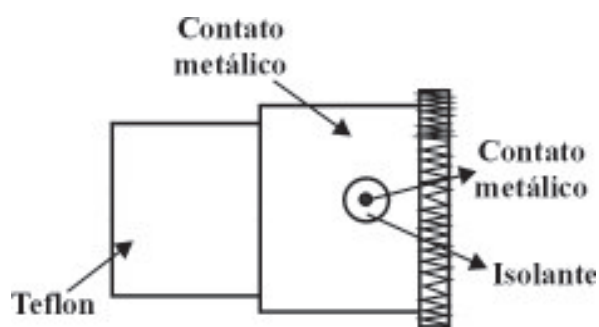


Fig. 1.5

Normalmente uma pastilha tem uma seta que indica a direção para onde está indo o sinal do RF medido.

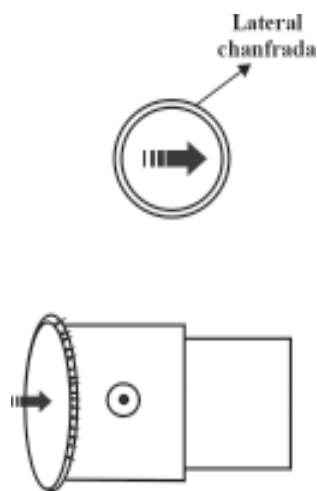


Fig. 1.6

1.2. A “Cara” do Wattímetro de Pastilhas:

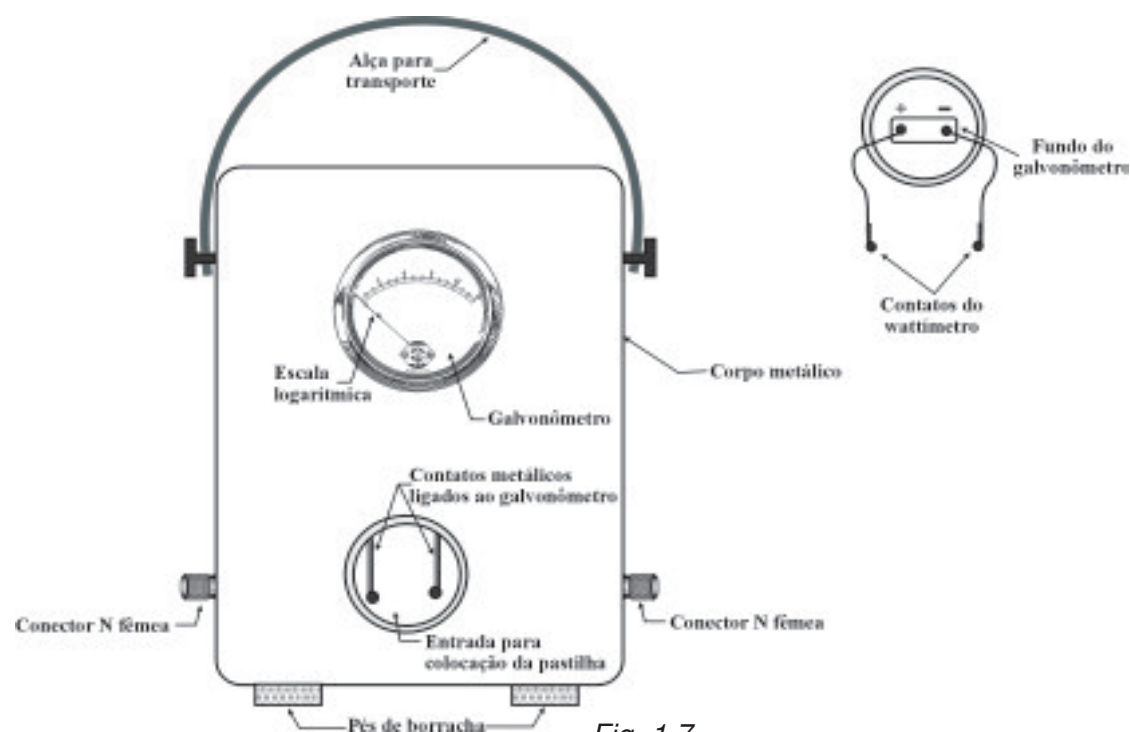


Fig. 1.7

1.3. Vamos Imaginar uma Medida:

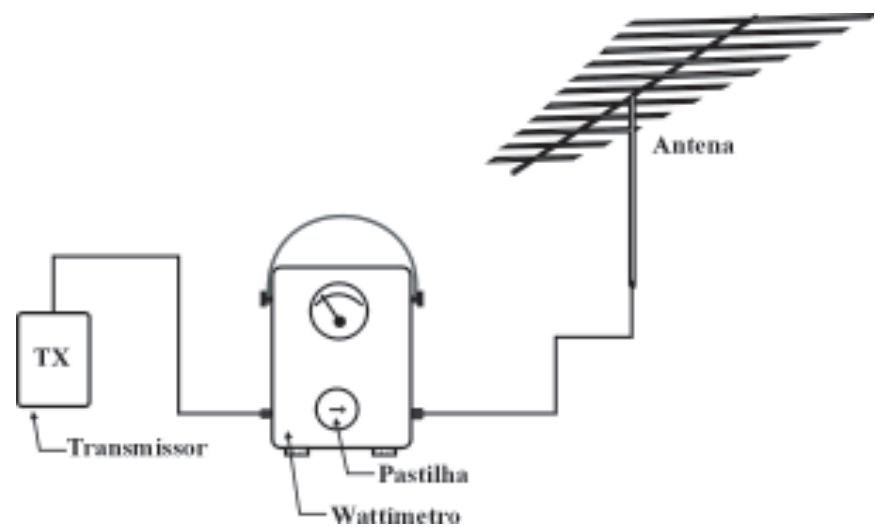


Fig. 1.8

Com a seta neste sentido, mediremos a potência direta que sai do TX e vai para a antena. Este sinal é que esta sendo irradiado pela antena e que você capta em sua casa com a TV, por exemplo:

Com a seta com a direção contrária, para isto se gira a pastilha, medindo a potência que retorna doas antenas para o TX, que é a potência refletida.

A relação entre as duas se chama “VSWR” e podemos “traduzir” como onda estacionária.

É muito importante que a potência refletida seja sempre pelo menos 100 vezes menor do que a potência direta. Veja na **figura 1.9** a medição da potência refletida:

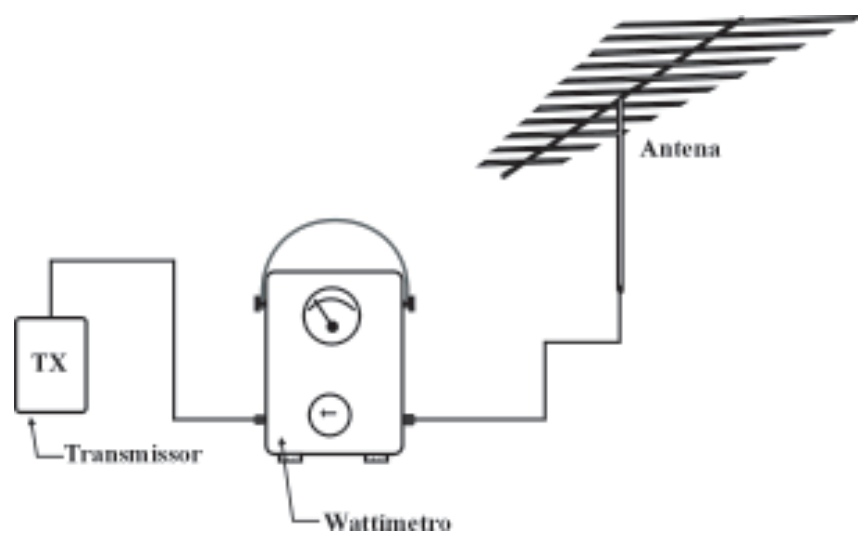


Fig. 1.9

A direção da seta na pastilha indica o sentido ou direção da potência medida:

- Seta apontando para a antena → potência direta;
- Seta apontando para o TX → potência refletida.

Luiz Bertini

1.4. Veja uma Carga Atenuadora:

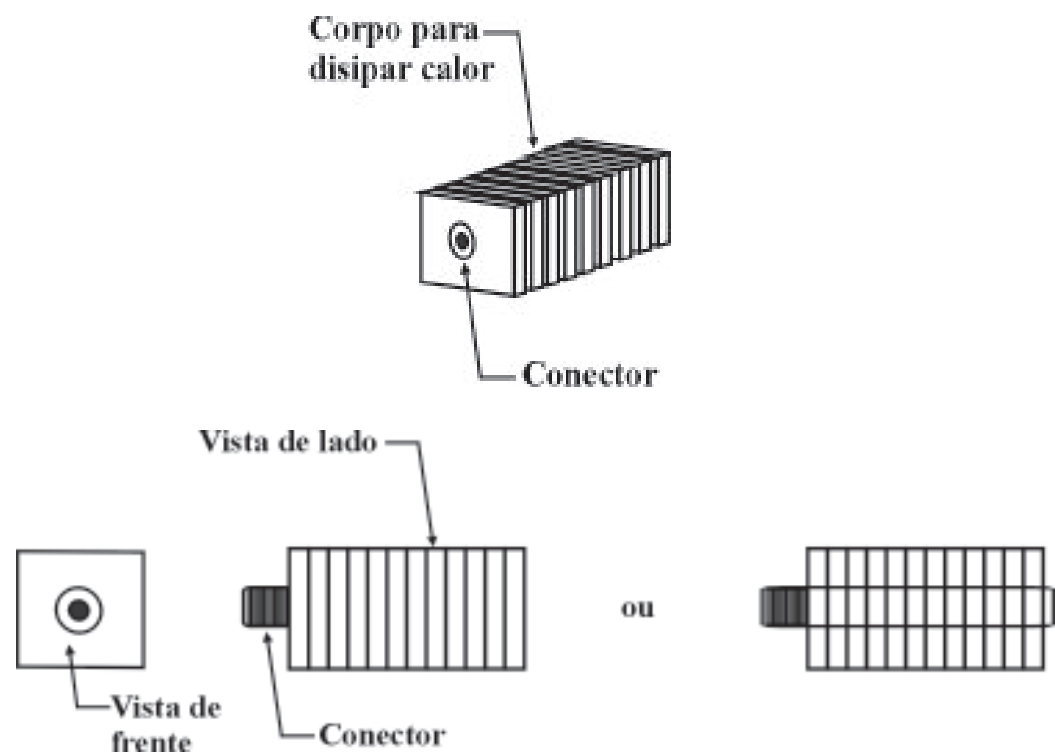


Fig. 1.10

Uma carga é um resistor que transforma RF em calor. A potência refletida de uma carga comercial é cerca de 18 mil vezes menor do que a direta ou cerca de 37dB.

O resistor que forma a carga possui diâmetros diferentes em sua extensão, a finalidade disto é fazê-la ter uma resposta de freqüência bem larga.

Cargas comerciais têm uma largura de banda entre 10 a 1.000 MHz.

É lógico que existem cargas para freqüências mais altas. As aletas das cargas servem para dissipar o calor. Acima de 1000W muitas cargas tem refrigeração a óleo.

Algumas cargas são refrigeradas com água que circula através de tubos, são usadas para a medição de potências muito elevadas, acima de 5KW. Caso a circulação da água pare, a carga se estraga quase que imediatamente. Existem cargas que tem entradas e saídas e isto deve ser respeitado, caso indicado na carga. A função de uma carga assim ou carga atenuadora para ser mais específico, e atenua um sinal de forma a podermos medi-la, veja a **figura 1.11**:

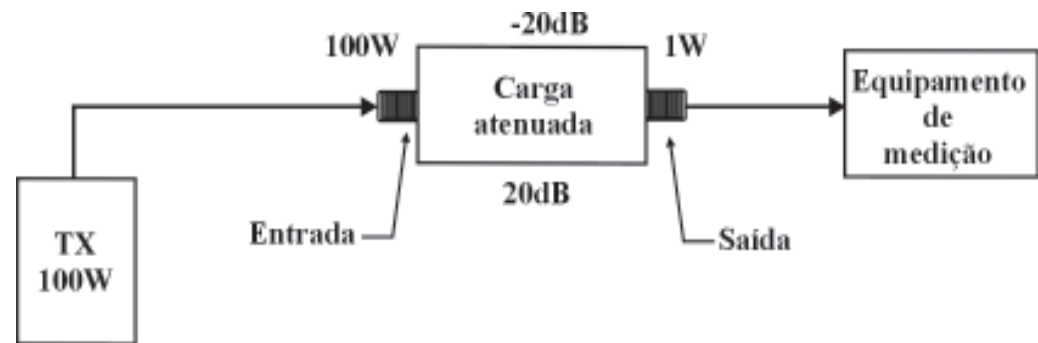
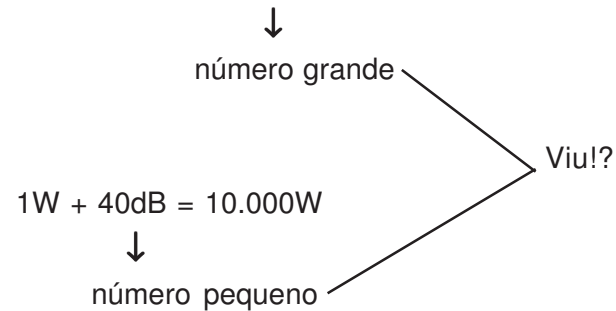


Fig. 1.11

Mas, e estes dBs?

O decibel foi “criado” para transformarmos números grandes em pequenos (me desculpem os matemáticos). Para exemplificar, podemos dizer que:

$1\text{W} + 10\text{dB} = 10\text{W}$ ;  
 $10\text{W} + 10\text{dB} = 100\text{W}$ ;  
 $1\text{W} + 40\text{dB} = 10.00\text{W}$ , ou seja, ao invés de escrevermos  $1\text{W} \times 10.000 = 10.000\text{W}$  escrevemos:



Para simplificar, vamos falar o seguinte:  
Quando trabalhamos com a unidade Watts (W) podemos usar os dBs da seguinte forma:

$1\text{W} + 1\text{dB} = 1\text{W} \times 1,25$   
 $1\text{W} + 3\text{dB} = 1\text{W} \times 2$   
 $1\text{W} + 30\text{dB} = 1\text{W} \times 10$

Caso tenhamos uma unidade em dB com o valor 9, fazemos o seguinte:

$1\text{W} + 9\text{dB} = 1\text{W} + 3\text{dB} + 3\text{dB} + 3\text{dB} = (1\text{W} \times 2) + 3\text{dB} + 3\text{dB}$   
 $2\text{W} + 3\text{dB} + 3\text{dB} = (2 \times 2) + 3\text{dB} = 4\text{W} + 3\text{dB} = 4 \times 2 = 8\text{W}$

Isto é uma forma apropriada e com poucos cálculos para encontrarmos uma potência. Usamos dB sempre que falamos em ganho ou perda sobre um sinal. Sendo assim:

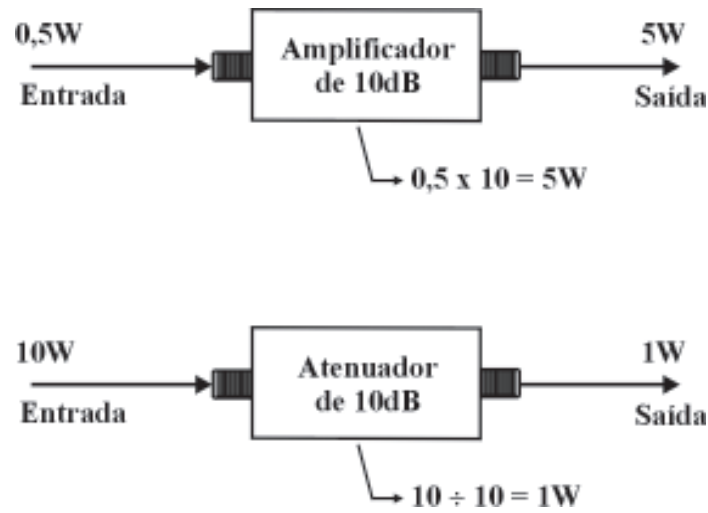


Fig. 1.12

Luiz Bertini

Podemos perceber que a tabela anterior pode ser transformada no seguinte:

10W – 3dB = 5W

10W – 10dB = 1W

Importante:

- O wattímetro serve para medir potência em Watts;
- As pastilhas definem a máxima potência a ser medida e a faixa de frequência;
- A carga serve para substituir a antena, de forma a medirmos a potência sem transmitirmos nada, ou quase nada.

Temos cargas e cargas atenuadoras e, embora muitas pessoas até eu, chamem as duas pelo mesmo nome, existe uma diferença básica entre elas:

- Uma carga só tem entrada;
- A outra uma carga atenuadora tem entrada e saída.

Podemos medir a potência com diferentes unidades, quando falamos em transmissão, geralmente usamos Watts ou dBm. Veja:

1W = 30 dBm

10W = 40dBm

100W = 50dBm

100mWz = 20dBm

10mW = 10dBm

1mW = 0dBm

“A impedância na saída de um transmissor geralmente é de 50 Ohms.”

Podemos somar ou subtrair dB de dBm sem problemas.

10dBm + 10dB = 20dBm

30dBm – 10dB = 20dBm

Quando falamos em recepção, medimos a potência recebida em dBµV (dB microvolts) ou dBmV (dB milivolts) e a impedância geralmente é de 75 Ohms (a entrada da sua TV tem uma impedância de 75 Ohms).

Falando em TV, os níveis adequados para uma boa recepção ficam entre 60dBµV a 72dBµV (1mV a 5mV, mas, o que é isto? Calma!)

Para convertermos dBµV em dBmV ou vice versa, é a forma mais fácil, veja:

0dBmV = 0dBµV + 60 = 60dBµV

10dBmV = 10dBµV + 60 = 70dBµV

Basta somar 60 ao valor em dBmV e teremos o valor em dBµV. Veja agora:

72dBµV = 72dBµV – 60 = 12dBmV

100dBµV = 100dBµV – 60 = 40dBmV



Basta subtrair 60 do valor em dB $\mu$ V que encontraremos o valor em dBmV. Mas, e o 1nV a 5mV? Isto é uma outra forma de ser medida a potência recebida, mas, esta cada vez sendo menos usada, vamos ver como converter uma em outra. Mas, em outro capítulo.

Por enquanto basta saber o que apresentamos e o que você já leu e entendeu até agora.

Existem wattímetros que tem a carga junto com o medidor e estes não servem para medir a potência entre um transmissor (TX) e uma antena. Veja o raciocínio que apresentamos na **figura 1.13** de um wattímetro assim:

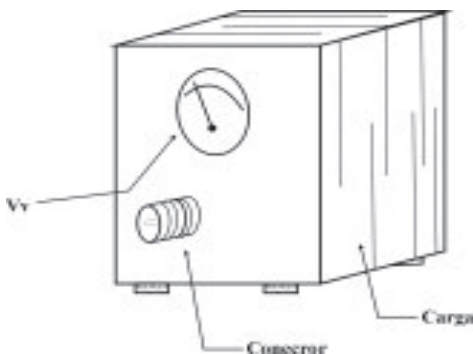


Fig. 1.13

Quando usamos miliwattímetro sempre estaremos medindo potência na ordem de miliwatts ou usando uma carga atenuadora para diminuir a potência.

Um miliwattímetro quase sempre é um equipamento eletrônico sofisticado e caro e permite fazer a leitura em Watts, dBm, dB $\mu$ V, mV, etc.

Devemos ter muito cuidado ao usar um miliwattímetro de forma a não danificá-lo.

Um dos cuidados principais é saber sua máxima potência ou nível de entrada a nunca ultrapassá-la.

Normalmente, um miliwattímetro é composto de duas partes:

- ponta detetora;
- e o corpo que faz a leitura.

Veja a **figura 1.14** seguinte:

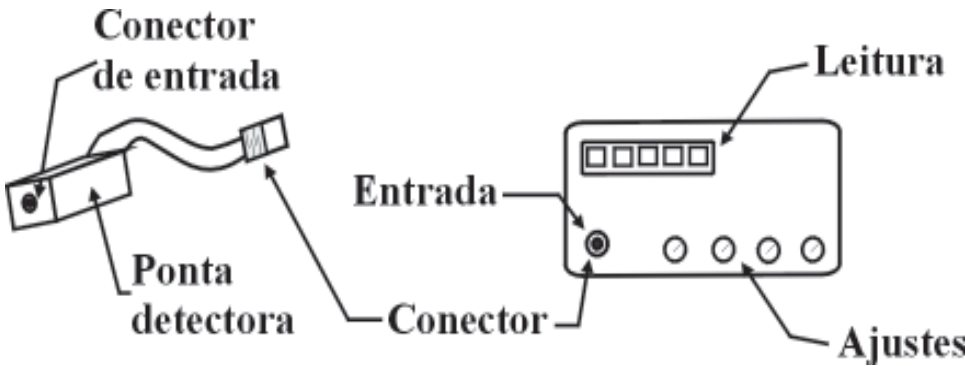


Fig. 1.14

Caso seja necessário medir uma potência de 25W com um miliwattímetro que suporta no máximo 100mV de entrada, o que devemos fazer?

Devemos colocar entre a ponta do miliwattímetro e TX uma carga atenuadora, conforme nos mostra a **figura 1.15** a seguir:

Luiz Bertini

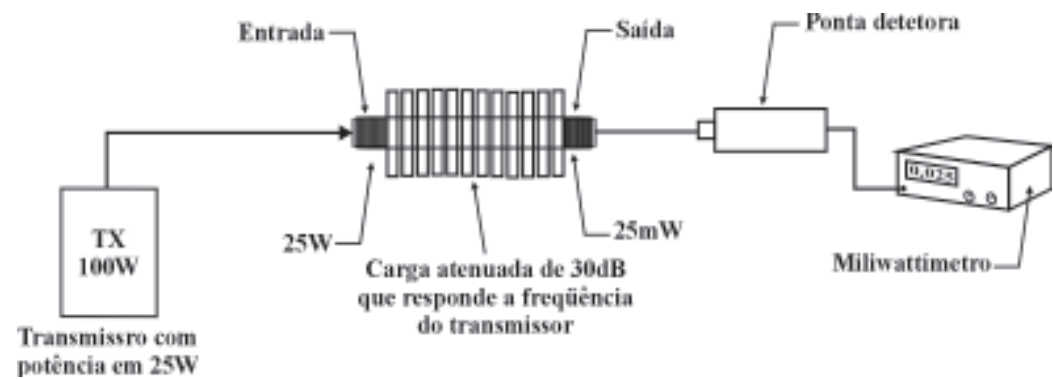


Fig. 1.15

Ao medir a potência do transmissor através da carga, teremos uma leitura no miliwattímetro de 25mW, mas, como sabemos que a carga atenua 30 dB podemos calcular a potência real na saída do TX.

$$\begin{aligned} 0,025W + 30dB &= 0,025W + 10dB + 10dB + 10dB \\ 0,0125 \times 10 &= 0,250 \\ 0,250 \times 10 &= 2,5 \\ 2,5 \times 10 &= 25W \end{aligned}$$

Ou seja, a potência na saída de TX é de 25 Watts e esta correta.

Resumindo, vemos a leitura no miliwattímetro e somamos com os 30dB de atenuação da carga e encontramos a potência na saída do transmissor.

É importante lembrar que a carga terá uma resposta ligeiramente diferente para as diversas frequências que podemos medir.

Uma carga com a faixa de frequência entre 1GHz a 6GHz pode atenuar 30dB em 1GHz a 31GHz em 6GHz e esta diferença é importante, por incrível que pareça.

Em um miliwattímetro, teremos como entrar com este valor de correção e até com o valor de atenuação da carga, fazendo isto teremos o seguinte:

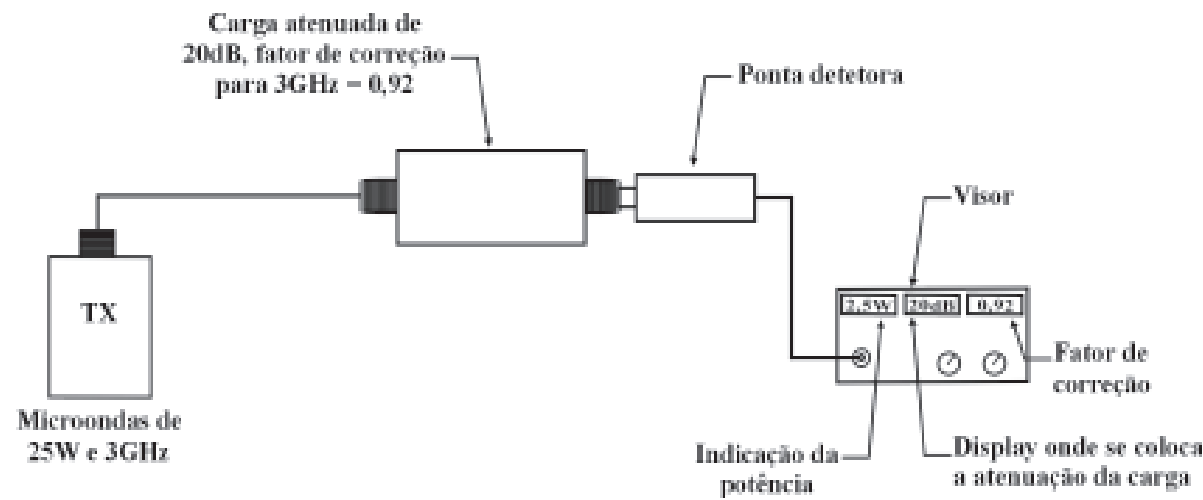


Fig. 1.16

Observe que ajustamos no miliwattímetro a atenuação da carga e o fator de correção da frequência, apenas para lermos a potência real, mas, o nível na entrada do miliwattímetro é menor de que a leitura, pois foi atenuada pela carga.

## Capítulo 2

### FREQÜENCÍMETROS

Um Freqüencímetro é um equipamento que serve para a medição de freqüências.

Algumas características básicas são comuns a todos os freqüencímetros e devem ser seguidas de forma a termos uma leitura correta e a preservamos a integridade do aparelho. Estas características são:

- Máximo nível de entrada;
- Máxima freqüência medida.

Caso injetamos em um freqüencímetro um sinal com nível superior ao máximo nível de entrada, podemos “queimar” o aparelho. Caso injetamos em um freqüencímetro um sinal com freqüência superior a máxima freqüência de entrada, ele nos mostrará uma freqüência errada ou não mostrará nada, indicando OVERLOAD, ou seja, passamos da freqüência que ele consegue medir.

A maioria dos freqüencímetros possui um ajuste onde definimos de quanto em quanto tempo queremos que ele faça uma leitura da freqüência, ou nos mostre uma “amostragem” da freqüência injetada nele. Estes valores de uma forma genérica, podem ser:

- 0,01 segundo;
- 0,1 segundo;
- 1 segundo ou
- 10 segundos

Conforme mudamos a taxa de amostragem, mudaremos também a resolução na tela. Com uma taxa de 0,01 segundo teremos uma leitura da freqüência a cada 0,01 segundo. E assim por diante...

Podemos ter freqüencímetros com mais de uma entrada. Quando isto acontecer é porque cada entrada deve ser utilizada para se medir até uma determinada freqüência. Observe a **figura 2.1**:

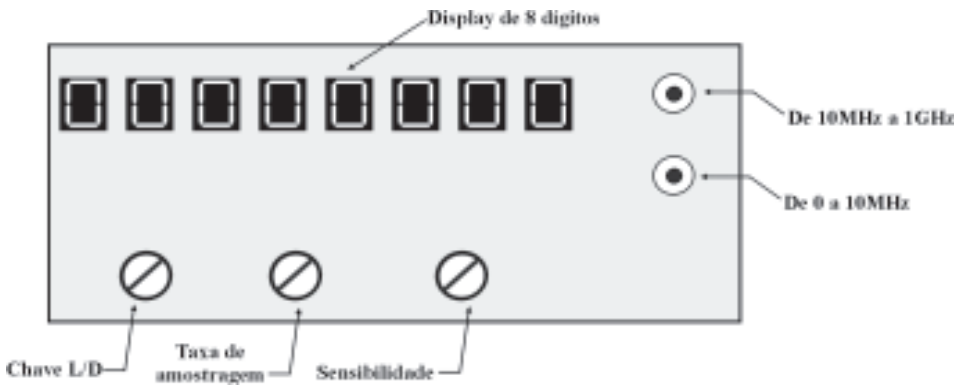


Fig. 2.1

Na *figura 2.1* mostrada acima, temos um freqüencímetro de oito dígitos (o que é bom), que possui uma chave liga e desliga (L/D), um ajuste para a taxa de amostragem, uma ajuste de sensibilidade (mas, o que é isto?), uma entrada para medir freqüências entre 0 a 10 MHz e outra entrada para medirmos freqüências entre 10MHz até 1GHz. Ele é construído desta forma para facilitar os circuitos internos e melhorar a visualização.

Luiz Bertini

Alguns freqüencímetros permitem congelar uma leitura, mas, este recurso não é muito útil, de acordo com o meu ponto de vista. Mas, é o ajuste de sensibilidade?

Este ajuste serve para o freqüencímetro não se ofender com os padrões do usuário.... Brincadeira.

Pressupondo que você saiba mais ou menos o nível de freqüência que está medindo, você deve fazer este ajuste para uma escala que corresponda a este nível.

Caso você não saiba o nível, comece pela escala mais alta, geralmente estes valores são fixos:

E você deve escolher um.

Caso o nível seja muito baixo para a escala escolhida, você provavelmente não terá leitura alguma, caso o nível seja muito alto, você terá uma leitura incorreta.

Existem freqüencímetros onde estas escalas estão divididas em HIGH (nível alto) e LOW (nível baixo), para saber qual o valor de um ou outro, consulte o manual do equipamento.

Freqüencímetros podem ter display de LCD ou display de leds.

Caso você vá medir um sinal que possui muitas harmônicas, a leitura será errada pois, dependendo do nível das harmônicas, o freqüencímetro não “saberá” qual freqüência ler.

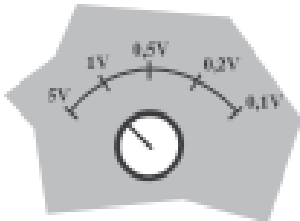


Fig. 2.2

**2.1. Funcionamento Básico de um Freqüencímetro:**

- Durante um segundo (1s) o freqüencímetro conta o sinal de entrada;
- Depois disto ele para e mostra esta contagem no display.

**Diagrama de blocos básicos:**

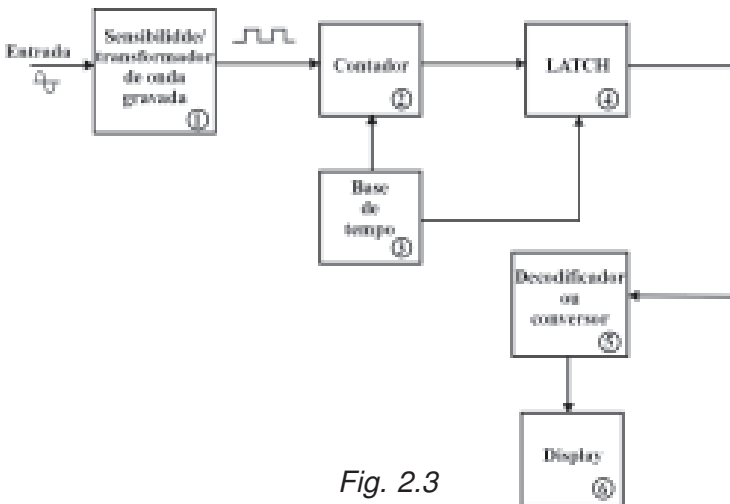


Fig. 2.3

- 1) Neste estágio temos o ajuste de sensibilidade e um circuito que transforme o sinal de entrada em uma onda quadrada;
- 2) Contador que conta a onda quadrada durante um período definido pelo estágio (3);
- 3) Define o tempo de contagem, caso seja 1s, o valor contado corresponderá ao valor real, em ciclos da freqüência da entrada;
- 4) Comandado pelo circuito (3), armazenada a sua saída;
- 5) O decodificador ou conversor, transforma este número de forma a ser visualizado corretamente no display. Lembre-se que na saída da LATCH teremos uma informação formada por 0 a 1, ou seja, em binário e teremos que ver isto em decimal;

Permite a visualização em decimal da freqüência da entrada.

# Capítulo 3

## SWEEP DE FI, ATENUADOR, DETETOR E OSCILOSCÓPIO

O Sweep, também chamado de gerador de varredura, serve para ajustarmos qualquer circuito que precise estar sintonizado, ou ter sua frequência de ressonância ajustada.

No caso da Sweep de FI, estamos nos referindo diretamente a faixa de frequências de FI de um sistema da TV analógica.

A FI ou Frequência Intermediária em TV, está na faixa de 41 MHz a 47 MHz. Neste “espaço” de 6MHz de largura teremos todas as informações para termos uma imagem e um som correto em nossa TV.

A FI é a mesma, tanto para a TV quanto para o transmissor de TV.

O nome Frequência Intermediária (FI), existe pois ela não é nem mesmo a frequência de entrada do TX ou saída da TV, nem a frequência de saída do TX ou entrada da TV, se situa em uma posição “intermediária” entre as duas.

Com o uso da FI fica muito mais fácil e padronizada a construção e ajuste, tanto do transmissor de TV quanto do receptor de TV.

Um Sweep de FI gerará frequências entre 30 MHz a 60 MHz, aproximadamente, sendo que esta frequência será uma portadora que ficará “caminhando” entre 30 a 60MHz em uma “velocidade” de normalmente 50 Hz ou fará este percurso a cada 0,02 segundos ou 20 milissegundos.

Para entender isto melhor, veja a **figura 3.1** a seguir:

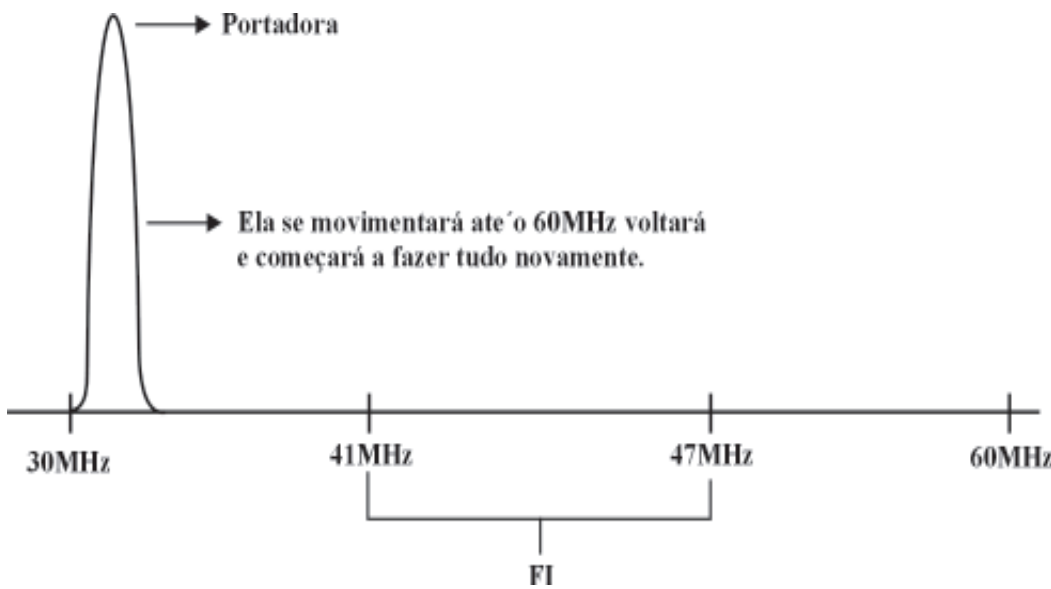


Fig. 3.1

Em um primeiro instante a portadora estará em 30 MHz, ou seja, terá a frequência de 30 MHz, milésimos de segundos depois sua frequência terá se alternando linearmente até outro valor:

Luiz Bertini

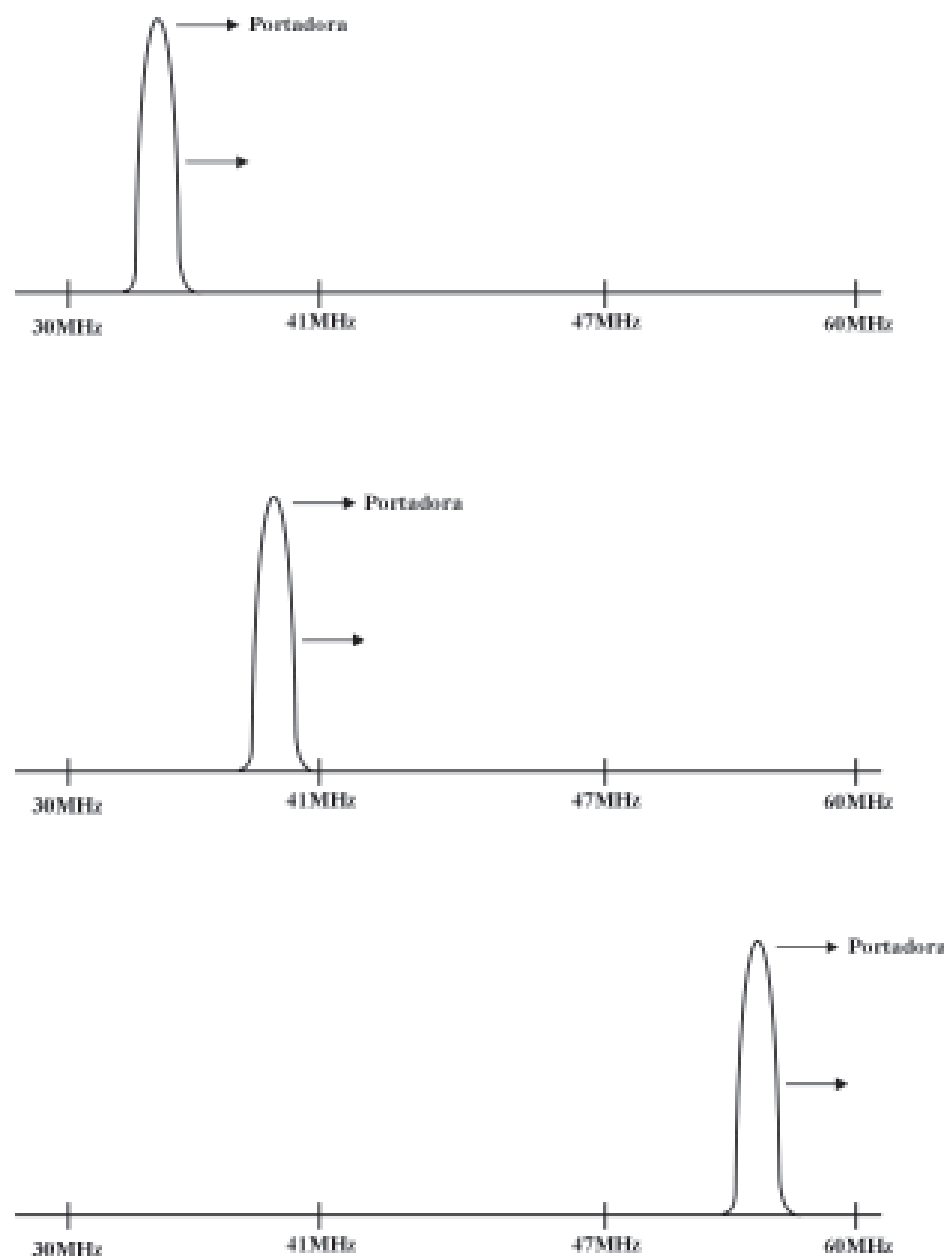


Fig. 3.2

Quando a portadora chegar em 60 MHz, ou seja, tiver o valor de 60 MHz, ela será “desligada” e “ligada” novamente com 30 MHz e este ciclo se repetirá 50 vezes por segundo ou em 50 Hz, ou uma vez a cada 20 milisegundos.

Quando dizemos que a movimentação da portadora deve ser linear, queremos dizer que a velocidade com que ela vai de 30 MHz até 60 MHz seja sempre a mesma durante o percurso. Também é importante que a amplitude da portadora não varie durante este percurso.

As frequências de 41 e 47 MHz estão indicadas nos gráficos, pois são elas quem define o canal de FI. Dentro do Sweep de FI teremos dois geradores de frequência fixa, um de 41 MHz e outro de 47 Mz, que serão chamados de geradores de marca.

Tem este nome pois, marcarão um ponto (dois pontos) na curva indicando onde começa e onde termina o canal de FI.

Como já vimos, o canal de FI tem 6 MHz de largura e vai de 41 a 47 MHz. Dentro dele estão as portadoras de áudio, vídeo e a sub portadora de cor ou croma.

3.1. Veja o Canal de FI:

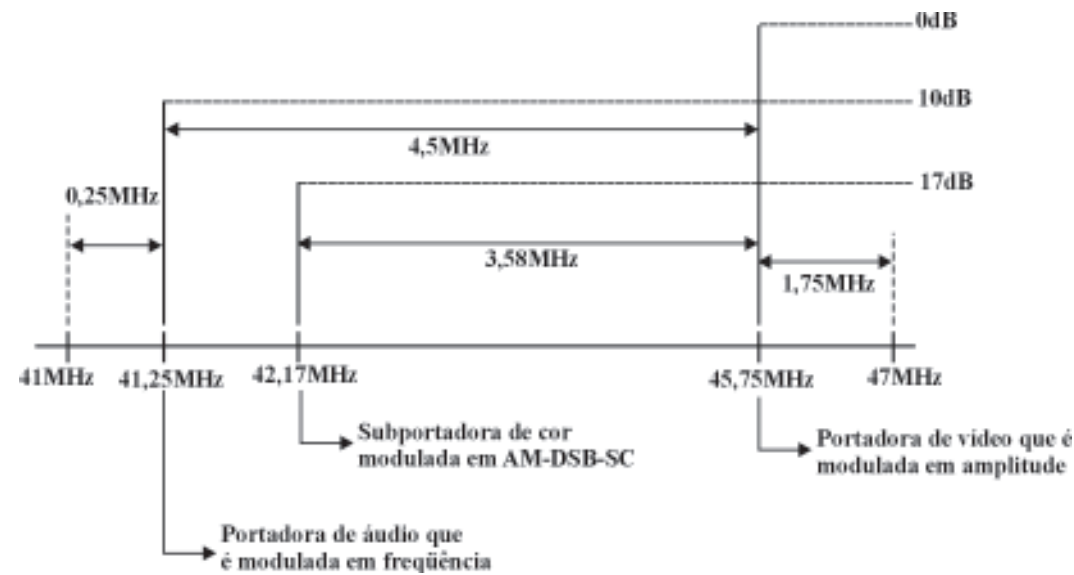


Fig. 3.3

AM-DSB-SC quer dizer uma portadora modulada em amplitude que gera e mantém as duas bandas laterais , mas, tem a portadora suprimida retirada.

É por isto que na TV existe um cristal de 3,58 MHz para gerar a portadora de croma novamente.

Voltando ao Sweep de FI, vamos ter claramente o seguinte: dentro do Sweep temos um oscilador linear e com resposta plana que gera uma frequência sem modulação, que irá variar de 30 MHz a 60 MHz 50 vezes por segundo. Vamos estudar um diagrama de blocos para entender como tudo isto funciona.

Diagrama de blocos de um Sweep de FI:

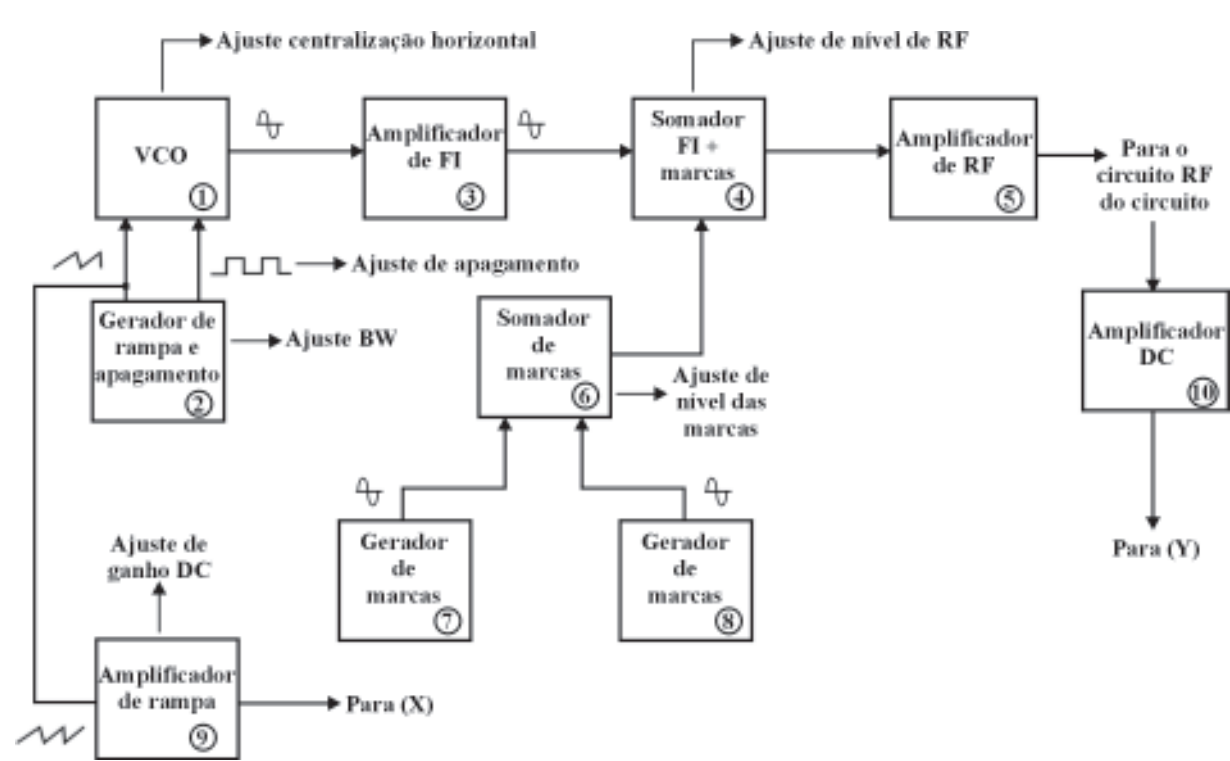


Fig. 3.4

Luiz Bertini

1) Um VCO é um oscilador controlado por tensão. No caso do VCO deste Sweep ele é baseado em um transistor montada em um emissor comum junto com um oscilador Calpitts.

Uma parte importante deste oscilador é um conjunto de diodos tipo varicap que mudam sua capacitância de acordo com a tensão reversa aplicada sobre eles. Desta forma conseguimos fazer ele oscilar entre 30 MHz a 60 MHz.

Para que esta variação aconteça, o circuito (2) fornece uma tensão com forma de onda dente de serra na frequência de 50 Hz.

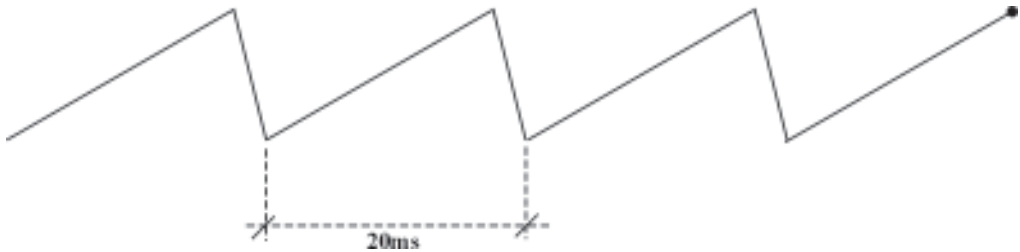


Fig. 3.5

O período de subida da onda dente de serra corresponde ao movimento da portadora. O período de descida corresponde ao tempo onde a portadora é desligada, isto é conseguido através da onda quadrada aplicada ao VCO. Esta onda despolariza o transistor oscilador fazendo a portadora deixar de existir. Quando o oscilador começa a oscilar novamente, ele está em 30 MHz.

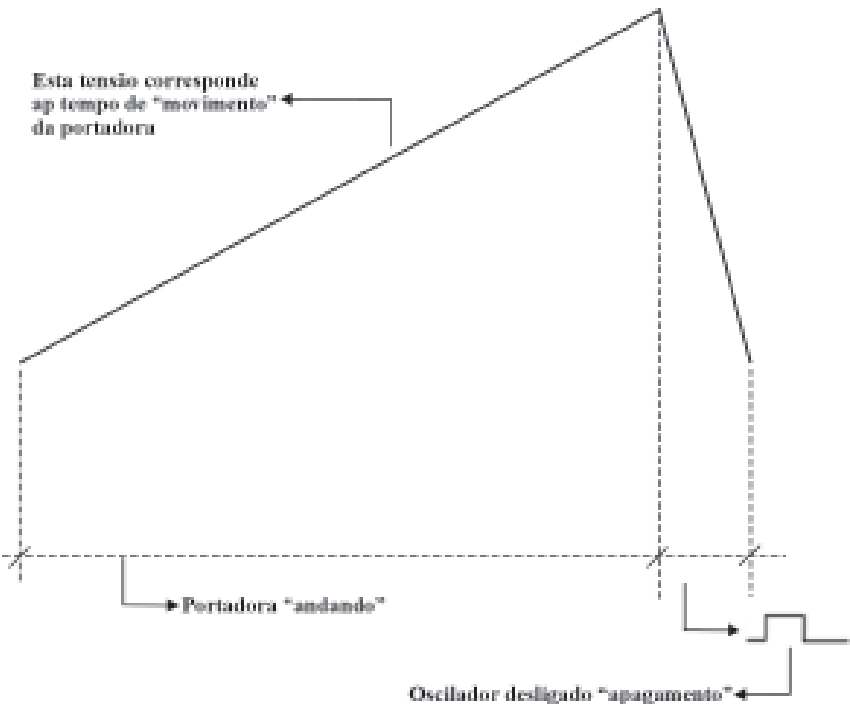


Fig. 3.6

Tudo isto que acontece, pode ser conseguido com um VCO feito com um transistor comum, bipolar, um LM 555 e alguns amplificadores operacionais.

Um fator importante do circuito (1), é que a corrente de alimentação deve sempre ser igual, isto é conseguido com uma fonte de corrente. Isto é preciso para manter o nível da portadora sempre igual, independente do valor dela.

2) O gerador de rampa e apagamento tem a função de gerar a rampa para mudar a frequência do VCO. O sinal VCO é um oscilador que tem a sua frequência de saída controlada por tensão. A



rampa e o pulso de apagamento são conseguidos com um oscilador com o LM 555 e alguns LM 741, e tem a frequência de 50 Hz.

- 3) O amplificador da FI amplifica o sinal gerado no estágio (1) e faz o casamento de impedância com o estágio seguinte. Este circuito tem o ganho fixo.

- 4) Somador de FI e marcas – este circuito tem a função de juntar diversos sinais e manter os níveis e linearidade dos mesmos corretos.

Isto pode acontecer com o uso correto de resistores e capacitores. Também faz parte deste circuito que permitirá, por igual o ajuste dos três ou mais sinais. Isto é conseguido com diodos PIN ou transistor FET.

- 5) O estágio de saída ou amplificador de RF, tem o ganho fixo e deve oferecer um nível de saída capaz de excitar circuitos passivos, como por exemplo, filtros. A impedância deste circuito deve ser de  $50\Omega$ , caso se vá trabalhar com transmissores ou  $75\Omega$  caso se vá trabalhar com televisores.

A impedância de saída também pode ter um valor ôhmico mais elevado para casos específicos.

Com o uso de uma chave e resistores corretos, podemos fazer com que ora a impedância tenha  $50\Omega$ , ora tenha  $75\Omega$ .

- 6) Somador de marcas – lembrando que cada marca é uma frequência fixa que será de 41MHz ou 47 MHz, mas, também pode ser de 41,25 MHz e 45,75 MHz, (caso desejamos uma curva de FI mais estreita) e que não podemos mudar as suas características, vamos fazer esta soma usando resistores, capacitores e trimpots.

Também fará parte deste estágio um atenuador para ajustar o nível das marcas separado o nível da FI. Isto é útil para conseguirmos uma melhor visualização do sinal na tela do osciloscópio.

- 7 e 8) Estes estágios são os geradores de marcas. São osciladores fixos, controlados a PLL ou cristal e geram uma portadora que deve manter a sua amplitude fixa durante o tempo.

O nível dos dois osciladores também deve ser o mesmo, ou melhor dizendo, iguais. Isto é conseguido variando-se a polarização do transistor oscilador.

- 9) este estágio amplifica e corrige a rampa de forma que ela gera uma linha horizontal perfeita e que complete totalmente a tela do osciloscópio. Isto é conseguido com amplificadores operacionais.

Neste circuito fica o ajuste de largura do Sweep. Este estágio fica ligado com a entrada “X” do osciloscópio ou o eixo horizontal.

- 10) O amplificador DC amplifica o sinal que saiu do ponto RF, entrou no circuito a ser sintonizado ou “sweepado” e que, depois de passar pelo diodo detetor, (o que é isto?) É injetado nele. Sua saída vai ligada a entrada “Y” do osciloscópio ou ao eixo vertical.

Neste estágio temos o ajuste de ganho DC. Normalmente, alguns transistores ou um AO resolvem este problema.

AO = Amplificador Operacional.

### 3.2. Diodo Detector ou Detetor:

Para utilizarmos um Sweep de forma correta, precisamos de um detector ou detetor de envoltória, um osciloscópio com posição XY e um atenuador de teclas.

Vamos começar pelo detetor:

A função do detetor é retirar um nível DC ou de tensão contínua do sinal do Sweep e jogá-lo no osciloscópio para se mostrar a “curva” da FI.

Podemos construir um detetor com o circuito mostrado na **figura 3.7**:

Luiz Bertini

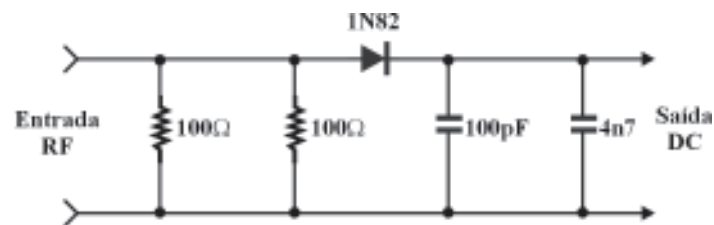


Fig. 3.7

Este circuito pode ser construído dentro de próprios conectores ou dentro de uma caixa metálica, para a faixa de FI o tipo de montagem não é muito crítico, mas, é importante se deixar o máximo de terra possível.

Agora o atenuador de teclas:

Este nome é um pouco estranho pois, parece que é um equipamento que diminui o tamanho das teclas... Mas, deixando as baterias de lado, vamos ver ele por fora e por dentro, sobre como ele funciona e como utilizá-lo.

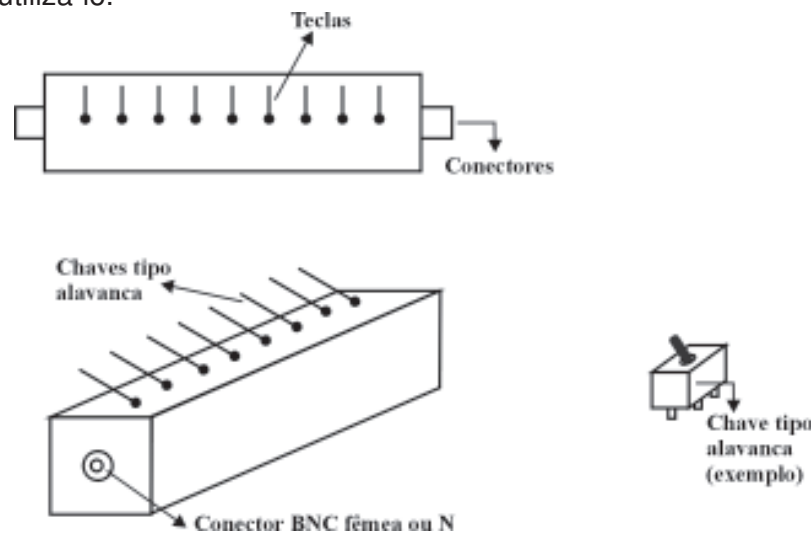


Fig. 3.8

Por dentro:

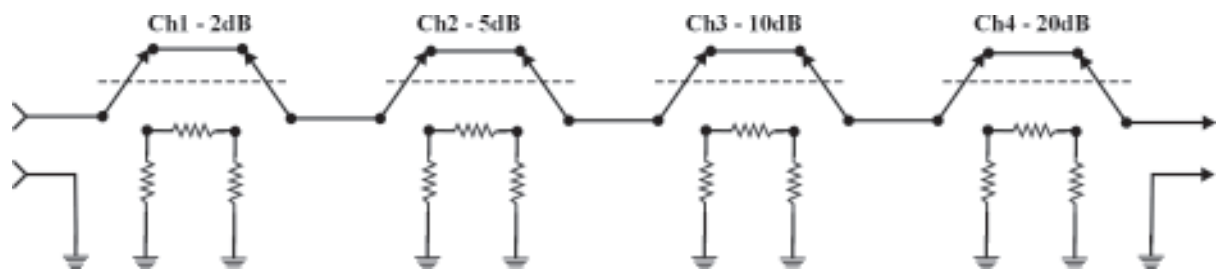


Fig. 3.9

Ao ligarmos chave iremos atenuar o sinal da entrada de acordo com o valor associado a esta chave.

- a chave 1 atenuará 2dB;
- a chave 2 atenuará 5dB;
- a chave 3 atenuará 10dB;
- a chave 4 atenuará 20dB.

Podemos combinar as chaves de forma a ter diversas atenuações, por exemplo:

- chave 1 + chave 2 = 7dB;
- chave 1 + chave 4 = 22dB;
- chave 3 + chave 4 = 30dB;
- chave 1 + chave 2 + chave 3 + chave 4 = 37dB.

Os atenuadores são formados pelos resistores em forma de PI.

Podemos calculá-las para diferentes atenuações. Podemos tê-las com diversas teclas e cada uma com uma atenuação.

Elas precisam ter uma resposta plana em uma determinada faixa de frequências. Valores comuns são respostas planas de 10 MHz a 1.000 MHz ou 1 GHz.

Existem atenuadores com resposta plana em outras faixas de frequências.

Existem atenuadores com chaves rotativas, atenuadores eletrônicos onde a atenuação é feita através de um potenciômetro. Existem atenuadores que possuem um ajuste mecânico giratório. Mas, para todos eles algumas informações são muito importantes:

- resposta em frequência;
- máxima atenuação;
- passos da atenuação (número de chaves ou posição da chave);
- máximo nível de entrada.

De uma maneira geral, nunca aplique mais de 1W na entrada de um atenuador.

Agora o osciloscópio:

Quando eu disse que é necessário o uso de um osciloscópio para se usar um Sweep, não falei a verdade em sua forma plena. Você pode usar um osciloscópio sim (mas, eles custam caro) ou você pode usar um monitor apenas para uso com um Sweep (você os encontra usados por preços menores do que um Scape).

Um osciloscópio pode ter várias funções, neste estudo vamos nos referir apenas aos ajustes e funções necessárias (tendo uma apostila sobre scape ou osciloscópio também), este tipo de literatura você encontra nas livrarias na área de eletrônica.

Usando um osciloscópio de 20MHz, duplo traço, para “sweepar” alguma coisa. O que devemos conhecer:

- entrada vertical ou “Y”;
- entrada horizontal ou “X”;
- chave de base de tempo horizontal e “XY”;
- chave de atenuação vertical;
- ajuste de posição horizontal;
- ajuste de posição vertical;
- ajuste de alinhamento horizontal;
- ajuste de foco;
- ajuste de astigmatismo;
- ajuste de intensidade.

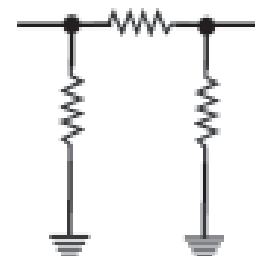


Fig. 3.10

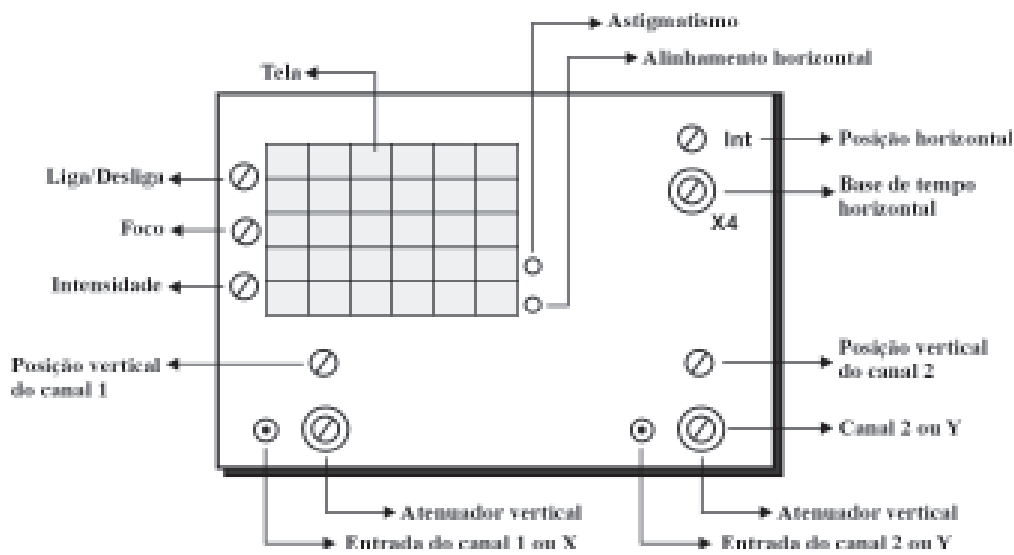


Fig. 3.11

Liga/Desliga – liga e desliga o osciloscópio.

Foco – focaliza o traçado.

Intensidade – varia o brilho do traço.

Tela – é uma tela de fósforo, na maioria dos osciloscópios tem uma retícula quadriculada que serve para fazermos medições e comparações.

Astigmatismo – de certa forma ajusta o foco das linhas ou traços verticais. Tem mais atuação sobre eles. Geralmente não é um ajuste que possui knob ou botão, normalmente, é um eixo com uma fenda que deve ser ajustada com uma chave de fenda.

Alinhamento horizontal – este ajuste também é feito com uma chave de fenda. Ele serve para deixarmos uma linha horizontal exatamente na posição horizontal.

Muitas vezes quando ligamos um Sweep em um osciloscópio, o eixo horizontal fica um pouco inclinado. Usamos este ajuste para acertá-lo, veja:

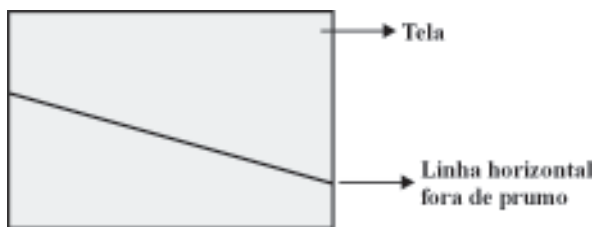


Fig. 3.12

Após se ajustar o alinhamento horizontal....



Fig. 3.13

Posição vertical – permite ajustar a posição do feixe de elétrons para baixo ou para cima, ou seja, na posição vertical:



Fig. 3.14

Posição horizontal – permite ajustar a posição do feixe de elétrons para um lado ou para o outro lado, ou seja, na posição horizontal:



Fig. 3.15

Atenuador vertical – este ajuste é composto por uma chave de onda que seleciona valores fixos e por um potenciômetro, que geralmente fica em seu centro, e que serve para um ajuste fino quando necessário. Este ajuste fino tem uma posição chamada de calibrada e, na grande maioria dos casos, deve ficar nesta posição. Este ajuste, a chave rotativa, tem uma ligação direta com a marcação da tela.

Cada posição desta chave tem um valor, valor este que corresponde há uma divisão, no sentido vertical, da tela. Sendo assim, se esta chave estiver na posição de 1V e na tela, um sinal ocupar 5 posições na vertical, este sinal terá 5Vpp ou 5 Volts, pico à pico.

Podemos notar bem isto, visualizando a **figura 3.16**:

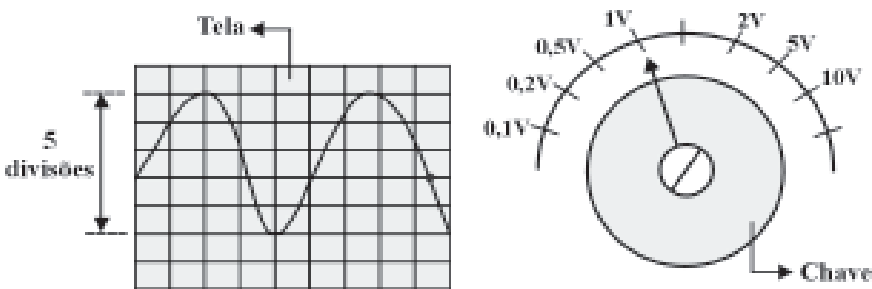


Fig. 3.16

A chave está na posição de 1V por posição (ou quadradinho) vertical, e a forma de onda senoidal ocupa de uma extremidade até a outra, 5 divisões, ou seja, ele tem 5Vpp.

Caso a chave estivesse na posição de 5V, ele ocuparia apenas uma divisão. E assim, por diante.

Base de tempo horizontal – a base de tempo horizontal funciona de forma similar ao atenuador vertical. Ele usa as divisões na horizontal para sabermos o período de uma determinada forma de onda e, através da equação:

$$F = \frac{1}{T}$$
 encontramos a frequência.

Existem osciloscópios digitais ou com recursos digitais, que permitem a leitura da frequência e da tensão de uma forma mais direta. Geralmente eles mostram estes valores na tela, além da forma de onda medida.

Luiz Bertini

A base de tempo horizontal possui uma chave rotativa com valores fixos e um potenciômetro para ajuste fino. Este potenciômetro tem uma posição de calibração e este ajuste deve uma sempre, salvo raras exceções, ficar nesta posição, caso contrário, não fazemos uma leitura correta. Veja a demonstração desta chave na **figura 3.17**:

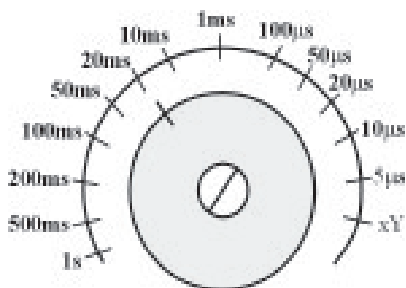
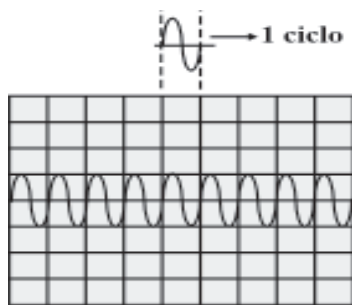


Fig. 3.17

Girando esta chave iremos desde 1s até a posição “XY”, que é usada com o Sweep. Caso esta chave esteja na posição de 20ms e uma forma de onda ocupe uma posição e seu período será de 20ms. Veja:



Podemos perceber que cada ciclo ocupa uma posição na horizontal e se a chave está em 20ms este ciclo dura 20ms e a frequência será:

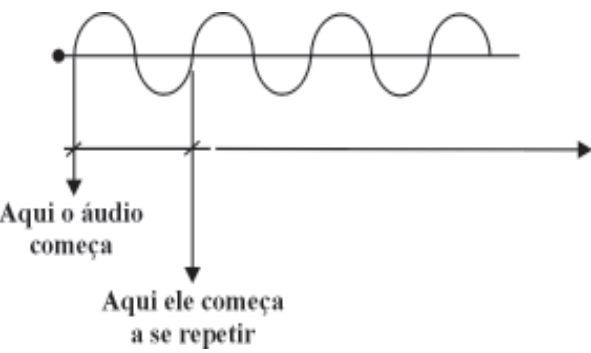
$$F = \frac{1}{0,02} \quad F = 50\text{Hz}$$

Fig. 3.18

Caso colocássemos a chave na posição de 10ms a senóide deveria ocupar duas divisões de 10ms e o resultado seria o mesmo, porém a visualização seria melhor. Não entendeu nada?

Então vamos relembrar o que é um ciclo e como ele define uma frequência:

O período de 1 ciclo, que usamos para calcular a frequência, tem o “comprimento” exato entre duas partes iguais de uma forma de onda. Veja a **figura 3.19**:



Então este período ou “espaço” é um ciclo, se ele durar 100ms teremos uma frequência de 10Hz. Se ele durar 1s teremos uma frequência de 1Hz. Se ele durar 70µS teremos uma frequência de:

$$F = \frac{1}{0,00007} = 14.285 \text{ Hz ou } 14,285 \text{ kHz.}$$

Fig. 3.19

Caso você deixe o potenciômetro fora da posição de calibração, todas as leituras e medições serão erradas. Tanto no eixo horizontal quanto no eixo vertical.

Entrada do canal 1 – este é o ponto onde devemos ligar uma ponta de prova para medir um sinal, ou ligara saída “X” da Sweep.

Entrada do canal 2 – este é o ponto onde devemos ligar outra ponta de prova para medir outro sinal, ou ligar a saída “Y” da Sweep.

Podemos perceber que esta oscilação tem duas entradas e pode medir dois sinais simultaneamente. Por isto o chamamos de osciloscópio de duplo traço.

3.3. Como Sweepar um Circuito de FI:

O primeiro passo para começar a usar um Sweep com um osciloscópio é colocar o osciloscópio na posição “XY”. Quando fazemos isto o canal 1 e os seus ajustes servirão de controle para o eixo “X” ou horizontal e o canal 2 e os seus ajustes servirão de controle para o eixo ou vertical. Agora vamos mostrar como conectar um Sweep, um atenuador de teclas, um detetor e um osciloscópio para testar um circuito amplificador de FI. Ma, antes vamos ver as conexões para “calibrar” nossos equipamentos:

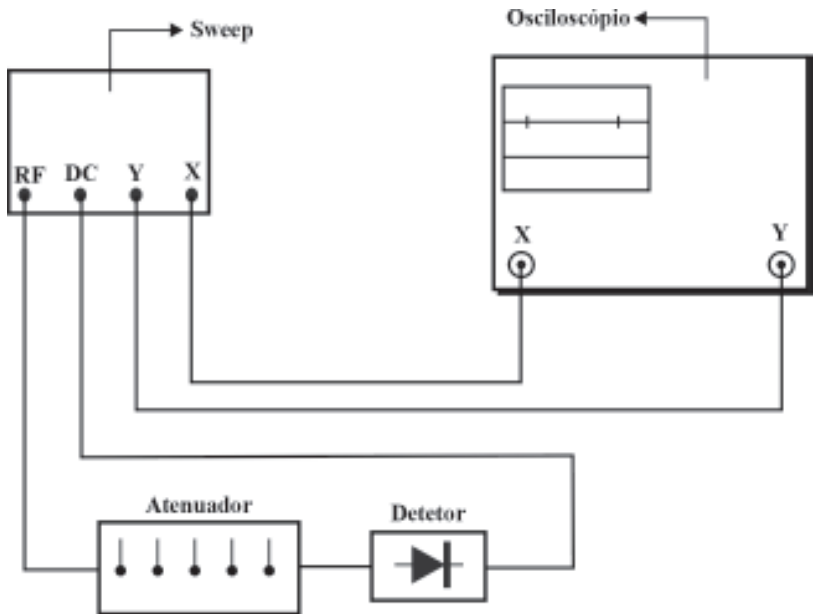


Fig. 3.20

- ligamos a saída “X” da Sweep na entrada “X” do osciloscópio;
- ligamos a saída “Y” na entrada “Y” do osciloscópio;
- ligamos a sida RF do Sweep na entrada do atenuador;
- ligamos a saída do atenuador na entrada do diodo detetor (lado do anodo);
- ligamos a saída do detetor na entrada DC do Sweep.

Ajustamos o nível de saída do Sweep e o nível DC para termos duas linhas aparecendo com um “espaço” entre eles de 4 ou 5 divisões na vertical.

Ajustamos o Sweep para as marcas terem um nível visível, mas, pequeno. E fazemos outros ajustes no Sweep. Mas, quais?

O ajuste de posicionamento que move a imagem na tela do osciloscópio de um lado para o outro. E o ajuste de largura de banda ou BW que faz com que a imagem na tela do osciloscópio “encolha” ou “estique”. Através destes ajustes posicionamos a imagem de forma a deixarmos bem centralizadas e com a capacidade para vermos as marcas.

Luiz Bertini

É importante que se vemos Sweep um circuito amplificador, deixamos o atenuador com algumas teclas ligadas, ou seja, com alguma atenuação. Isto após ajustarmos nossa referência para 4 divisões sem atenuação. Caso tenhamos uma noção do ganho deste amplificador, podemos deixar atenuadora um pouco mais do que o ganho (esta experiência vem com a prática).

É importante saber que esta atenuação não deve chegar a ponto de fazer as linhas na tela do Scape mostre ruído, ou seja, fique uma linha irregular:



Fig. 3.21

Para que isto não aconteça, aumente o nível de RF.

O amplificador e todo o equipamento a ser medido, ou Sweepado deva ficar ente o atenuador e o diodo detetor:

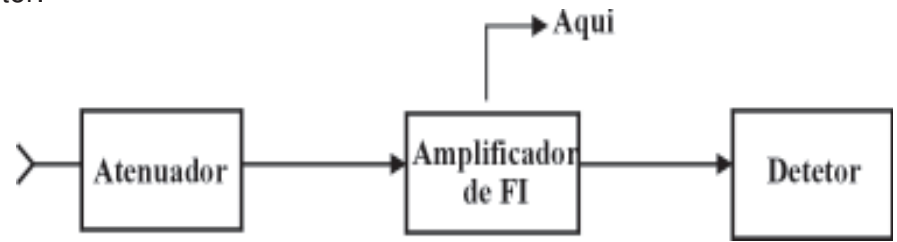


Fig. 3.22

Antes de ligar, veja se todos as conexões estão corretas. Ligue o circuito e veja a tela do osciloscópio. Caso a imagem seja a parecida com a **figura 3.23**:

Você tem um amplificador perfeito, porém seja que ela não tenha o nível que você deixou como referência o ganho dele deve ser encontrado e talvez esteja baixo. Mas, como descobrir o ganho? Aí é que entra o atenuador de teclas:

Vamos supor que você atenuou 30dB usando as teclas de 1dB, 2dB, outra de 2dB, uma de 5dB, outra de 10dB e outra de 10dB.

Desatenuie as teclas até que a linha onde estão as marcas chegue a sua referência (4 divisões por exemplo).

Vamos supor que dos 30dB você desatenuie 3 para chegar a esta posição, ou seja, com 27dB de atenuação o sinal que saiu do amplificador chega na referência. Qual o ganho do seu amplificador?

O ganho é de 27dB.

Como saber se isto é verdade?

Ora, você sem atenuar alguma, tinha ajustado a referência para 4 divisões na vertical, colocou o amplificador com 27dB e o nível ficou em 4 divisões, então o ganho é de 27dB. Quer ter certeza?

Então desatenuie mais 10dB e veja o tamanho da curva...

Porque atenuar antes de ligar o amplificador?

Para evitar que caso o seu ganho seja muito grande, ele não queime o detetor.

E os ajustes do osciloscópio?

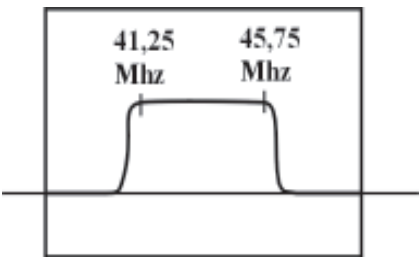


Fig. 3.23



Os ajustes do canal 1 ou X, servirão para você centralizar e aumentar ou diminuir a imagem na fase da calibração, de forma que fique o melhor possível para o seu uso.

Os ajustes do canal Y servirão para o mesmo, Lembre-se que para Sweepar o osciloscópio, deve-se estar na posição XY. Alguns Scapes tem uma chave específica só para isto.

Agora vamos ver como Sweepar um filtro, que normalmente, atenua a FI:

- ligar todos os equipamentos como da forma anterior;
- atenuar com o atenuador uns 10dB usando as teclas de menor atenuação, isto é importante;
- ajustar a referência para 4 divisões verticais;
- fazer os ajustes de RF, ganho DC, BW ou largura, se necessário;
- inserir o filtro;
- pressupondo que ele esteja com a curva correta, você verá algo semelhante a **figura 3.24**:

Mas, vamos imaginar que o nível máximo desta curva de uma FI não atinja a referência marcada. Isto quer dizer que o filtro tem uma perda, ou seja, causa uma atenuação. Esta perda se chama “perda de inserção”.

Desatenuue o atenuador até que o nível da curva chegue a sua referência. Se isto ocorrer com a desatenuação de 1dB o filtro estará atenuado ou perdendo 1dB. Caso isto aconteça com 2dB, o filtro está perdendo 2dB e assim, em diante.

Salvo raras exceções, um filtro que tenha uma perda da inserção maior do que 2dB deve ser reajustado.

Alguns Sweeps não tem a entrada DC e aí o que fazer?

Ver se lê não tem uma entrada chamada de detetor ou “det” que é a mesma coisa, mas, se não tiver nenhuma das duas, você a usa assim:

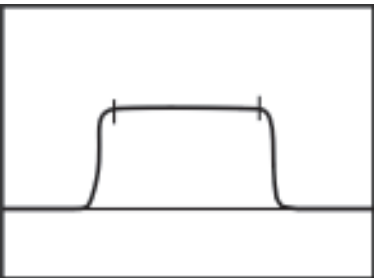


Fig. 3.24

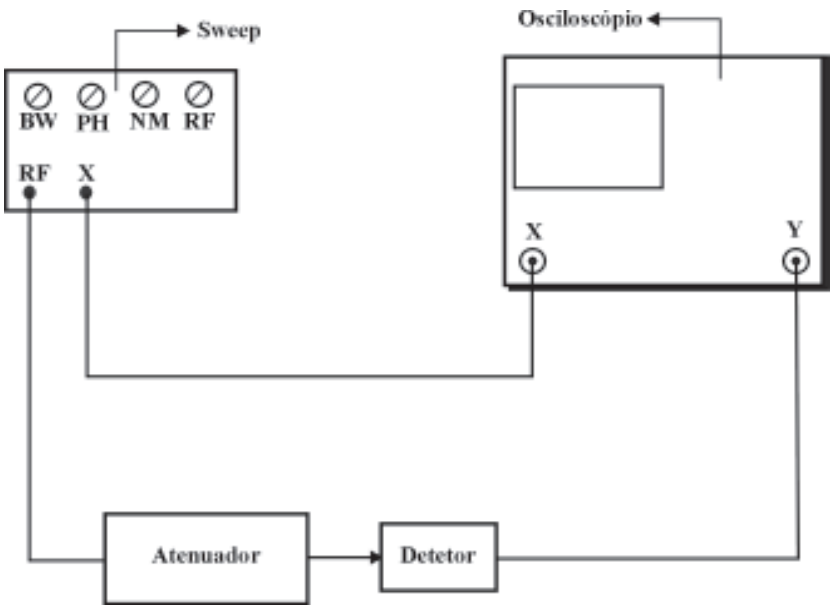


Fig. 3.25

- BW – ajuste de largura ou banda passante, variando-a você estará fazendo o Sweep aumentar ou diminuir a varredura entre um extremo e outro da faixa de frequência em que ele atua. Na tela você verá as marcas e aproximando ou se afastando. No circuito você estará aumentando ou diminuindo a onda dente de serra aplicada ao VCO;

Luiz Bertini

PH – posição horizontal variando-o você estará somando mais ou menos um nível DC com a onda dente de serra. Na tela você verá o conjunto de marcas se deslocar de um lado para o outro;  
NM – nível das marcas;  
RF – nível de saída;  
O resto é tudo igual.

Observações:

- Caso você perceba que mesmo diminuindo a atenuação o nível não aumenta na tela do osciloscópio, é porque você está saturando ou o circuito ou o detetor, de qualquer forma eu aconselho você a diminuir o nível de RF do Sweep e aumentar o ganho da entrada “Y” do osciloscópio, caso contrário o detetor poderá estragar. Se o circuito Sweepado for um amplificador, ele poderá começar a auto-oscilar e queimar tudo;
  - A finalidade de se Sweepar um circuito, seja ele um amplificador ou um filtro, é conseguir o melhor ponto de trabalho para ele. Para se conseguir isto, é interessante em dividir os equipamentos em duas categorias:
    - Amplificadores é uma;
    - Circuitos com perda de inserção é a outra.
- Qual o objetivo de quando se Sweepta um amplificador?
- Obter o maior ganho possível com a melhor resposta em frequência e sem possibilidade de auto-oscilação.
- Para fazermos isto montamos os equipamentos da forma já explicada e consultamos o manual do equipamento que queremos Sweepar. Como quase sempre, não teremos este manual, vamos ver alguns princípios básicos.
- Capacitores variáveis ou trimmers normalmente atuam mais no ganho do circuito e na sintonia do mesmo;
  - Indutores ou bobinas, normalmente atuam mais no acoplamento entre os estágios do circuito;
  - Todo o circuito amplificador é desenvolvido para trabalhar dentro de uma faixa de frequência;
  - Esta faixa de frequência será definida por um, dois, três ou mais circuitos sintonizados. Falamos que o circuito tem 1 pólo, 2 pólos, 3 pólos ou mais.

**3.4. Sweepando um Amplificador de FI:**

Partido do que já sabemos, vamos supor que um filtro de FI com 3 pólos e que tenha de apresentar a curva representada na **figura 3.26**:

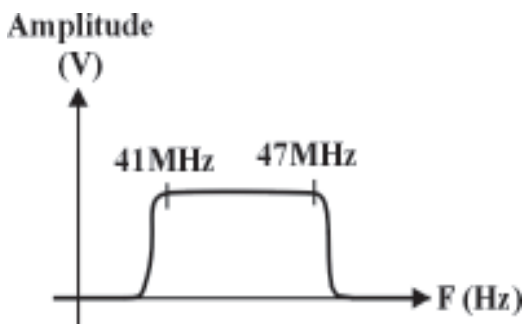


Fig. 3.26

Mexendo nos trimmers com uma chave plástica ou com uma *chave espectral*, vamos verificando o que acontece na figura. Mexendo nas bobinas com uma chave plástica para bobinas ou com uma *chave de teste para bobinas de núcleo de ar*, vamos poder fazer o seguinte ou algo bem parecido:

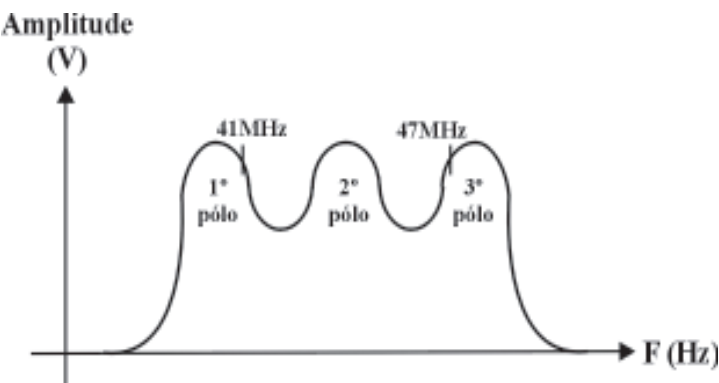


Fig. 3.27

Podemos dizer que tiramos o filtro de sintonia e colocamos na sintonia correta, é um bom exercício, mas, antes vamos ver o seguinte:

- veja que este filtro tem 3 pólos, pois conseguimos separar uma curva perfeita em três “morrinhos”. Totalmente ondulada;
- podemos perceber que a curva ficou mais larga.

Mexendo nos trimmers, percebemos que encontramos alguns que movimentam algum dos pólos de um lado para o outro e com isto seu nível subirá ou diminuirá (o trimmer estará atuando na frequência de sintonia deste pólo) e de certa forma, em seu ganho. Mexendo nos indutores ou bobinas, veremos que conseguimos uma diferença entre o topo e a vale da onda:

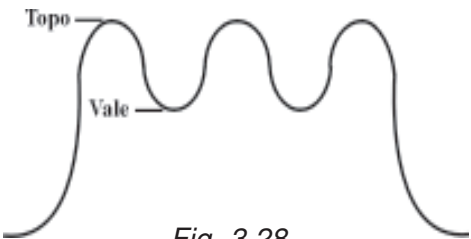


Fig. 3.28

Conseguimos ajustar, ou acoplar, melhor, dois ou mais pólos distintos. O ideal de uma curva é o seguinte:

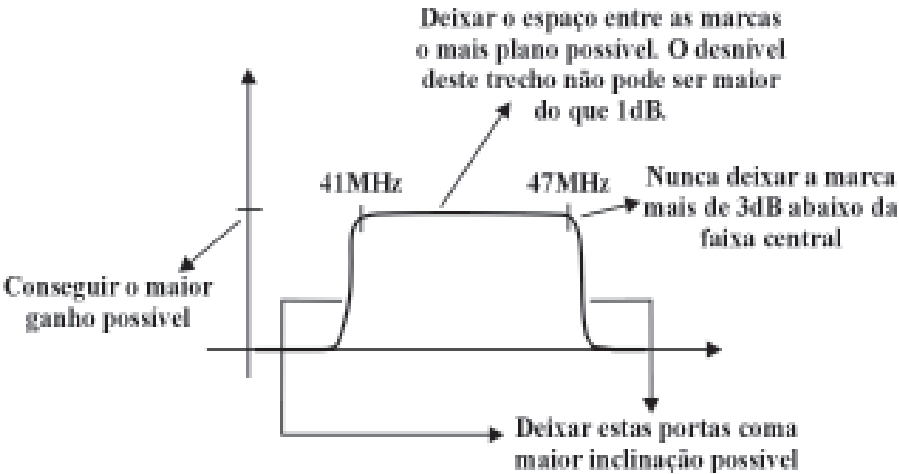


Fig. 3.29

Luiz Bertini

Conseguindo isto você terá um filtro que só aplicará uma faixa e que terá resposta plana dentro desta faixa com o melhor ganho possível.

Lembre-se de que podemos Sweepar a FI limitando-a em suas portadoras:

41,25 MHz – portadora de áudio;

45,75 MHz – portadora de vídeo. Veja:

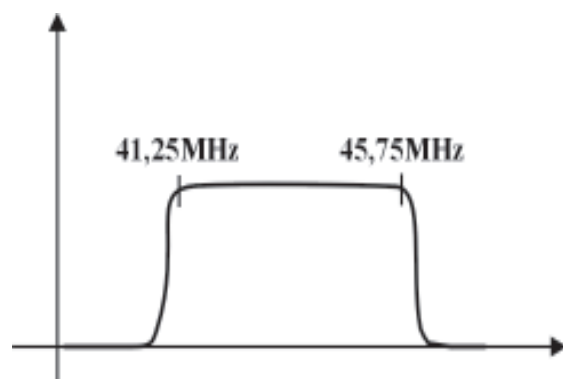


Fig. 3.30

Fazemos isto para interferir o mínimo possível outros circuitos.

3.5. Exemplos de Curvas Erradas:

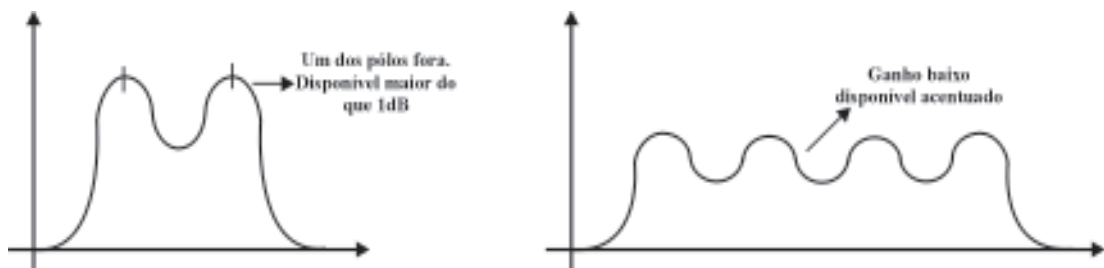


Fig. 3.31

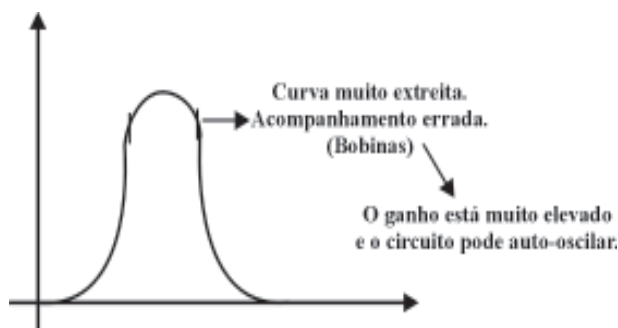


Fig. 3.32

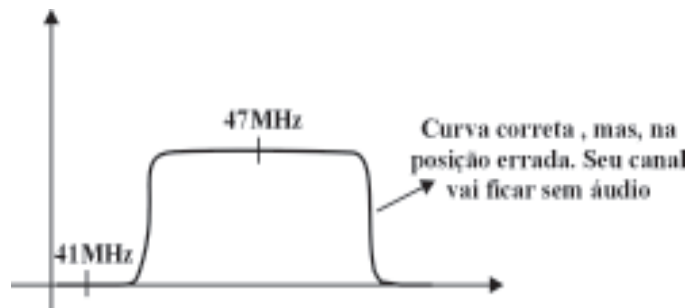


Fig. 3.33

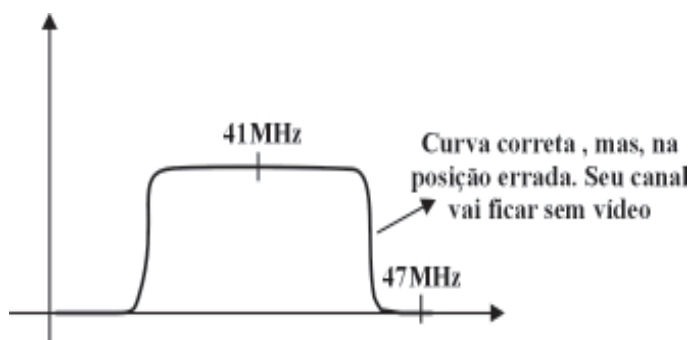


Fig. 3.34

3.6. Sweepando um Filtro de FI:

Devemos tratá-lo da mesma forma que o amplificador, mais devemos nos conter, agora em ter a melhor perda de inserção, ou atenuação possível. Um filtro com mais de 2dB de perda já está fora do limite.

Perdas acima disto, só são concebíveis em mixers de quadratura de fase, filtros SAW ou similares.

Hoje em dia muitas TVs tem depois do tuner ou seletor de canais um filtro SAW, (que parece uma moeda com 5 ou 6 terminais).

3.7. Sweepando uma FI de uma TV:

Quando vamos Sweepar a FI de uma TV, devemos levar em consideração algumas outras informações:

- devemos atenuar ao máximo a frequência de 39,75 MHz o que corresponde a portadora de vídeo do canal adjacente superior;
- devemos atenuar o máximo a frequência de 47,25 MHz que corresponde a portadora de áudio do canal adjacente inferior.

Temos em muitas TVs dois ajustes que podem estar indicados por *trap* ou armadilha. Caso estas bobinas estejam desajustadas há uma grande chance da imagem apresentar pequenas barras passando. Como nos mostra a **figura 3.35**:

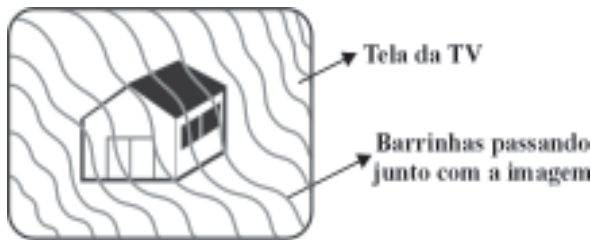


Fig. 3.35

É importante salientar que como a impedância da TV é de 75Ω, o Sweep deve ser de 75Ω de impedância de saída, na falta de um Sweep com esta saída, da para fazer um circuito resistivo (que não é o ideal, mas, resolve ou ajuda) que “transforma” uma impedância em outra. Vamos ver este circuito mais adiante...

Supondo que a saída de FI do varicap ou seletor tem uma impedância de 75Ω, desconectamos o varicap do circuito e ligamos no local a saída de RF do Sweep. Ligamos o detetor no ponto antes do diodo detector da TV ou usando um circuito “detetor” diferente, ligamos após o detetor do circuito, o que é o ideal.

Luiz Bertini

3.8. Detetor Alternativo:

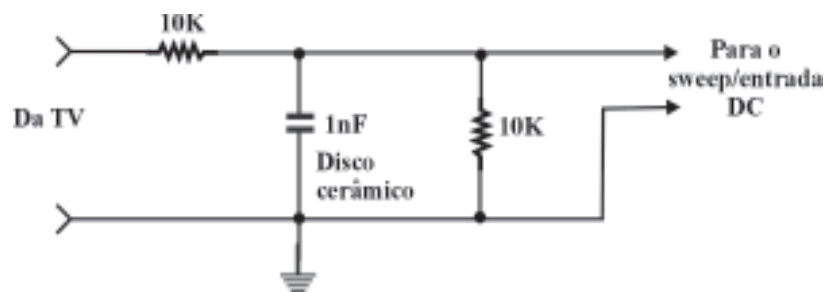


Fig. 3.36

Veja o circuito que está sendo mostrado na **figura 3.37**:

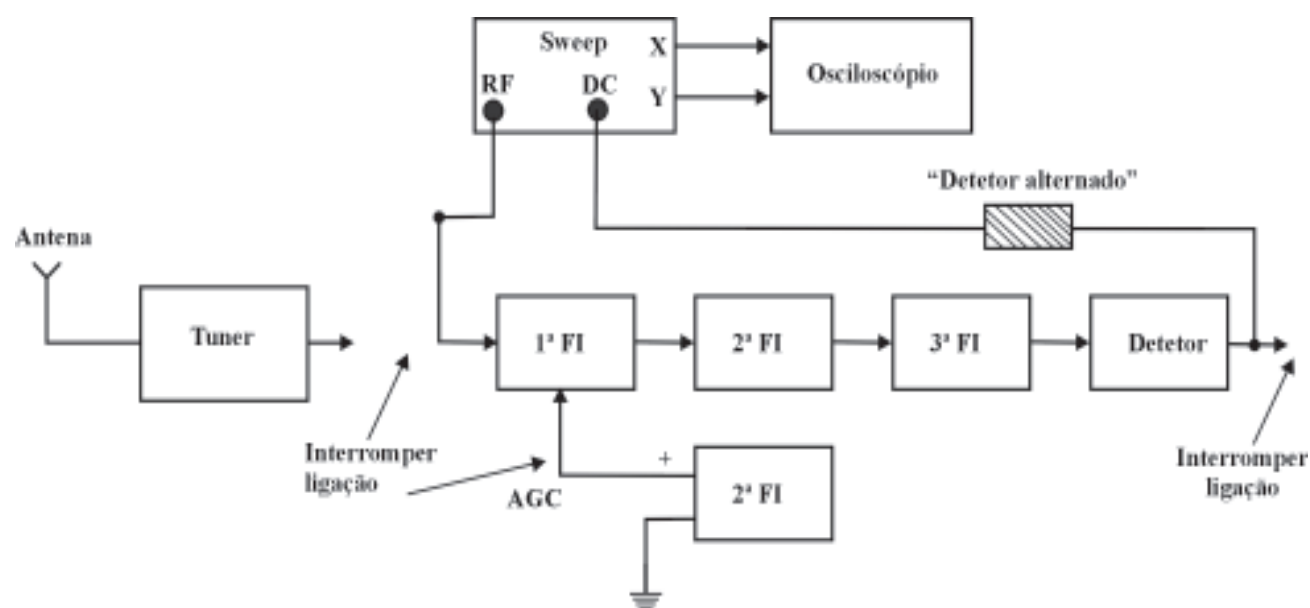


Fig. 3.37

No circuito da *figura 3.37* estamos mostrando uma forma de Sweepar a FI com o “detetor alternativo”.

Siga os passos a seguir:

- 1) Desligue a alimentação do tuner ou varicap ou seletor de canais;
- 2) Interrompa a ligação entre o tuner e a primeira FI;
- 3) Interrompa a ligação original do AGC, da FI, e aplique um valor de tensão de acordo com o valor escrito no esquema da TV. Use uma fonte de tensão DC;
- 4) Caso perceba alguma interferência no sinal, desligue a alimentação do horizontal, mas, muito cuidado, pois isto poderá fazer acontecer algum tipo de problema:
  - queimar componentes do horizontal;
  - desligar a alimentação da FI;
  - queimar o fósforo do tubo.

Então, antes de fazer isto, pense bem se é necessário (eu não aconselho), mas, se você achar que deve primeiro abaixar toda a tensão de screen no flyback.

Curva da FI em uma TV é um pouco diferente das mostradas até agora. Como o sinal de áudio é retirado de uma sub portadora, resultado da subtração entre 45,75 MHz a 41,25 MHz e que resulta em 4,5 MHz. Entre a terceira FI e o detetor da TV é colocado uma “armadilha de onda” ou “trap” de forma a retirar este sinal de 4,5 MHz, que é modulado em frequência e traz a informação de áudio. Com o áudio já “salvo”, sua portadora é atenuadora para evitar interferências, chamadas de “intermodulação” (e que aparecem na tela da TV como pequenas barras onduladas na diagonal). Desta forma a curva de FI fica assim:

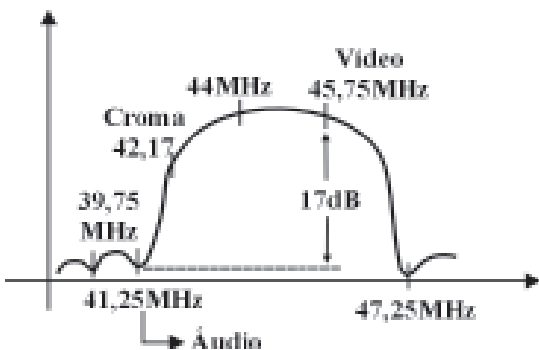


Fig. 3.38

O valor máximo será o que corresponde a frequência de 44 MHz (que e o outro da FI:  $(41 + 47) \div 2 = 44$  MHz).

O valor mínimo entre a portadora de vídeo e a de áudio deve ser de 17dB.

Você pode Sweepar uma TV e usar um detetor comum, porém deverá retirar o sinal antes do diodo detetor o que pode resultar em um casamento de impedância errada e, conseqüentemente, uma visualização de uma curva errada.

Hoje em dia, as maiorias das TVs usam circuitos integrados na FI, o que pode dificultar Sweepar a mesma.

O imprescindível é a prática e o uso dos esquemas.

**3.9. Leve em Consideração o Seguinte:**

- Se a imagem ficar “fraca” ou choviscando, você deixou a FI com ganho baixo;
- Se o vídeo sofrer interferências do áudio, do mesmo canal (compare o som com as interferências), você provavelmente, não atenuou corretamente o 41,25 MHz;
- Se a imagem ficar “embaçada “, você cortou muito a curva e “comeu” parte do sinal modulante da portadora do vídeo = 45,75 MHz.

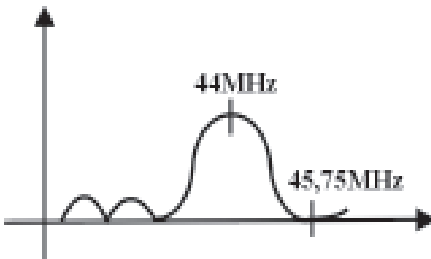


Fig. 3.39

- Se sumiu o som, você mexeu no trap de 4,5 MHz.

Quando falo, imagem, me refiro a imagem da TV depois de Sweepada.



*Luiz Bertini*





# Capítulo 4

## O SWEEP DE VHF E UHF

Com um Sweep destes podemos sintonizar módulos de VHF e UHF diretamente.  
Podemos também sintonizar uma TV injetando o sinal direto na entrada de antena da TV e retirar o nível DC no detetor da TV.  
Existem Sweepers só para VHF, só para UHF e para as duas faixas de frequências.

### 4.1. Algumas Coisas são Comuns a Qualquer um Destes Três Tipos:

- gerador de marcas em passos ou com frequência ajustável;
- definição de BW ou largura ou banda passante ampéricos através de um potenciômetro ou selecionado como inicio e fim da varredura;
- atenuador de saída de RF de passo e linear;
- indicação de frequência digital ou em dial como um rádio;
- várias faixas de frequências de varredura.

#### Diagrama de blocos básico 1:

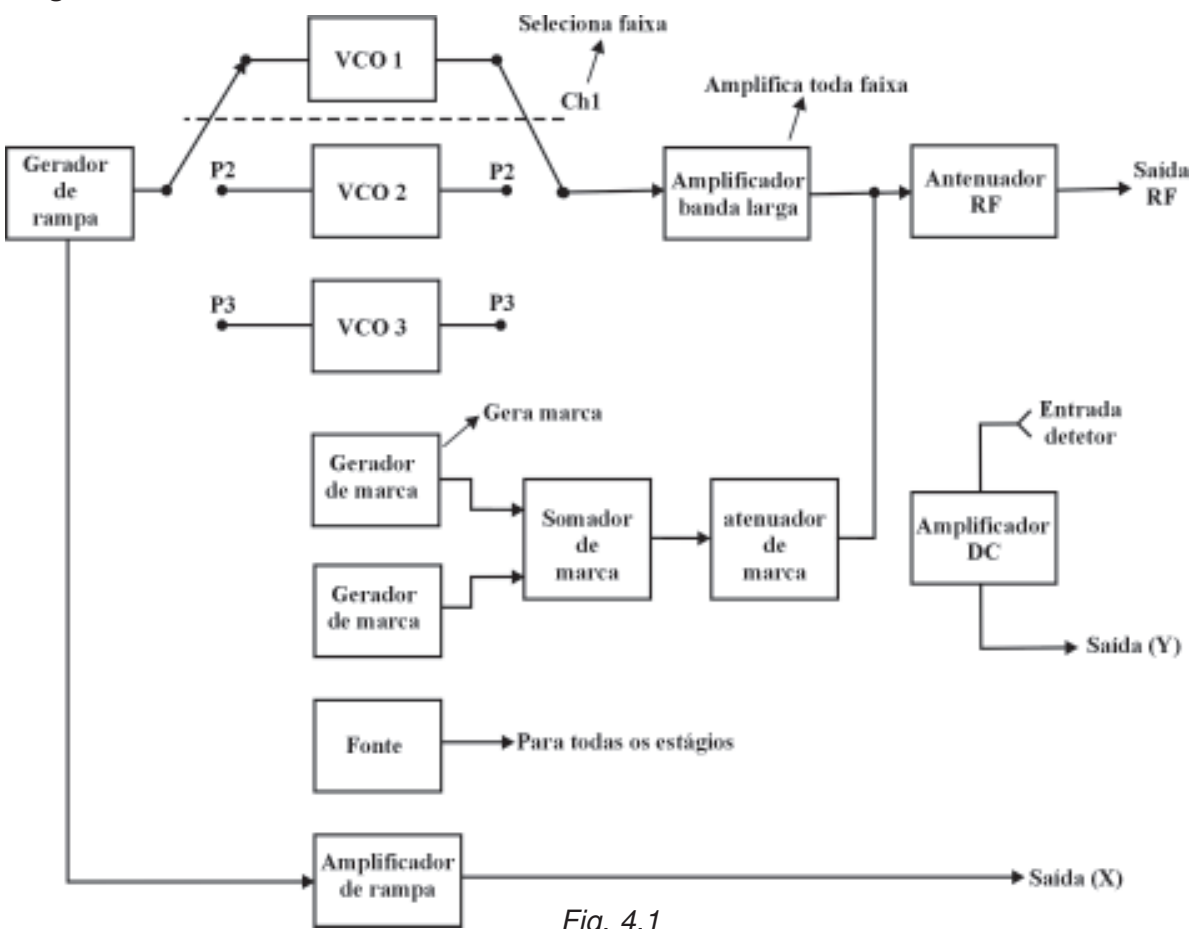


Fig. 4.1

Luiz Bertini

O diagrama em blocos básico 1 mostra um exemplo de Sweep que serve como referência para um Sweep de VHF ou UHF.

Através da chave 1 “ch1” selecionamos o gerador de rampa para o VCO 1, VCO 2 ou VCO 3 e também conectamos com o amplificador de banda larga.

Cada VCO poderá oscilar em uma faixa de freqüência, por exemplo:

- VCO 1 - oscila entre 10 MHz a 250 MHz;
- VCO 2 – oscila entre 240 MHz a 470 MHz;
- VCO 3 – oscila entre 400 MHz a 890 MHz.

Temos dois geradores de marca e cada um poderá gerar uma marca entre 10 a 890 MHz. Dentro de cada gerador podemos ter subdivisões de circuitos. Podemos com estes dois geradores, colocar as duas marcas em qualquer lugar.

O atenuador de RF fica na saída e isto pode ser uma faca de dois gumes. Isto facilita a construção de Sweep, porém, obriga o atenuador que normalmente tem passos ou posições de atenuação de 1dB a 10dB, (pode ter passos de 10 a 60dB, por exemplo), além de um ajuste linear com potenciômetro, a ser coaxial, ou seja, ter impedância de 50 ou 75Ω, independente da atenuação.

Isto torna sua confecção e manutenção mais difícil. Além do que se entrar tensão contínua através de sua saída ele poderá mudar os valores de atenuação ou estragar permanentemente.

Muitos destes atenuadores seguem o mesmo princípio dos atenuadores de teclas que usam resistores e capacitores (para compensação de freqüência) em montagem PI:

O somador de marcas soma as marcas e é nele que teremos o ajuste do nível das marcas.

Todo o resto segue o princípio e um Sweep de FI.

A diferença entre um Sweep de VHF, um só de UHF e outra de VH e UHF está na complexidade do circuito e no preço.

Quanto mais alta a freqüência, mais crítico o circuito e mais caro o “componente”.

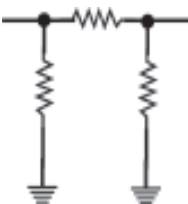


Fig. 4.2

4.2. Alguns Sweeps de VHF são assim, ou Parecidos:

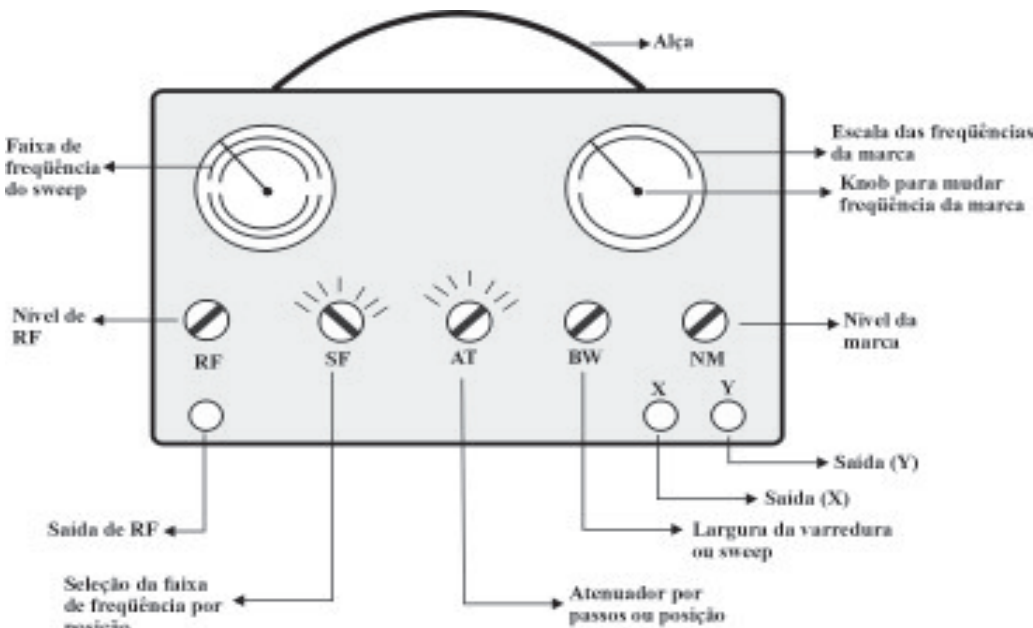


Fig. 4.3

4.3. Alguns Sweeps de VHF e UHF são assim ou Parecidos:

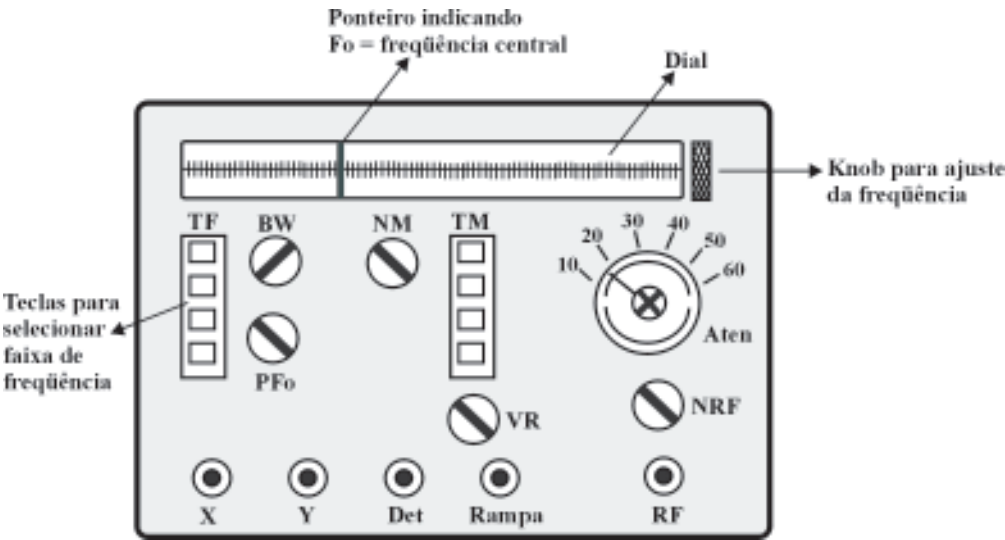


Fig. 4.4

- BW – ajusta o BW através de um potenciômetro;
- NM – nível das marcas;
- Aten – atenuador em passos de 10dB e com um ajuste fino ⊗.
- NRF – nível de RF;
- TF – teclado que seleciona as faixas de freqüência;
- TM – teclado que seleciona o espaçamento entre as marcas. Isto é importante;
- PFO – posição da freqüência central;
- KF – Knob para ajuste da ponteira do dial;
- VR – variação da freqüência da varredura;
- Rampa – saída do sinal de rampa (pouco usado a não ser que você deseja usar este Sweep para construir um espectro);
- Dial – mostrador com várias escalas ou com escalas que mudam (giram) de acordo com a posição das chaves no teclado TF;
- ⊗ - para entrada “X” do osciloscópio;
- Y – para entrada “Y” do osciloscópio;
- Det – entrada do detetor.

4.4. Funcionamento Básico:

Depois de selecionar a faixa de freqüência nas teclas TF, ajustaremos o Knob KF para a freqüência central desejada. Ajustamos a largura da varredura em BW. Exemplo:

Temos uma Fo = 500 MHz e ajustamos BW para 100 MHz então a varredura será de 450 a 550MHz.

Através das teclas TM colocaremos as marcas. Pressionando a tecla [100 MHz], aparecerá uma marca a cada 100 MHz. Pressionando a tecla [10 MHz], aparecerá uma marca a cada 10 MHz. Veja a **figura 4.5** a seguir:

Luiz Bertini

Fa = 500 MHz  
BW = 100 MHz  
[100 MHz] pressionada.

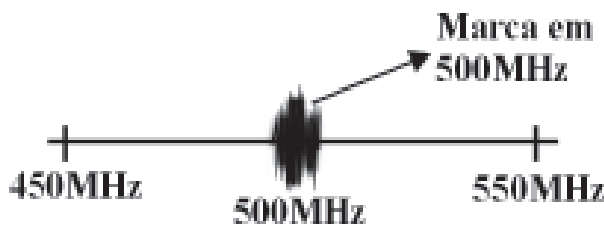
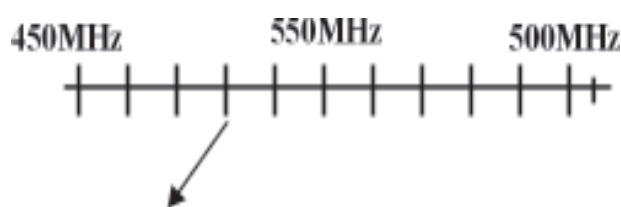


Fig. 4.5

Fa = 50 MHz  
BW = 100 MHz  
[10 MHz] pressionada



Aparecerá uma marca a cada 10 MHz e ficará meio confuso, portanto, eu aconselho você a colocar o “Fo” sobre o eixo vertical central do osciloscópio.

Fig. 4.6

Vamos supor que você deseja Sweepar um amplificador de TV na freqüência do canal 49 que vai de 680 a 686 MHz. Vamos ver a tela:

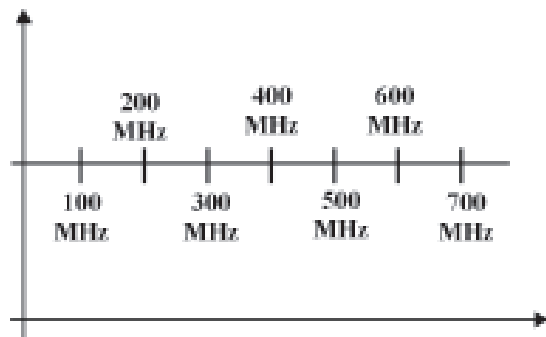


Fig. 4.7

Você ligou o Sweep, ajustou tudo e agora coloca as marcas de 100 MHz.

Agora você conta as marcas e ajusta PFO para a marca correspondente a 700 MHz ficar próximo ao centro da tela, você ajusta BW para “alargar” a varredura e pressiona a tecla [10 MHz], veja:

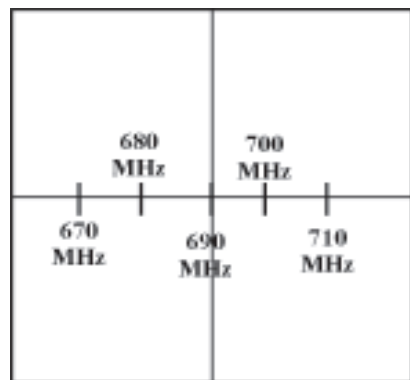


Fig. 4.8

Você ajusta novamente as posições deixando o eixo vertical central de scape com a marca de 680 de um lado e a de 690 do outro lado. Agora você pressiona [1 MHz] e veja o que acontece:

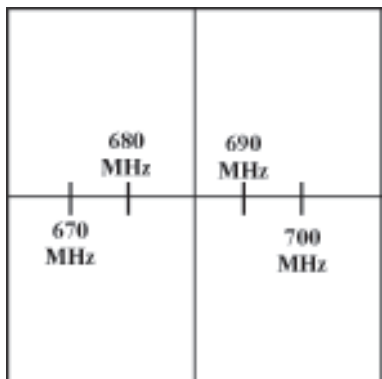


Fig. 4.9

Aperta [1 MHz]:

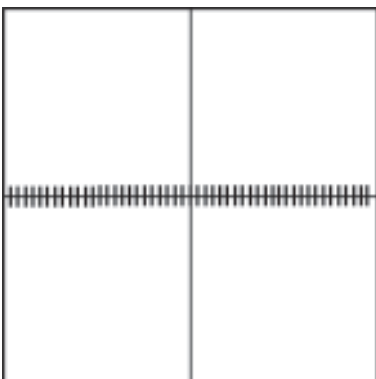


Fig. 4.10

Fica um monte de marcas que é difícil entender alguma coisa, por isto antes de pressionar [1 MHz] mexa em BW para deixar a marca de 680 em um extremo da tela e a de 690 em outro extremo:

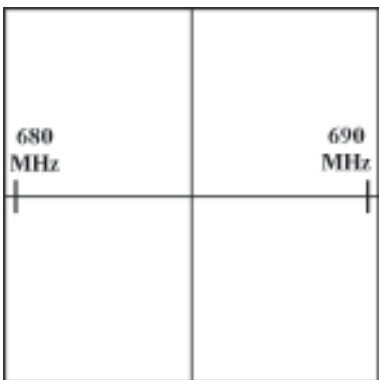


Fig. 4.11

Agora pressione [1 MHz]:

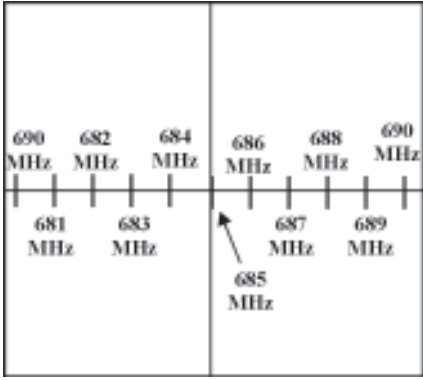


Fig. 4.12

Agora você já pode ligar no circuito e ver a curva ou ajustá-la, se for um filtro de canal, ao invés de um amplificador, você veria algo assim, se o filtro estivesse ajustado mais ou menos:

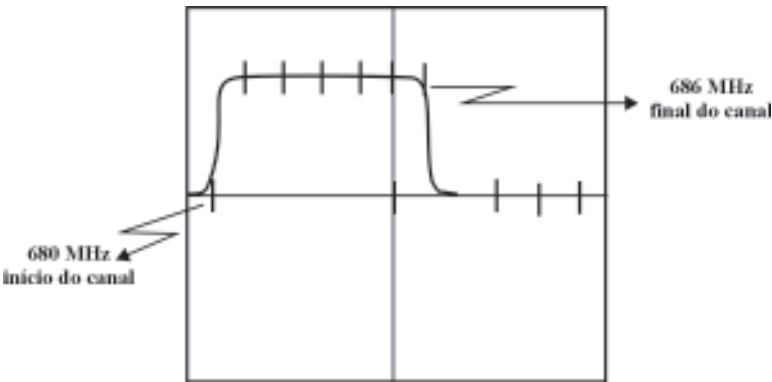


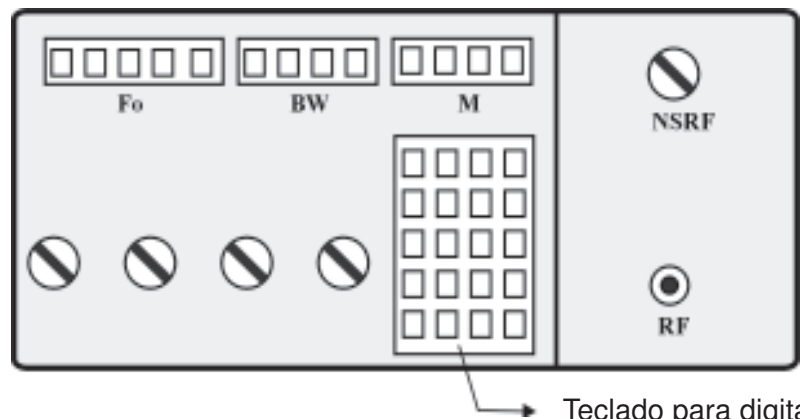
Fig. 4.13

Tanto atuando na chave de posição do canal ⊗ do osciloscópio quanto na chave PFo ou no Knob KF, você pode centralizar a curva e brincar de ajustá-la. Legal não é mesmo!!!

Cuidado para não se perder cantando as marcas...

Luiz Bertini

4.5. Outros Sweeps de VHF e UHF são assim:



Teclado para digitar a frequência inicial e final da varredura. Ou a frequência central e o BW. Além de servir para definir a frequência das marcas.

Fig. 4.14

- Fo – display que mostra a frequência central;
- BW – display que mostra a banda passante ou de onde até onde vai a varredura;
- M – display que mostra a frequência das marcas;
- NSRF – ajuste do nível de saída de RF;
- RF – conector de saída de RF.

4.6. Funcionamento Básico:

Você digita a frequência inicial e final da varredura. Vê a BW. Digite as frequências das marcas e é só Sweepar.

Um pouco mais fácil não é mesmo?

Existem dezenas de marcas e modelos de geradores de varredura ou Sweeps. Nossa finalidade aqui é dar uma noção geral. Juntando todo o conhecimento adquirido lendo este livro você estará apto a voar com suas próprias asas.

Tente sempre, mas, tenha critérios...

# Capítulo 5

## GERADOR DE MARCAS

Um gerador de marcas é um equipamento que pode ser utilizado com Sweeps que permitem a entrada de uma marca externa, ou mesmo diretamente, através de um mixer ou misturador que junte o sinal de saída de RF do Sweep com o sinal da saída do gerador de marcas. Olhe a **figura 5.1** abaixo:

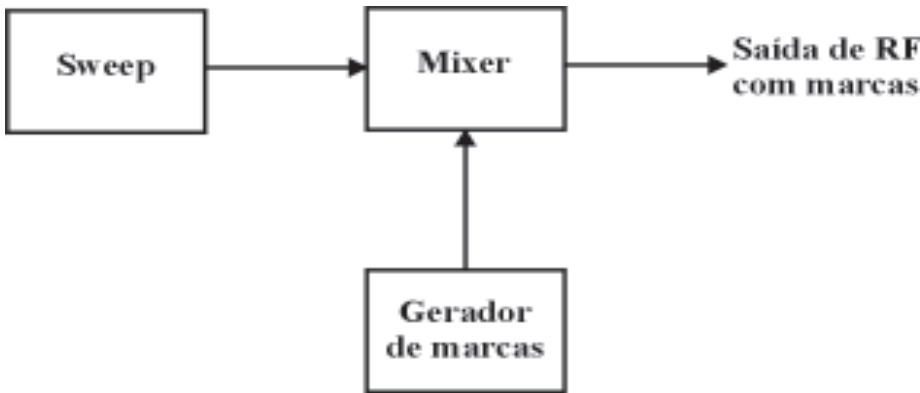


Fig. 5.1

Normalmente ele consiste em um VCO (oscilador controlado por tensão), um estágio amplificador e um controle para o VCO que pode ser um PLL ou um circuito mais simples. Sua função básica é gerar as marcas que um Sweep não passa. Na prática é pouco utilizado.



*Luiz Bertini*





# Capítulo 6

## GERADOR DE 2,33 MHz

Um gerador de 2,33 MHz é utilizado para s ajustar o índice de modulação de um transmissor de microondas.

Um gerador destes é usado baseado no princípio das curas de Bessel.

A teoria sobre Bessel não será estudada aqui, mas, sua aplicação sim.

É bom lembrar que transmissores e receptores de microondas são utilizados em Links fixos, como os que conectam os estúdios de uma emissora com a torre de transmissão, bem como os equipamentos de microondas que fazem repetição de sinais e microondas usadas em Links ao vivo, muito comum em noticiários.

Um transmissor de microondas modula sua portadora em freqüência. Quando aplicamos em sua entrada de vídeo um sinal de 2,33 MHz, com 1Vpp e forma de onda senoidal, aparecerá em sua saída um sinal semelhante ao da **figura 6.1** seguinte:

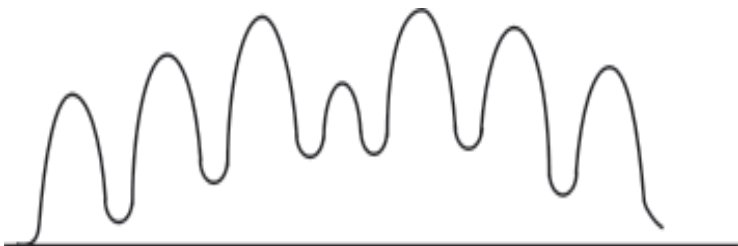


Fig. 6.1

Para visualizarmos esta forma de onda, precisaremos montar os seguintes equipamentos:

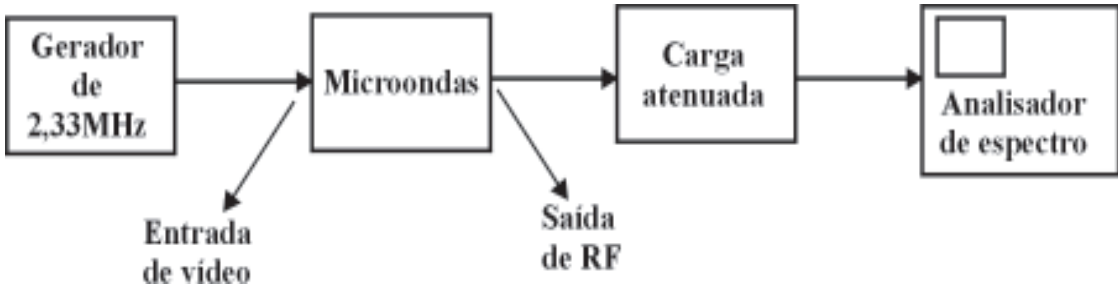


Fig. 6.2

A saída do gerador de 2,33 MHz deve ser injetada na entrada de vídeo do transmissor de microondas, a saída do TX deve ser ligado há uma carga atenuadora que responda a freqüência do microondas e a saída da carga deve ser ligada a entrada do analisador de espectro.

Um analisador de espectro é um equipamento que mostra a amplitude de um sinal no domínio da freqüência. Com isto queremos dizer que o eixo “X” representará a freqüência e o eixo “Y” representará a amplitude.

Luiz Bertini

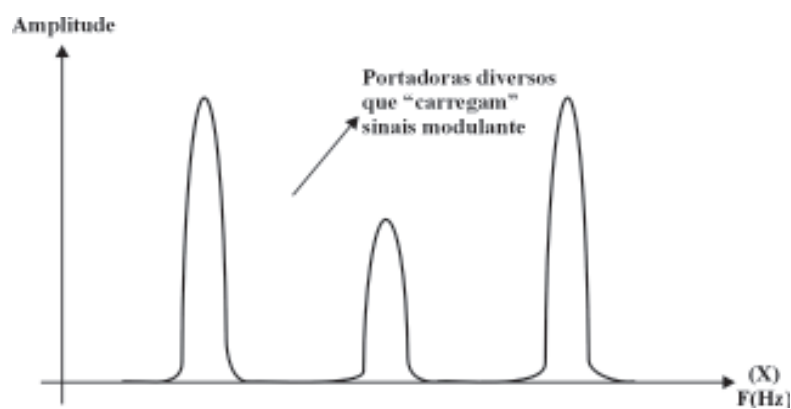


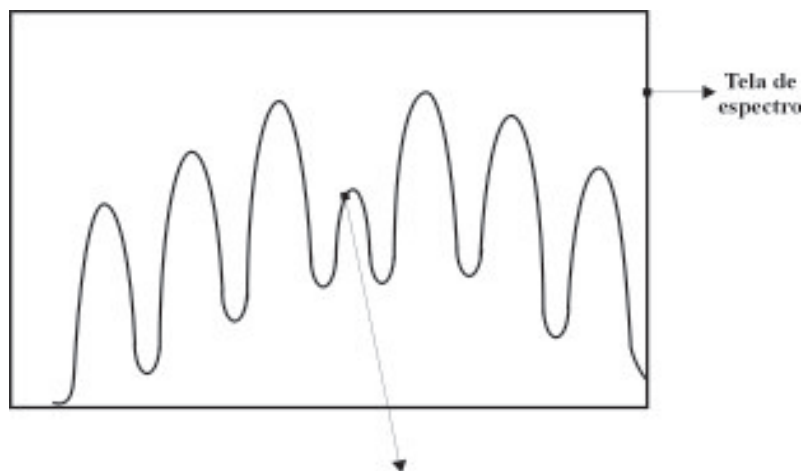
Fig. 6.3

Veja que isto é bem diferente de um osciloscópio que representa a variação da amplitude no domínio de tempo:



Fig. 6.4

- Com as ligações já feitas e com o espectro ligado, vamos ajustar tudo:
- colocar 1Vpp na saída do gerador de 2,33 MHz;
  - ajustar o nível de modulação, dentro do microondas, até conseguir o nível mais baixo do primeiro nulo de Bessel, veja:



- ajustar o nível de modulação para este “morrinho” ter a menor amplitude possível.

Fig. 6.5

Feito isto, estaremos transmitindo dentro dos padrões corretos para o microondas. Algumas características são importantes no gerador de 2,33 MHz, são elas:

- 1) manter a frequência de 2,33 MHz a mais fixa possível;
- 2) manter o nível sempre em 1Vpp depois de ajustado;
- 3) ter um relação entre a fundamental e os harmônicos e espúrios de, no mínimo 40dB. Veja a **figura 6.6**:

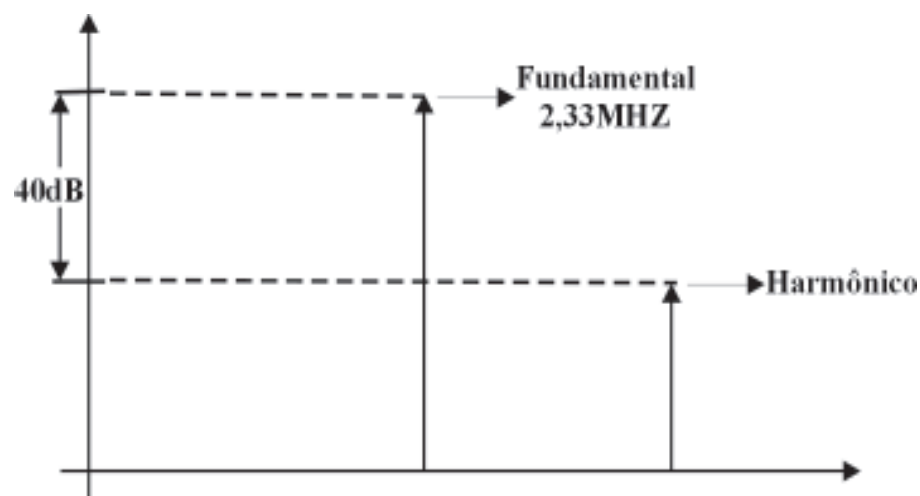


Fig. 6.6

Uma relação de 40dB entre a fundamental e as harmônicas e/ou espúrios quer dizer que a portadora fundamental tem uma potência 10.000 vezes maior do que a harmônica.

- 4) apresentar uma portadora criada por uma forma de onda senoidal.

#### Diagrama de blocos do gerador:

O oscilador de 2,33 MHz é um VCO, ou seja, um oscilador controlador por tensão. Sua frequência é mantida fixa através do uso de um PLL. O gerador é basicamente composto do CI MC-1648.

- O circuito de PLL lê a frequência do oscilador de 2,33 MHz, compara com uma referência vinda de um oscilador a cristal e gera uma tensão de controle. Sendo assim o oscilador VCO de 2,33 MHz tem a posição de um oscilador a cristal.

O coração do PLL é o CI MC-145151P2.

- O amplificador e o controle de nível amplifica o sinal de 2,33 MHz e pode controlar o nível dele através de um potenciômetro que varia uma tensão contínua em um pino do CI MC-3340P.
- O filtro com formato de onda, tem a função de filtrar e atenuar as frequências harmônicas e transformar a onda gerada pelo oscilador de 2,33 MHz, que é uma onda quadrada, em uma onda senoidal. Este circuito é basicamente composto de bobinas, capacitores e transistores. A impedância de sua saída deve ser de 75Ω.- A fonte deve gerar as alimentações corretas com o menor ripple possível, isto é conseguido com o uso de capacitores e reguladores da linha LM-78XX.

Porque não fazer um oscilador direto com um cristal de 2,33 MHz?

Por dois motivos:

- 1º - um cristal neste valor é difícil de se encontrar;
- 2º - fazer e entender um PLL, que usa um cristal de 4 ou 8 MHz, não tem preço.

Veja o diagrama de blocos que está sendo mostrado na **figura 6.7** da página seguinte:

Luiz Bertini

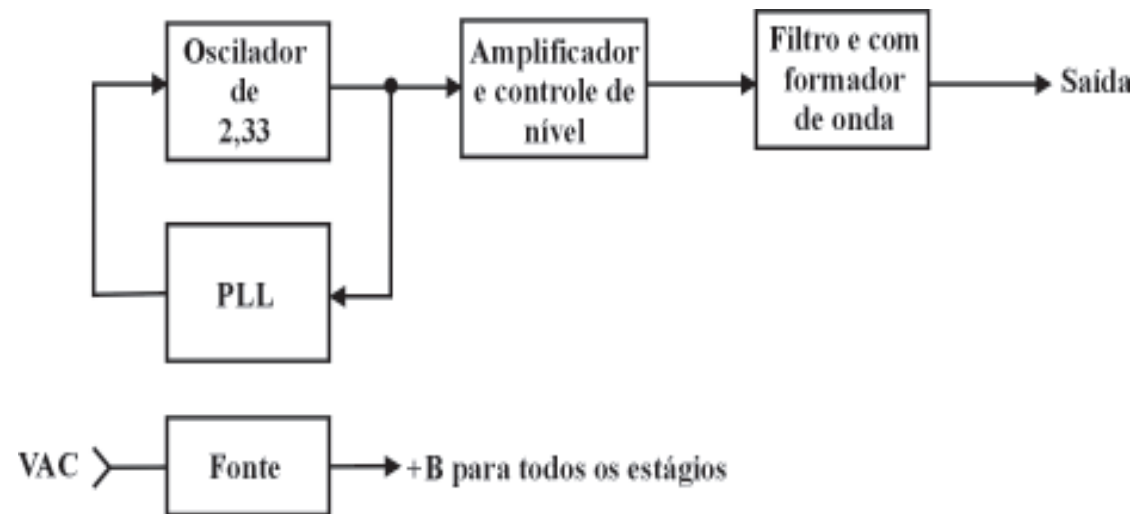


Fig. 6.7

# Capítulo 7

## O ANALISADOR DE ESPECTRO

O analisador de espectro é o *tap* de linha dos equipamentos usados em RF. Com um deles podemos:

- medir potência;
- visualizar as portadoras e modulações de um canal de TV analógico;
- consertar ou sintonizar um oscilador;
- sintonizar um filtro;
- ver a porcentagem de modulação de uma portadora em AM;
- ver o desvio da portadora em FM;
- ver sinais harmônicos, intermodulação entre outras coisas;
- usar como ferramenta de desenvolvimento em circuitos de RF;
- usar como ferramenta de manutenção em transmissores de VHF, UHF, microondas, FM e receptores de TV e VCRs.

O principal problema deles é o preço que eles custam. Mas, dá para fazer um protótipo MB (meia boca) com um osciloscópio, mais um circuitinho e sucatas de TV.

Eu já fiz esta experiência, mas, isto é outra história.

Vamos ver primeiro, um diagrama de blocos básico destes:

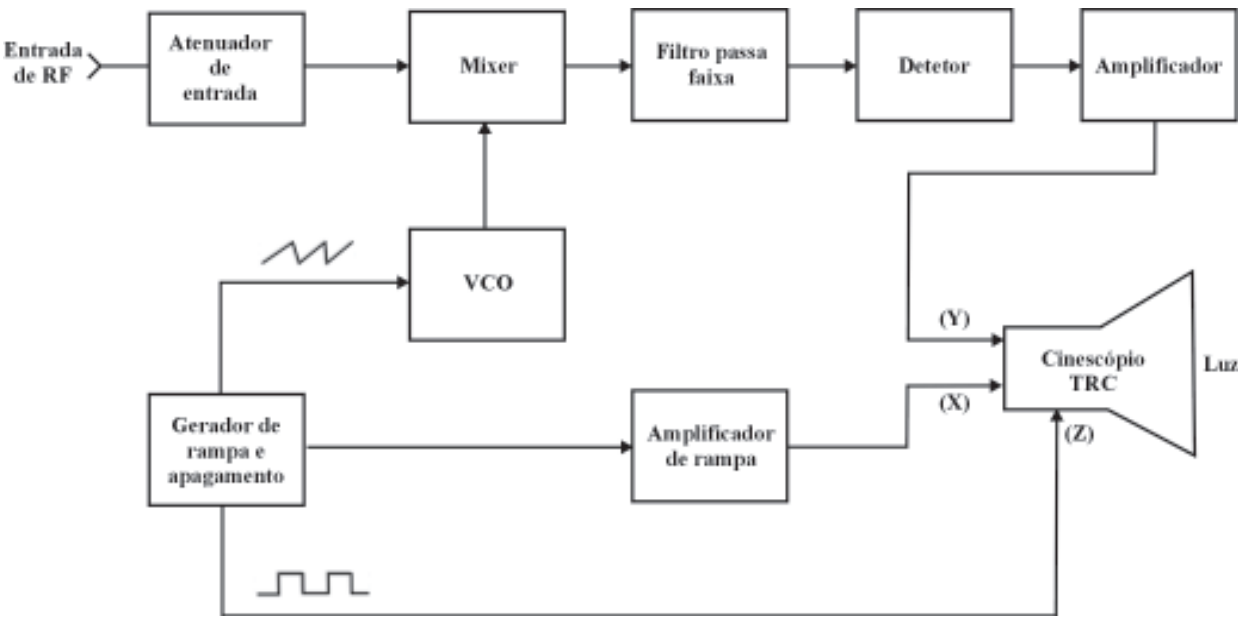


Fig. 7.1

- Na entrada de RF, que normalmente é um conector N, podemos injetar freqüências que serão definidas pelo fabricante. Valores comuns estão entre 9 kHz a 1 GHz, 9 kHz a 1,8 GHz, 9 kHz a 12 GHz, 9 kHz a 24 GHz.

*Luiz Bertini*

O nível máximo da entrada também é um dado importante a ser levado em consideração. Já vi equipamentos em que o nível máximo é de -30dBm que corresponde a  $1\mu\text{W}$  (um micro Watt) até equipamentos que o nível máximo de entrada é de +20dBm o que corresponde a 100mV. Valores acima do máximo permitido na entrada podem ser medidos, mas, precisam ser atenuados por um atenuador de teclas ou uma carga atenuadora.

- Mixer – é o responsável por fazer o batimento entre frequência de entrada e a frequência do VCO. A maioria dos defeitos ocorre aqui, devido há um excesso de nível de entrada. Nível este que mesmo atenuado pelo atenuador de entrada, continua superior ao dos diodos internos do mixer;
- Atenuador de entrada – atenua como um atenuador dos níveis de entrada permitindo uma visualização melhor da faixa de RF do espectro a ser medida;
- Filtro passa faixa – é um filtro que permite passar o resultante do batimento entre as frequências de entrada e as frequências de VCO. Lembre-se que em um batimento acontece o seguinte:  
FRF = Frequência da entrada;  
FVCO = Frequência do VCO.

Na saída do mixer teremos:

- a frequência FRF;
- a frequência FVCO;
- a soma das duas (chamada de frequência imagem);
- a subtração das duas (chamada de frequência intermediária – FI).

A FI é que nos interessa e ele existe para facilitar a construção dos circuitos restantes.

As características deste filtro definem muito da qualidade do analisador de espectro e da facilidade, ou não, de seu manuseio.

- Detetor – separa a informação que realmente interessa ser mostrada na tela. É um “pouquinho” mais sofisticado que o detetor que construímos para usar o Sweep de FI;
- Amplificador – amplifica os sinais que serão injetados na entrada “Y” do tubo de raios catódicos (TRC);
- TRC – o tubo de raios catódicos transforma em luz o feixe de elétrons permitindo assim, a visualização dos sinais;
- VCO – o já famoso oscilar controlado por tensão também é usado aqui. A faixa de frequência em sua saída dependerá da largura da rampa injetada em sua outra entrada e a velocidade com que esta faixa é criada dependerá da frequência da rampa. Estes dois fatores estão intimamente ligados a expansões e a frequência de varredura da tela que são ajustes do espectro.
- Gerador de rampa e apagamento – gera a rampa de acordo com ajustes feitos, através de controles externos do espectro.

Também faz o apagamento evitando assim, que a varredura seja feita nos dois sentidos e apareçam um monte de sinais na tela. O pulse de apagamento é injetado no eixo “Z”, que na prática quer dizer grade de controle ou algo similar.

- Amplificador de rampa – amplifica a rampa de forma que ela polarize adequadamente o TRC e permita a visualização das imagens. Seu sinal é injetado no eixo “X” ou eixo horizontal.

7.1. Vamos ver a “Cara” de um Espectro e como Utilizá-lo:

Estaremos analisando o funcionamento de um analisador de espectro analógico. Mas, os ajustes são os mesmos que de um analisador digital ou com recursos digitais.

In – entrada de RF;

Aten – atenuador de entrada. Usamos este ajuste para a atenuação da entrada e a referência vista na tela;

Log/Lin escolhe como será a medida. Na posição “log” a leitura será feita levando-se em conta uma escala logarítmica. Quando medimos potência, devemos usar esta escala;

Usamos a escala “Lin” ou Linear basicamente para visualizar detalhes quando analisamos sinais de vídeo;

Na escala “Log” podemos usar as teclas [NDV] para selecionar 2dB por divisão visual ou 10dB por posição vertical;

Usamos a escala de 2dB para conseguirmos o melhor ajuste em filtros, por exemplo;

NDV – teclas que selecionam o nível por divisão entre 2 ou 10dB;

FF – teclas que acionam filtros internos e retiram frequências das portadoras. Também podem servir para diminuir ruídos;

Freq – Knob com rosca sem fim ou multivoltas que define a frequência que será mostrada na tela. A frequência será mostrada no display “Fo” e este valor corresponderá ao centro da tela;

Fo – display que mostra a frequência central mostrada na tela;

Bt – base de tempo – muda a velocidade em que é repetida as imagens na tela. Normalmente valores em 1ms a 5ms, são os que permitem uma melhor visualização;

BW – este ajuste define a banda passante mostrada na tela. Normalmente a BW é associada as divisões no sentido horizontal. Por exemplo com uma BW de 1 MHz, cada divisor horizontal corresponderá a 1 MHz e se a tela tiver 10 divisões estaremos vendo uma parte de 10 MHz do espectro de frequência. Se a “Fo” for de 100 MHz estaremos vendo na tela a faixa de frequência entre 95 a 105 MHz;

Int – ajuste de intensidade do feixe;

Foco – ajuste do foco do traço;

Ast – astigmatismo – ajuste de astigmatismo da imagem.

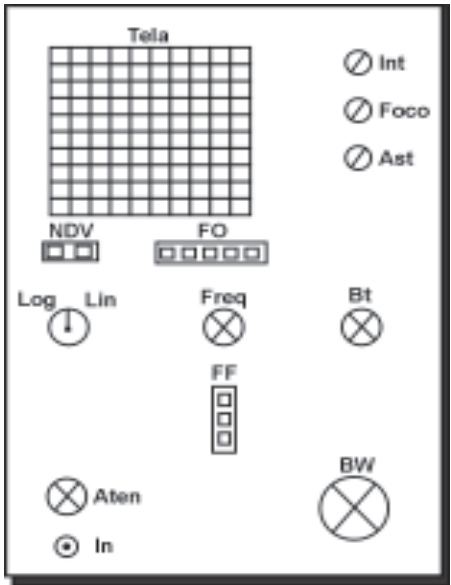


Fig. 7.2

7.2. Uso do Analisador de Espectro:

- Medindo um TX de TV:

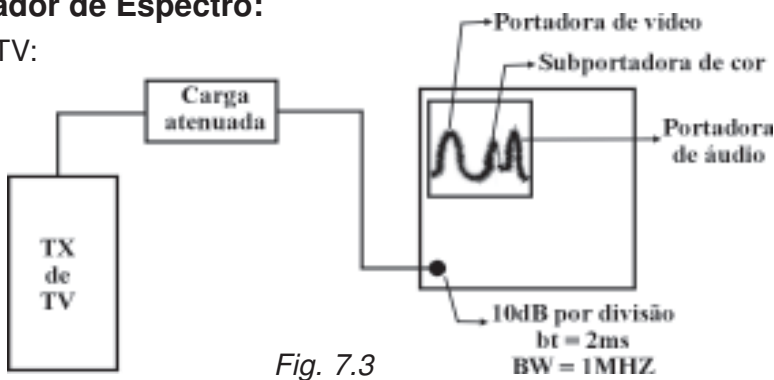


Fig. 7.3

Luiz Bertini

- Medindo todas FMs:

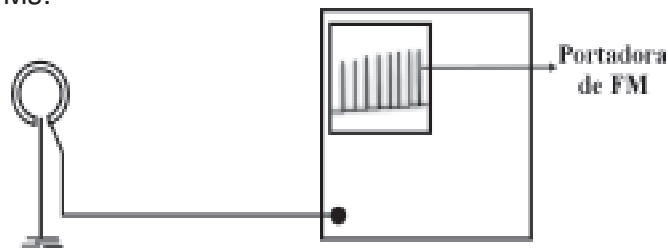


Fig. 7.4

- Usando um pescador ou acoplador, para medir o sinal de um transmissor ligado a uma antena.

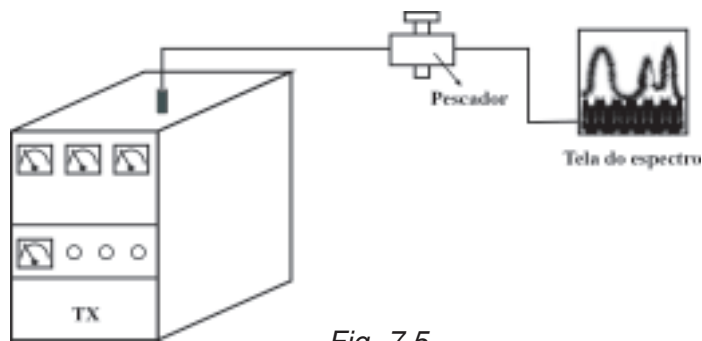


Fig. 7.5

O pescador pode ser usado com um espectro, ou com um wattímetro e serve para tirar uma amostra do sinal para ser medido em um analisador de espectro.

Na **figura 7.6**, procuramos mostrar um desenho mais detalhado:

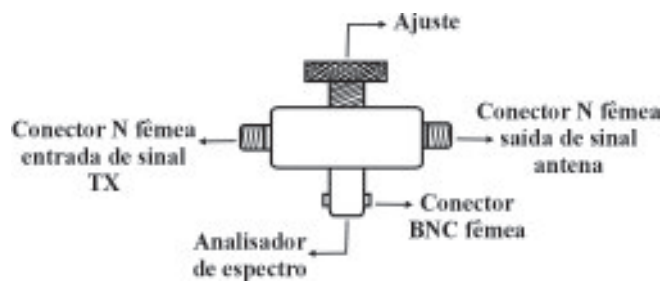


Fig. 7.6

Mexendo no ajuste podemos aumentar ou diminuir o nível do sinal “pescado”.

- Usa com Wattímetro:

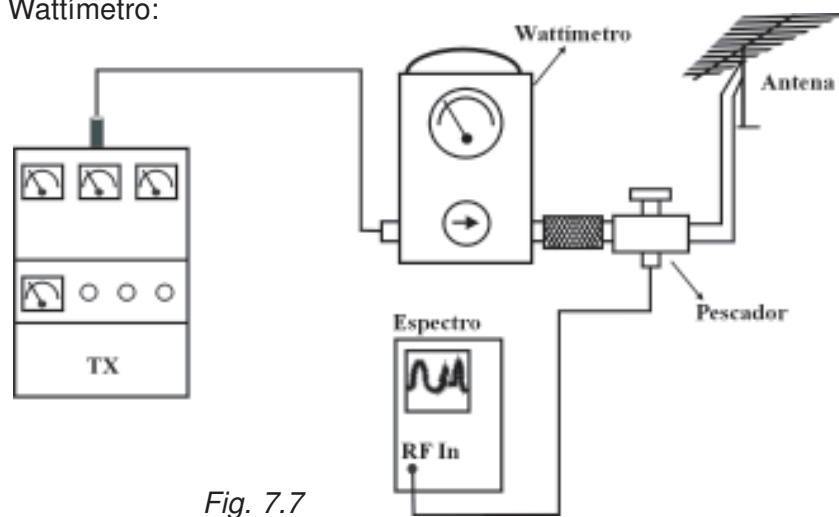


Fig. 7.7



# Capítulo 8

## MEDIDOR DE CAMPO

Um medidor de campo é um aparelho que permite a seleção de uma freqüência ou de um canal de TV para medição do nível da portadora de vídeo, de áudio e a diferença ou delta ( $\Delta$ ) entre elas. Um equipamento deste básico, cobre as faixas de VHF, UHF e canais a cabo. É composto de um display de 2 x 16 (duas linhas x 16 caracteres), e tem uma série de teclas para ajustes. A **figura 8.1** nos mostra um destes aparelhos:

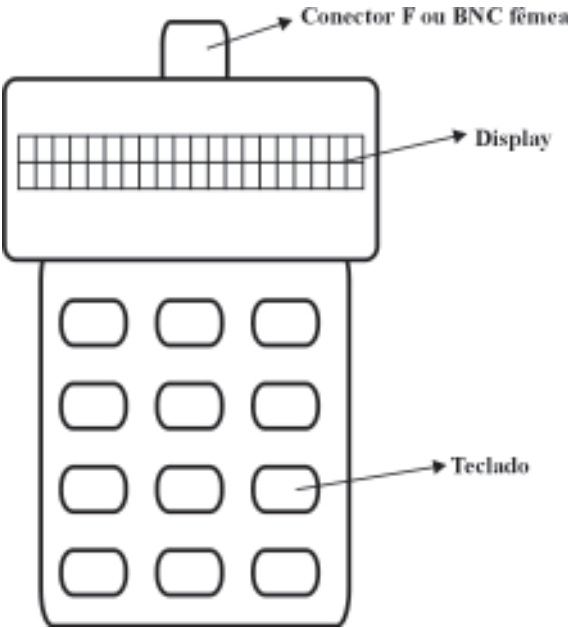


Fig. 8.1

Este equipamento é extremamente útil em instalação e manutenção de antenas coletivas.



*Luiz Bertini*



# Capítulo 9

## REDE ESCOLAR

Uma *Rede Escolar*, normalmente é formada por um conjunto de equipamentos, são eles:

- um Sweep digital;
  - um display com ajustes digitais;
  - um plotter;
  - uma impressora.
- Todos conectados

Com uma rede escolar é possível se Sweepar um equipamento ou circuito.

Ela devido ao seu custo, ajuste e sensibilidade, é muito usada no desenvolvimento e construção de antenas, divisores e filtros.

Todos estes equipamentos são conectados e permitem que eles trabalhem juntos. E que uma curva vista, possa ser visualizada e impressa ou plotada.



*Luiz Bertini*

*- 60 - Equipamentos de RF*



# Capítulo 10

## FM - TEORIA BÁSICA/DIAGRAMA DE BLOCOS/ DIAGRAMA ESQUEMATICO

A sigla FM significa frequência modulada e é um tipo analógico de transmissão.

Usamos este tipo de modulação em transmissões de emissoras comerciais, na transmissão de TV analógica e em equipamentos de rádio comunicação.

Quando falamos em frequência modulada, estamos falando em uma portadora que irá ter sua frequência alternada de acordo com o sinal modulante.

Falando especificamente em emissoras comerciais, apenas para servir de exemplo, podemos dizer o seguinte:

- o desvio máximo de uma portadora é de  $\pm 75$  kHz.

Mas, o que quer dizer  $\pm 75$  kHz de desvio?

Quer dizer que portadora pode ter sua frequência alternada para mais ou para menos em até 75kHz, e que o nome de desvio é o nome deste “movimento” de um lado para outro da portadora.

O “tamanho” do desvio depende do nível ou amplitude do sinal modulante, neste caso o áudio e para que ele nunca passe do limite é utilizado um compressor de áudio.

A “velocidade” do desvio, ou seja, da alternância da frequência central ( $F_0$ ) da portadora depende da frequência do sinal modulante.

Vamos ver isto no gráfico que está sendo mostrado na **figura 10.1**:

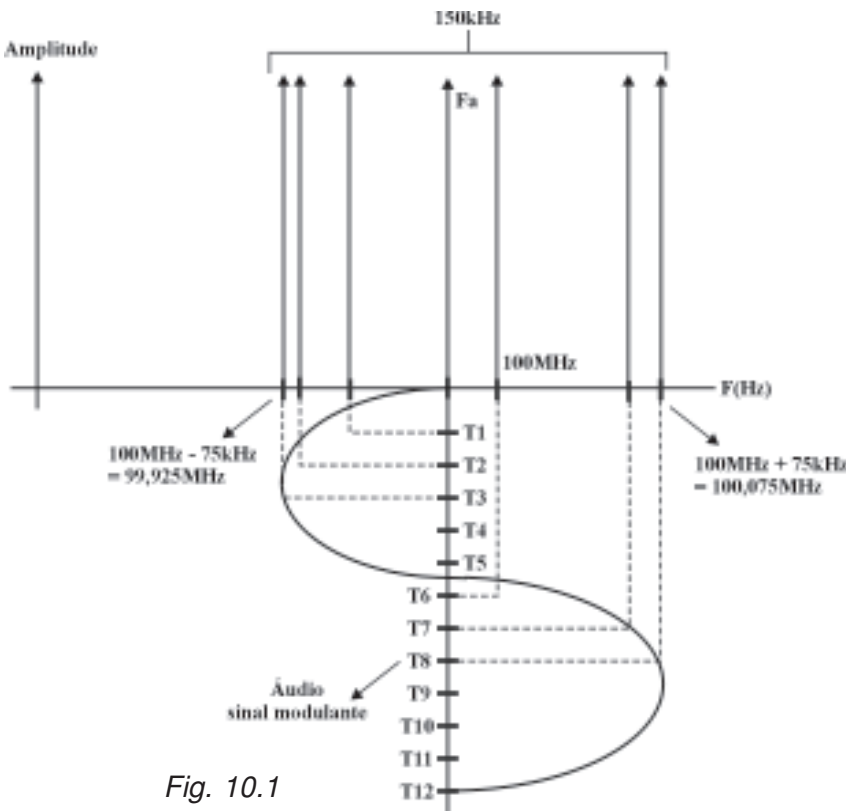


Fig. 10.1

Luiz Bertini

Os instantes T1 a T11, são pontos que determinam a amplitude do sinal modulante em tempos diferentes, dependendo do instante a sinal modulante terá uma amplitude diferente e fará com que o desvio da portadora seja diferente.

No instante T1 a portadora está em uma posição. No instante T3 a portadora está em outra posição. No instante T6 ela está em outra posição.

No instante T8 ela estará em outra posição. No instante T12 ele estará na posição que corresponde a “Fo”.

Podemos perceber como o áudio muda a frequência da portadora.

Veja as figuras a seguir e tire as dúvidas:

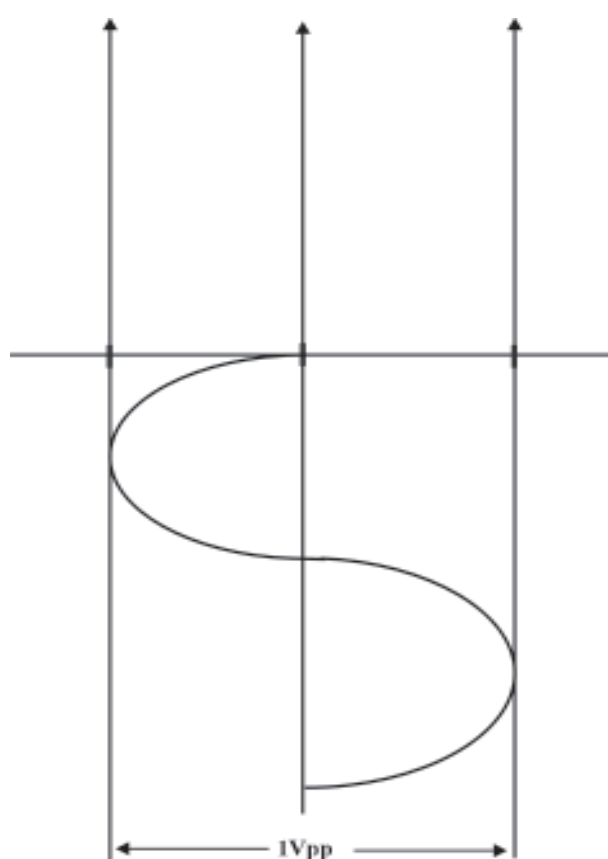
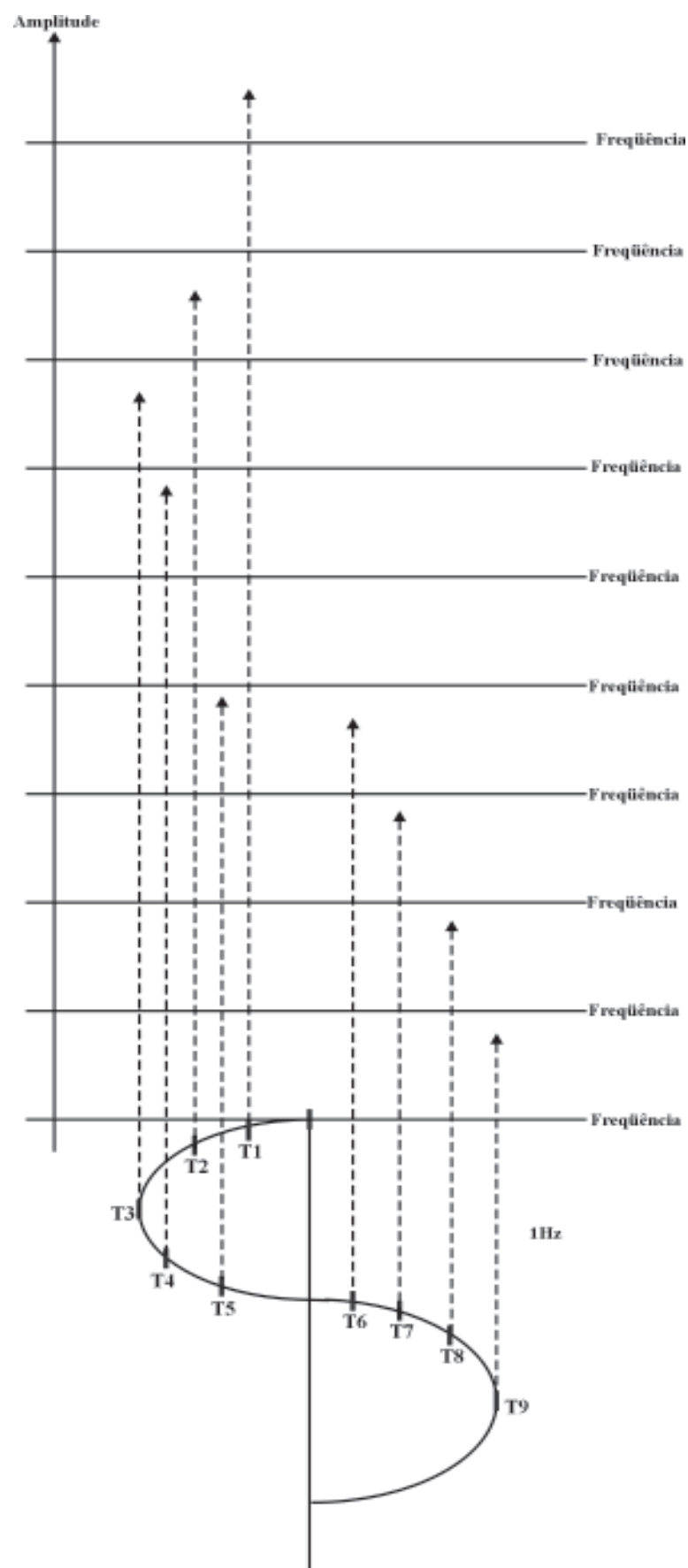


Fig. 10.2

Se o áudio tiver a frequência de 20 Hz a portadora irá de um lado para o outro 20 vezes em 1 segundo.

Se o áudio tiver a frequência de 1 kHz a portadora irá de um lado para outro 1.000 vezes por segundo.

Olhando em um espectro este tipo de modulação com uma frequência modulante de 1 Hz poderemos ver a portadora se mover lentamente de um lado para o outro. Veja a **figura 10.3** na página seguinte:



*Fig. 10.3*

Luiz Bertini

Podemos perceber que a amplitude da portadora é sempre a mesma.

Também podemos perceber, através dos instantes T1 a T3, que é quando sobe a senóide que a portadora se desloca para um lado. Do instante T3 a T9 ela se desloca para outro lado.

Caso a frequência do sinal modulante fosse de 400 Hz e usássemos um espectro de uma forma correta veríamos o seguinte:

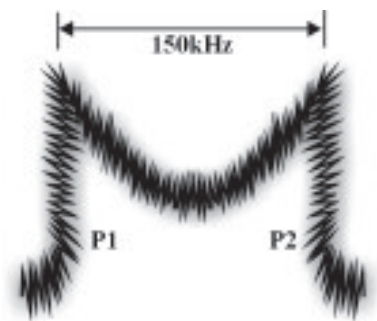


Fig. 10.4

Para sabermos o desvio basta medir a frequência do pico 2 (P2) e subtrair do pico 1 (P1) e teremos, no nosso caso 150kHz. Se você a portadora de áudio de um canal de TV este valor seria de 50 kHz. Mas, como variar a frequência de uma portadora deixando ela com nível fixo. Em termos de circuitos podemos fazer isto da seguinte forma:

- juntar um oscilador controlado por tensão com um oscilador controlado por tensão com uma banda passante que permita uma variação de 150 kHz;
- junto com uma fonte de corrente o oscilador e assim, limitar o nível do oscilador;
- junto com uma fonte de tensão contínua muito estável para definir a frequência central da portadora (Fo). Em blocos isto fica assim:

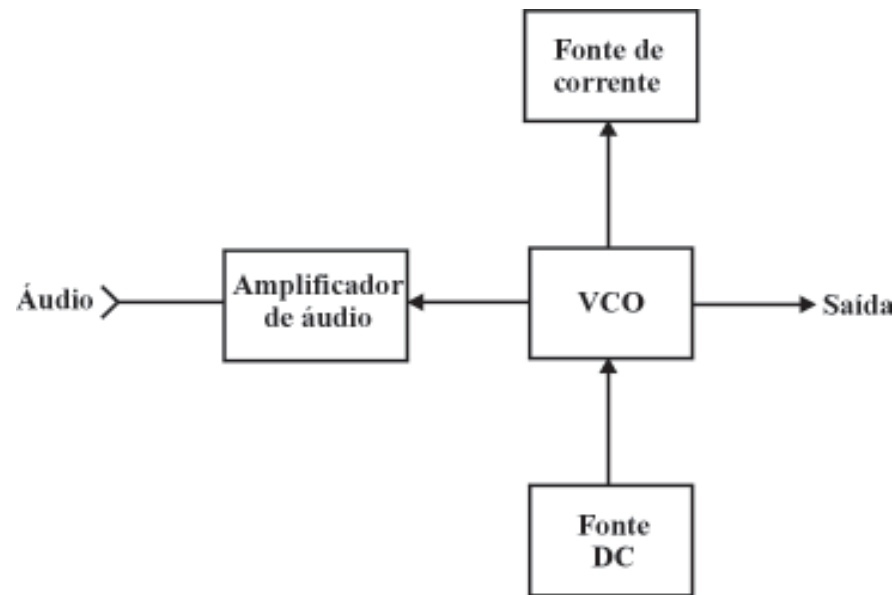


Fig. 10.5



E como um circuito ficaria mais ou menos assim:

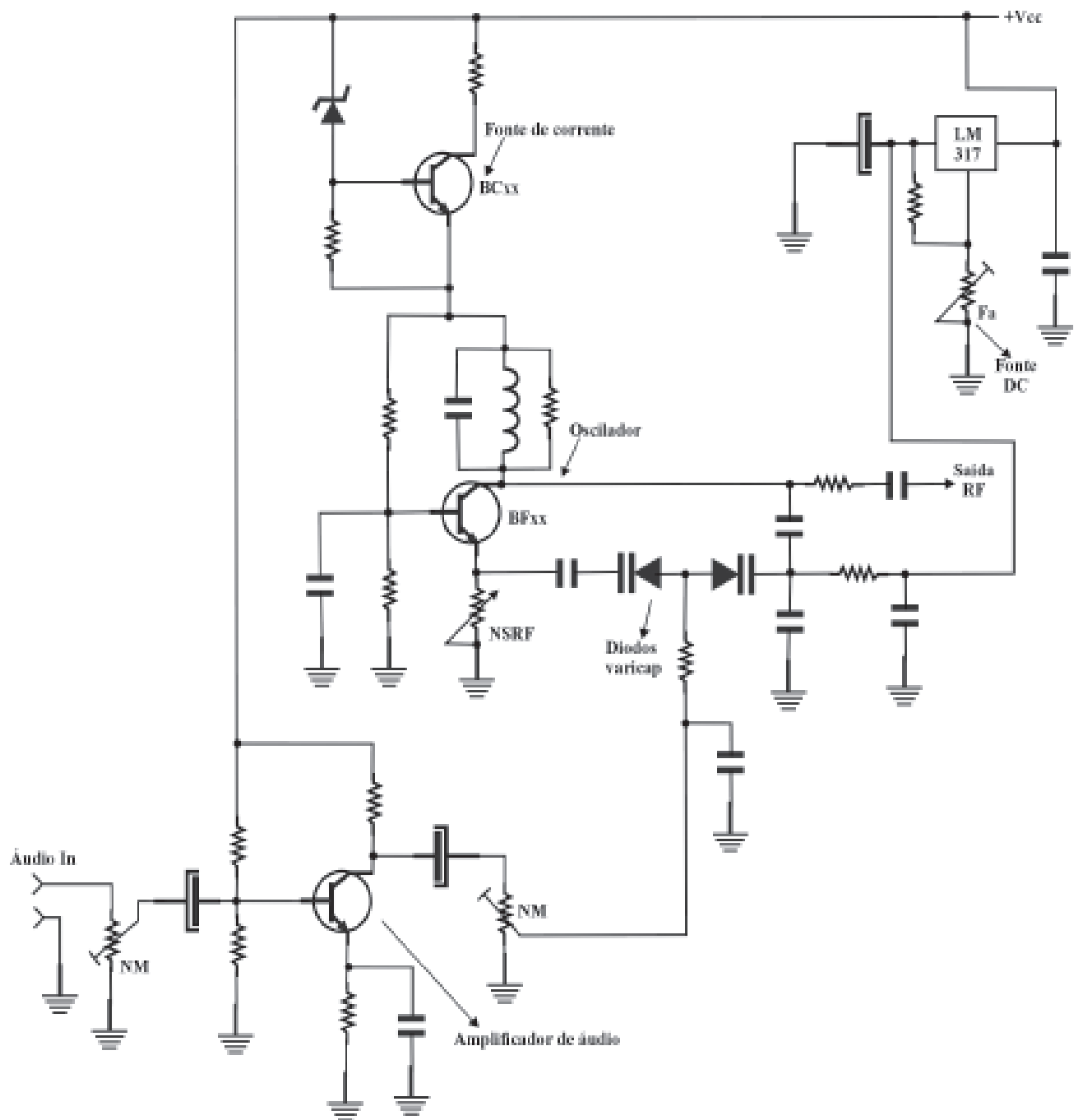


Fig. 10.6

NM = nível de modulação;  
NSPF = nível de saída de RF;  
Fo = ajuste de frequência central;

Diodo varicap = são diodos que quando polarizados, reversamente apresentam uma certa capacidade.  
Como o áudio modulante fica variando de nível, os diodos ficarão variando a capacitância. Como a capacitância deles é quem definem a frequência do oscilador, esta frequência variará de acordo com o áudio, ou seja, FM.

***Apôio:***

***RF – Cabo***

(11) 6162-6799



***Afterglow Eletrônica***

(11) 3641-5353

***LCV***

(11) 3337-7730

(11) 3223-0322