

## 1 Quantization Process

## 2 PCM

### 3.6 Quantization Process

1. สัญญาณต่อเนื่อง เช่น Continuous signal เช่น Voice, Image  
 2. มีค่าต่อเนื่อง (continuous) เช่น  $(m, y)$  จะต้องมีค่าต่อเนื่อง  
 3. ค่าของสัญญาณ (intensity) เป็น finite จำนวนที่แน่นอน  
 4. สัญญาณ Continuous signal ถูกแปลงเป็น discrete (ไม่ต่อเนื่อง)  
 5. ใช้หลักการ minimum error basis ในการหาค่าที่เหมาะสม  
 6. ใช้หลักการทาง mathematics

Amplitude **quantization** หมายถึง การแปลงค่าต่อเนื่อง Sample  
 amplitude  $m(nT_s)$  ของ message signal  $m(t)$  ให้อยู่ในรูป discrete amplitude  $v(nT_s)$  ที่สามารถเป็นไปได้  
 amplitudes

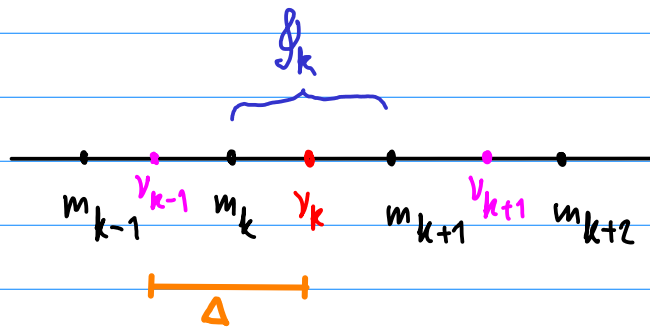
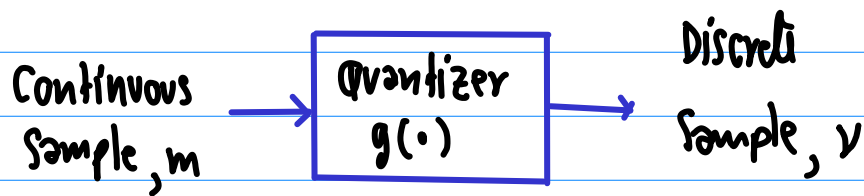


Fig: an memoryless quantizer

Let partition cell into

$$g_k : \{m_k < m \leq m_{k+1}\}, \quad k = 1, 2, 3, \dots, L \quad (3.21)$$

Let  $L$  intervals for amplitude level values of the quantizer

Let  $m_k, k = 1, 2, \dots, L$  is decision level or decision threshold

Let  $v_k, k = 1, 2, \dots, L$  is representation levels or reconstruction levels

Let  $\Delta$  is quantum or step-size

Let mapping

$$v = q(m)$$

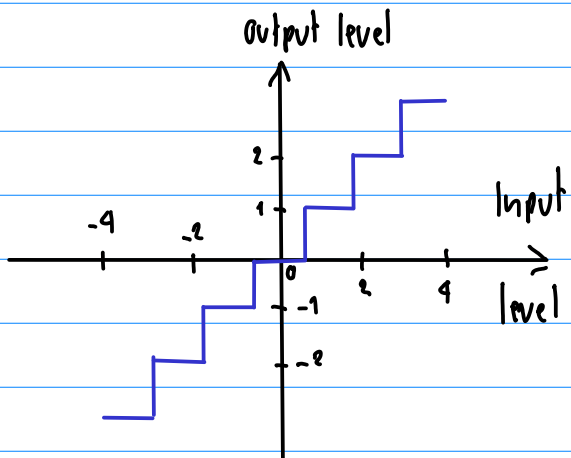
(7.2c)

ឆ្លើយ: quantizer characteristic (លក្ខណៈកម្រិតកំណត់)

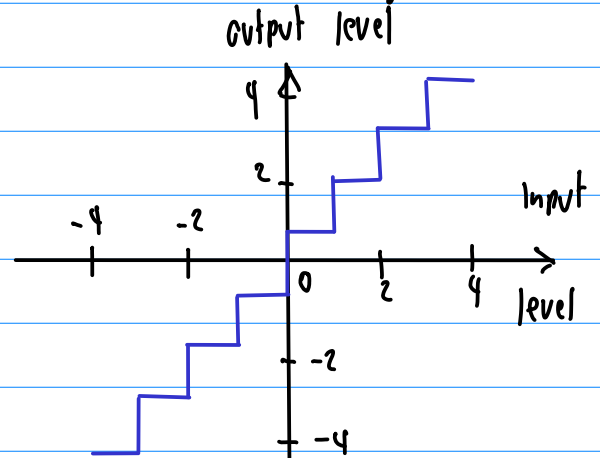
Quantizer ភាគច្រើន ៖ ប្រភេទច្រើន គឺ **uniform**,

**nonuniform**

ក.ប. ១០ Quantizer ប្រភេទ **uniform** ៖ ប្រភេទច្រើន



(a) midtread



(b) midrise

កំហុសប្រភេទ error កំណត់ គឺ  $q$  ក្នុង Quantization

កំហុស error គឺ **Quantization noise**

Quantization noise

ក្នុង  $m$  ឈ្មោះ quantizer input ត្រូវបាន កំណត់ ដោយ

zero mean random variable  $m$

Quantizer,  $g(\cdot)$  map input r.v.  $M$  to

Continuous amplitude to discrete random  
Variable,  $V$

Quantization error

$$Q = M - V \quad (3.24)$$

Assume  $E[M] = 0$  and assume  $g(\cdot)$  is unbiased in

$$E[Q] = 0$$

Let  $m \in (-m_{\max}, m_{\max})$

Assume Uniform quantizer with midrise and  $\Delta$

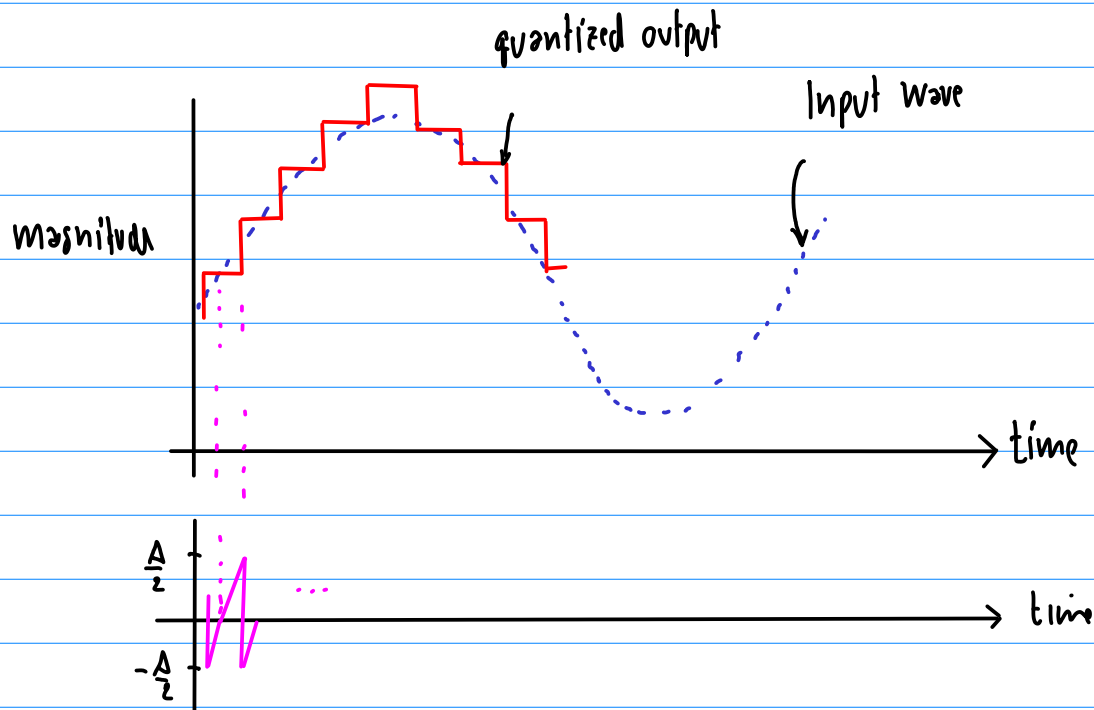
$$\Delta = \frac{2m_{\max}}{L} \quad (3.25)$$

Assume Uniform quantizer and quantization error,  $Q$

Assume  $-\frac{\Delta}{2} \leq q \leq \frac{\Delta}{2}$  and  $\Delta$  is small and  $Q$  is

Assume  $Q$  is uniformly distributed random  
variable and pdf of  $Q$  is

$$f_Q(q) = \begin{cases} \frac{1}{\Delta} & -\frac{\Delta}{2} < q \leq \frac{\Delta}{2} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.26)$$



Minimum variance of quantization error is

$$\begin{aligned} \sigma_Q^2 &= E[Q^2] \\ &= \int_{-\frac{\Delta}{2}}^{\frac{\Delta}{2}} q^2 f_Q(q) dq \end{aligned} \quad (3.27)$$

using (3.26) is

$$\sigma_Q^2 = \frac{1}{\Delta} \int_{-\frac{\Delta}{2}}^{\frac{\Delta}{2}} q^2 dq = \frac{\Delta^2}{12} \quad (3.28)$$

ถ้า  $R$  เป็นจำนวน bit ต่อ sample ที่ใช้ในระบบ binary code  
 หนึ่ง sample จะใช้  $L$  bit ดังแสดง

$$L = 2^R \quad (3.29)$$

ดังนั้น  $R = \log_2 L \quad (3.30)$

แทน (3.29) ลงใน (3.25) ได้

$$A = \frac{2^{M_{\max}}}{2^R} \quad (3.31)$$

แทน (3.31) ลงใน (3.28) ได้

$$\sigma_Q^2 = \frac{1}{3} M_{\max}^2 2^{-2R} \quad (3.32)$$

ถ้า  $P$  เป็น overall power ของ message signal  $m(t)$

และ output signal-to-noise ratio ของ uniform

quantizer จะเป็น

$$(SNR)_0 = \frac{P}{\sigma_Q^2} = \left( \frac{3P}{M_{\max}^2} \right) 2^{2R} \quad (3.33)$$

Ex full-load sinusoidal signal of amplitude  $A_m$

(normalized load of 1 ohm) is

$$p = \frac{A_m^2}{2}$$

uniform Quantizer input  $(-A_m, A_m)$  and  $m \in (-A_m, A_m)$

is

$$\sigma_q^2 = \frac{1}{3} A_m^2 2^{-2R}$$

is

$$(SNR)_0 = \frac{A_m^2/2}{A_m^2 2^{-2R}/3} = \frac{3}{2} (2^{2R}) \quad (3.34)$$

is  $(SNR)_0$  in decibels, dB

$$10 \log_{10} (SNR)_0 = 1.8 + 6R \quad (3.35)$$

Representation level, L	Number of Bit/sample, R	$(SNR)_0$ , dB
32	5	31.8
64	6	37.8

128

7

43.8

256

8

49.8