

Analizador de Espectros

O analisador de espectros é um instrumento utilizado para a análise de sinais alternados no domínio da frequência. Possui certa semelhança com um osciloscópio, uma vez que o resultado da medida é apresentado em uma tela, tendo a amplitude na vertical e a frequência na horizontal.

Um analisador de espectros é essencialmente um receptor de rádio passivo, com uma interface gráfica (display) para a análise e medida do sinal no domínio da frequência. Os analisadores de espectros indicam geralmente a informação contida no sinal de forma direta, tais como a tensão, a potência, o período e a frequência.

Domínio do tempo \times domínio da frequência:

A análise espectral de um sinal fornece informação adicional difícil de ser obtida numa análise temporal (osciloscópio). Por exemplo, ao analisarmos um sinal senoidal levemente distorcido em função do tempo, dificilmente percebemos essa imperfeição. Na análise no domínio da frequência, pequenas distorções e imperfeições (que implicam em componentes de frequência

diferentes) são facilmente identificadas, pois cada componente de frequência é visualizada separadamente.

As escalas vertical (amplitude) e horizontal (frequência) de um analisador de espectros são em geral logarítmicas, o que facilita a leitura de sinais de baixa amplitude. Assim, a amplitude pode ser diretamente lida em dB (unidade mais usual em sistemas de comunicação) e na escala horizontal um amplo espectro de frequências pode ser visualizado simultaneamente.

As principais medidas efetuadas com um analisador de espectro são :

- **Modulação** : em sistemas de comunicação via rádio, é fundamental a análise dos níveis de potência relativos à cada frequência, do grau e da qualidade de modulação, da largura de banda ocupada no espectro, etc.
- **Distorção** : sistemas supostamente lineares (amplificadores, transmissores e receptores de rádio, filtros, etc) apresentam sempre um certo grau de não linearidade gerando conseqüentemente distorções no sinal (harmônica, intermodulação, emissões espúrias).

- **Ruído** : todo circuito ou elemento ativo gera ruído tipicamente em uma faixa larga de frequências. Medidas como figura de ruído e relação sinal/ruído são importantes na caracterização de sistemas eletrônicos ou dispositivos.

Tipos de analisadores de espectro:

- Banco de filtros
- Analisador por varredura
- FFT (transformada rápida de fourier)

Analisador de espectros com banco de filtros :

Consiste num conjunto de filtros seletivos em frequência cuja entrada é o sinal a ser analisado, sendo que cada filtro possui uma frequência central e uma largura de banda de modo a cobrir uma determinada faixa do espectro de frequências. A saída de cada filtro é retificada e filtrada, sendo o nível DC resultante aplicado à um indicador visual (display de LED's , LCD, CRT). A medida é feita em paralelo.

Diagrama em blocos:

Uma vez projetados os filtros, a frequência central e a largura de banda permanecem fixos, o que limita a faixa de frequências a ser analisada. Seu custo e implementação torna-se inviável quando uma alta resolução de frequência faz-se necessária, pelo grande número de filtros com uma largura de banda estreita.

Esta topologia de analisador de espectros é largamente utilizada em indicadores de potência de áudio, onde a faixa de frequências é fixa (tipicamente 20Hz – 20kHz) e o número de bandas é relativamente pequeno (baixa resolução em frequência).

Analisador de espectros por varredura :

Uma forma de minimizar o número de filtros usados na topologia anterior, seria a utilização de um único filtro sintonizável em frequência através de um sinal de controle (rampa de tensão, controle digital) de modo a variar a frequência central ao longo da faixa espectral a ser analisada, fazendo-se uma varredura temporal. Dessa forma, o mesmo sinal de controle seria utilizado para indicar a frequência, podendo ser usado como eixo horizontal. Tal filtro sintonizável é realizável mas de difícil implementação, principalmente em se tratando de altas frequências (sinais de comunicação via rádio).

Uma forma alternativa e mais simples de se fazer essa varredura, consiste na utilização de um filtro de frequência fixa associado a uma processamento do sinal de entrada de modo a deslocá-lo no espectro de frequência (varredura) de forma controlada. Uma forma simples de processamento é pela multiplicação analógica do sinal de entrada por um sinal senoidal (ou cossenoidal) cuja frequência pode ser facilmente controlada eletricamente. Esse princípio é o mesmo utilizado em receptores de rádio AM. Supondo que o sinal de entrada é composto por uma única frequência (ω_i), podemos representar o processo de multiplicação por um outro sinal de frequência ω_l da seguinte forma :

$$\cos(\omega_l t) \cdot \cos(\omega_i t) = \frac{\cos(\omega_l + \omega_i)t + \cos(\omega_l - \omega_i)t}{2}$$

Representação gráfica :

Assim, dado um filtro de frequência fixa ω_c , podemos obter o resultado equivalente à um filtro variável pela varredura da frequência ω_l multiplicada pelo sinal de entrada. O processo de multiplicação é efetuado por um dispositivo não linear denominado misturador, que é composto essencialmente de diodos. A varredura de frequência é obtida pela utilização de um oscilador local controlado por tensão.

Diagrama em blocos :

Princípio de funcionamento :

O funcionamento desse circuito é essencialmente equivalente ao de um receptor de rádio AM super-heteródino. As principais partes são:

Seletor de escalas de entrada : funciona de modo análogo ao de um osciloscópio, permitindo a adequação da amplitude do sinal de entrada ao instrumento.

Misturador : é o elemento principal do circuito. Ele efetua eletronicamente a operação de multiplicação do sinal de entrada por um sinal senoidal de frequência f_{LO} (oscilador local), gerando em sua saída dois sinais principais correspondentes à soma e à diferença entre f_{LO} e a(s) frequência(s) presente(s) no sinal de entrada ($f_{LO}+f_i$ e $f_{LO}-f_i$). A parcela que será utilizada efetivamente na análise espectral é o sinal diferença $f_{LO}-f_i$. Os sinais individuais f_{LO} e f_i também estão presentes na saída do misturador devido à não idealidade da operação de multiplicação efetuada por esse circuito. O sinal saída do misturador, também denominado sinal de frequência intermediária (IF), contém uma "cópia" do sinal de entrada transladado em frequência por um valor f_{LO} . Variando-se a frequência do oscilador local f_{LO} , desloca-se proporcionalmente o sinal de entrada no domínio da frequência.

Oscilador Local : gera um sinal senoidal de frequência f_{LO} que é aplicado à uma das entradas do misturador. Consiste em um oscilador controlado por tensão (VCO), cuja frequência pode ser variada continuamente dentro de uma faixa espectral selecionada pelo usuário. Possui uma alta linearidade entre tensão de controle e a frequência de saída, pois a mesma tensão é utilizada na varredura horizontal do feixe do TRC.

Gerador de rampa : gera uma rampa de tensão em função do tempo, que é utilizada no controle da frequência do oscilador local e também na varredura horizontal do TRC. É gerada de forma idêntica ao sinal de varredura horizontal de um osciloscópio analógico.

Filtro de IF : é um filtro passa faixa de frequência central fixa f_{IF} , usado para selecionar a parcela do sinal de IF que contém o sinal a ser analisado a partir do sinal diferença $f_{LO}-f_i$. A largura de faixa desse filtro determina a resolução em frequência do instrumento (RWB – Resolution BandWidth), podendo ser ajustada de acordo com o tipo de medida e sinal de entrada. Para que se possa distinguir entre dois sinais de frequências próximas (p. ex. 10kHz e 11kHz), é necessário que o RBW seja inferior à diferença entre essas frequências.

Realizando-se uma varredura na frequência f_{LO} , a parcela do sinal de entrada presente em $f_{LO}-f_i$ é trasladada em frequência. À medida que frequências presentes no sinal de entrada coincidem com a frequência f_{IF} , um sinal correspondente pode ser detectado na saída do filtro. Esse processo é equivalente à uma varredura na frequência f_{IF} , porém bem mais fácil de ser implementado na prática, apesar de parecer mais complexo. A frequência f_{IF} coincide com o menor valor de f_{LO} . Para $f_{LO} = f_{IF} \Rightarrow 0\text{Hz (DC)}$

O sinal de saída é retificado e filtrado, sendo em seguida aplicado ao circuito de deflexão vertical do CRT, de maneira análoga ao osciloscópio analógico.