



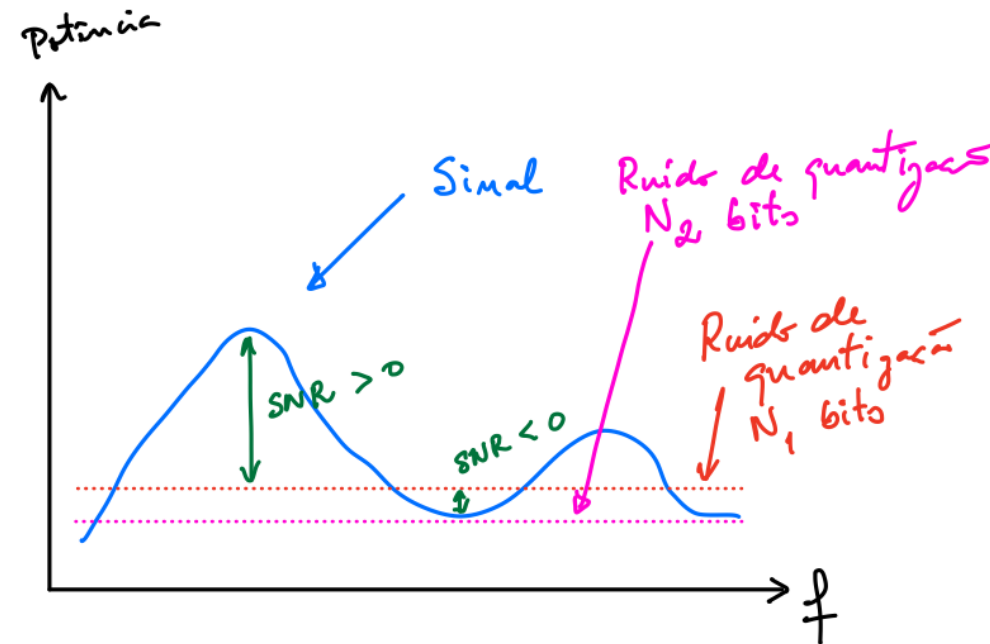
Processamento Audiovisual

Universidade de Coimbra

Licenciatura em Engenharia e Ciência de Dados

Codificação PCM - Problema

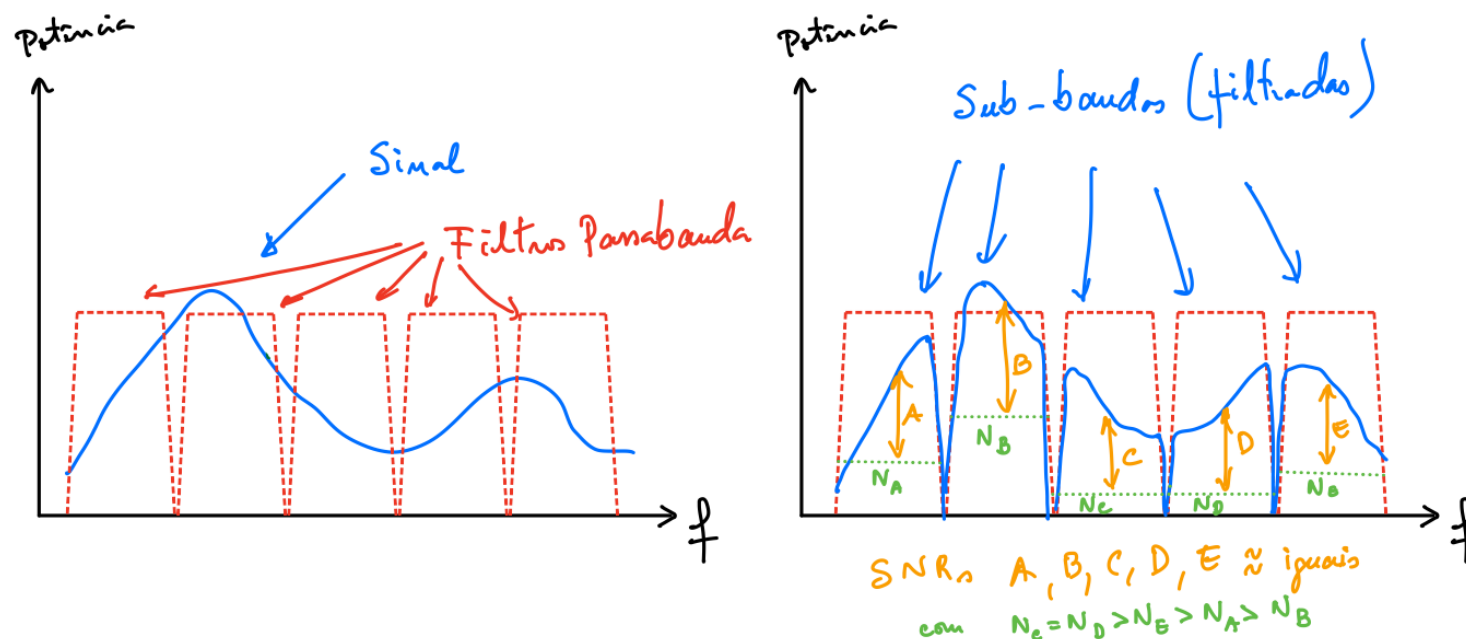
- O problema principal de PCM é que o ruído de quantização **afeta igualmente** todas as componentes espectrais, causando uma qualidade (SNR) variável na frequência



- Na figura mostra-se que se pode garantir $SNR > 0$ para todas as frequências usando um número de bits $N_2 > N_1$
- Porém, se o perfil de potência do sinal tiver variações muito grandes, essa solução implica utilizar um número de bits muito elevado, conduzindo a uma representação PCM pouco económica.
- Há outra solução que permita uma SNR acima de um valor mínimo sem utilizar um bitrate muito elevado ?

Decomposição em bandas

- Para contornar o problema principal de PCM, **densidade de energia de erro igual em todas as frequências e SNR menor para frequências com menos energia**, divide-se o espectro em várias bandas que são quantizadas de forma independente, com número de bits diferente de banda para banda.

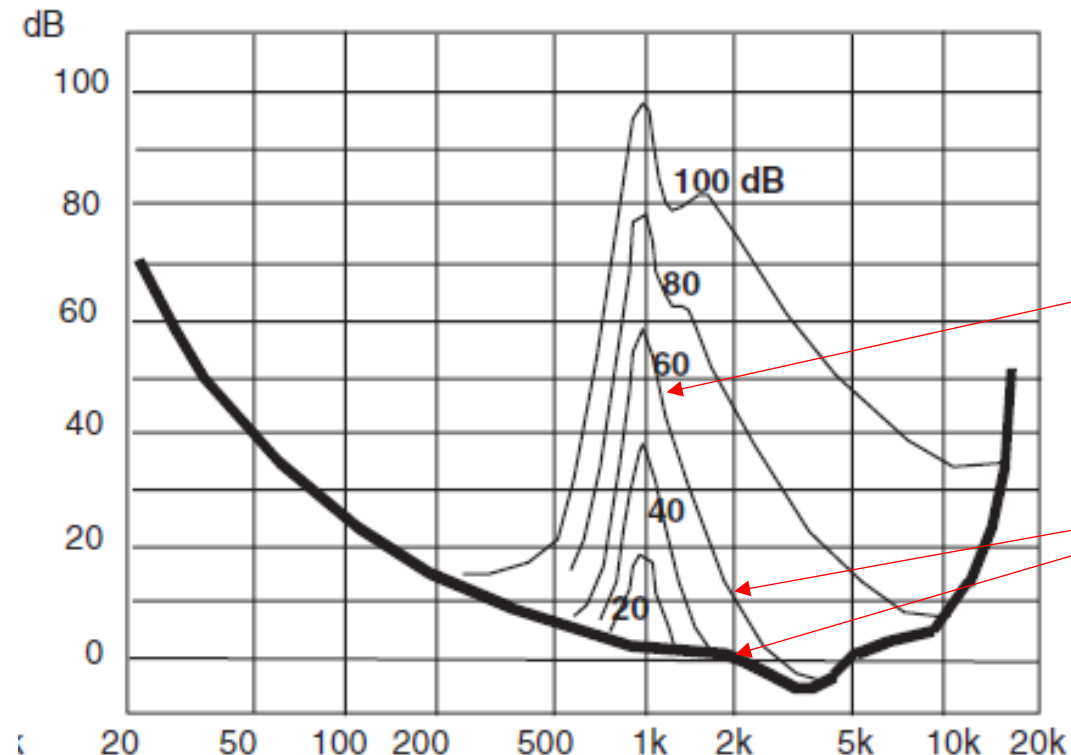
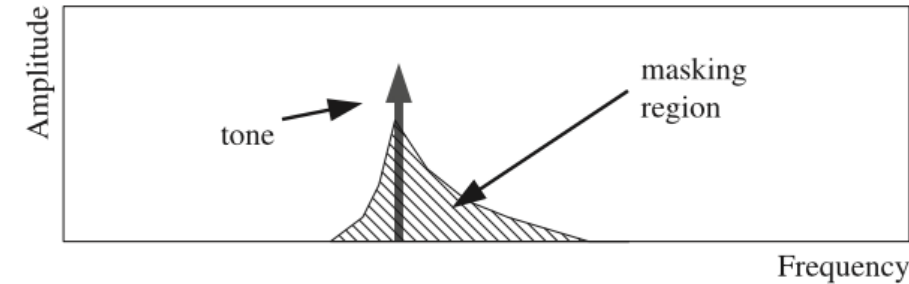


- Desta forma consegue-se controlar a SNR banda a banda.

Mascaramento acústico

O sistema auditivo humano possui várias particularidades surpreendentes, tais como o *mascaramento* na frequência.

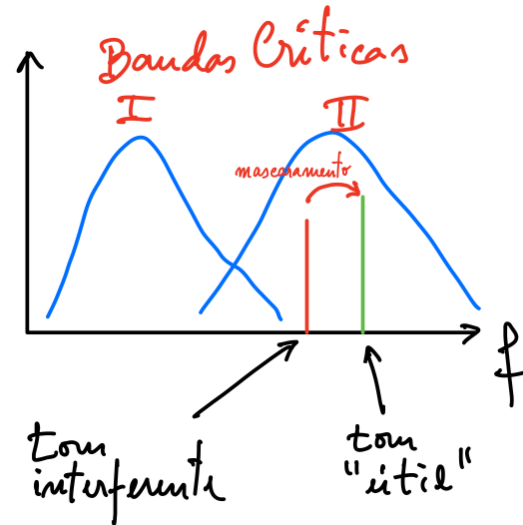
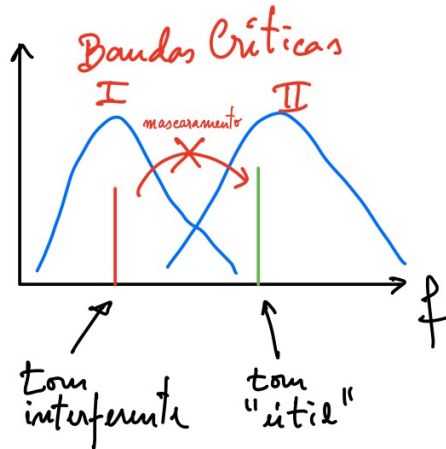
A presença de um sinal como um tom puro com uma determinada frequência dificulta a audição de sinais acústicos com frequências próximas.



No caso ilustrado, a presença de um tom de 1KHz com 60 dB de intensidade, faz com que o limiar de audibilidade de um som de 2 kHz passe de 0 para 10 dB

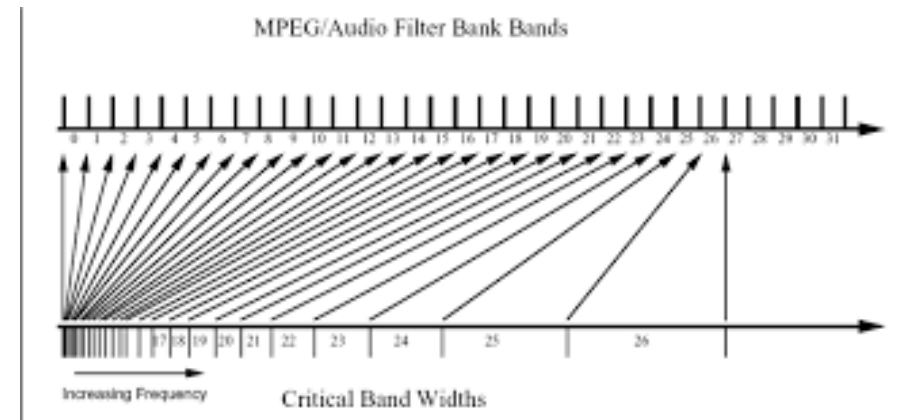
Mascaramento acústico – bandas críticas

- Investigação permitiu perceber que existem **bandas críticas** definidas de acordo com critérios psico-acústicos
- Sinais acústicos presentes numa banda **não causam mascaramento** de sinais nas outras bandas



Quais as características dessas bandas ?

- 25 bandas
- Limites das bandas (Hz):
 20, 100, 200, 300, 400, 510, 630, 770, 920, 1.080, 1.270,
 1.480, 1.720, 2.000, 2.320, 2.700, 3.150, 3.700, 4.400,
 5.300, 6.400, 7.700, 9.500, 12.000, 15.500
- Larguras de banda **crescentes** com a frequência (fig. ao lado)

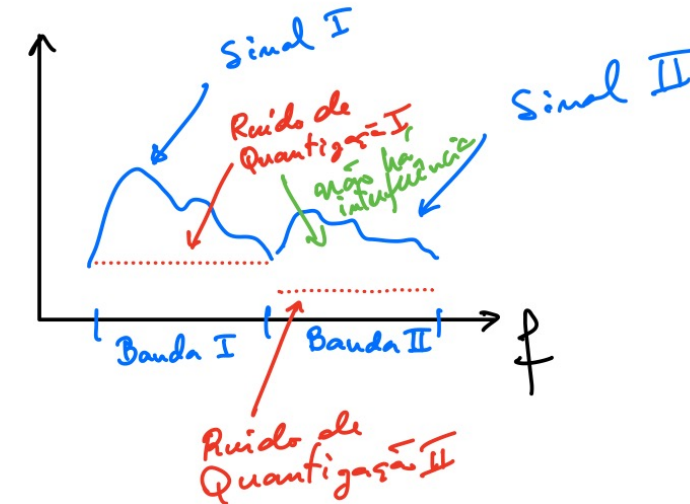


Mascaramento acústico – bandas críticas

Como são usadas essas bandas na representação dos sinais acústicos nos codificadores MPEG ?

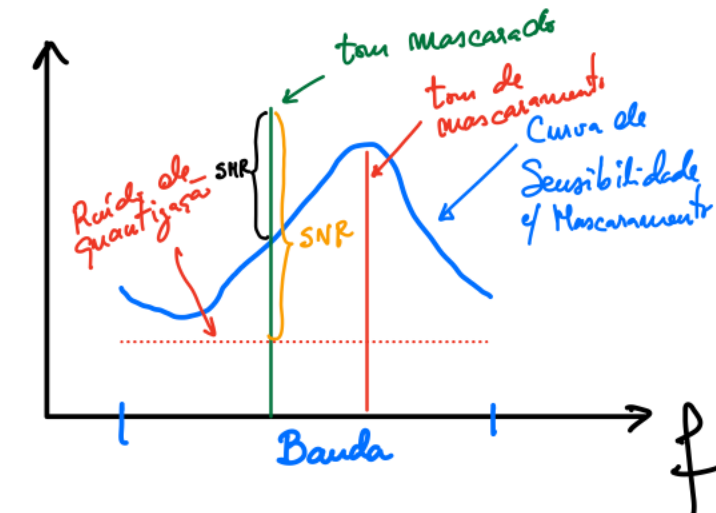
O sinal é separado em vários sinais correspondentes a essas bandas de forma que:

- o erro/ruído gerado pela quantização de uma banda não afeta nem mascara os sinais nas bandas vizinhas



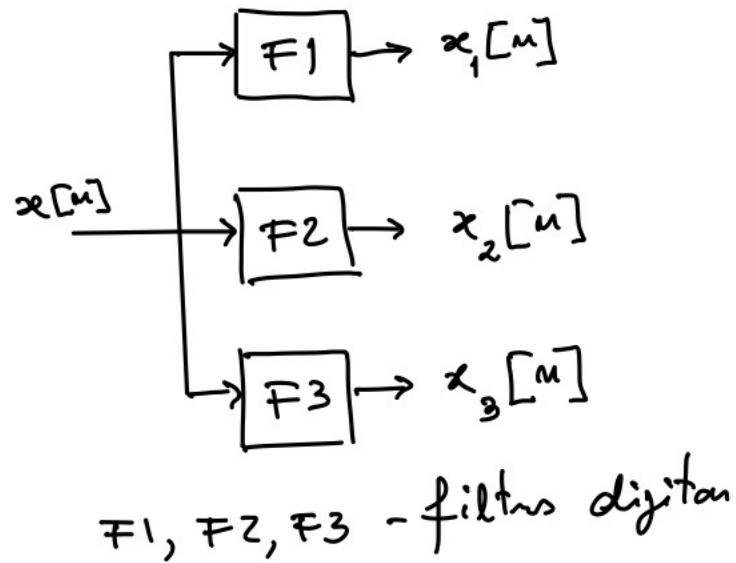
O sinal filtrado de cada banda é quantizado independentemente dos sinais nas outras bandas:

- o passo de quantização/número de bits a usar é tal que o erro de quantização está abaixo do limiar de audibilidade, considerando a presença de outros sinais na mesma banda, o que se consegue quando $SNR > SMR$ em que SNR é a relação sinal-ruído e SMR é a relação sinal-mascaramento
- possibilita ajuste da SNR por banda

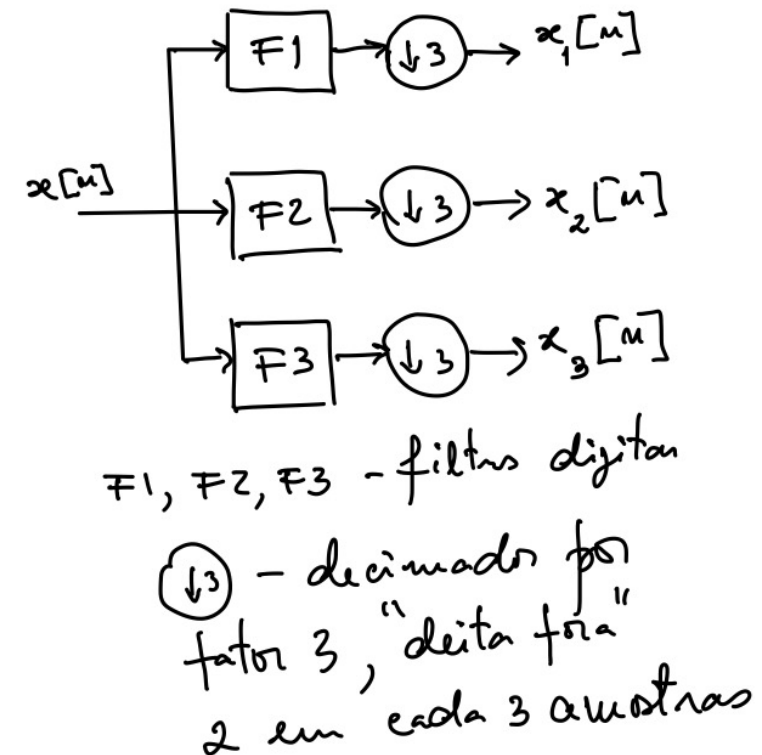


Divisão de um sinal em várias bandas

Para separar um sinal em vários sinais correspondentes a várias bandas usa-se um **banco de filtros** como o da figura abaixo

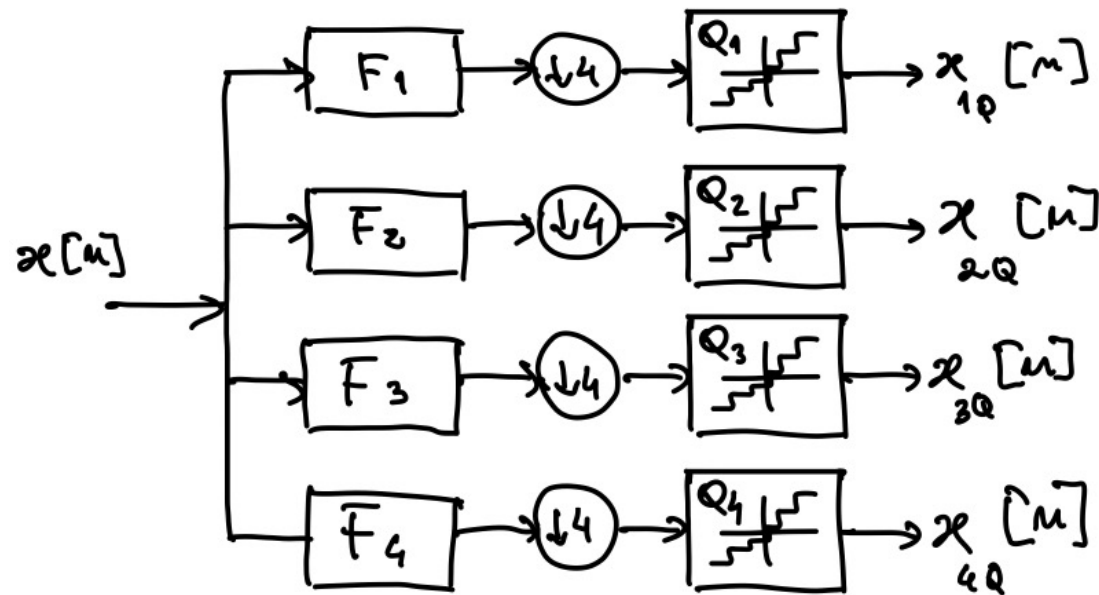


Na prática para garantir que o número de amostras por segundo de $x[n]$ é igual à soma do número de amostras por segundo de $x_1[n]$ e de $x_2[n]$ e de $x_3[n]$, **decima-se** a saída de cada filtro



Divisão de um sinal em várias bandas e quantização

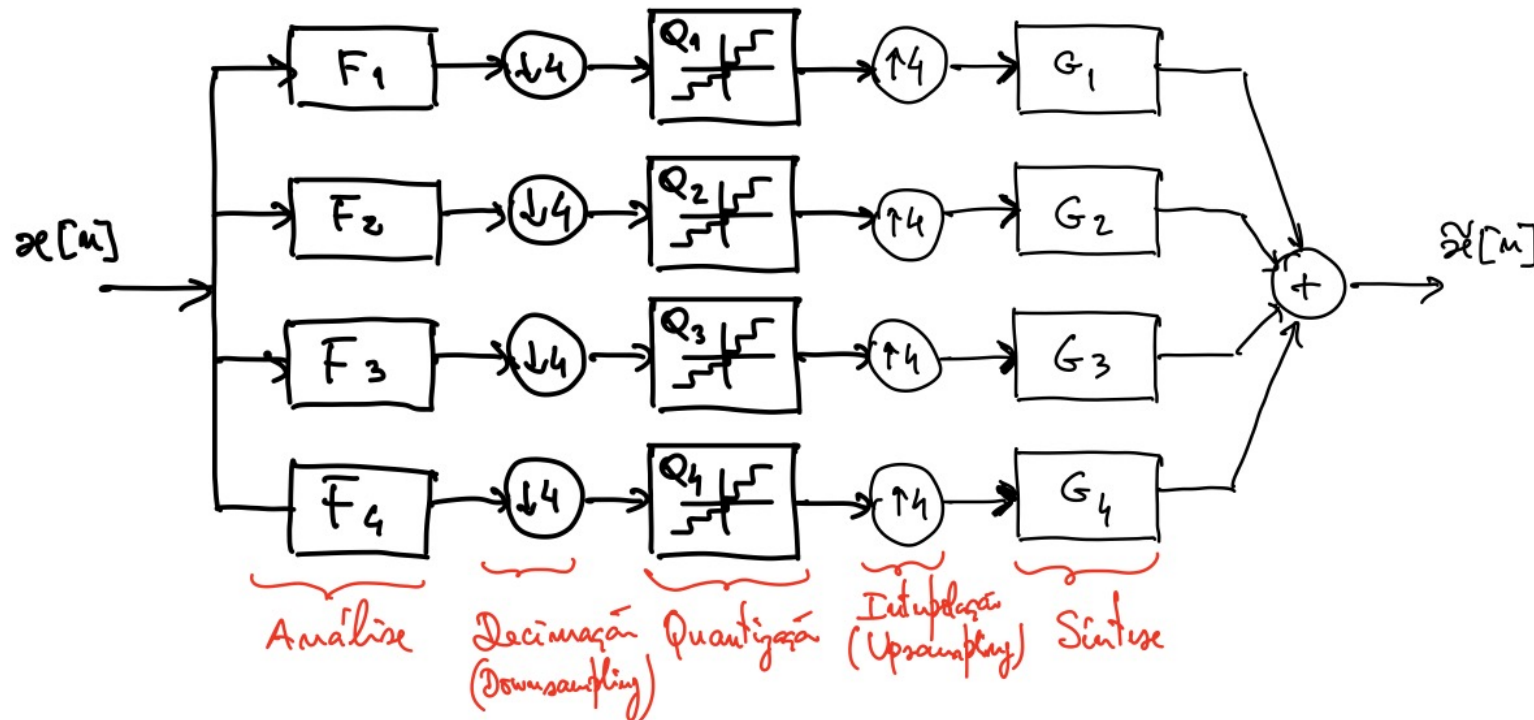
Podemos agora adicionar quantizadores independentes às saídas dos **decimadores** após os **filtros** como na figura abaixo para obtermos um **codificador** baseado em decomposição em bandas (espectrais)



em que se pode ajustar o número de bits dos quantizadores Q_1 , Q_2 , Q_3 e Q_4 para garantir uma qualidade (relação sinal-ruído) aproximadamente igual para os quatro sinais $x_{1Q}[n]$, $x_{2Q}[n]$, $x_{3Q}[n]$ e $x_{4Q}[n]$, i.e. para as quatro bandas de frequência respectivas

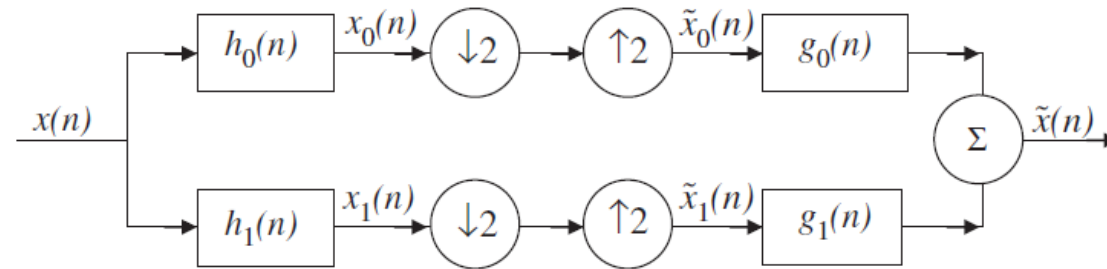
Divisão de um sinal em várias bandas e quantização

Naturalmente, se quisermos "recuperar" ou reconstruir uma versão aproximada do sinal de entrada, precisamos de inverter o processamento feito na análise e decimação



Divisão de um sinal em várias bandas – reconstrução perfeita

Para que o sinal de saída de um sistema com análise e síntese $\tilde{x}[n]$ seja igual a $x[n]$ (a menos de um atraso), têm de se verificar algumas condições.... Vejamos o caso simples de um banco de filtros com dois filtros de análise (passa baixo e passa alto) e dois filtros de síntese (sem quantização)



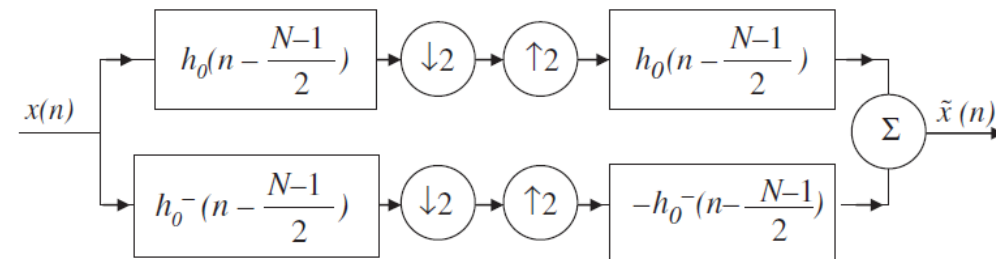
Pretendemos que $\tilde{x}[n] = x[n - nd]$ ou seja, que haja **reconstrução perfeita**

Isso é possível usando filtros de análise e síntese com relações especiais entre si.

Um tipo de filtros que garantem essa reconstrução perfeita são os filtros QMF de Esteban e Galland (1977), que verificam

as relações $g_0(n) = h_1^-(n)$
 $g_1(n) = -h_0^-(n)$ com $h_i^-(n) = (-1)^n h_i(n)$

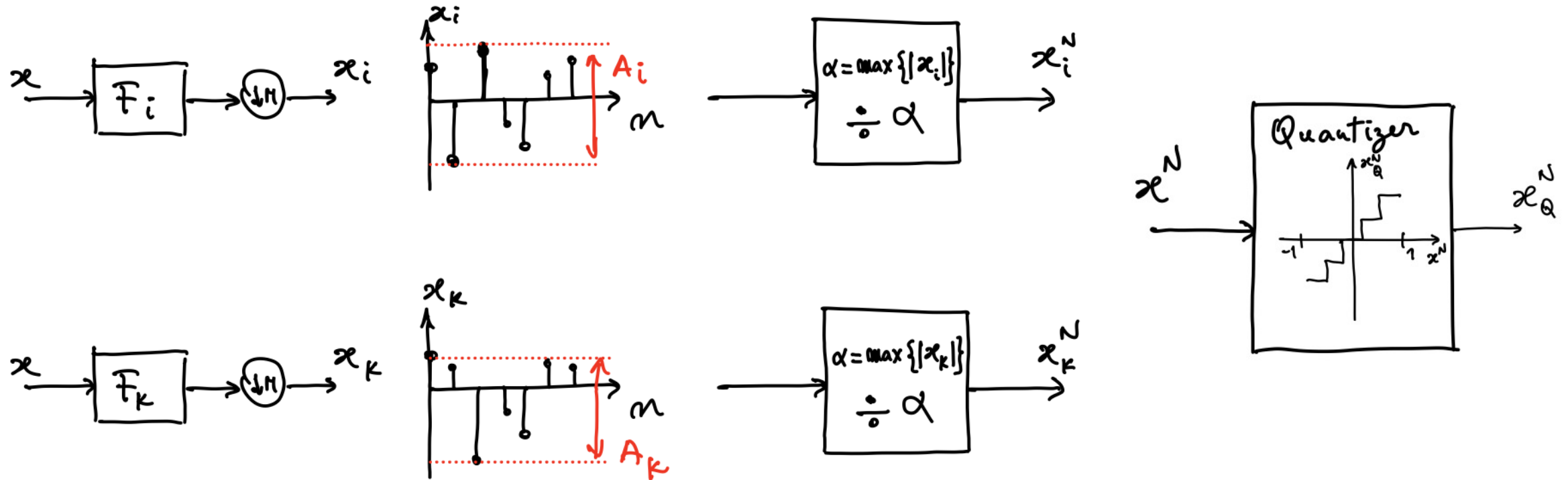
de que resulta a estrutura ao lado



Nota: Para bancos com M bandas existem filtros pseudo QMF com propriedades semelhantes aos QMF mas entre bandas vizinhas.

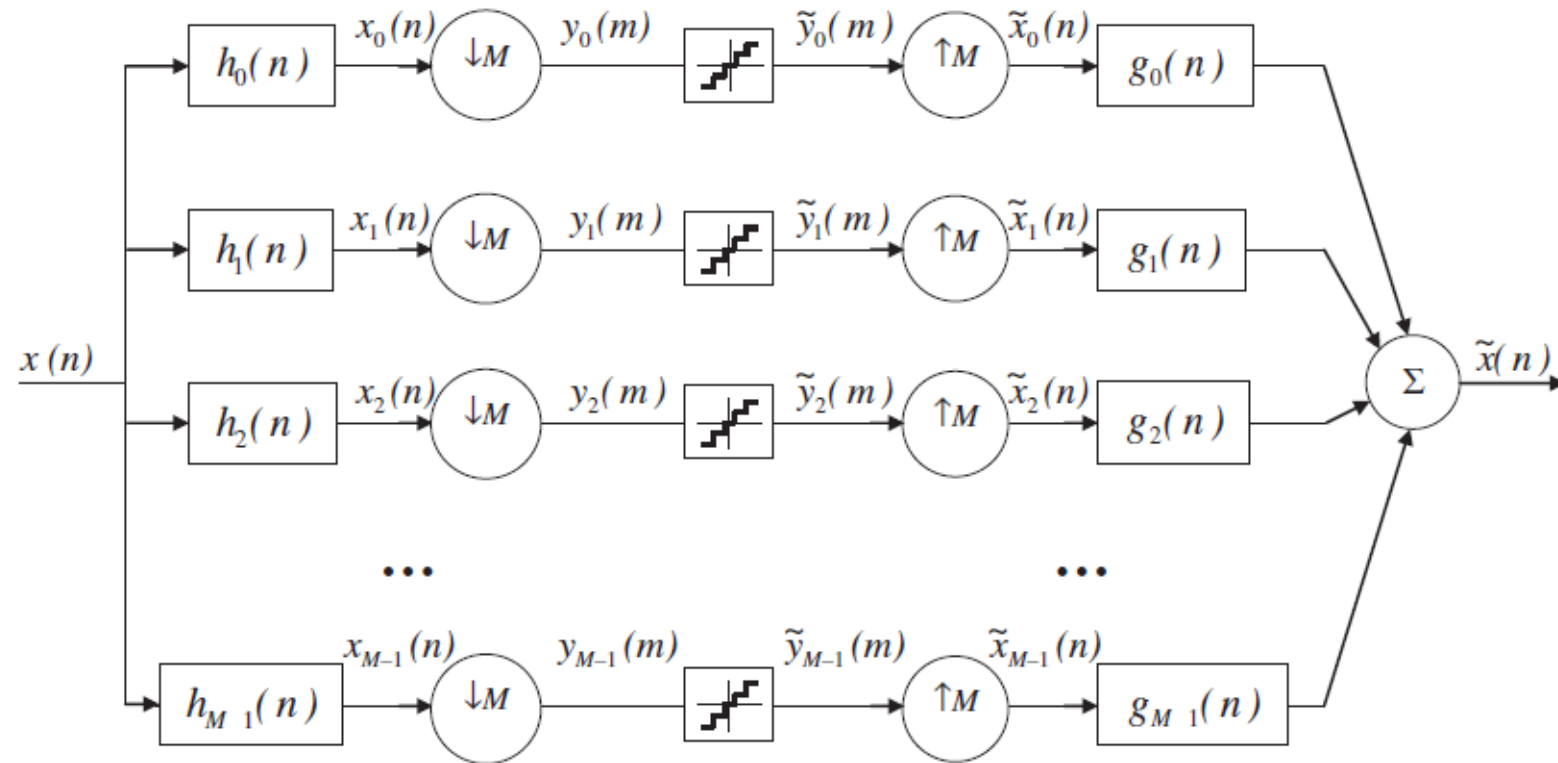
Divisão de um sinal em várias bandas e quantização

Como a gama dinâmica dos sinais à saída de cada filtro do bancos de filtros de análise pode variar muito de filtro para filtro, se os quantizadores forem calculados para uma gama dinâmica fixa, é necessário fazer uma normalização dos sinais à saída de cada filtro+decimador.



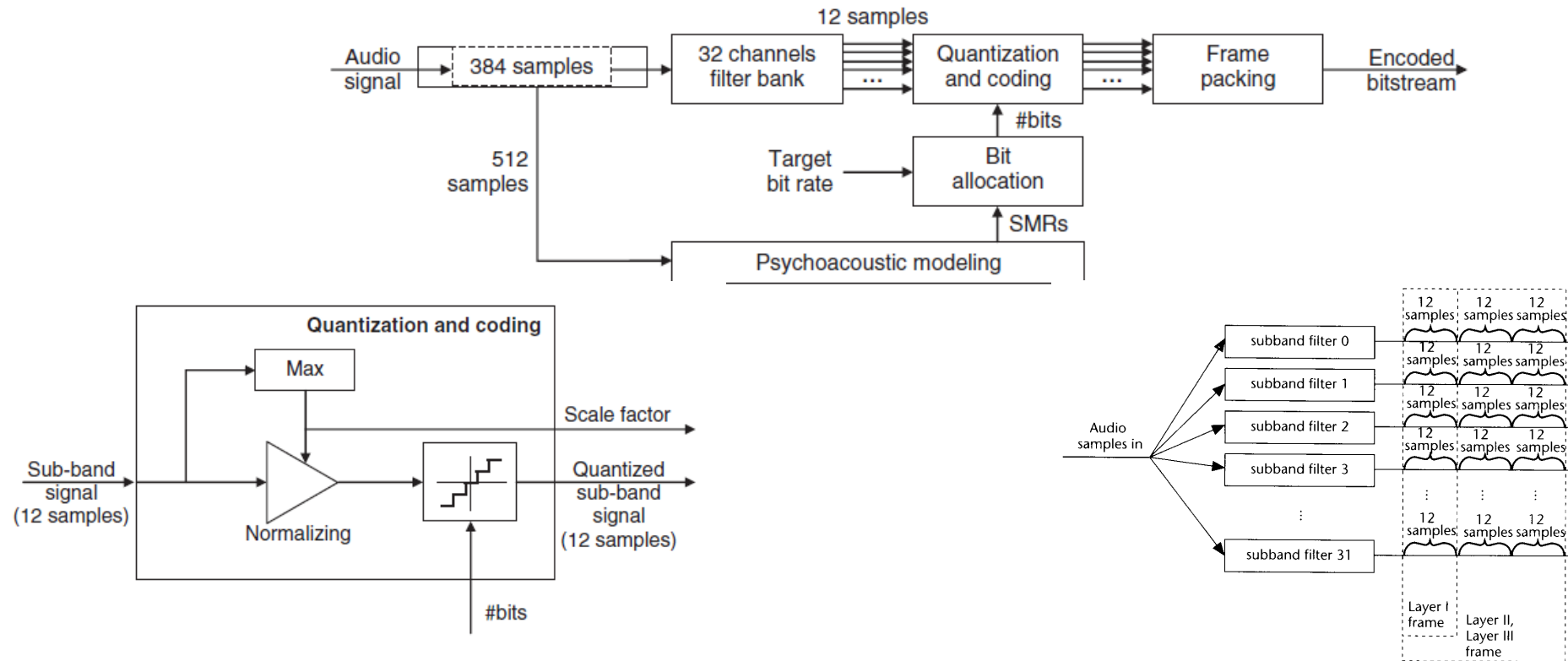
Codificação de Áudio – Codificador MPEG-1 Layer I

O codificador de áudio MPEG-1 Layer I, precursor do codificador MP3, opera segundo os princípios da divisão do sinal em bandas, seguida de quantização otimizada de cada banda.



Codificação de Áudio – Codificador MPEG-1 Layer I

O codificador de áudio MPEG-1 Layer I, precursor do codificador MP3, opera segundo os princípios da divisão do sinal em bandas, seguida de quantização otimizada de cada banda.



O codificador MPEG-1 Layer-III (**MP3**) também segue os mesmos princípios dos anteriores, mas cada uma das 32 bandas acústicas isoladas pelo banco de filtros é sub-dividida em 18 sub-bandas.



Leitura recomendada (fortemente)

Estude as secções 3.1.1, 3.1.3 e 3.1.4 de [1]. Se já não recordar os detalhes da operação de quantização releia o Cap. 2 do mesmo livro.

[1]-Thierry Dutoit, Ferran Marqués, “Applied Signal Processing A MATLAB-Based Proof of Concept” , Springer 2009