



Digital Transmission

Paramate Horkaew

School of Computer Engineering
Institute of Engineering, Suranaree University of Technology



Lecture Outline

- Line Coding
- Block Coding
- Sampling
 - Pulse Amplitude Modulation
 - Pulse Code Modulation
 - Nyquist Theorem
- Transmission Mode
 - Parallel Transmission
 - Serial Transmission

Class 1

Class 2



Digital Transmission II

Sampling

- Pulse Amplitude Modulation
- Pulse Code Modulation
- Sampling Rate: **Nyquist Theorem**
- Determining Bit-per-Sample

Transmission Modes

- **Parallel vs. Serial Transmission**
 - Asynchronous Serial Tx.
 - Synchronous Serial Tx.



Sampling

Line Coding และ Block Coding ใช้สำหรับแปลงข้อมูล **เลขฐานสอง** ให้เป็น **สัญญาณดิจิทัล**

อย่างไรก็ดี ข่าวนสารทั่วไป เช่นสัญญาณภาพ และเสียง อยู่ในรูปของ สัญญาณ Analog ซึ่งหากต้องการส่งผ่านการสื่อสาร Computer หรือจัดเก็บในสื่อดิจิทัล จะต้องทำการแปลงเป็น Digital Signal ก่อนด้วยวิธี **Sampling**

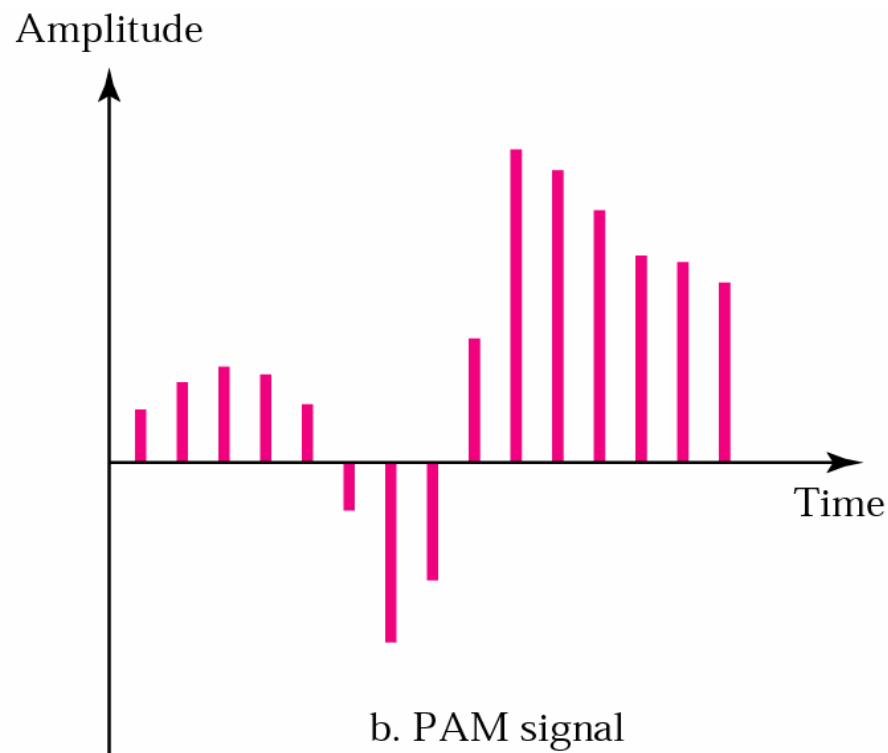
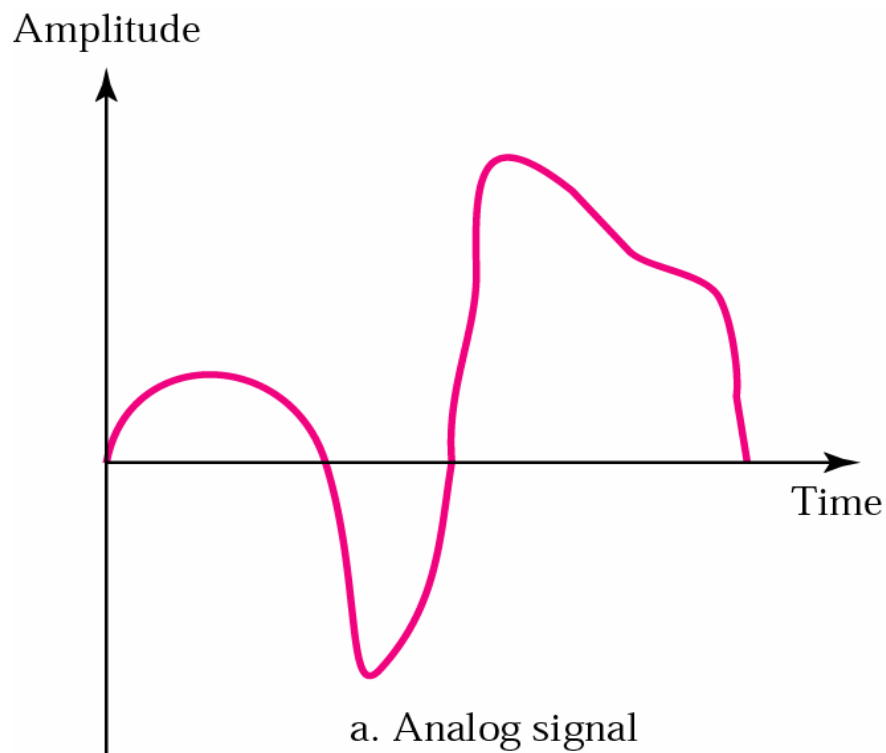
หลักการของเทคนิค **Sampling** ได้มาจากความต้องการในการส่งสัญญาณ ระยะทางไกล กล่าวคือ ยุคเริ่มต้นจะส่ง Analog Signal ไปตามสายสัญญาณ ซึ่งเมื่อเกิดการลดทอนในสายส่ง จะต้องมียังจร **Amplifier** ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ แต่ผลข้างเคียง จะทำให้สัญญาณมีความผิดเพี้ยน (**Distortion**) ไปด้วย

ระบบสื่อสารปัจจุบัน จึงแก้ปัญหานี้โดย Sampling สัญญาณ Analog แล้วแปลงไปเป็น สัญญาณ Digital ก่อนทำการส่ง ซึ่งมีภูมิคุ้มกันต่อ Noise และ Distortion



Pulse Amplitude Modulation

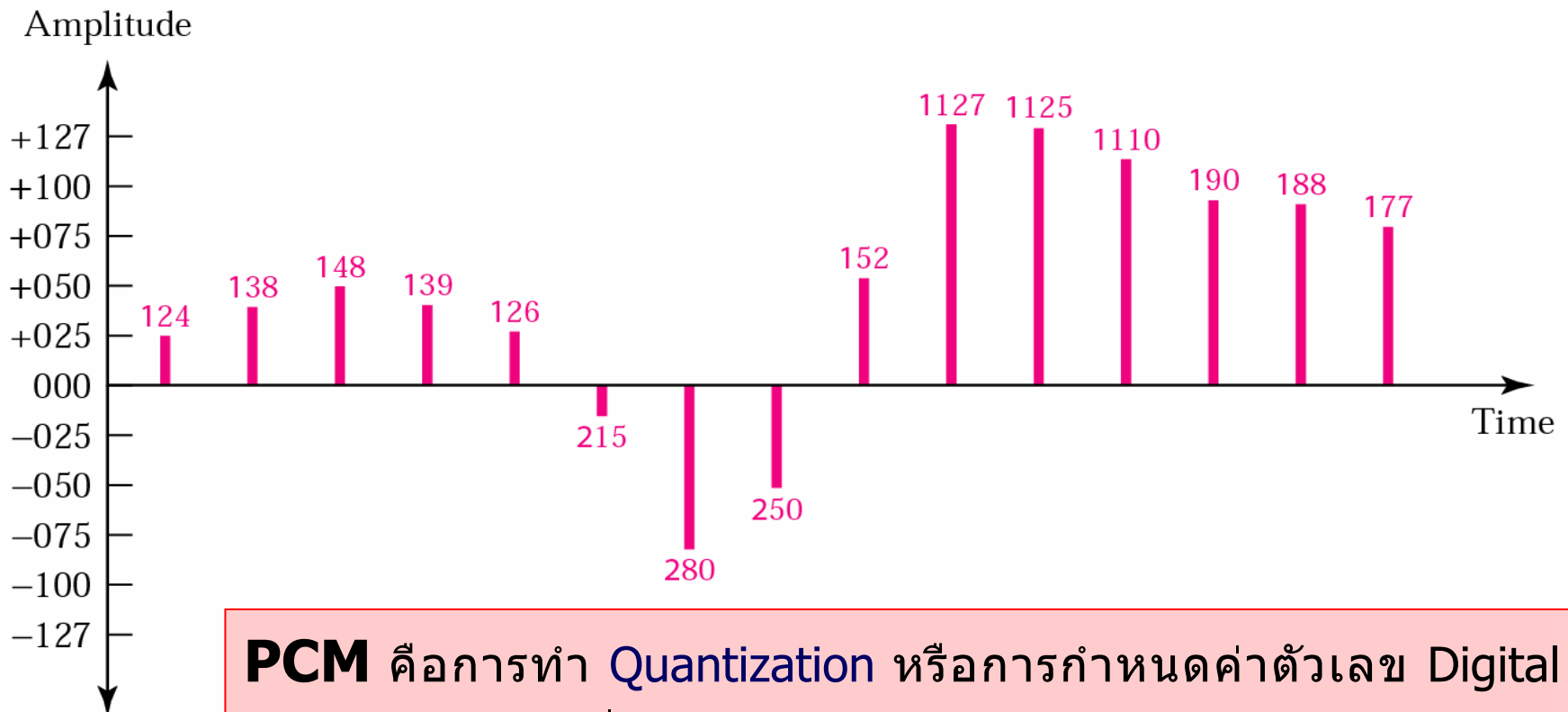
PAM คือเทคนิคการแปลง Analog เป็น Digital โดยการสุ่มสัญญาณ Analog เป็นช่วงที่มีระยะเท่าๆ กัน (Sample and Hold) ค่าที่สุ่มได้ (Sample) จะมาจากฟังก์ชัน Delta ณ เวลานั้น แต่จะคงค่า (Hold) ไว้เป็นช่วงเวลาสั้นๆ





Pulse Code Modulation

PAM ไม่เหมาะสำหรับการสื่อสารเนื่องจากระดับของสัญญาณยังมีจำนวนไม่จำกัด ดังนั้น **PCM** จึงทำการกำหนดค่า **ตัวเลขจำนวนเต็ม** ให้กับค่าที่อ่านได้



PCM คือการทำ **Quantization** หรือการกำหนดค่าตัวเลข Digital ให้กับค่า Analog ที่ได้จากการทำ **PAM**



Signed-Value Quantization

Digitization คือ การแปลงระดับสัญญาณที่เป็นจำนวนเต็ม ให้เป็นอนุกรมของเลขฐานสอง โดยที่ ระดับสัญญาณหาได้จากผลคูณถ่วงน้ำหนัก (ตำแหน่ง) ของเลขฐานสอง (ไม่นับบิตเครื่องหมาย)

$$L = \sum_{i=0}^{N-1} B_i \cdot 2^i$$

หากต้องการพิจารณาเครื่องหมายของระดับสัญญาณให้ใช้วิธีการทำ 2's Complement

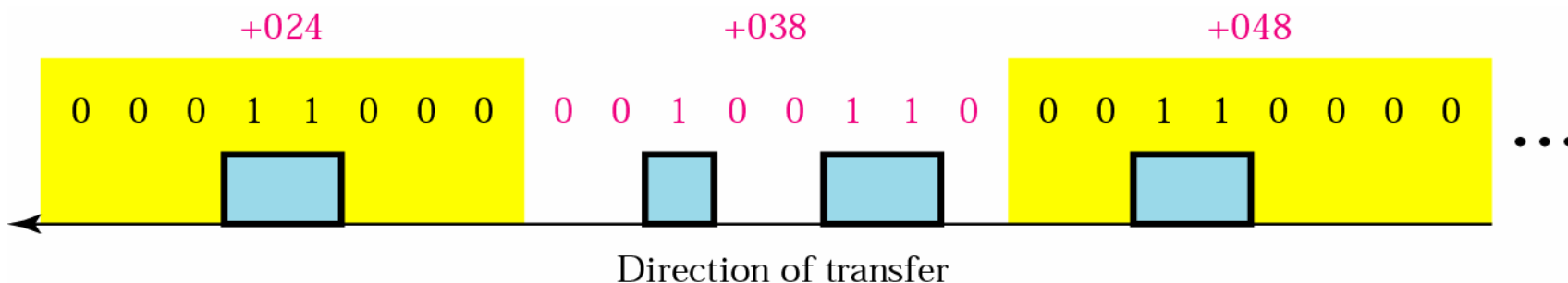
+024	00011000	-015	10001111	+125	01111101
+038	00100110	-080	11010000	+110	01101110
+048	00110000	-050	10110010	+090	01011010
+039	00100111	+052	00110110	+088	01011000
+026	00011010	+127	01111111	+077	01001101

Sign bit
+ is 0 - is 1



PCM Process (I)

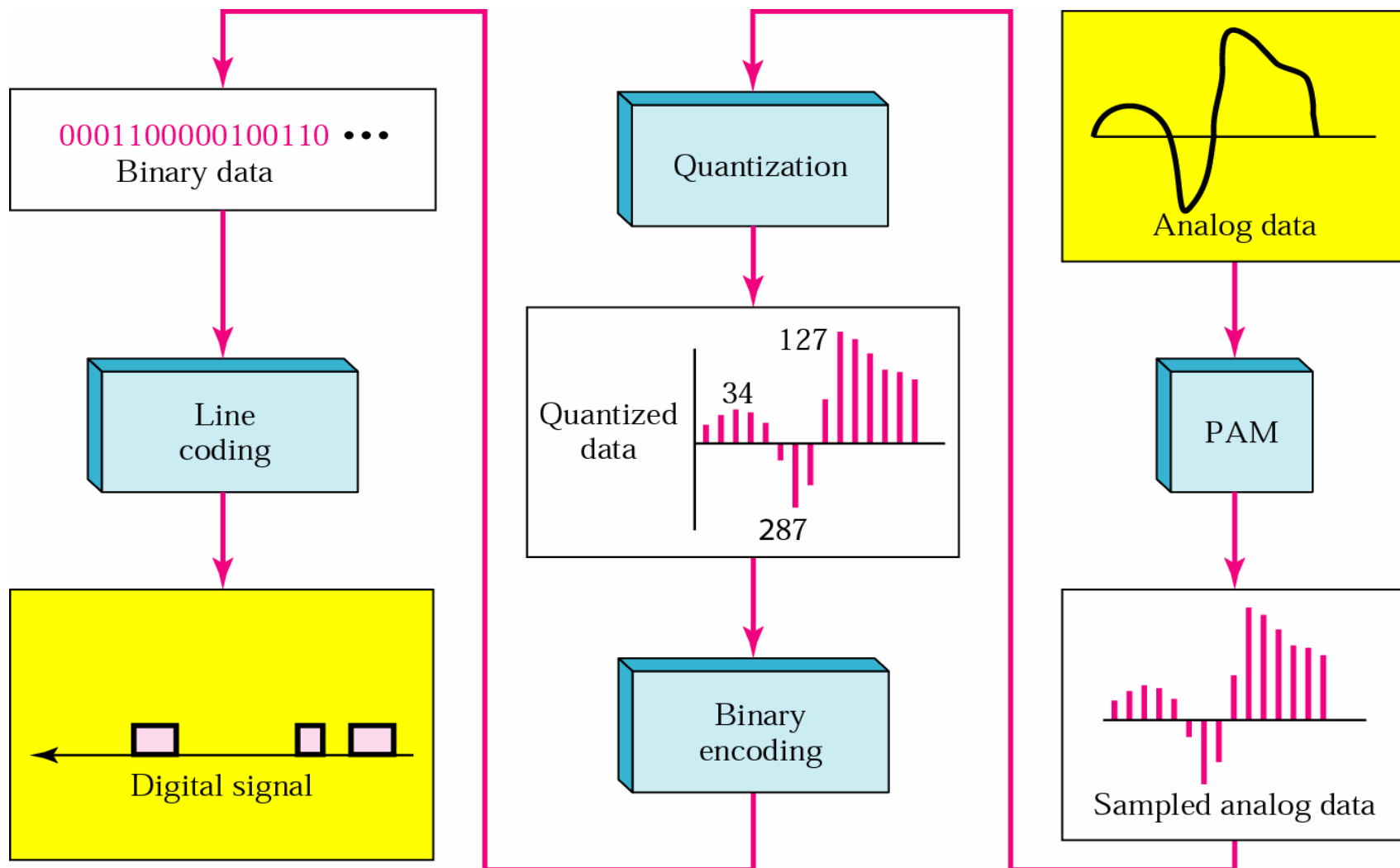
ดังนั้น PCM มักประกอบด้วยกระบวนการ 4 ขั้นตอนได้แก่ 1) **PAM** (Sample and Hold) 2) **Quantization** 3) **Binary Encoding** (Digitization) และ 4) **Line Coding**



ตัวอย่าง

- 1) **PAM** สัญญาณ Analog เป็น Pulse
- 2) **Quantization** ออกเป็น 256 ระดับ (ซีกบวกและลบ)
- 3) **Digitization** แปลงเป็นเลขฐานสองแบบมีเครื่องหมายขนาด 8 Bits
- 4) **Line Coding** ด้วยวิธี Uni-polar Encoding

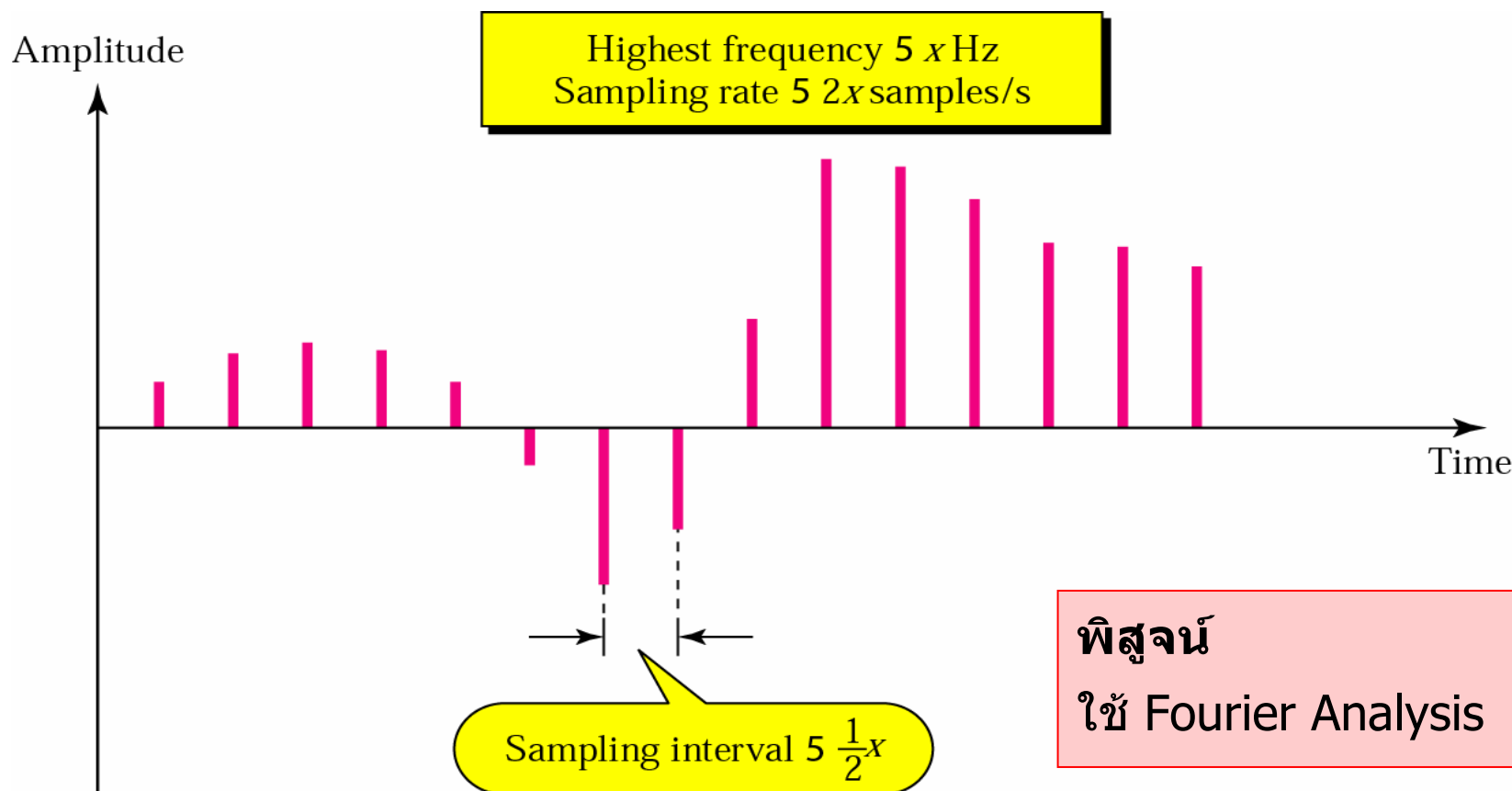
PCM Process (II)





Sampling Rate

Nyquist Theorem PAM/PCM สามารถเข้ารหัสสัญญาณต้นฉบับได้สมบูรณ์ ก็ต่อเมื่อ Sampling Rate มีค่าอย่างน้อย 2 เท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณนั้น





Determining Bit-per-Sample

Example 4

ต้องใช้ Sampling Rate เท่าใด หาก Bandwidth ของสัญญาณมีค่าเท่ากับ 10 000 Hz (1000 ถึง 11 000 Hz)?

$$\text{Sampling rate} = 2 \times (11\ 000) = \mathbf{22\ 000\ samples/s}$$

Example 5

ถ้าต้องการความละเอียดของการทำ Quantization เท่ากับ 12 ระดับ (+0 ถึง 5) และ (- 0 ถึง -5) (ซึ่งละ 6 ระดับ) ต้องใช้กี่บิต ต่อ 1 Sample

ต้องใช้ ซึ่งบวก/ลบ ซึ่งละ **3 Bit** (8 ระดับ > 6) รวมบิตเครื่องหมาย เป็น **4 Bit**

Example 6

ถ้าต้องการความทำ PCM ของสัญญาณเสียงพูด (ความถี่สูงสุด 4000 Hz) ด้วยความละเอียด 8 Bit ต่อ Sample จงหา Bit Rate

$$\text{Sampling Rate} = 2 \times 4\ 000 = \mathbf{8\ 000\ Sample\ ต่อวินาที}$$

$$\text{Bit Rate} = 8 \times 8\ 000 = \mathbf{64\ kbps}$$

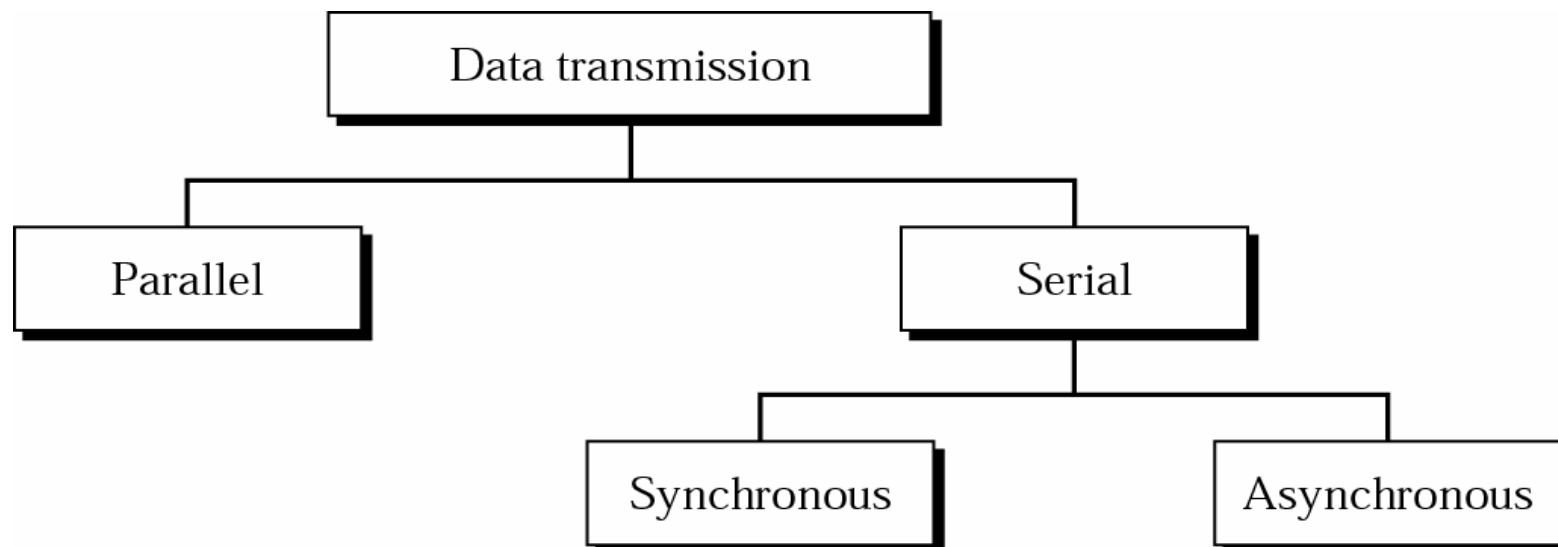


Transmission Mode

ประเด็นสำคัญของการส่งข้อมูลดิจิทัล ได้แก่ รูปแบบในการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างจุด

Parallel Mode ข้อมูลหลายบิตถูกส่งไปพร้อมๆ กันเมื่อได้รับสัญญาณนาฬิกา

Serial Mode ข้อมูลทีละบิตทยอยส่ง เมื่อได้รับสัญญาณนาฬิกา

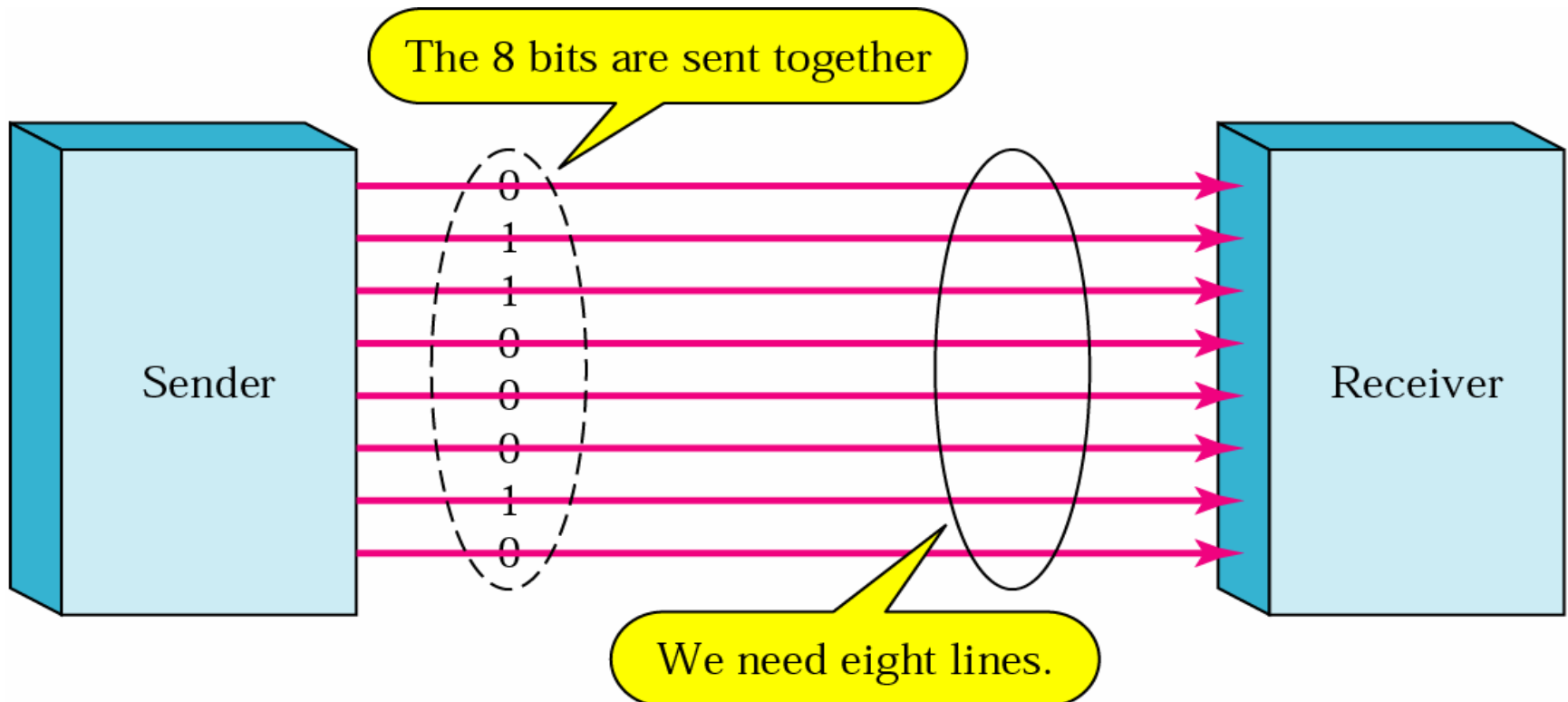


Parallel Transmission

ข้อมูลดิจิทัลถูกแบ่งเป็นกลุ่ม กลุ่มละ n bits ซึ่งจะถูกส่งไปตามสายสัญญาณ n เส้น เส้นละ 1 bit พร้อมๆ กัน (ตามจังหวะสัญญาณนาฬิกา)

ข้อดี มีความเร็วสูง

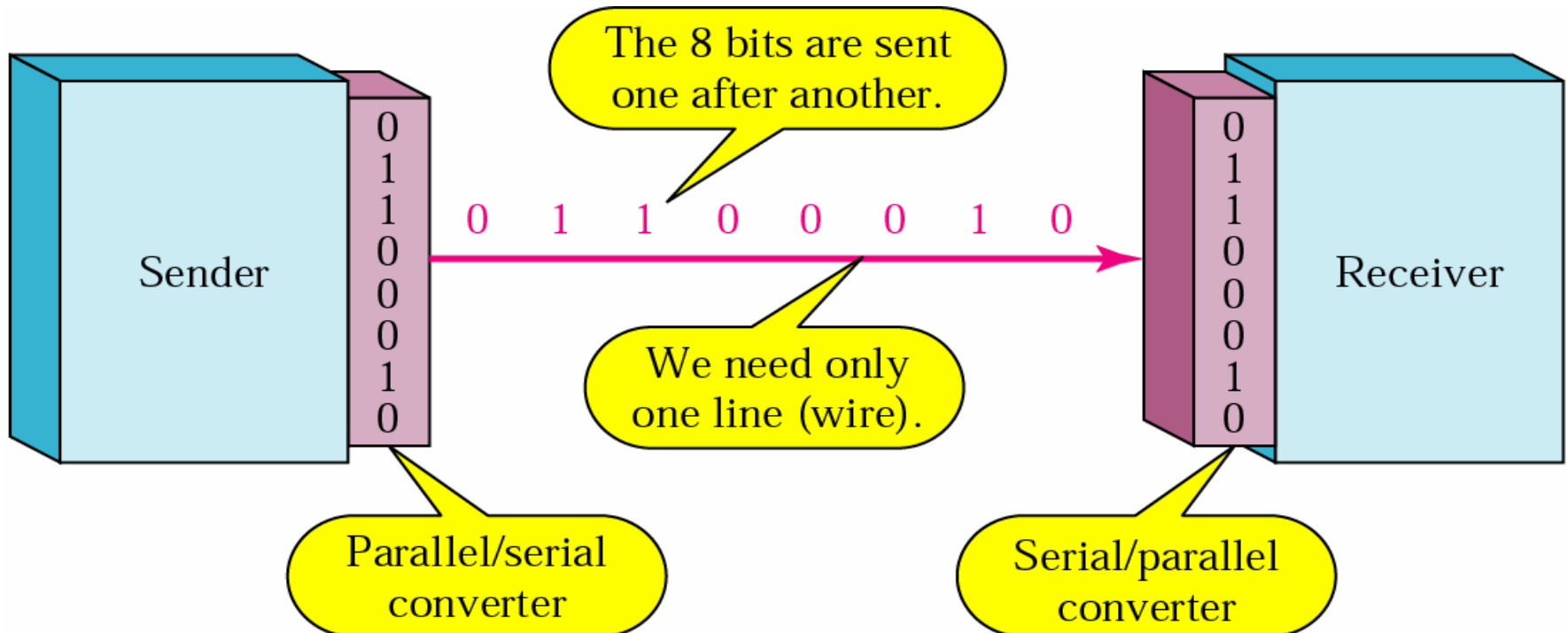
ข้อเสีย ค่าใช้จ่ายในการส่งข้อมูลสูง เหมาะกับระยะสั้น



Serial Transmission

ข้อมูลดิจิทัลถูกส่งไปตามสายสัญญาณ 1 เส้น ครั้งละ 1 บิต เรียงกันไปตามลำดับ (ตามจังหวะสัญญาณนาฬิกา)

ข้อดี ค่าใช้จ่ายในการส่งข้อมูลต่ำ ส่งได้ระยะทางไกล **ข้อเสีย** มีความเร็วต่ำ

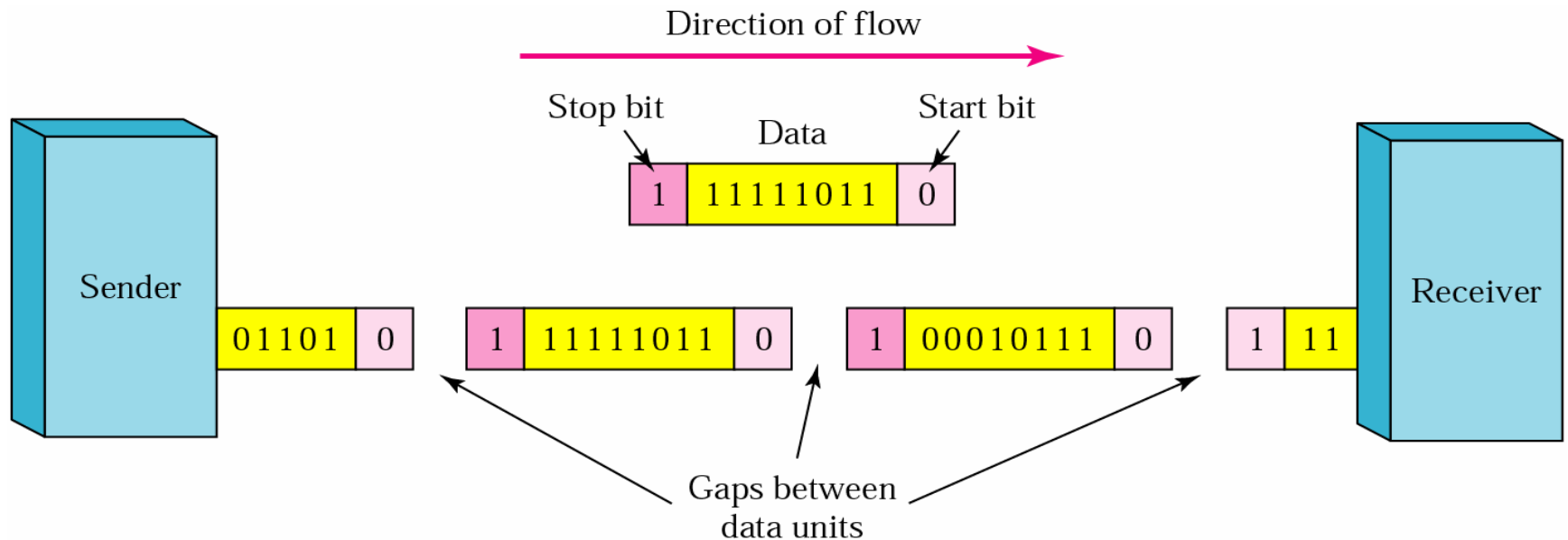


Asynchronous Transmission

ข้อมูลถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม (เช่น กลุ่มละ 8 Bits)

ข้อมูลจะถูกส่งออกไปทีละกลุ่ม โดยที่มี Start Bit และ Stop Bit ในทุกๆ กลุ่ม เพื่อระบุจุดเริ่มต้น และสิ้นสุดของข้อมูลในกลุ่มนั้น ตามลำดับ

อาจมีการเว้นระยะในการส่งระหว่างกลุ่มได้ ไม่จำกัด (Time Gap)



ข้อดี ราคาถูก เหมาะสำหรับการสื่อสารความเร็วต่ำและอุปกรณ์ควบคุม เช่น Mouse



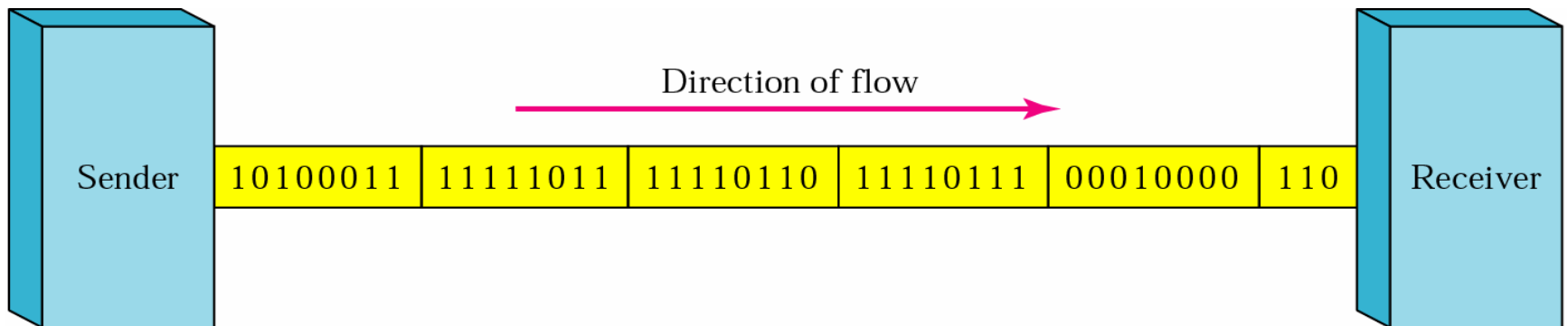
Synchronous Transmission

ข้อมูลจะถูกส่งออกไปทีละ 1 บิตเรียงกันไป (โดยไม่มีการจัดแบ่งกลุ่ม)

ไม่มี Bit ควบคุมที่ทำหน้าที่จัดแบ่งกลุ่ม

เป็นหน้าที่ของอุปกรณ์ด้านรับที่จำ **จัดกลุ่มข้อมูลที่สามารถ** ให้เหมาะสม

ถ้าจำเป็นต้องมีการเว้นระยะในการส่ง อุปกรณ์ด้านส่งจะยังต้องส่ง Bit Pattern ที่ตกลงกับด้านรับ ว่าบ่งชี้สถานะ Idle (เช่น 0011 0011)



ข้อดี ความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงมาก

ข้อเสีย ระบบสัญญาณนาฬิกาต้องมีความเที่ยงตรงสูง ออกแบบยาก มีราคาแพง



Conclusions

- Line Coding
- Block Coding
- Sampling
 - Pulse Amplitude Modulation
 - Pulse Code Modulation
 - Nyquist Theorem
- Transmission Mode
 - Parallel Transmission
 - Serial Transmission