

1/2-NÁRIO

DEPARTAMENTO DE Eletrônica & SISTEMAS



Prof. Hélio M. de Oliveira, DES

**Sintetizadores Eletrônicos (*teclados digitais*):
dos sintetizadores analógicos ao Yamaha DX7**

Graduação & PPGEE Março 2010.1

Horário: 14:00 h Local: sala Telemática DES CTG

31/03/2010

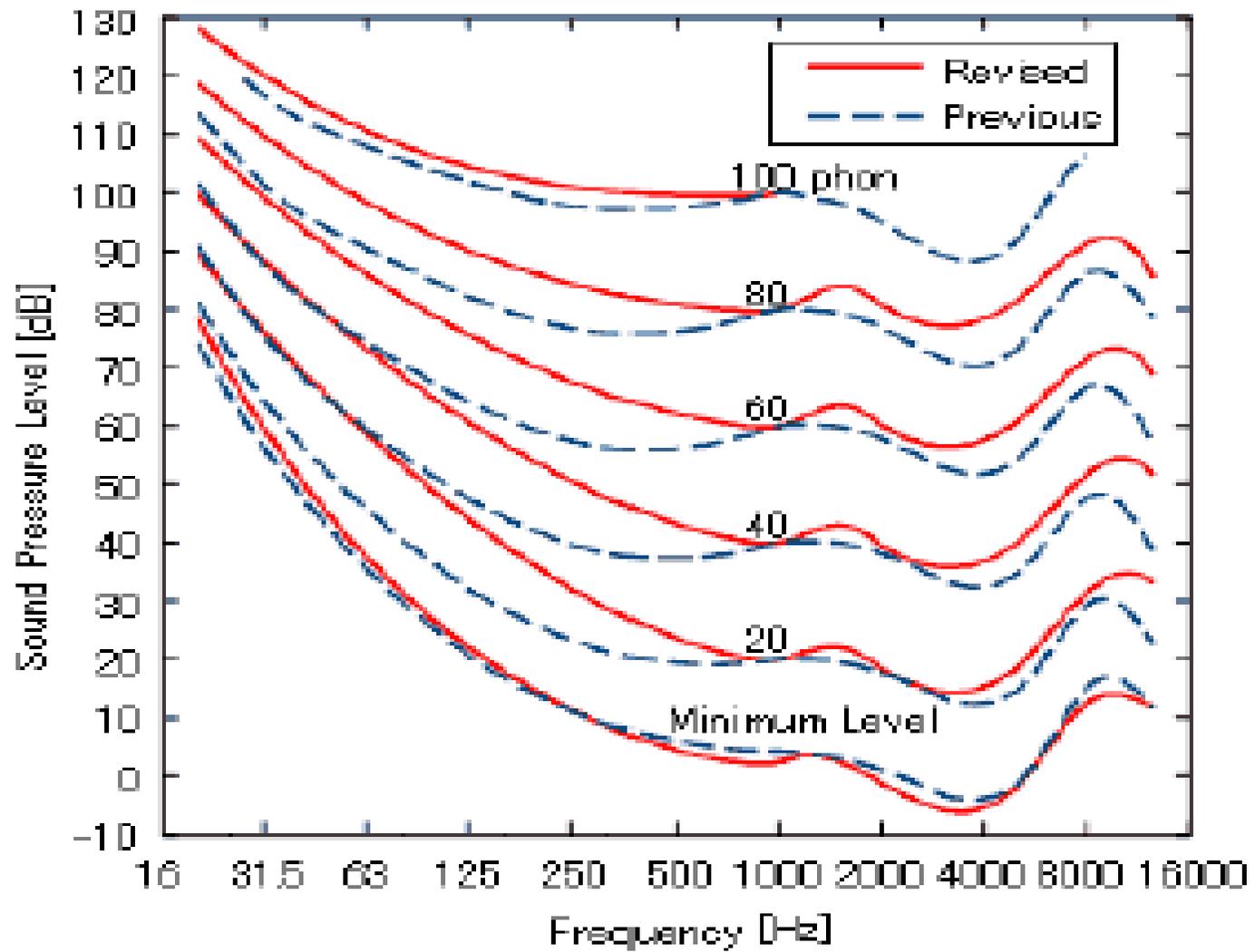
Sintetizadores Eletrônicos (*teclados digitais*):

dos sintetizadores analógicos ao Yamaha DX7

ENGENHARIA ACÚSTICA, MÚSICA E INSTRUMENTOS

<<A análise de Fourier implica no fato que muitos sinais irregulares são “dissecados” numa superposição de muitos ritmos regulares com várias magnitudes e frequências>>

O ouvido humano pode escutar nominalmente sons na faixa de até 20 kHz, sendo que o limite superior tende a decrescer com a idade.



A faixa de sons perceptíveis pelo ouvido humano é da ordem de **10 oitavas**, ou 2^{10} , ou 1024:1, ou seja, de 16 Hz a 16 kHz.

A altura do som relaciona-se com a frequência (audível 20 Hz a 20 kHz). Um som mais baixo (respectivamente alto) é mais grave (respectivamente agudo).

A **intensidade do som** relaciona-se com a amplitude dos coeficientes de Fourier da decomposição.

Faixa de frequências entre dois tons = intervalo.

O **timbre** especifica a combinação harmônica gerada.

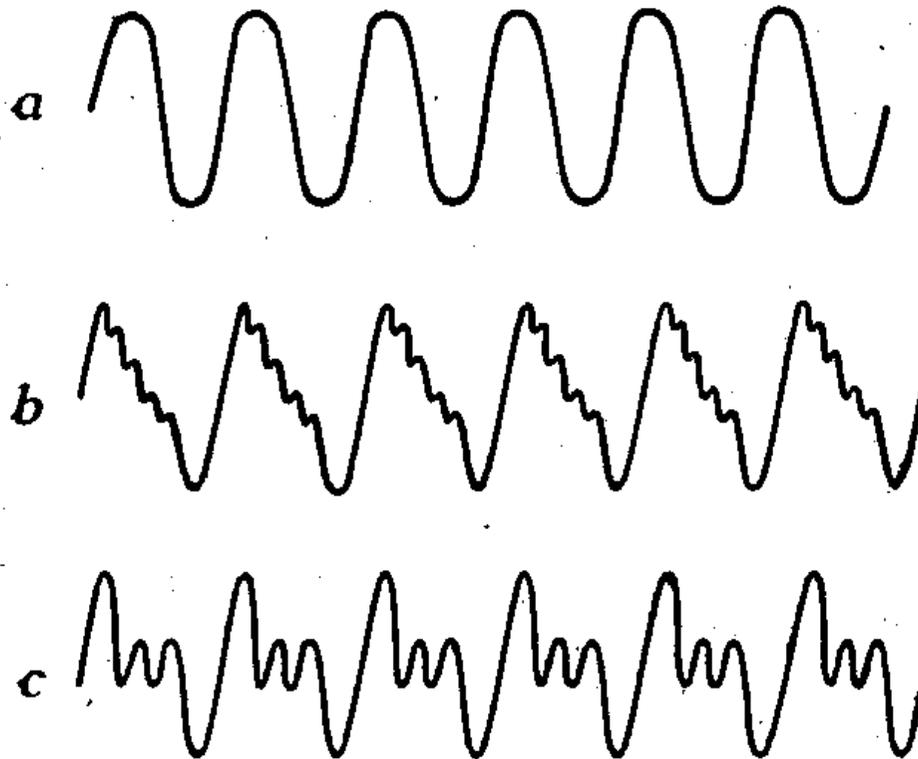
Em todos os instrumentos musicais, o som é constituído de uma nota fundamental e de certo número de harmônicos que o caracterizam.

Os 1^{os} harmônicos determinam o timbre do som.

Harmônicos de ordem mais elevada têm importância no "brilho".

Um violino, uma flauta e um piano, produzindo uma mesma nota dó (mesma frequência), fornecem sons ligeiramente diferentes.

Embora produzam a mesma fundamental (dó), o ***conteúdo harmônico*** produzido por cada instrumento é diferente. *waveshape*

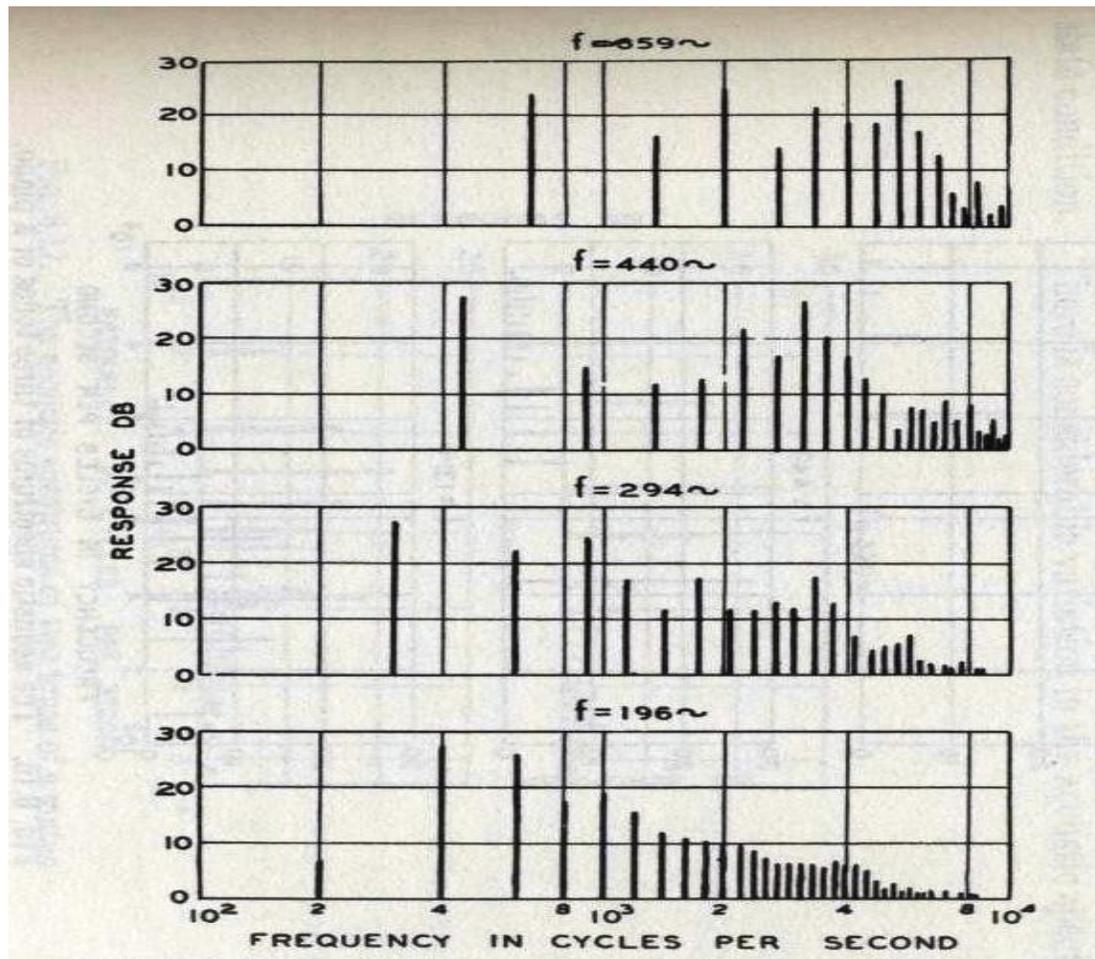


a) Forma de onda de uma nota dó pura em 512 Hz

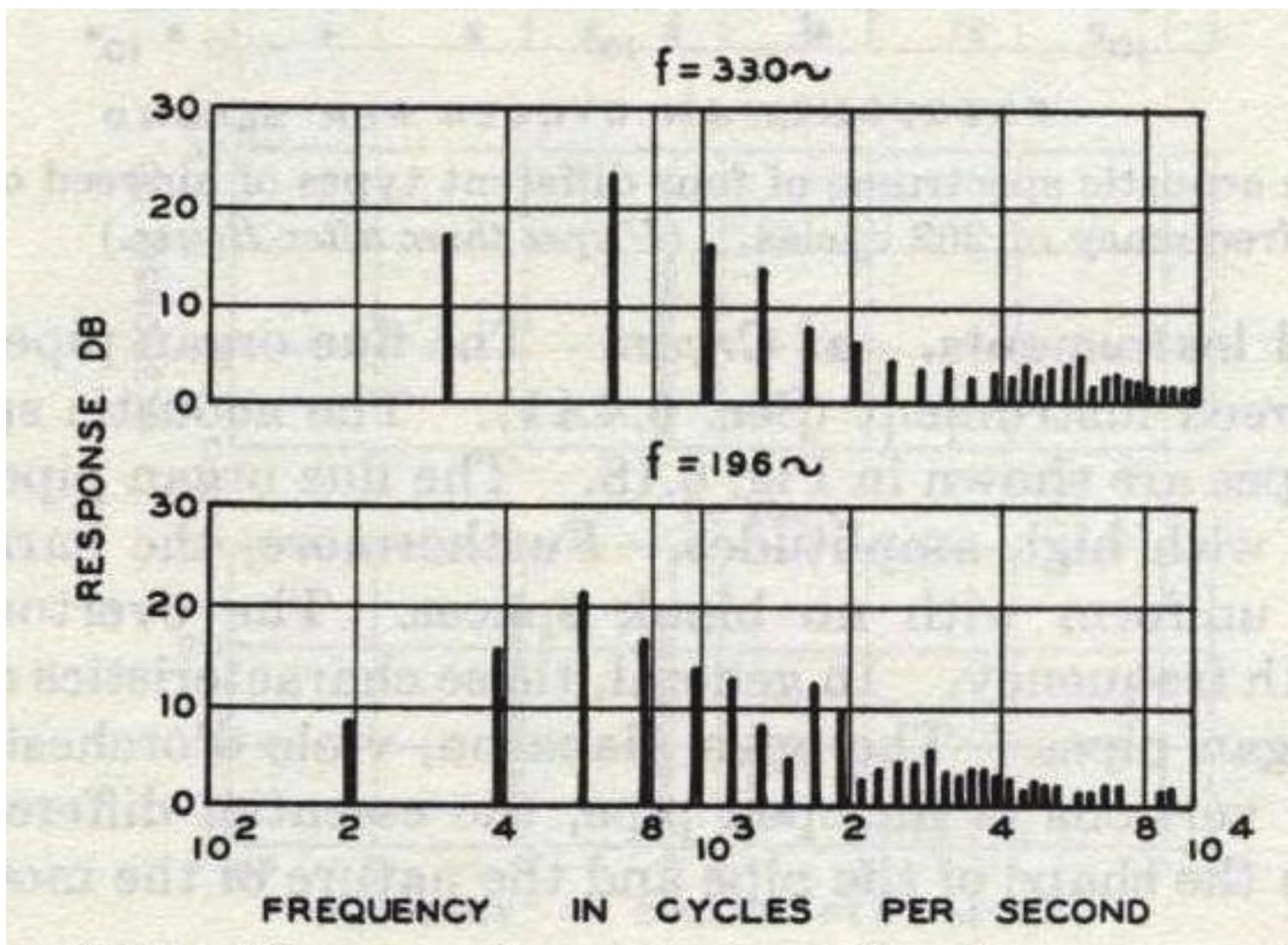
b) Mesma nota emitida por um piano

c) Mesma nota emitida por órgão

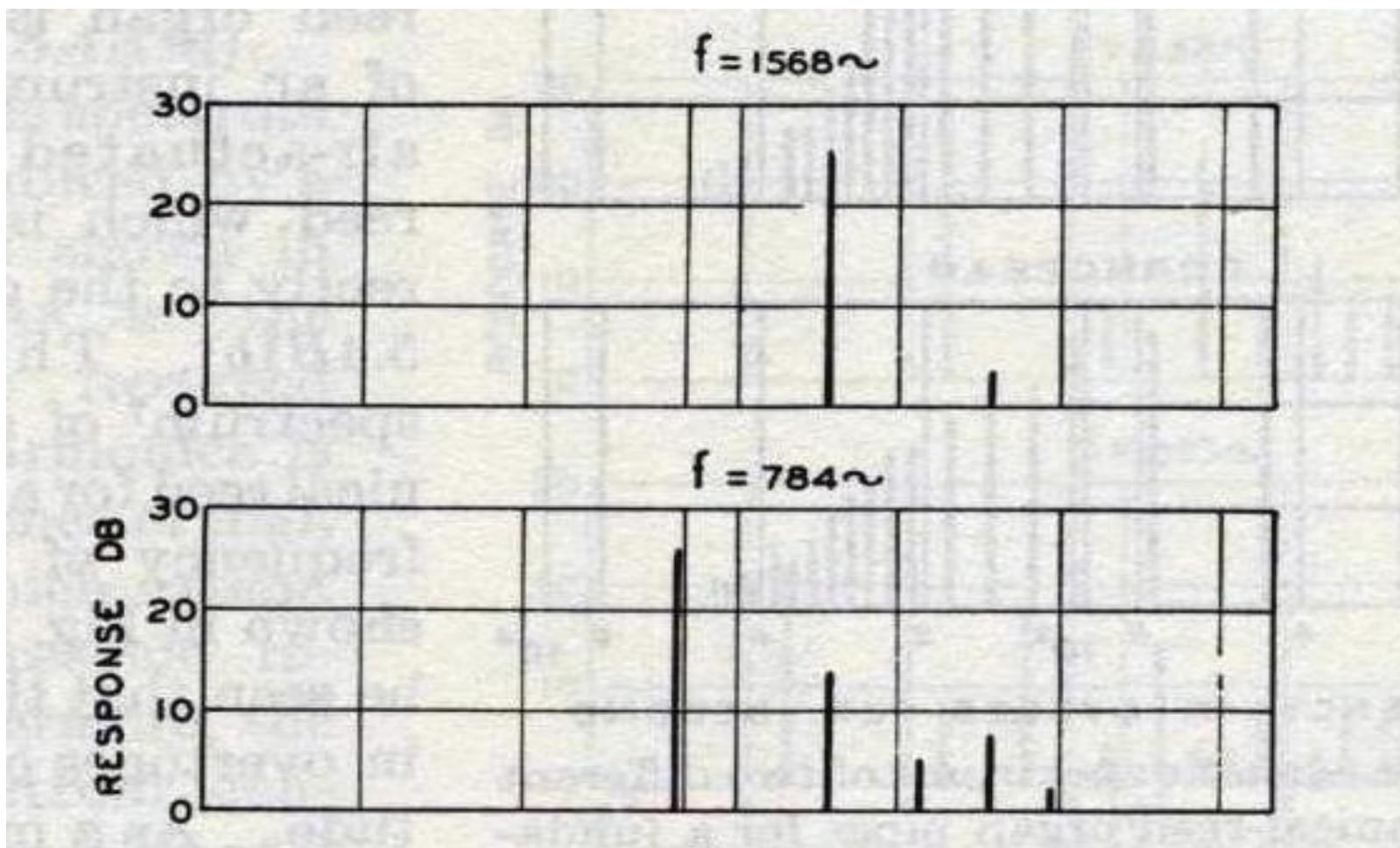
ESPECTROS DE INSTRUMENTOS MUSICAIS



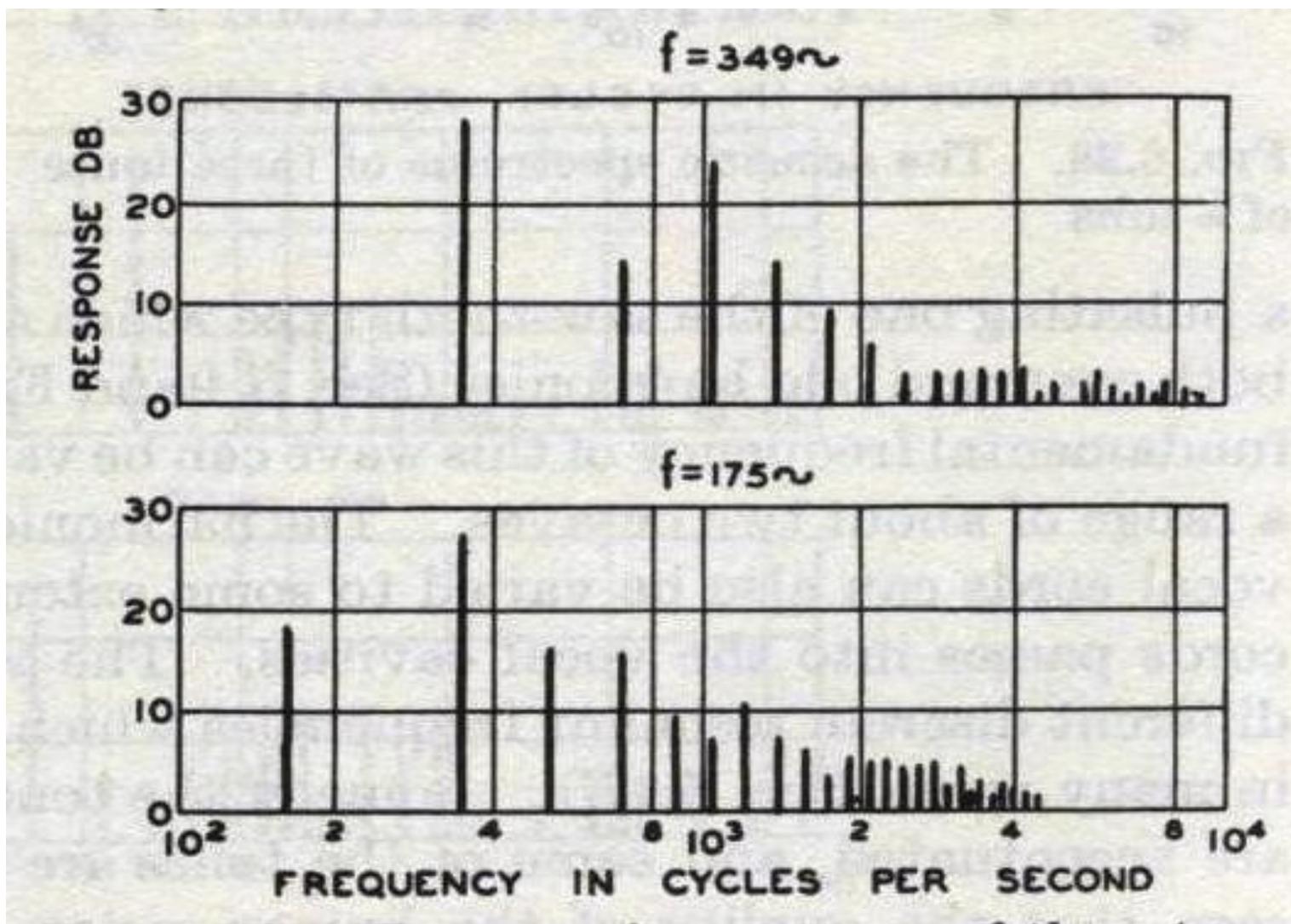
Espectro acústico de quatro cordas do violino



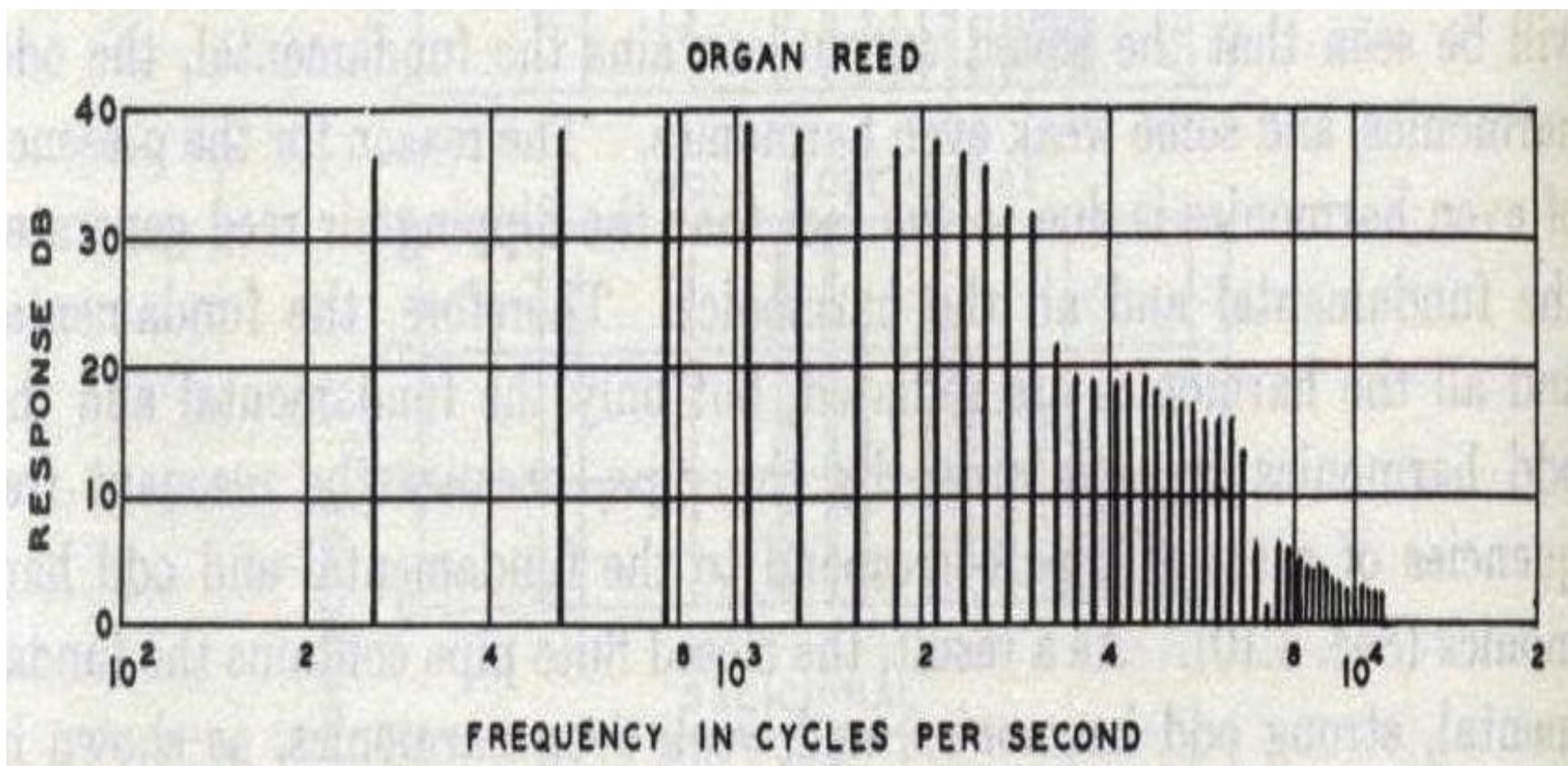
Espectro acústico de dois tons de uma guitarra



Espectro acústico de dois tons de uma flauta doce



Espectro acústico de dois tons de um trompete



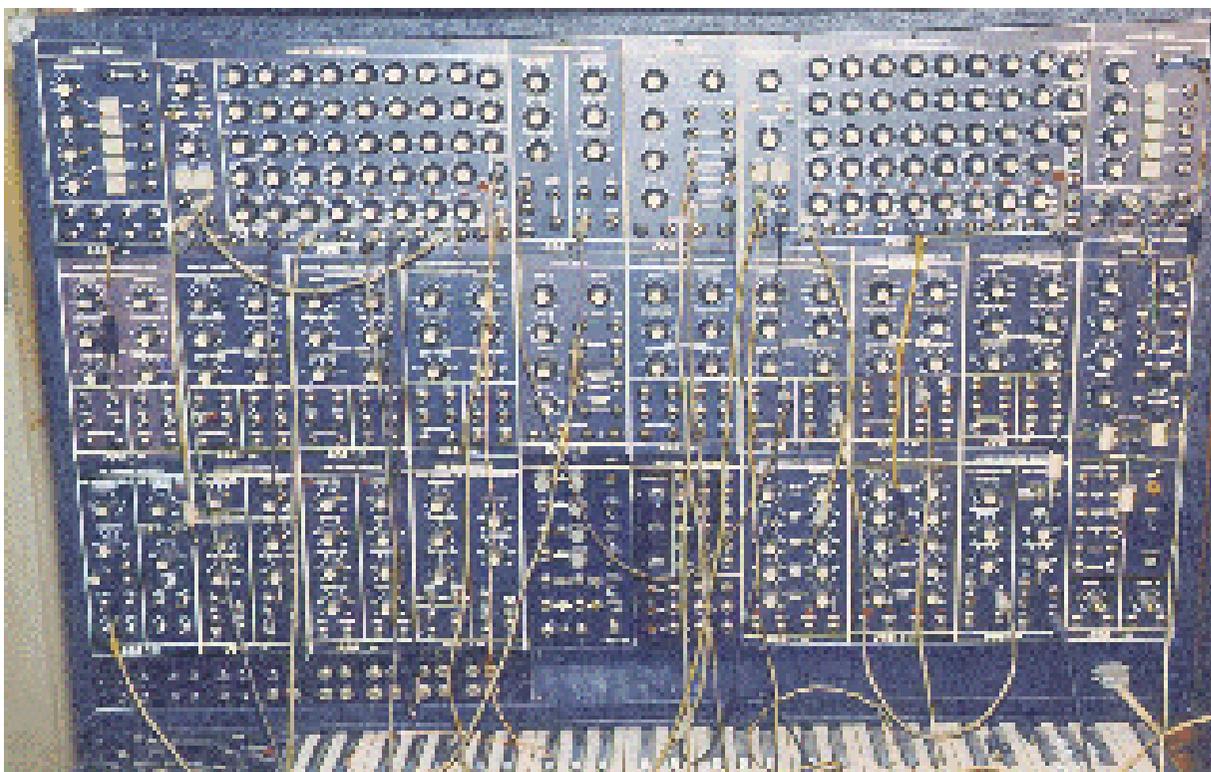
Espectro de órgão com fundamental 262 Hz.

Sintetizadores Eletrônicos: Yamaha DX7

O sintetizador nada mais é do que um aparelho eletrônico capaz de criar uma infinidade de timbres sonoros.

Quando o instrumentista aperta uma das teclas do sintetizador, este produz eletronicamente a frequência correspondente, junto com um grande número de harmônicos.

Sintetizadores, portanto, são instrumentos eletrônicos que usam múltiplos geradores de som e blocos osciladores para criar formas de onda complexas proporcionando inúmeras variações sônicas.



Ilustraç

ão de antigos sintetizadores:

notar o teclado e o grande número de ajustes
(comutação de circuitos).



Caminhando para sintetizadores compactos

Uma idéia revolucionária na síntese de música foi introduzida por **J. Chowning** no final de 60, início de 70

(The synthesis of complex audio spectra by means of frequency modulation, *J. Audio Engineering Society*, v.**21**,n.7,pp.526-534,1973).

Isto oferece a possibilidade de geração de áudio com diferentes composições harmônicas, de **modo simples e eficiente** comparado com a síntese de Fourier, por adição de senoides (osciladores).

A **síntese em frequência** modulada propõe usar os princípios da FM (modulação rica em conteúdo harmônico). Empregando frequência de portadora f_c da mesma ordem da faixa de frequência dos tons de áudio f_m . [N.B. tipicamente $f_c = nf_0$ e $f_m = mf_0$, com n e m inteiros pequenos).



J. Chowing

**(criador do sistema de sintetizadores
– teclados digitais).**

A REVOLUÇÃO:



Exemplo, qual o espectro do sinal (*middle C*):

é mostrado para diversos valores de índice β

(0,1 e 5). Para β pequeno, banda estreita,

praticamente não há conteúdo harmônico

(Fig.1).

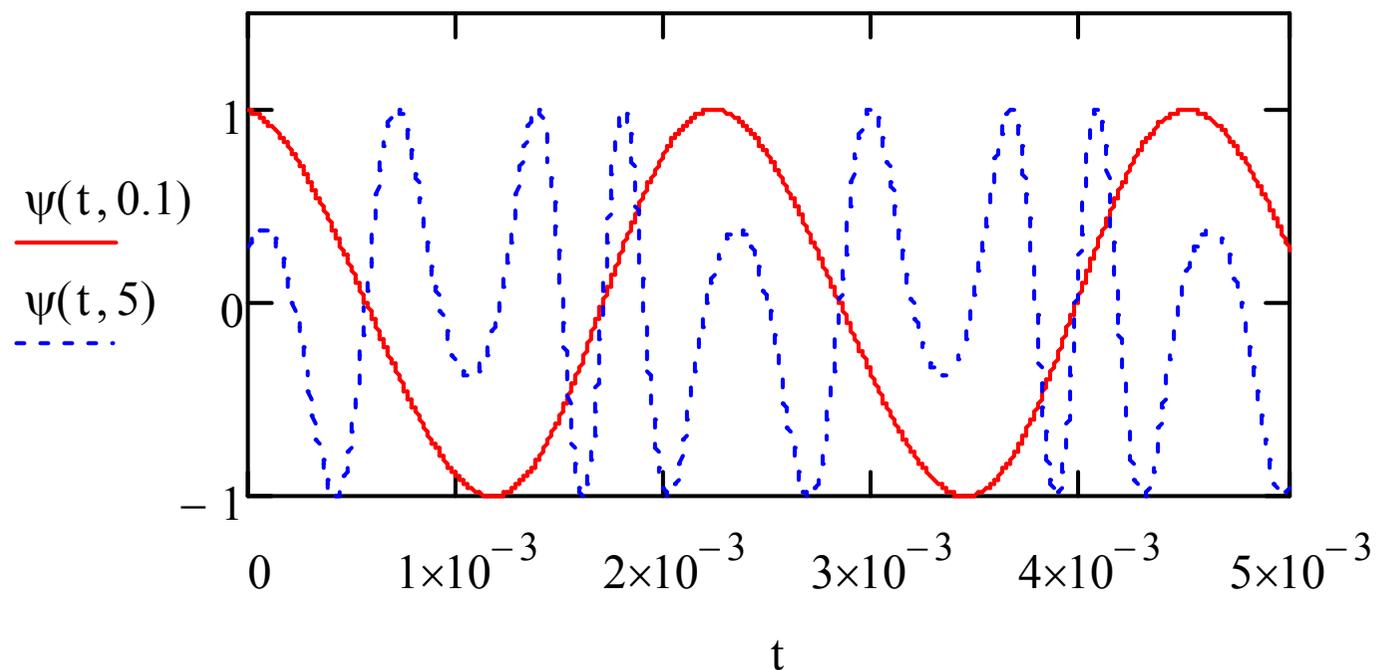


Figura. Síntese FM: Tom de 440 Hz modulando portadora também em 440 Hz, para dois índices de modulação.

A medida que β cresce, harmônicos aparecem:
banda larga \Rightarrow vários harmônicos do sinal
modulador

**Notar a diferença de conteúdo harmônico em cada
situação. Geração simples de harmônicos sem usar
a síntese de Fourier.**

Auto-modulação FM

A auto-modulação FM/PM envolve a saída do oscilador sendo realimentada e usada para modular a entrada do mesmo oscilador.

.

, cuja solução é única para $K_p < 1$ (banda estreita)

e vale:

.

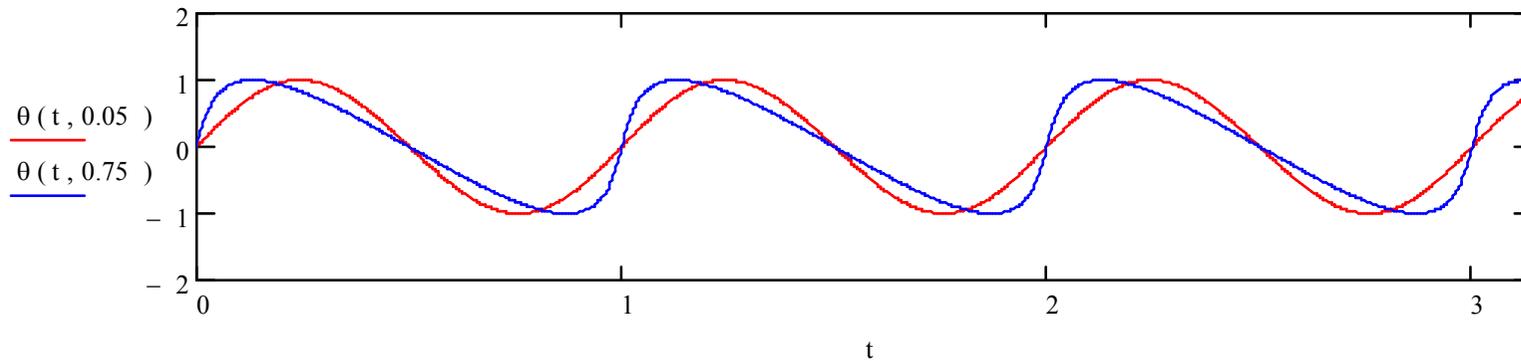


Fig. Sinal auto-modulado em PM (portadora normalizada em $f_c=1$ Hz), para desvio máximo de fase $\beta=K_p=0.05$ e 0.75 .

A Yamaha lançou em 1983, em colaboração com Chowning, o **DX7**, com base na técnica de **síntese de FM**.

As senoides são implementadas digitalmente através de Tabela *look-up*..:

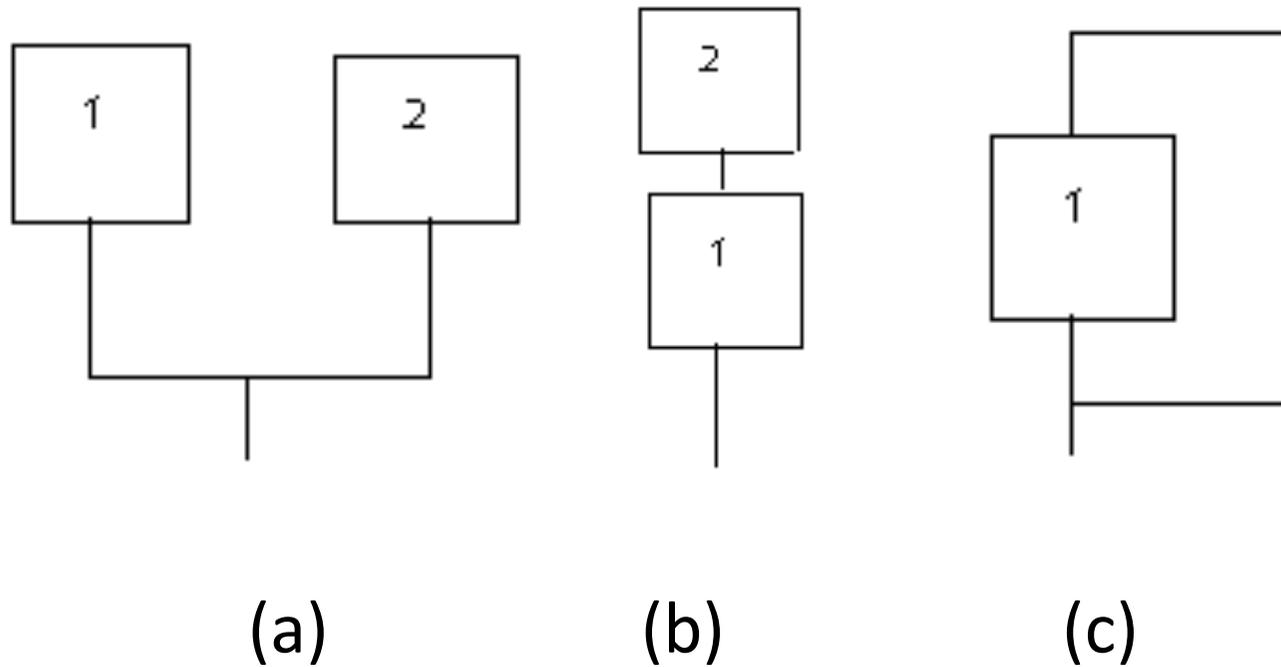
isto é conhecido como a técnica ***wavetable synthesis***

A implementação se faz através de diferentes configurações com **misturas aditivas e síntese FM.**

Cada bloco corresponde a um oscilador de frequência distinta.

Há, então, uma vasta gama de modificadores (taxa de mixagem, envoltória, *pitch*, *pan*...) para controlar as características gerais do som emitido.

Os princípios básicos (**operadores**) para a geração eletrônica de áudio nos sintetizadores são explicados a seguir.



(a) Síntese aditiva

(b) Síntese FM

(c) Auto-modulação.

A seguir, descrevem-se os sinais implementados por algoritmos básicos.

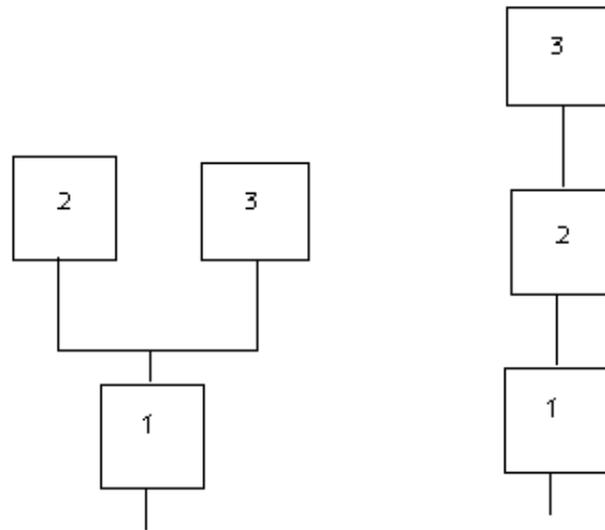
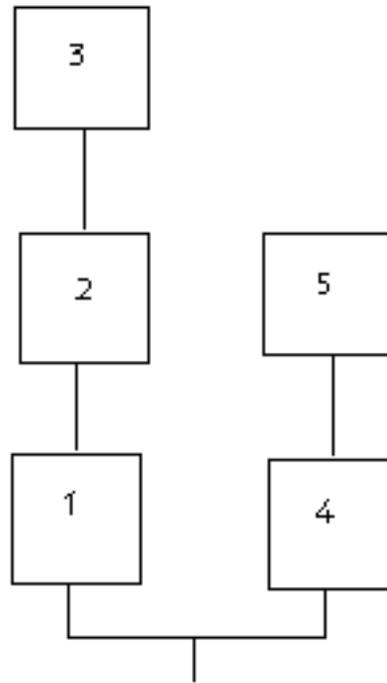


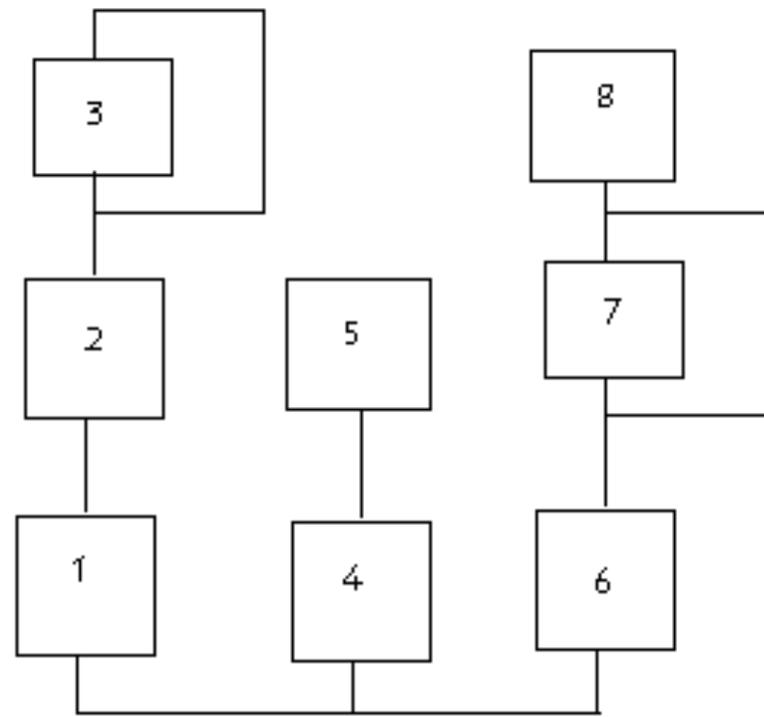
Fig. Sinais implementados pelos algoritmos:

(a) e

(b)

Exemplos de diferentes algoritmos que podem ser implementados são ilustrados a seguir.





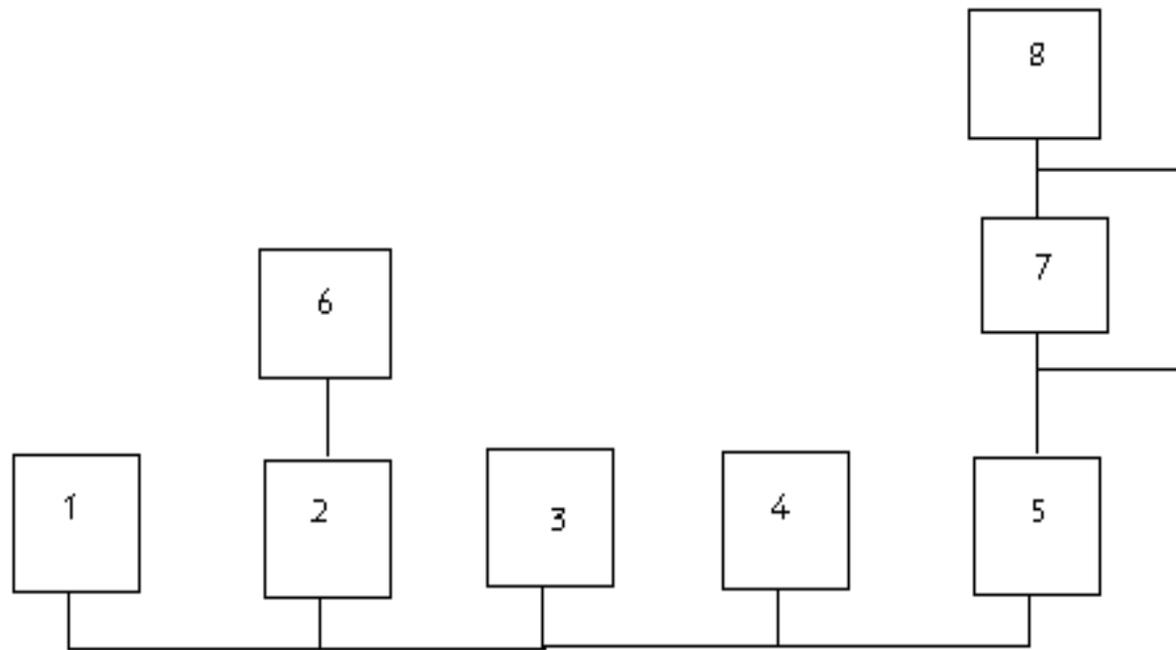


Figura. Exemplo de possíveis algoritmos implementados em um sintetizador.

O DX7 Yamaha disponibiliza 32 algoritmos distintos que podem ser selecionados pelo músico.

Os sinais são implementados **digitalmente** através *wavetable synthesis*: sintetizadores digitais.

Obrigado! MODULAÇÃO EM MÚSICA? Espero que este ½-nário tenha fornecido uma nova visão...