

Amostragem e Conversão A/D

Edmar J Nascimento

Universidade Federal do Vale do São Francisco
Colegiado de Engenharia Elétrica

www.univasf.edu.br/~edmar.nascimento

October 10, 2020

PCM Diferencial (DPCM)

- Amostras sucessivas são correlacionadas (semelhantes)
- Uma opção é transmitir a diferença entre as amostras em vez da amostra em si
 - Menos bits são necessários
- Esse esquema pode ser aprimorado usando-se estimativas (predições) com base nos valores anteriores
- A diferença entre o valor da amostra e de sua estimativa é dada por:

$$d[k] = m[k] - \hat{m}[k]$$

PCM Diferencial (DPCM)

- A predição $\hat{m}[k]$ pode ser obtida a partir da representação em séries de Taylor de $m(t + T_s)$

$$\begin{aligned}m(t + T_s) &= m(t) + T_s \frac{dm}{dt} + \frac{T_s^2}{2!} \frac{d^2m}{dt^2} + \dots \\&\approx m(t) + T_s \frac{dm}{dt} \quad (T_s \text{ pequeno})\end{aligned}$$

- Para $t = kT_s$ e simplificando-se a notação $m(kT_s) = m(k)$, tem-se que:

$$m[k + 1] = m[k] + T_s \frac{(m[k] - m[k - 1])}{T_s} = 2m[k] - m[k - 1]$$

PCM Diferencial (DPCM)

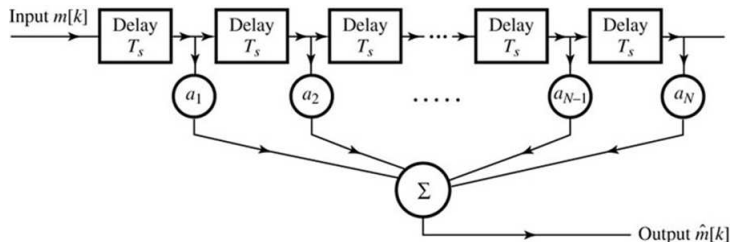
- A amostra no instante $k + 1$ depende das duas amostras anteriores
- No caso geral, quanto maior a quantidade de termos, melhor é a estimativa

$$\hat{m}[k] = a_1 m[k-1] + a_2 m[k-2] + \cdots + a_N m[k-N]$$

- Essa equação representa um preditor linear cujos coeficientes a_j são escolhidos de modo a minimizar algum critério como o erro médio quadrático

PCM Diferencial (DPCM)

- Filtro transversal usado como preditor linear



PCM Diferencial (DPCM)

- Assim, no DPCM transmite-se a diferença entre o sinal no instante kT_S e o seu valor estimado através de um filtro preditor
- No receptor, a estimativa é gerada através das amostras passadas e o valor real é obtido somando-se a estimativa ao valor de $d[k]$
- Como os sistemas são digitais, alguns ajustes precisam ser feitos
- Nos sistemas digitais, tanto as amostras, quanto a diferença são versões quantizadas dos valores reais
- Assim, no DPCM, o que é transmitido é a diferença quantizada do sinal

$$d[k] = m[k] - \hat{m}_q[k]$$

PCM Diferencial (DPCM)

- A diferença quantizada produz um erro de quantização $q[k]$, ou seja

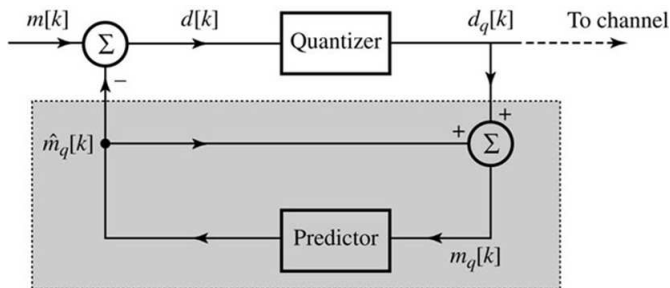
$$d_q[k] = d[k] + q[k]$$

- No receptor, a diferença quantizada é somada com a estimativa quantizada, resultando no sinal quantizado $m_q[k]$

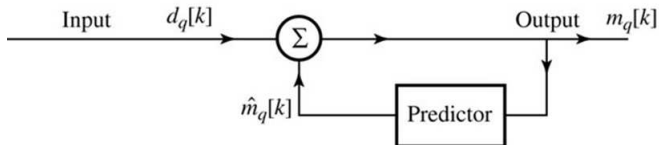
$$\begin{aligned} m_q[k] &= \hat{m}_q[k] + d_q[k] = m[k] - d[k] + d_q[k] \\ &= m[k] - d[k] + d[k] + q[k] = m[k] + q[k] \end{aligned}$$

- Com as amostras quantizadas recuperadas, é possível recuperar o sinal analógico $m(t)$ a partir dos procedimentos vistos anteriormente

PCM Diferencial (DPCM)



(a)



(b)

PCM Diferencial (DPCM)

- O ganho obtido com o DPCM é chamado de ganho de predição
- Se o mesmo L é usado para PCM e DPCM e m_p e d_p são os valores de pico, então o ruído de quantização em DPCM é reduzido por um fator de

$$\left(\frac{m_p}{d_p}\right)^2$$

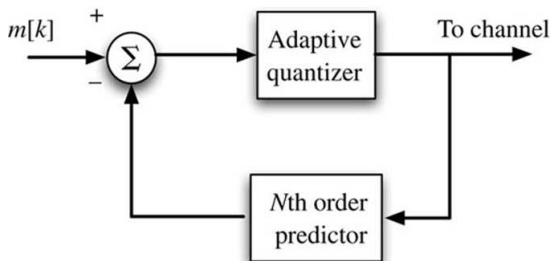
- A SNR cresce por um fator de

$$G_p = \frac{P_m}{P_d}$$

- Se a SNR é mantida igual para ambos, o DPCM usa em torno de 3 a 4 bits a menos por amostra

PCM Diferencial Adaptativo (ADPCM)

- No ADPCM, o intervalo de quantização Δv é modificado de acordo com o valor do erro quantizado $d_q[k]$
- Isto proporciona uma redução na quantidade de bits transmitidos sem perdas consideráveis na qualidade



Modulação Delta

- Similar ao DPCM, mas utilizando apenas 1 bit para codificar a diferença $m[k] - \hat{m}_q[k]$ ($L=2$)
- Para compensar essa baixa resolução, a amostragem é feita em uma taxa superior (superamostragem $\sim 4f_s$)
- O resultado é um método simples e barato em relação aos anteriores
- O preditor é de primeira ordem, ou seja:

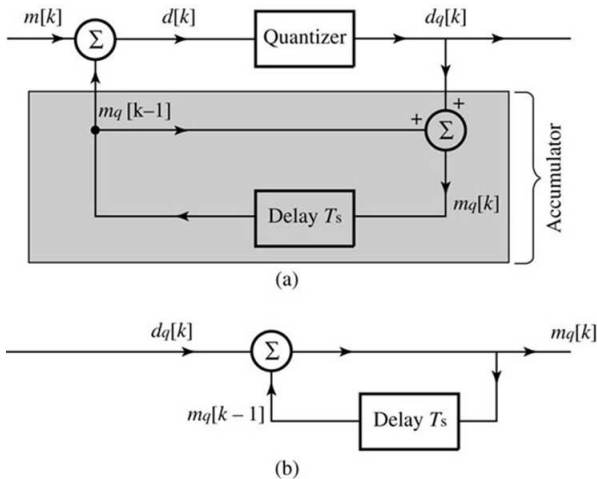
$$\hat{m}_q[k] = m_q[k-1]$$

$$m_q[k] = \hat{m}_q[k] + d_q[k] = m_q[k-1] + d_q[k]$$

- Procedendo-se recursivamente, o sinal obtido no receptor é dado por

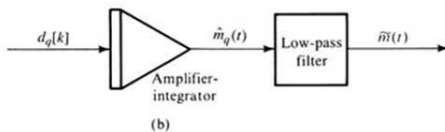
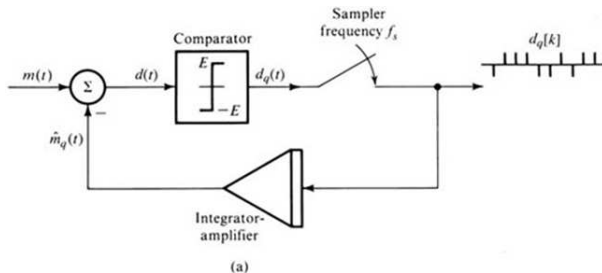
$$m_q[k] = \sum_{m=0}^k d_q[m]$$

Modulação Delta



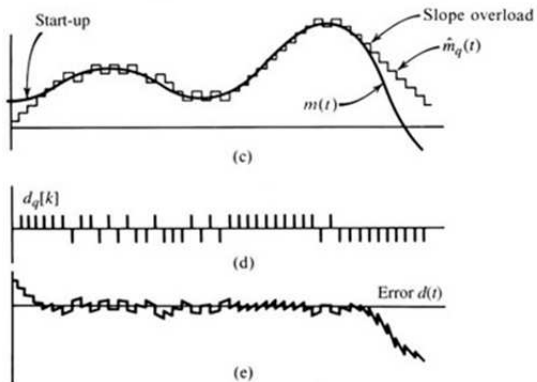
Modulação Delta

- Implementação prática da modulação delta



Modulação Delta

- Erros na modulação delta e a sobrecarga de inclinação



Modulação Delta

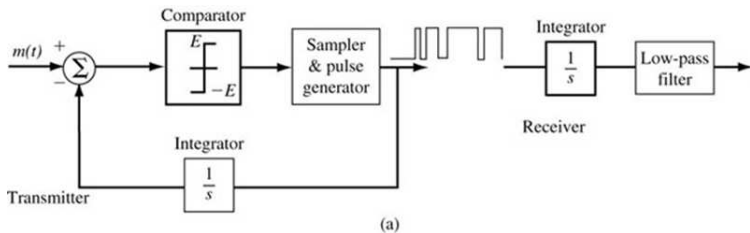
- Na figura anterior, pode-se observar que quando a inclinação é muito acentuada, a modulação delta não consegue acompanhar o sinal, dando origem ao ruído de sobrecarga de inclinação
- Isto poderia ser corrigido com um incremento maior, mas aumentaria o ruído granular
- Existe portanto um valor ótimo de equilíbrio
- Para que não ocorra sobrecarga de inclinação, é necessário que

$$|\dot{m}(t)| < Ef_S = \frac{E}{T_S}$$

- É possível também obter uma versão adaptativa da modulação delta, a ADM, na qual a altura do degrau é ajustada automaticamente

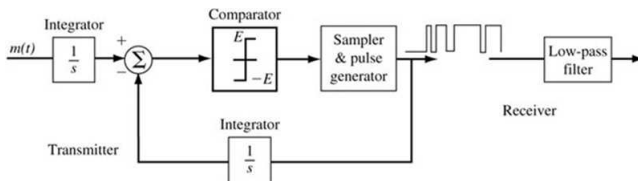
Modulação Sigma-Delta

- Na modulação delta, o ruído do canal é integrado pelo receptor

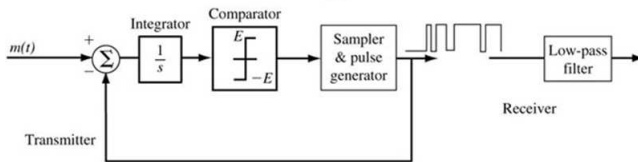


Modulação Sigma-Delta

- Usando propriedades dos sistemas lineares, a modulação delta pode ser modificada dando origem a modulação sigma-delta



(b)



(c)

Modulação Sigma-Delta

- A modulação sigma-delta apresenta diversas vantagens:
 - Ruído não se acumula no demodulador
 - Pré-ênfase nas baixas frequências
 - O sinal é suavizado antes da codificação (sobrecarga menos provável)
 - Integrador aumenta a correlação entre amostras sucessivas
 - Demodulador simplificado