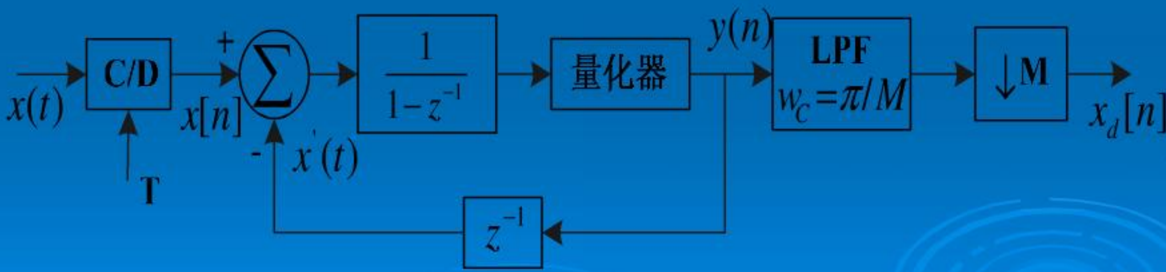
Sigma-Delta modulation

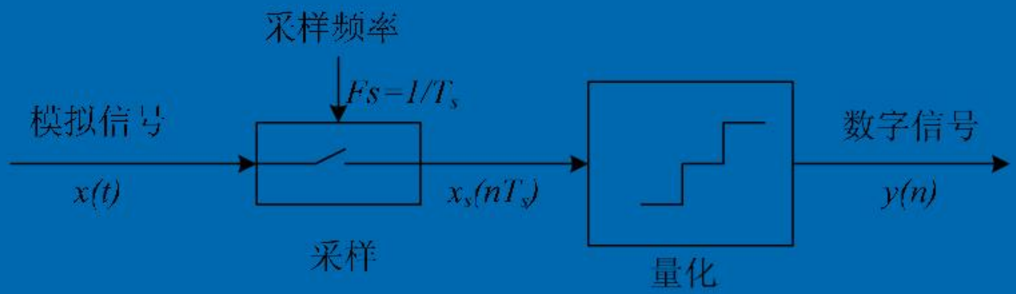
简介

∑△ADC结构

- 过采样
- 噪声整形
- 抽取滤波



➢模数转换



A/D转换的一般过程：

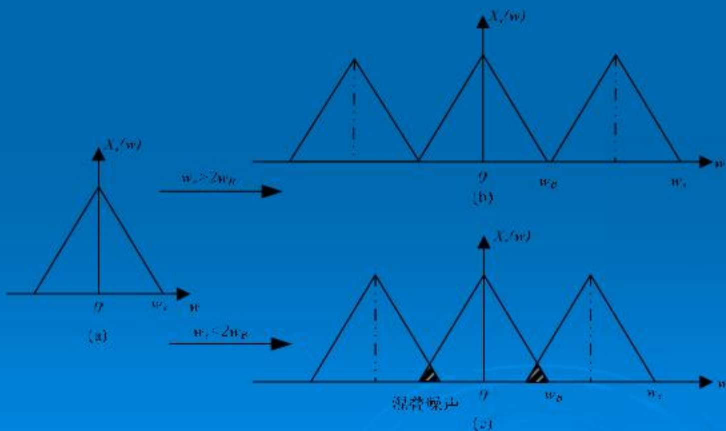
采样保持

量化编码

➢采样定理

采样过程：$x_S(t)=\sum_{n=-\infty}^{\infty}x(t)\delta(t-nT_S)$

频域　　：$X_S(\omega)=1/T_S\sum_{k=-\infty}^{\infty}X(\omega-k\omega_S)$



需要进行
抗混叠滤波

➢量化噪声

量化的有限精度导致量化噪声：

$$y(n)=x(n)+e(n)$$

N位量化器的量化阶：

$$q=1/2^n$$

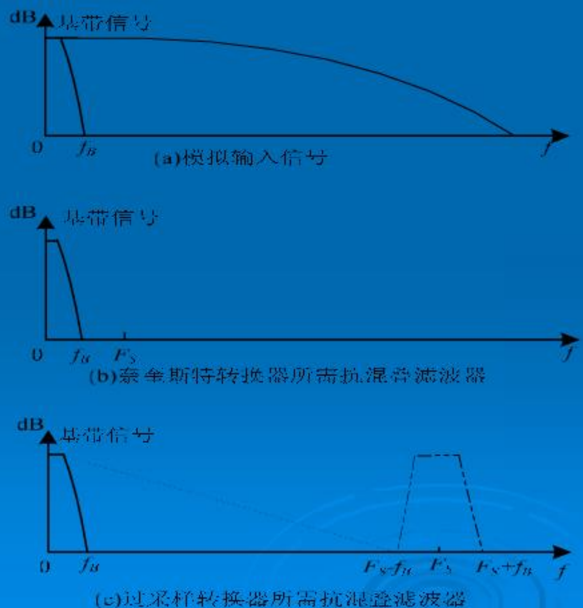
(输入信号归一化)

量化噪声： $\sigma_e^2=\frac{1}{q}\int_{-q/2}^{q/2}e^2de=\frac{q^2}{12}$

噪声谱密度： $N(f)=\frac{q^2}{12F_S}$

➢过采样

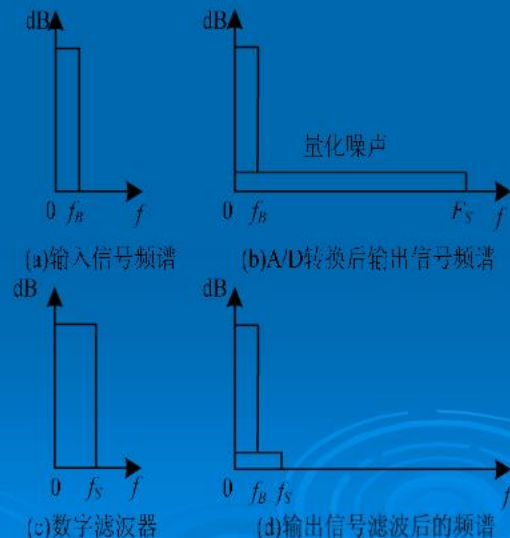
1.降低对抗混叠滤波器的要求



➢过采样

2.减少基带内的量化噪声

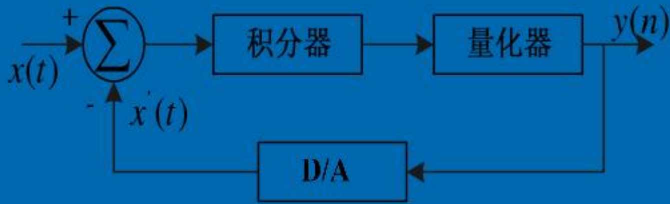
$$N_B = \int_{-f_B}^{f_B} N(f)df = \frac{2f_B}{F_s} \bullet \frac{q^2}{12}$$



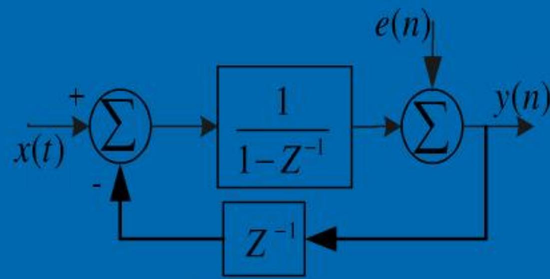
量化噪声散布区域增大

带内量化噪声减小

➢噪声整形



(a)一阶∑Δ调制器结构图



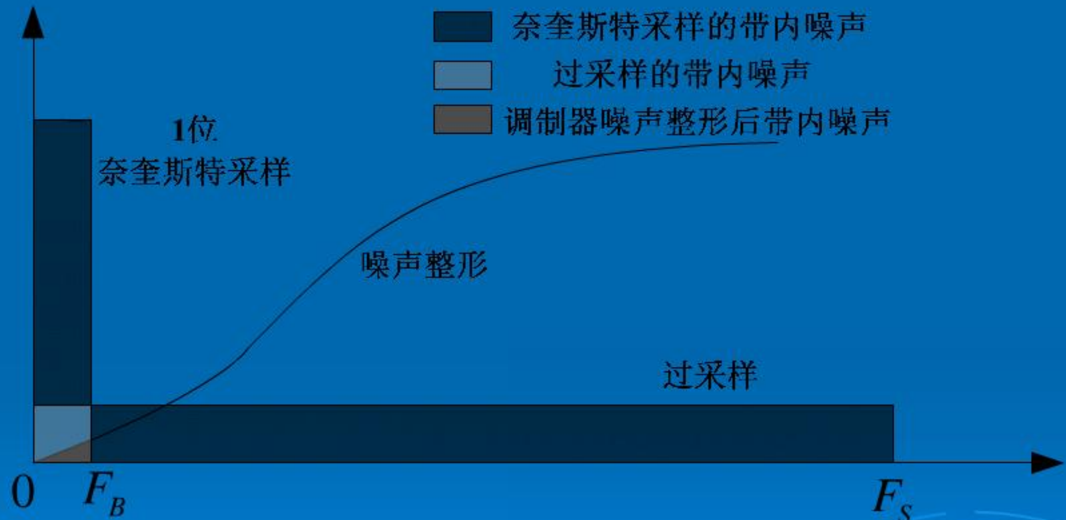
(b)一阶∑Δ调制器Z域线性模型

根据Z域模型可以得到传输函数:

$$Y(Z)=X(Z)+(1-Z^{-1})E(Z)$$

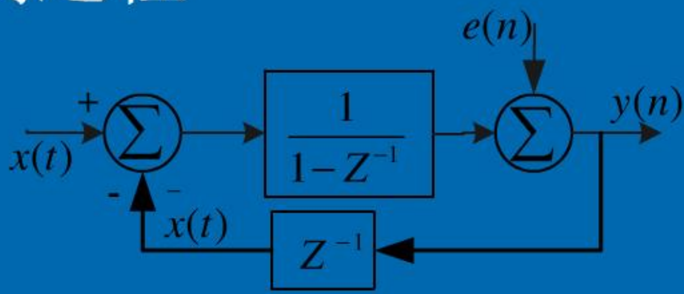
对量化噪声形成高通形式。

➢噪声整形



噪声整形后的噪声分布

➢调制过程

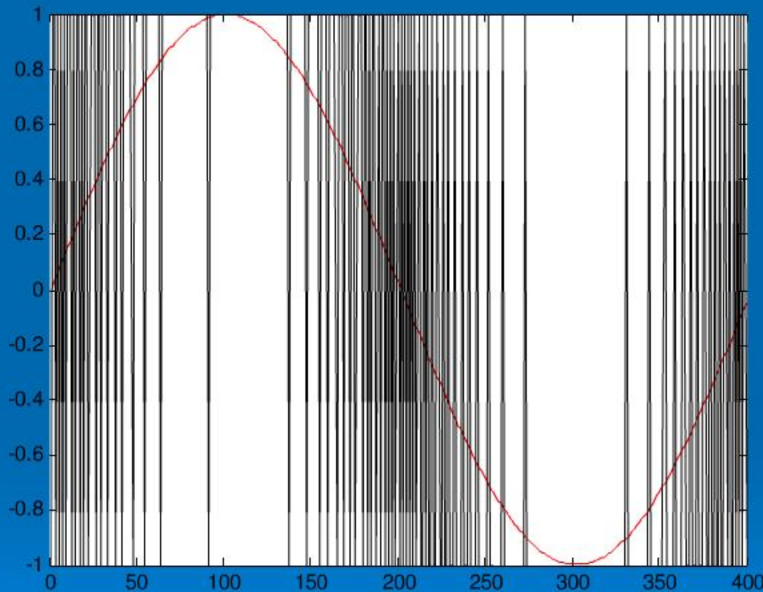


一阶$\sum\Delta$调制器Z域线性模型

积分器输入：　$x(t)-\bar{x}(t)$

可看作量化误差积分

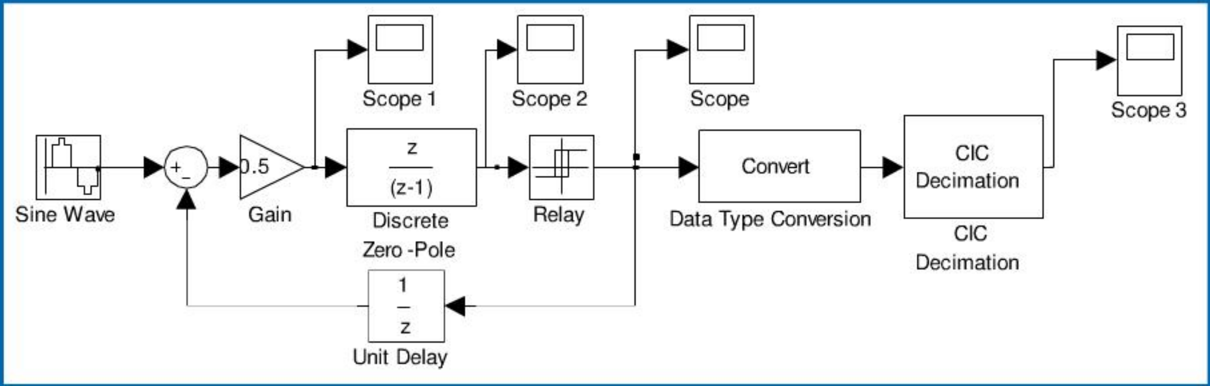
➢调制过程

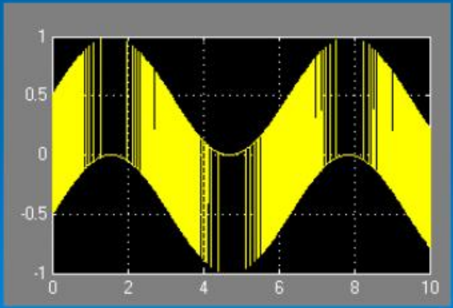


调制器输出与输入

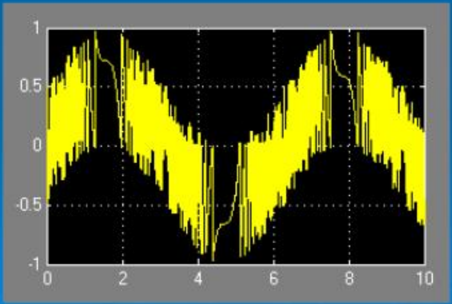
- 输入为正的最大值附近输出大部分时间为正1
- 输入为负的最大值附近输出大部分时间为负1
- 输入为0附近输出频繁震荡

➢调制过程

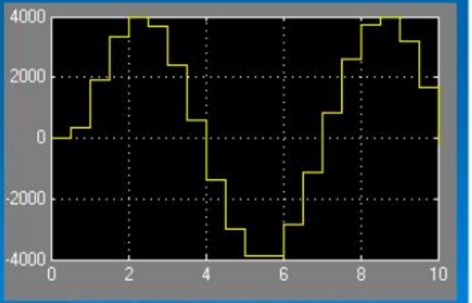




scope1



scope2



scope3

➢∑△调制器性能分析

L阶∑△调制器的量化信噪比：

$$SNR(dB) = 6.02N + 10\lg(2L+1) + 10(2L+1)\lg OSR - 10L$$

N：量化位数
L：调制器阶数
OSR：过采样比

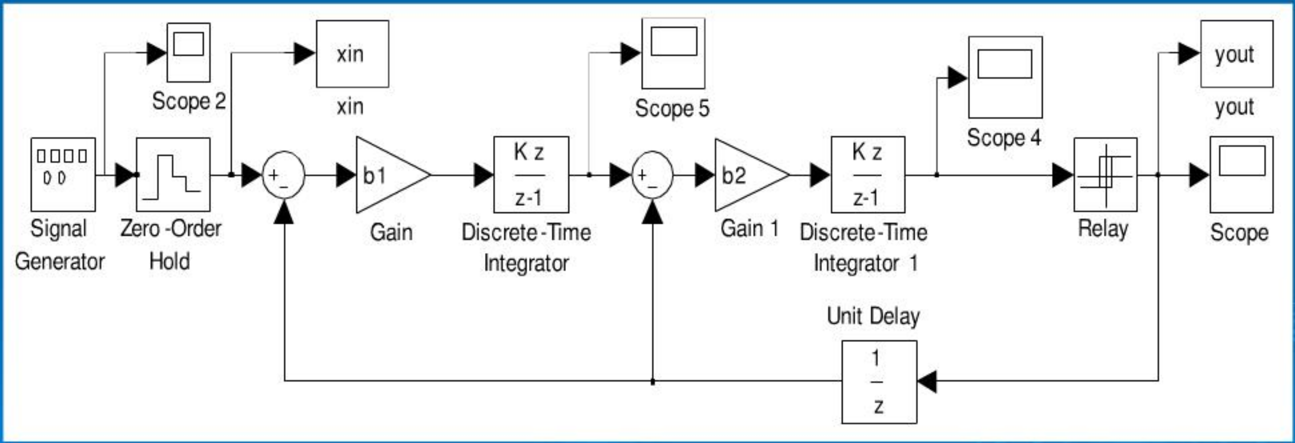
➢高采样率可把噪声趋向更高的频率。但受到工作频率和滤波器性能的制约。

➢增加调制器阶数是提量化信噪比的最有效途径。但当阶数较高以后，要保证系统的稳定性变得十分困难。

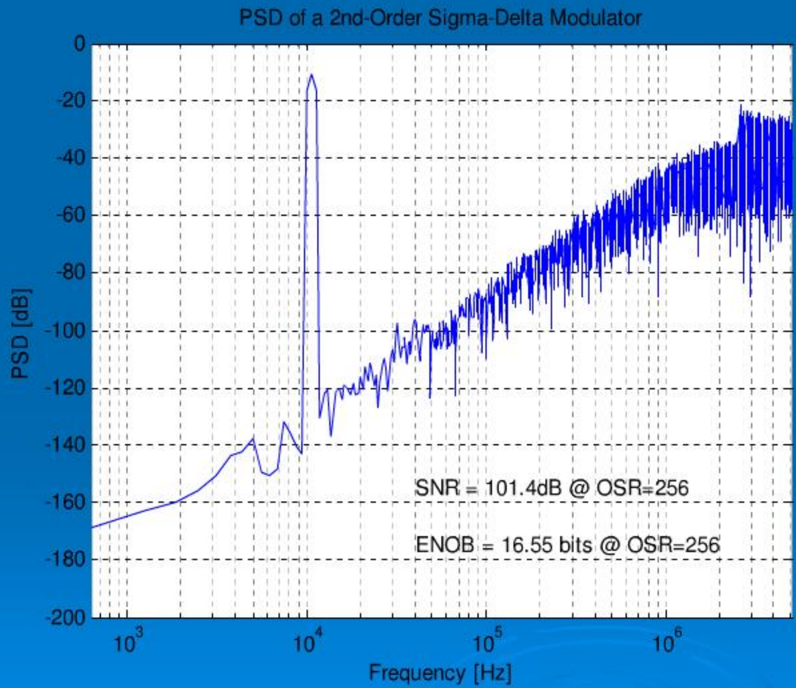
➢同样的精度条件下，采用多位量化器可以降低采样频率。但多位量化器的非线性会增加系统对元件匹配精度的要求 。

➢∑△调制器仿真模型

用MATLAB simulink实现的一个简单二阶∑△调制器的仿真模型：



➢∑△调制器仿真模型



从图中可以看到，噪声基本被趋向高频段。这样，通过一个低通滤波器即可以有效地将噪声基本滤除。

➢参考资料

☞1.A.V.奥本海姆，《离散时间信号处理（第二版）》

☞2.Sangil park,《principles of Sigma-Delta Modulation for Analog-to-Digital Converters》

☞3.Steven R.Norsworthy,《Delta-Sigma Date Converters,Theoty,Design and Simulation》