บทที่ 2 : การนำเสนอมัลติมีเดียในรูปแบบดิจิตอล (Digital Representation)

สธ212 ระบบสื่อประสมสำหรับธุรกิจ

อาจารย์อภิพงศ์ ปิงยศ

apipong.ping@gmail.com

Outline

- ทำความรู้จักกับข้อมูลแบบอนาล็อกและดิจิตอล
- สัญญาณอนาล็อก (Analog Signal)
- สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal)
- การแปลงสัญญาณ (Conversion)
- การเข้ารหัสสัญญาณด้วยวิธี PCM

ทำความรู้จักกับข้อมูลแบบอนาล็อกและดิจิตอล

- การนำเสนอมัลติมีเดียบนคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของสัญญาณ (Signal) ที่สามารถส่งและจัดเก็บลงบนคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลต่างๆ
- “สัญญาณ” หมายถึงกระแสไฟฟ้าหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้เพื่อเข้ารหัสและส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ต่างๆ
- สัญญาณแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ สัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) และสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal)

ทำความรู้จักกับข้อมูลแบบอนาล็อกและดิจิตอล [2]

- **ข้อมูลอนาล็อก (Analog Data)** เป็นรูปแบบข้อมูลที่มีลำดับต่อเนื่อง (Continuous Form) เช่น เสียงของการพูดคุย ซึ่งเป็นลักษณะคลื่นแบบต่อเนื่องที่เดินทางผ่านอากาศ
- **ข้อมูลดิจิตอล (Digital Data)** เป็นรูปแบบข้อมูลที่มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง (Discrete Form) อยู่ในรูปแบบไบนารี (Binary) คือมีเฉพาะ 0 และ 1 เป็นข้อมูลที่ถูกเก็บอยู่ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์
- ส่วนสัญญาณ (Signal) ก็มีทั้งสัญญาณอนาล็อกและดิจิตอลเช่นกัน

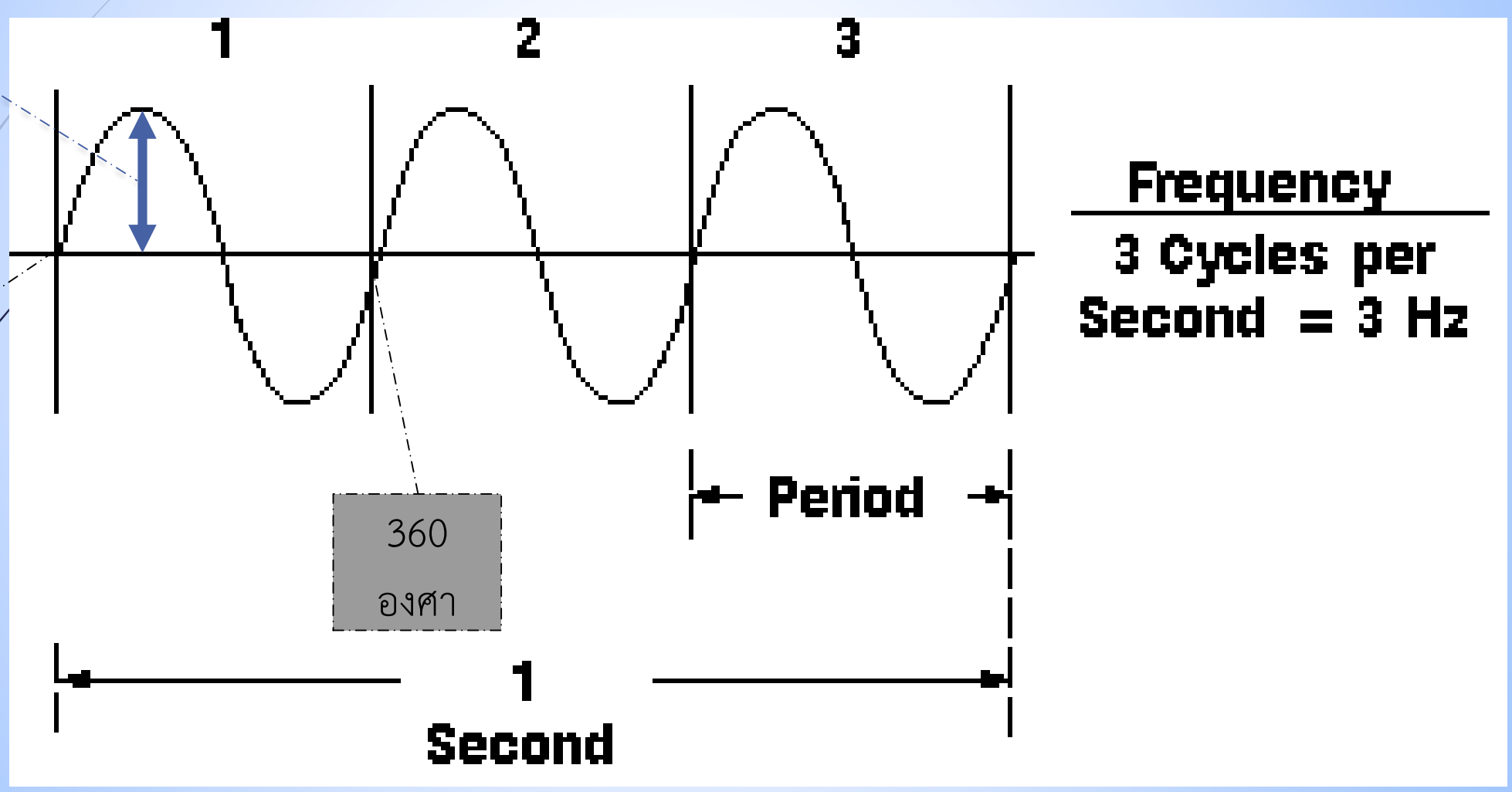
สัญญาณอนาล็อก (Analog Signal)

- สัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณในรูปของคลื่นต่อเนื่องหรือ Sine Wave ซึ่งมีความถี่และความเข้มของสัญญาณต่างกัน
- อยู่ในรูปของพลังงานต่างๆที่มนุษย์สามารถสัมผัสได้ เช่น เสียง แสง ความร้อน
- สามารถวัดพลังงานได้จากอุปกรณ์ที่เรียกว่า Sensor ที่สามารถวัดและแปลงพลังงานให้อยู่ในรูปสัญญาณที่สามารถอ่านค่าได้ เช่น ไมโครโฟนจะมีเซนเซอร์ที่แปลงพลังงานเสียงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า

สัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) : คุณสมบัติสำคัญ

- **1) แอมพลิจูด (Amplitude)** คือค่าการกระจัด (ระยะจากแนวสุมดุลถึงจุดบนคลื่น) ของจุดใดจุดหนึ่งบนลูกคลื่น หน่วยที่ใช้วัด เช่น Volt หรือ Watt เป็นต้น โดยแอมพลิจูดแสดงให้เห็นถึงปริมาณพลังงานหรือแรงที่เกิดจากแหล่งกำเนิด
- **2) ความถี่ (Frequency)** คือจำนวนของลูกคลื่นใน **1 วินาที** ซึ่งความถี่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของจำนวนลูกคลื่นในหนึ่งหน่วยเวลา สามารถใช้แทนระดับเสียงหรือจำนวนสีของแสงได้ มีหน่วยเป็น Hertz
- **3) เฟส (Phase)** คือตำแหน่งของลูกคลื่น ณ เวลาเท่ากับศูนย์ โดยตำแหน่งดังกล่าวจะถูกเรียกเป็นองศา ซึ่งหนึ่งลูกคลื่นจะมี 360 องศา

ตัวอย่างของรูปแบบคลื่นในสัญญาณอนาล็อก



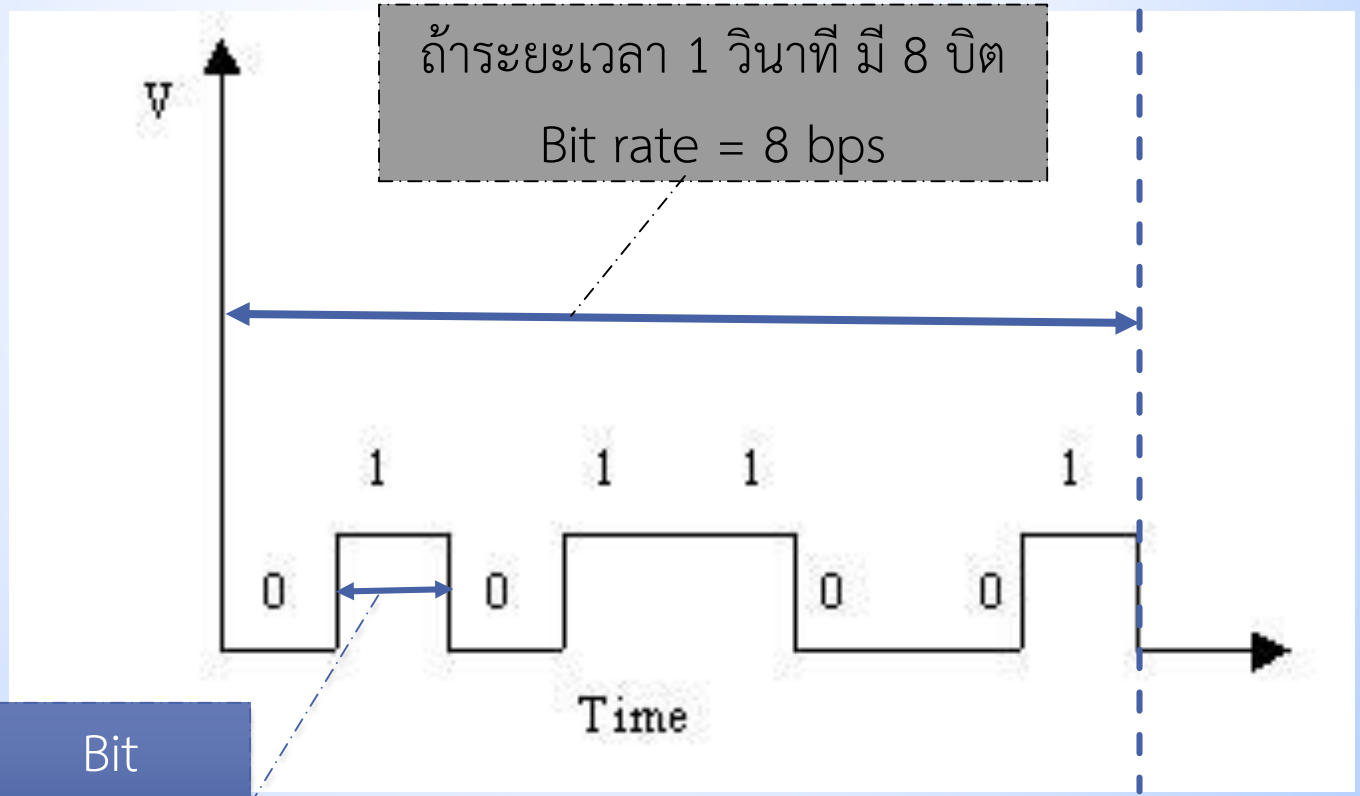
สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal)

- เป็นสัญญาณไฟฟ้าแบบไม่ต่อเนื่องที่ได้มาจากการแปลงข้อมูลดิจิตอล เคลื่อนที่ตามระดับแรงดันไฟฟ้าในลักษณะรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่แทนค่าด้วยรหัสไบนารี โดยทั่วไปจะแทนข้อมูล 0 ด้วยค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ศูนย์โวลต์ และข้อมูล 1 แทนด้วยค่าแรงดันไฟฟ้าที่เป็นบวก

สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) : คุณลักษณะที่สำคัญ

- 1) ระยะห่างระหว่างบิต (Bit Interval) คือหน่วยเวลาที่ใช้ส่งข้อมูลเพียง **1 บิต**
- 2) อัตราการส่งบิตข้อมูล (Bit Rate) คือจำนวนบิตที่สามารถส่งได้ในเวลา **1 วินาที** มีหน่วยเป็น “**บิตต่อวินาที (Bit Per Second : bps)**”

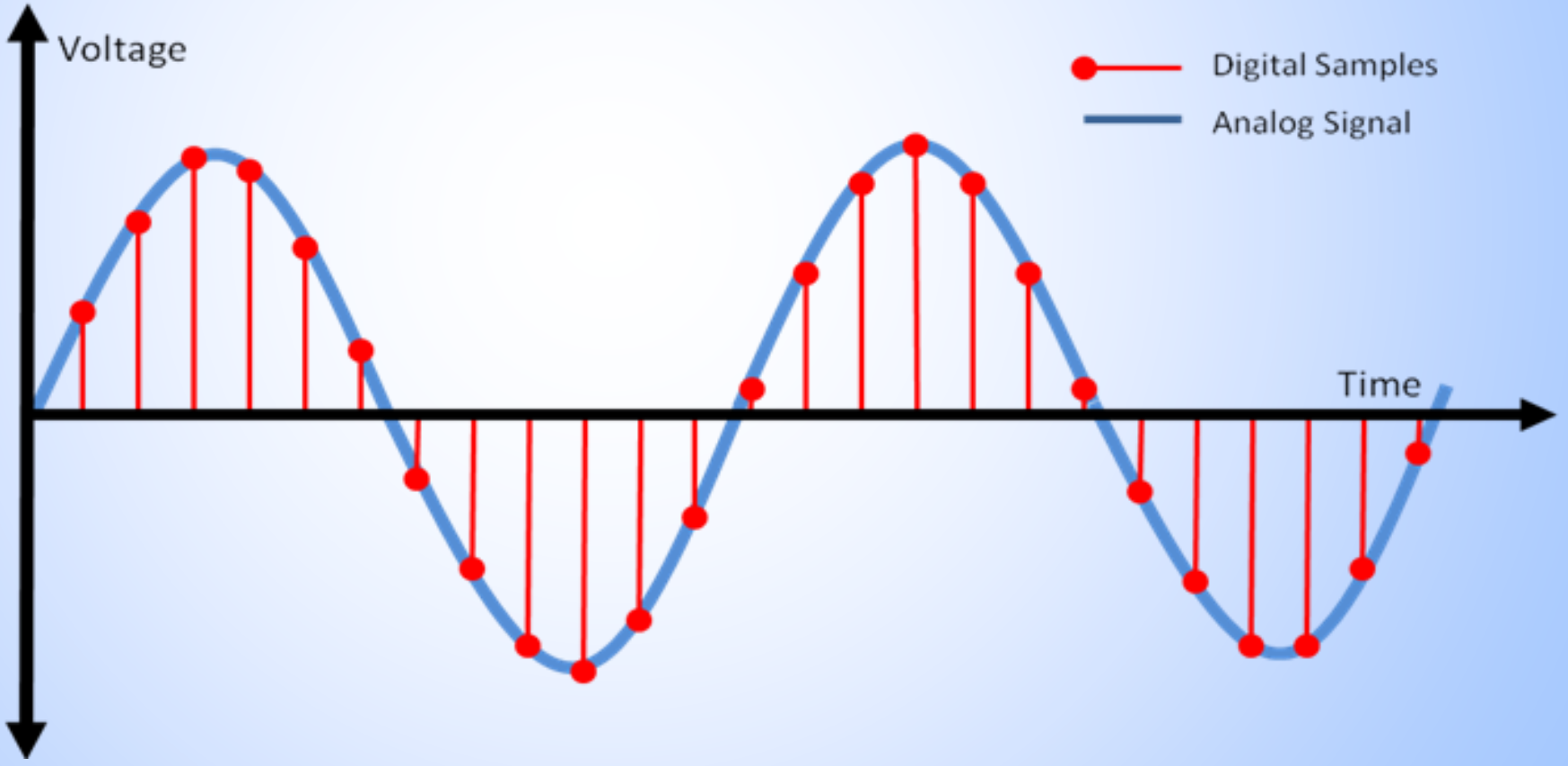
ตัวอย่างของรูปแบบสัญญาณดิจิตอล



สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) [2]

- ปัจจัยที่กำหนดคุณภาพในการแสดงผลด้วยสัญญาณดิจิตอล คือ อัตราการสุ่ม (Sampling Rate) และจำนวนบิต (Bit Dept)
- การเคลื่อนที่ของสัญญาณดิจิตอลไม่สามารถเขียนแทนได้ด้วยกราฟหรือเส้นที่ต่อเนื่องกัน แต่จะแทนด้วยจัดตามช่วงเวลาต่างๆที่ไม่ต่อเนื่องกัน
- การแทนข้อมูลด้วยรหัสไบนารี ปกติจะใช้ “รหัสแอสกี” (American Standard Code for Information Interchange : ASCII)
- **กลุ่มของรหัสไบนารีจำนวน 8 bit จะเท่ากับ 1 ไบต์ (Byte)**

ตัวอย่างของการ Sampling ของสัญญาณดิจิตอล



สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal)

: ข้อดี-ข้อเสียของสัญญาณดิจิตอล

- **ข้อดี**
  - การแทนข้อมูลเป็นมาตรฐานสากล (Universal Representation)
  - อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล (Storage)
  - ความสามารถในการถ่ายทอดข้อมูล (Transmission)
  - การประมวลผล (Processing)
- **ข้อเสีย**
  - สัญญาณจะถูกลดทอนลง เมื่อมีการรับส่งข้อมูลระยะทางไกลๆ
  - เมื่อมีการแบ่งสัญญาณออกเป็นส่วนๆ ส่วนที่สูญหายจะไม่สามารถกู้คืนมาได้
  - ต้องการพื้นที่ขนาดใหญ่ในการจัดเก็บข้อมูล

การแปลงสัญญาณ (Conversion)

- มี 2 แบบคือ
  - การแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Conversion : ADC)
  - การแปลงสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอนาล็อก (Digital to Analog Conversion : DAC)

การแปลงสัญญาณ (Conversion)

: อนาล็อกเป็นดิจิตอล

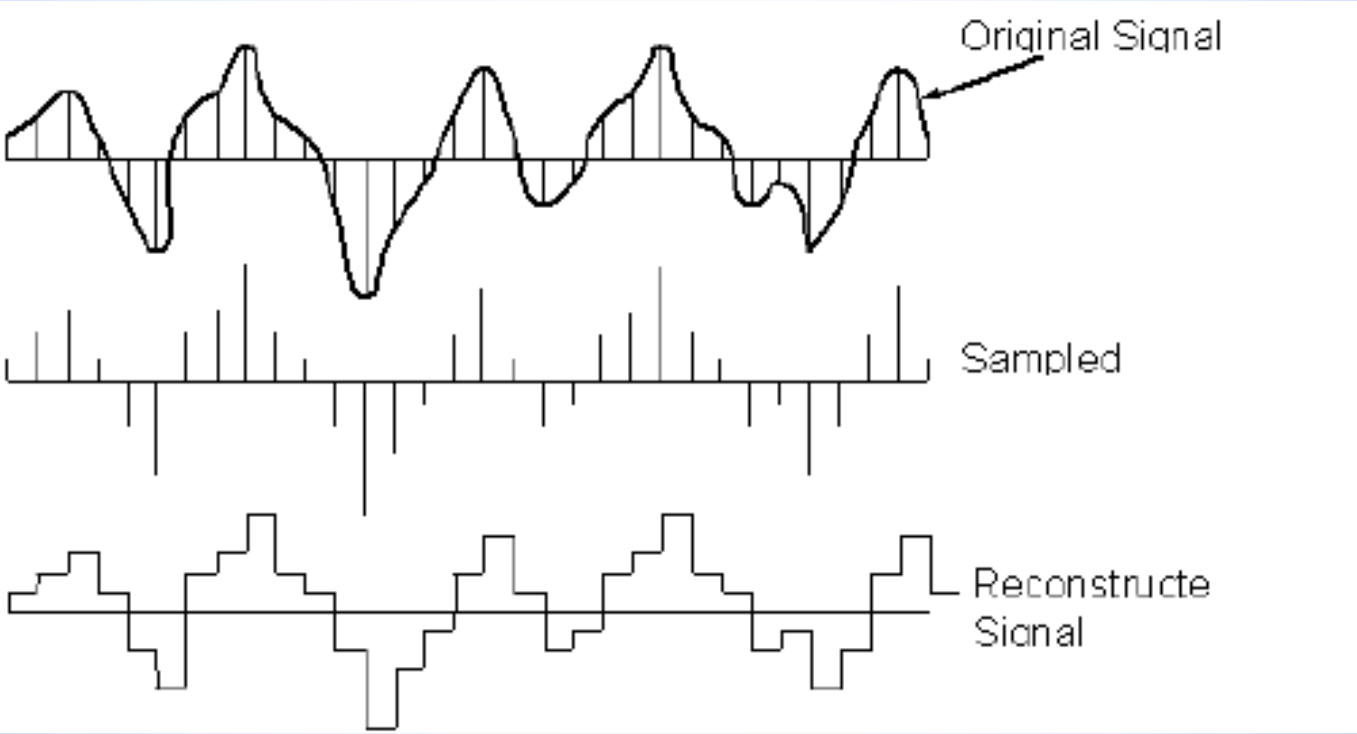
- ข้อมูลในรูปแบบตัวอักษร ภาพนิ่ง เสียง แอนิเมชั่น และวีดีโอ ไม่สามารถจัดเก็บลงในคอมพิวเตอร์ด้วยสัญญาณอนาล็อกได้ จึงจำเป็นต้องแปลงสัญญาณอนาล็อกให้อยู่ในรูปแบบสัญญาณดิจิตอลก่อน โดยกระบวนการแปลงมี 3 ขั้นตอน ได้แก่
  - การสุ่มสัญญาณ (Sampling)
  - การควอนไตเซชันสัญญาณ (Quantization)
  - การแทนรหัสข้อมูลด้วย Code Word Generation

การแปลงสัญญาณ (Conversion)

: อนาล็อกเป็นดิจิตอล : การสุ่มสัญญาณ (Sampling) [1]

- การสุ่มสัญญาณหมายถึงการเลือกค่าแอมพลิจูดที่จุดใดๆ ของสัญญาณอนาล็อกตามช่วงเวลาที่เท่ากัน
- การสุ่มสัญญาณที่ขึ้นอยู่กับเวลา จะเรียกว่า “Time Discretization” ส่วนการสุ่มสัญญาณที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาจะเรียกว่า “Space Discretization”
- ค่าที่ได้จากการสุ่มจะอยู่ในรูปแบบของจุดที่ไม่ต่อเนื่องกัน ผลที่ได้จะมีลักษณะเป็นขั้นบันได

การสุ่มสัญญาณ



การแปลงสัญญาณ (Conversion)

: อนาล็อกเป็นดิจิตอล : การสุ่มสัญญาณ (Sampling) [2]

- **อัตราการสุ่ม (Sampling Rate)** ยิ่งมีอัตราการสุ่มสูง จะได้ผลลัพธ์ของสัญญาณที่สมบูรณ์ครบถ้วน แต่จำนวนข้อมูลที่ได้จากการสุ่มก็จะมากตามไปด้วย ซึ่งมีผลต่อพื้นที่ที่ใช้เก็บข้อมูล
- **ทฤษฎีการสุ่มของ Nyquist** ปี 1928 วิศวกรชาวอเมริกันชื่อ Harry Nyquist ได้พิสูจน์ว่าการเก็บตัวอย่างของสัญญาณไม่จำเป็นต้องบันทึกสัญญาณทั้งหมด แต่ดึงมาเฉพาะบางส่วนก็สามารถนำมาใช้แทนข้อมูลเดิมได้ แต่มีเงื่อนไขคืออัตราการสุ่มต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 2 เท่าของแบนด์วิดธ์ ต่อมาในปี 1949 นักคณิตศาสตร์ชื่อ Claud Shannon ได้พิสูจน์ทฤษฎีดังกล่าวจนได้รับการยอมรับ จึงเรียกทฤษฎีนี้ว่า “Nyquist-Shannon”

การแปลงสัญญาณ (Conversion)

: อนาล็อกเป็นดิจิตอล : การสุ่มสัญญาณ (Sampling) [3]

- สัญญาณอนาล็อกจะถูกสุ่มสัญญาณด้วยความถี่ต่างกัน เมื่อความถี่ในการสุ่มลดลงน้อยกว่า 2 เท่าของแบนด์วิดธ์ของคลื่นอนาล็อกจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีข้อมูลบางส่วนซ้อนทับกัน เรียกว่า “Alias” หรือคลื่นแฝง
- อุปกรณ์สำหรับแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลจึงต้องมีตัวกรองติดตั้งไว้ก่อนหน้าวงจรสุ่มสัญญาณ เพื่อกรองความถี่สูงออกก่อนที่สัญญาณจะถูกสุ่ม เรียกว่า “Anti-Aliasing Filter”

การแปลงสัญญาณ (Conversion)

: อนาล็อกเป็นดิจิตอล : การควอนไตเซชั่น (Quantization) [1]

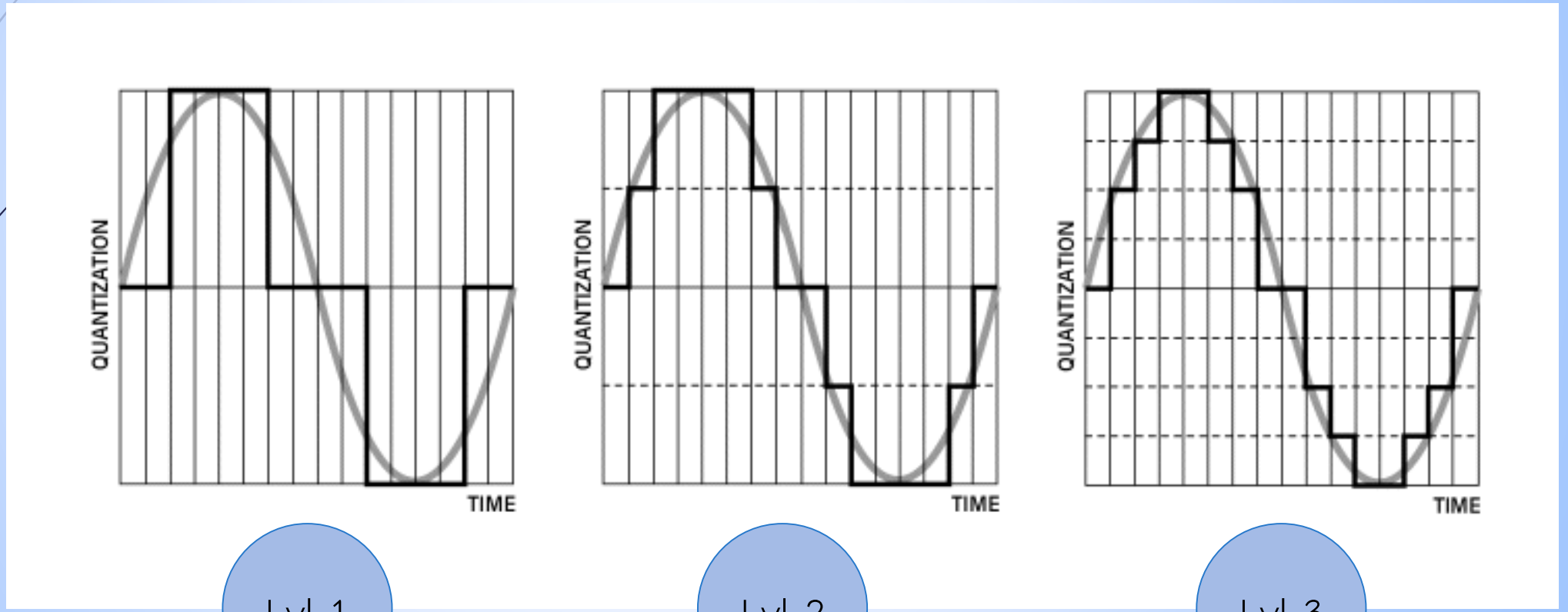
- ผลลัพธ์จากขั้นตอนการสุ่มสัญญาณจะได้เป็นชุดของค่าตัวอย่าง (Sample Value) โดยจำนวนของค่าการสุ่มจะขึ้นอยู่กับอัตราการสุ่ม ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพข้อมูล
- เมื่อได้ค่าจากการสุ่มแล้วจะนำค่าเหล่านี้มาพิจารณาเพื่อเลือกเฉพาะค่าที่จำเป็นต้องบันทึกเท่านั้น ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะมีผลต่อพื้นที่จัดเก็บข้อมูล รวมถึงคุณภาพของสัญญาณดิจิตอล

การแปลงสัญญาณ (Conversion)

: อนาล็อกเป็นดิจิตอล : การควอนไตเซชั่น (Quantization) [2]

- Quantization Level หมายถึงจำนวน Sample Value ที่ได้จากการสุ่มที่สามารถใช้แทนสัญญาณดิจิตอลได้ ยิ่งใช้ Level มากสัญญาณดิจิตอลจะยิ่งมีคุณภาพสูง แต่จะใช้พื้นที่จัดเก็บข้อมูลและใช้เวลาในการประมวลผลมากขึ้น
- วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการเลือกค่าจาก Sample Value ที่ได้จากการสุ่ม คือการแบ่งแอมพลิจูดออกเป็นระดับ “**Amplitude-Discretization**”

ตัวอย่างการ Quantization ที่ Level ต่างๆ



Lvl 1

Lvl 2

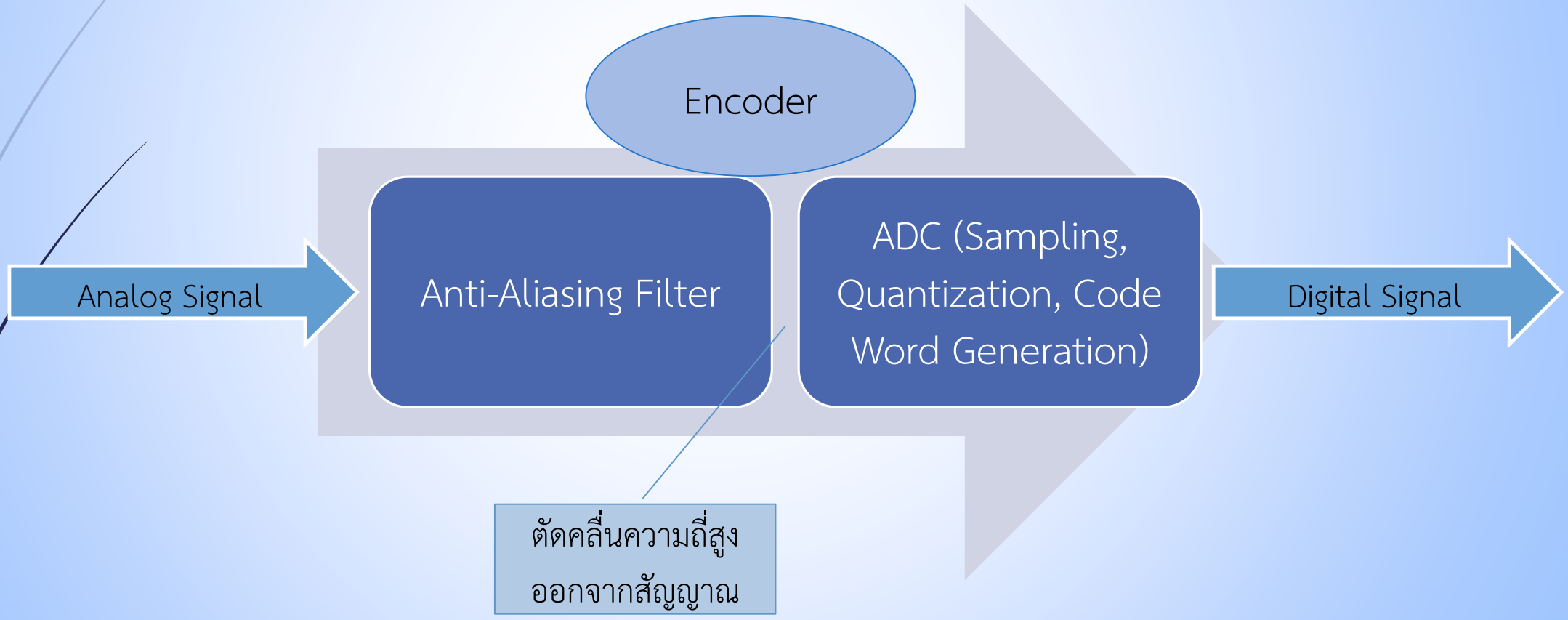
Lvl 3

การแปลงสัญญาณ (Conversion)

: อนาล็อกเป็นดิจิตอล : การแทนรหัสข้อมูลด้วย Code Word Generation

- เมื่อขั้นตอนการ Quantization สิ้นสุดลง จะได้ผลลัพธ์เป็นกลุ่มของ Sample Value ที่ถูกแบ่งตามระดับของแอมพลิจูดต่อหน่วยเวลา
- จากนั้นจึงนำมาแทนให้อยู่ในรูปไบนารี เพื่อนำไปใช้แทนข้อมูลในคอมพิวเตอร์ เรียกขั้นตอนนี้ว่า “Code Word Generation”
- และสุดท้ายจึงนำข้อมูลไปจัดเก็บในแหล่งจัดเก็บข้อมูลทางกายภาพ (Physical Storage)

การแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (ADC)

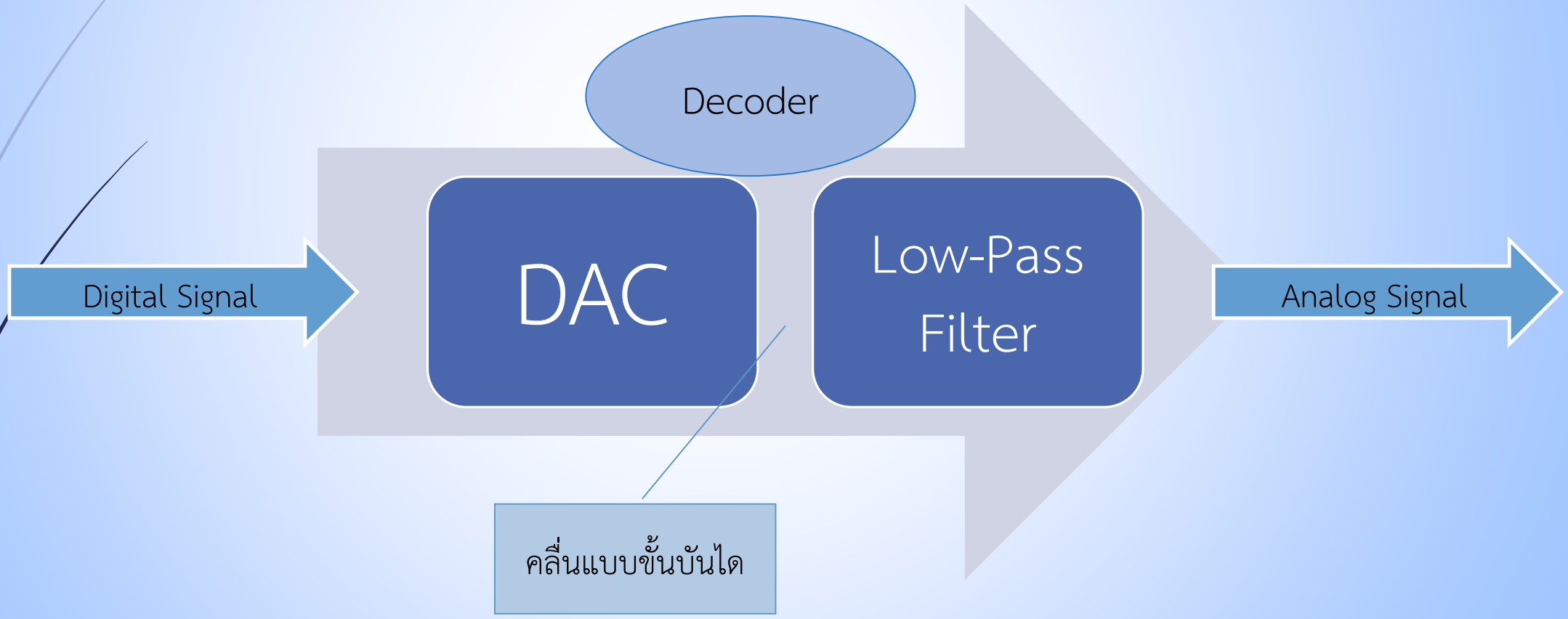


การแปลงสัญญาณ (Conversion)

: ดิจิตอลเป็นอนาล็อก

- หากต้องการนำข้อมูลที่จัดเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์มาแสดงผล จำเป็นต้องแปลงข้อมูลดิจิตอลให้เป็นอนาล็อก
- มีขั้นดังนี้ ข้อมูลดิจิตอลจะถูกส่งผ่านอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก (DAC) จากนั้นส่งต่อให้ Low-Pass Filter เพื่อกรองคลื่นความถี่สูงออกไป

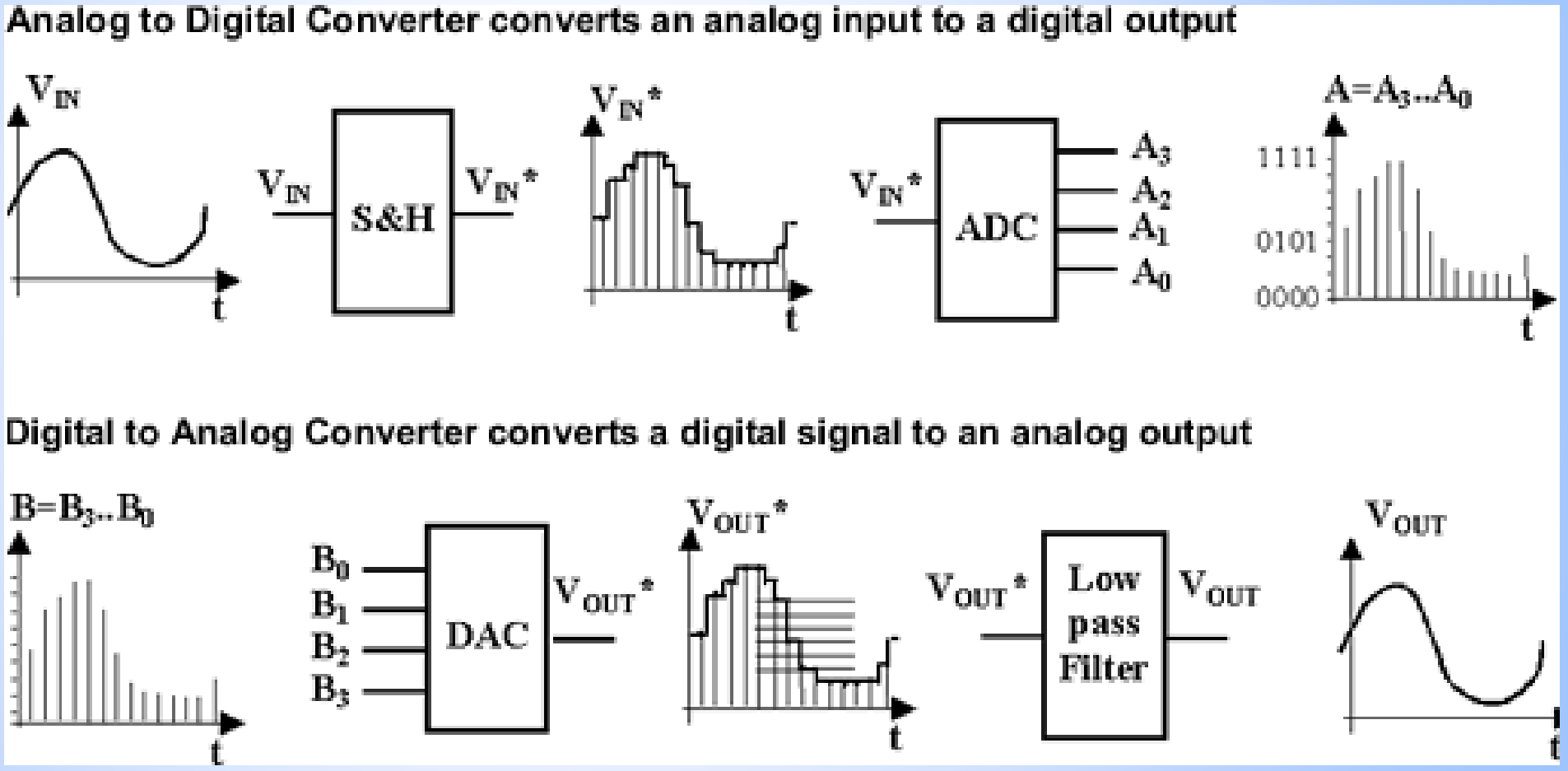
การแปลงจากสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก (DAC)



การแปลงสัญญาณ (Conversion) [สุดท้าย]

- อุปกรณ์ในปัจจุบันจะสามารถเข้ารหัสและถอดรหัสพร้อมกันได้ เนื่องจากการสื่อสารผ่านมัลติมีเดียจำเป็นต้องผ่านกระบวนการทั้งสอง จึงนำ ADC และ DAC มารวมเข้าด้วยกัน เรียกว่า “Encoder-Decoder” หรือ “ADC-DAC”

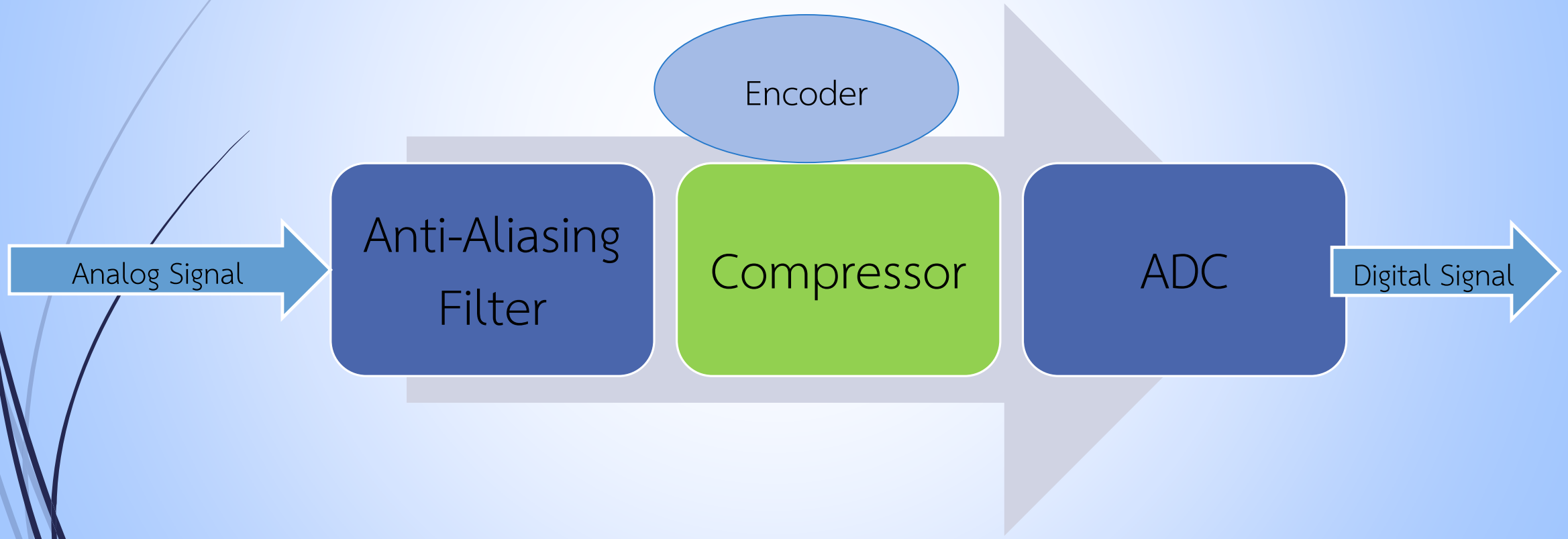
ADC-DAC


Analog to Digital Converter converts an analog input to a digital output
V_{IN}
t
V_{IN}
S&H
V_{IN}*
V_{IN}*
t
V_{IN}*
ADC
A_3
A_2
A_1
A_0
A=A_3..A_0
1111
0101
0000
t
Digital to Analog Converter converts a digital signal to an analog output
B=B_3..B_0
t
B_0
B_1
B_2
B_3
DAC
V_{OUT}*
V_{OUT}*
t
V_{OUT}*
Low pass Filter
V_{OUT}
V_{OUT}
t

การเข้ารหัสสัญญาณด้วยวิธี PCM

- Pulse Code Modulation (PCM) เป็นกระบวนที่ใช้เพิ่มประสิทธิภาพของการแปลงสัญญาณระหว่างอนาล็อกและดิจิตอล
- ในกระบวนการเข้ารหัส (Encoder) จะมี Compressor สำหรับบีบอัดแอมพลิจูดก่อนนำไปเข้ารหัสด้วย ADC
- ในกระบวนการถอดรหัส (Decoder) จะมี Expander สำหรับขยายแอมพลิจูดของสัญญาณจาก DAC ก่อนนำสัญญาณที่ได้ไปผ่าน Low-Pass Filter

การทำงานของ PCM ในวงจร Encoder



การทำงานของ PCM ในวงจร Decoder