

outras formas da modulação pcm

❖ características:

- procuram explorar a redundância entre amostras consecutivas de uma forma de onda típica de um sinal de voz,
- o sinal de erro, dado pela diferença entre duas amostras consecutivas, é codificado,
- como resultado obtém-se uma redução significativa na taxa de bits.

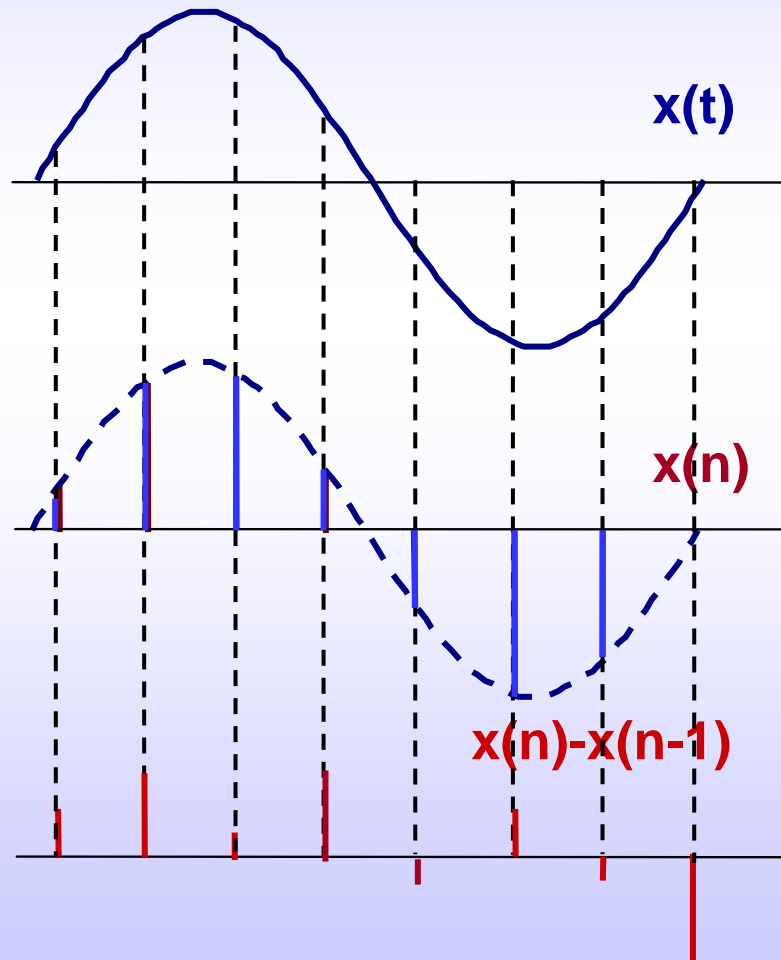
❖ tipos:

- Modulação por código de pulsos diferencial (dpcm).
- Modulação por código de pulsos diferencial e adaptativa (adpcm).



Modulação por Código de Pulsos Diferencial (DPCM)

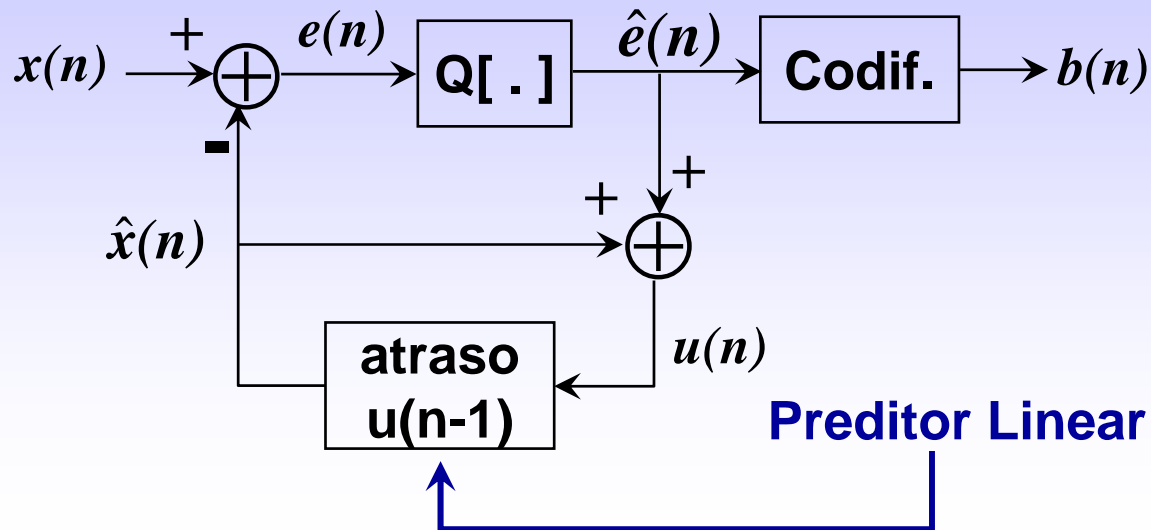
- ❖ Explora a redundância entre amostras consecutivas de um sinal de VOZ.
- ❖ Codifica o sinal diferença (erro) entre duas amostras adjacentes.
 - $e(n) = x(n) - x(n - 1)$.



- ❖ PCM: A taxa de amostragem levemente superior à de Nyquist.
- ❖ Tem-se uma correlação alta entre amostras adjacentes. O sinal não varia muito entre uma amostra e a próxima.
- ❖ Assim, o sinal diferença $e(n)$, entre duas amostras adjacentes tem uma variância menor do que a do sinal.
- ❖ Como resultado pode-se utilizar um número menor de níveis de quantização na codificação.
- ❖ Redução na taxa de bits (1 ou 2 bits).



Diagrama de Blocos do Transmissor



→ codifica-se o sinal de erro entre as amostras $x(n)$ e $\hat{x}(n) = u(n-1)$

➤ **sinal de erro:** $e(n) = x(n) - \hat{x}(n)$ → $\hat{e}(n) = Q[e(n)] = e(n) + q(n)$

➤ **sinal de excitação $u(n)$:**

$$u(n) = \hat{x}(n) + \hat{e}(n)$$

$$u(n) = \hat{x}(n) + e(n) + q(n)$$

$$u(n) = x(n) + q(n)$$

→ $\hat{x}(n) = u(n-1) = x(n-1) - q(n-1)$

estimativa de $x(n)$ a partir de $x(n-1)$

substituindo

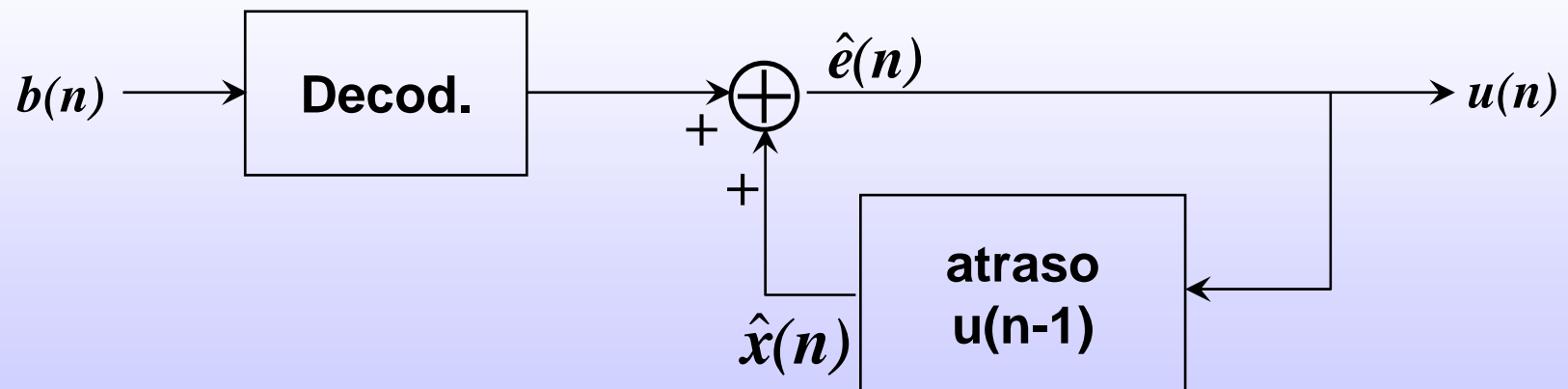


→ $u(n) = x(n) + q(n)$

- ❖ $u(n)$ difere de $x(n)$ pelo erro de quantização $q(n)$.
- ❖ $\hat{x}(n) = u(n - 1) = x(n - 1) - q(n - 1)$
- ❖ Se a predição for boa, a variância de $e(n)$ é menor que a de $x(n)$.
- ❖ O erro de quantização menor que o PCM.
- ❖ Redução na taxa de bits (1 ou 2 bits).

Receptor

- ❖ Na recepção tem-se que recuperar $u(n)$: versão quantizada de $x(n)$.
 - como $u(n) = \hat{x}(n) + \hat{e}(n)$ então,



Exemplo: redução na taxa de bits

❖ A qualidade do sistema dpcm pode ser medida com um tom senoidal com frequência 800 Hz.

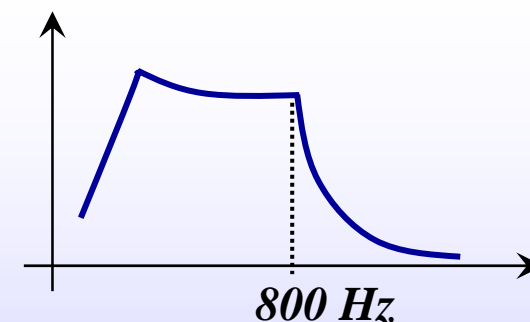
- Admite-se quantização linear.
- Compara-se a faixa dinâmica do sinal de teste com a do sinal diferença.

$$x(t) = A \sin(2\pi 800t) \longrightarrow \frac{dx(t)}{dt} = A 2\pi 800 \cos(2\pi 800t)$$

- Variação máxima da amplitude do sinal diferença:

$$\Delta e|_{MAX} = A 2\pi 800 \frac{1}{8000} = 0.628A$$

- Bits salvos: $\log_2\left(\frac{A}{0.628A}\right) = 0.67 \approx \frac{2}{3}$



- na prática obtém-se uma redução de 1 bit.



Resumo

- ❖ **Duas amostras adjacentes apresentam correlação alta,**
- ❖ **A variância do sinal de erro é menor que a do sinal original,**
- ❖ **Logo os sistemas PCM convencionais apresentam redundâncias,**
- ❖ **A remoção das redundâncias conduz a uma codificação eficiente,**
- ❖ **Sistemas dpcm apresentam redução de um bit,**
- ❖ **Reduz de 64 kbps para 56 kbps,**
- ❖ **Sinais de vídeo consegue-se redução por um fator de 2,**
- ❖ **Melhor resultado: ajuste do passo de quantização de acordo com a potência média do sinal.**
- ❖ **Sistema dpcm foi desenvolvido por Cutler em 1952.**



Modulação ADPCM

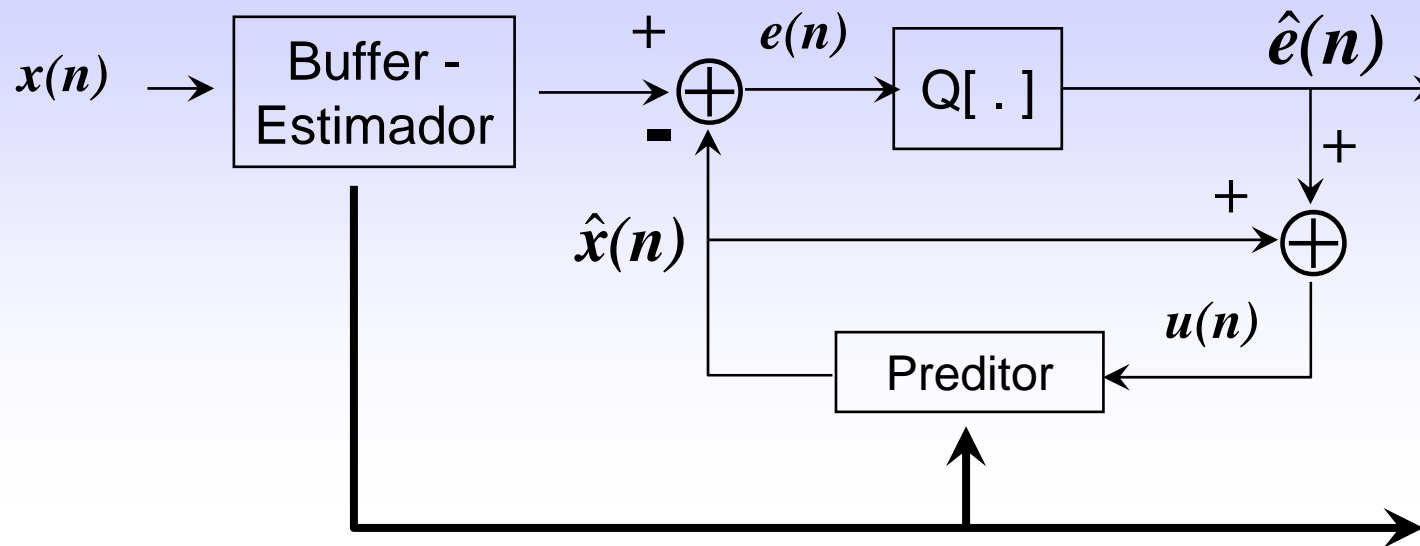
- ❖ Sinais de voz não são estacionários.
 - Variam devido a diferentes tipos de locutores,
 - Dependem do local e situações da fala,
 - Portanto faz-se necessário um sistema adaptativo para levar em consideração as variações temporais.

TIPOS DE ESQUEMAS

- ❖ Quantização Adaptativa
 - **Direta:** as amostras do sinal de entrada são utilizadas para estimar a variância do sinal.
 - **Reversa:** a saída do quantizador é utilizada para estimar a variância do sinal.
- ❖ Dois esquemas para Predição Adaptativa:
 - Predição adaptativa com estimação direta, APF: as amostras do sinal de entrada são utilizadas para estimar os coeficientes do preditor.
 - Predição adaptativa com estimação reversa, APB: a saída do quantizador e o erro de predição são utilizados para estimar os coeficientes do preditor



ADPCM Direta - APF

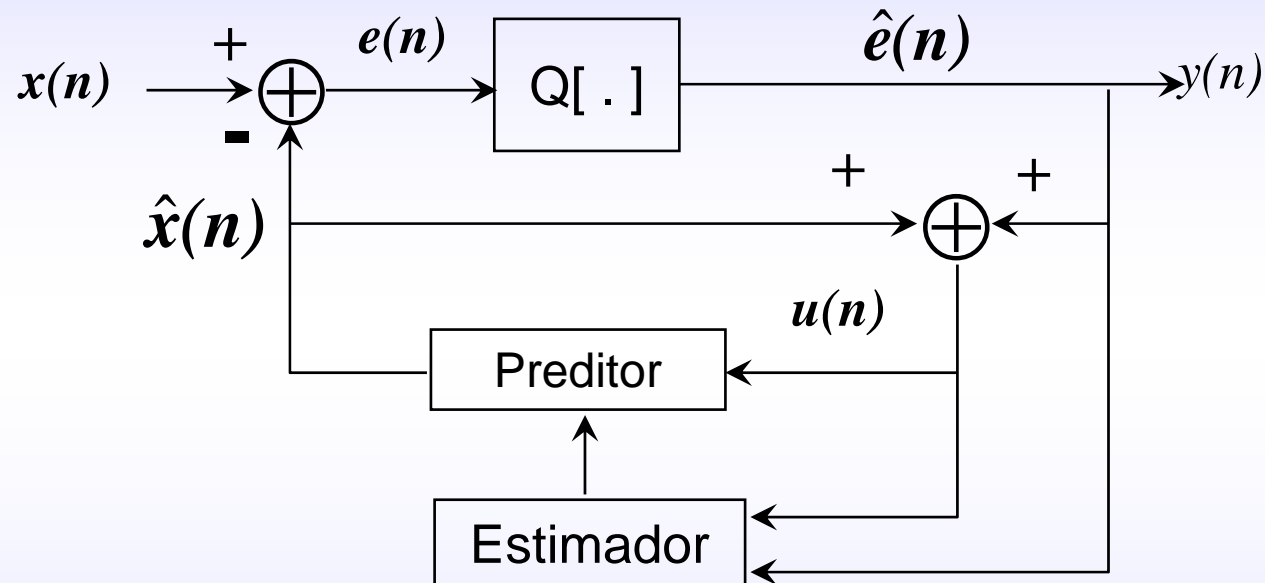


- ❖ N amostras são armazenadas no 'Buffer' (16ms) e liberadas após o cálculo dos coeficientes do preditor.
- ❖ O filtro preditor tem ordem 10 (ordem 10)
- ❖ Desvantagens:
 - Armazenamento e consequente atraso (16 ms)
 - Necessidade de transmissão dos coeficientes do filtro.



ADPCM Reversa - APB

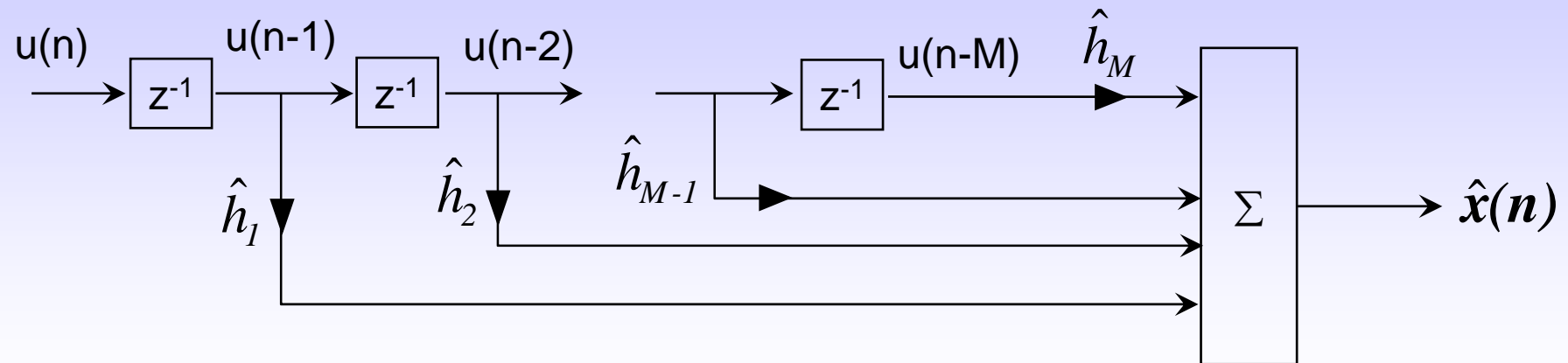
- ❖ As amostras na saída do quantizador são utilizadas para estimar os coeficientes do filtro preditor.
- ❖ Neste caso não há necessidade de se transmitir os coeficientes do filtro.



atualização dos coeficientes do filtro preditor: $\hat{h}_k(n+1) = \hat{h}_k(n) + \mu y(n)u(n)$



- ❖ O preditor pode ser encarado como um filtro FIR de ordem M.



- ❖ Os coeficientes são atualizados amostra por amostra através da seguinte fórmula de recursão:

$$\hat{h}_k(n+1) = \hat{h}_k(n) + \mu y(n)u(n)$$

- onde μ é uma constante de adaptação



Alguns Padrões

Padrão	kbps
PCM	64
ADPCM	32
LDCELP	16
LPC-10	2.4
CELP	4.8
MPLPC	9.6
RPELPC	13
APC	16
MBE	6.4

← PSTN

← Padrão USA

← Skyphone Aeronáutica

← Celular Europeu

← INMARSAT - B

← INMARSAT - M

Sistemas Equivalentes

SBC	ADPCM	ADM
16	22	19.5

