



DIGITAL TRANSMISSION

data can be stored in 2 ways, analog and digital.

similar to data, signal can be both stored in analog and digital form.

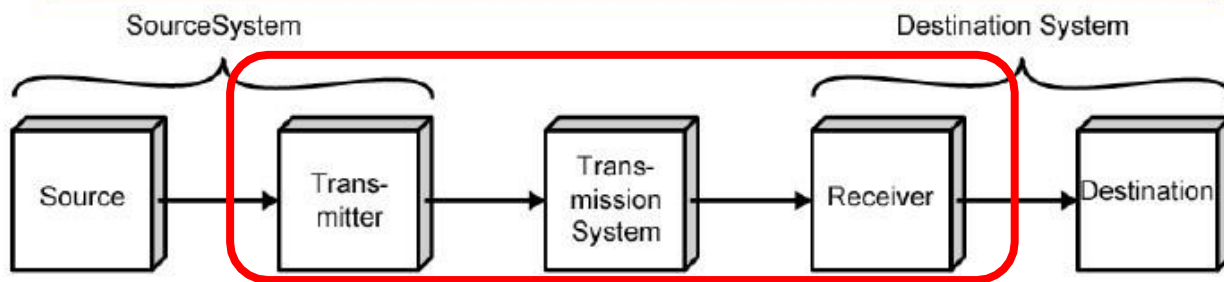
to transmiss data digitally it needs to be first converted to digital form.

this section will explain how to convert digital data into digital signal.

↳ line coding, block coding
 necessary option

DIGITAL TRANSMISSION (CHANNEL)

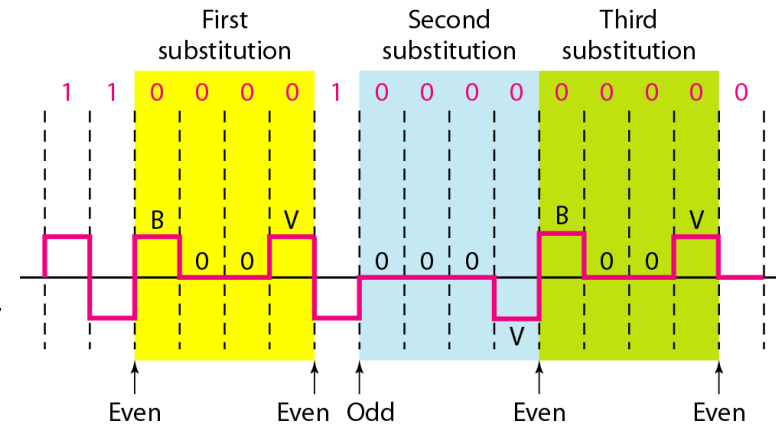
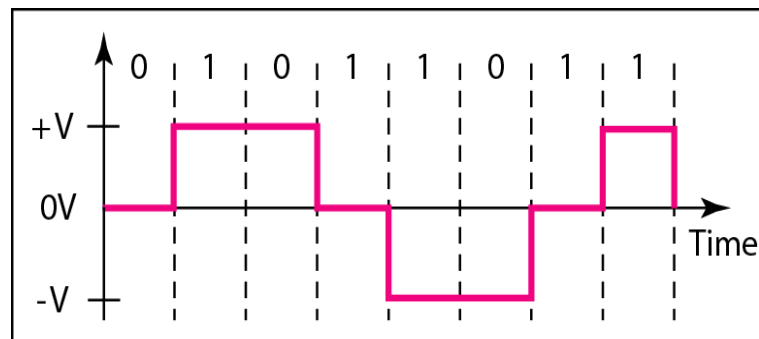
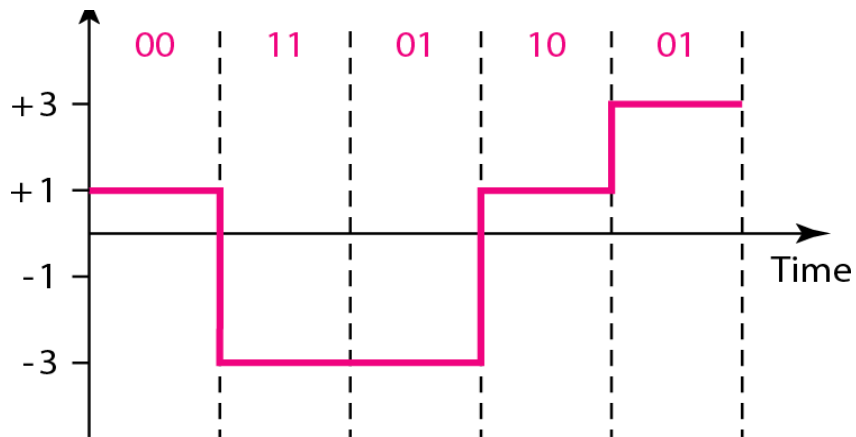
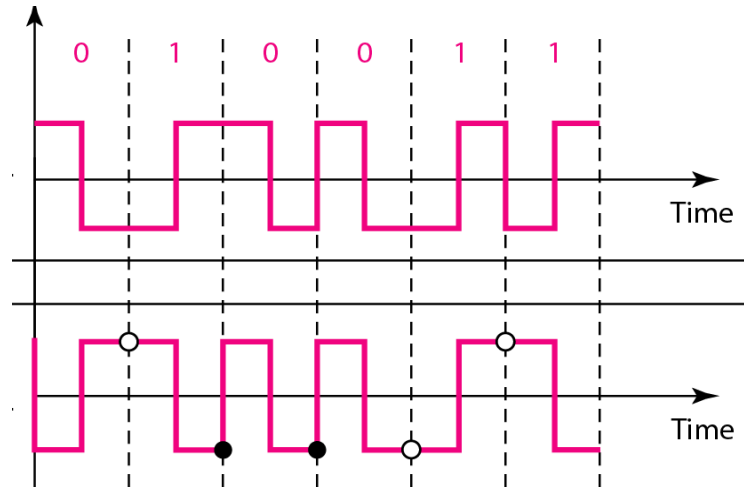
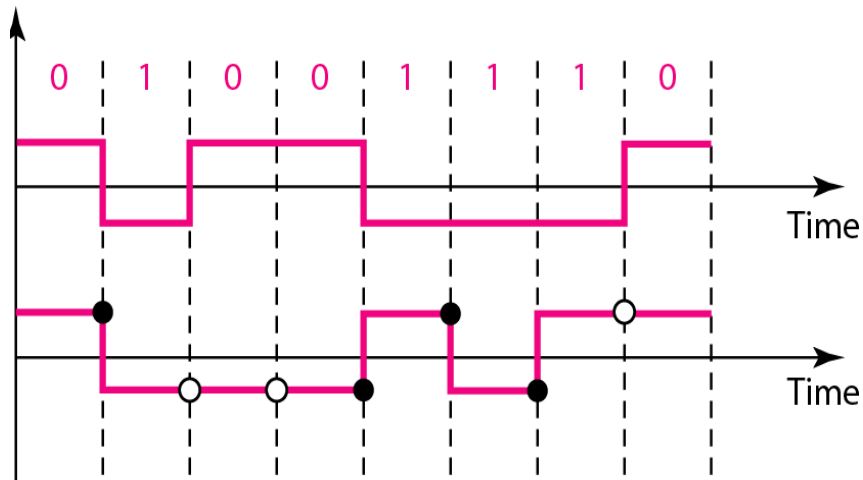
Simplified Communications Model - Diagram



Wire Channel



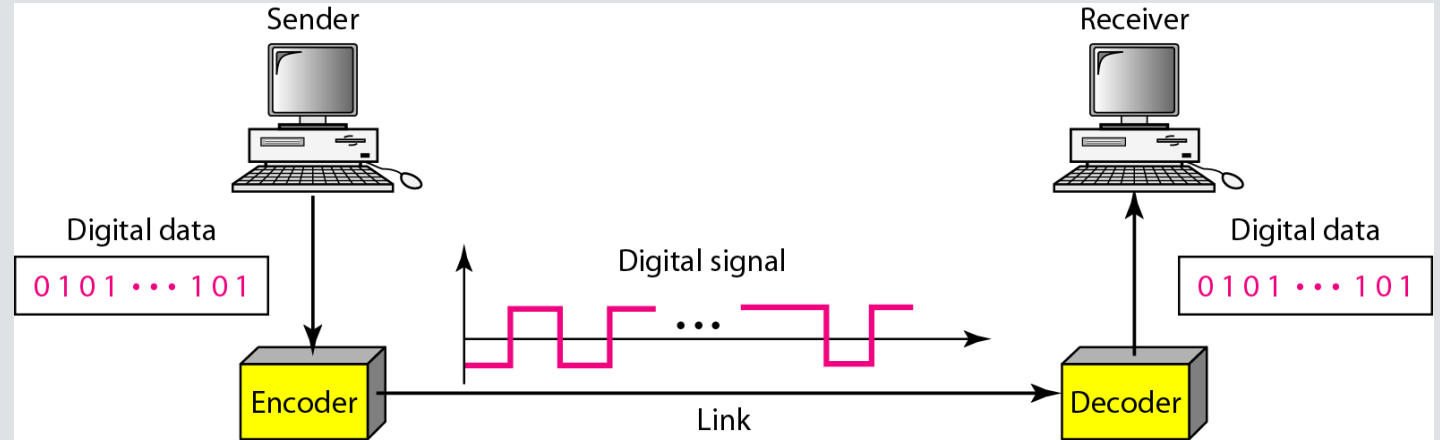
สัญญาณแบบไบนารีที่ส่งบน **DIGITAL CHANNEL**



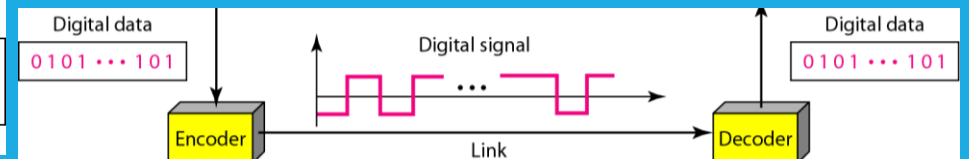
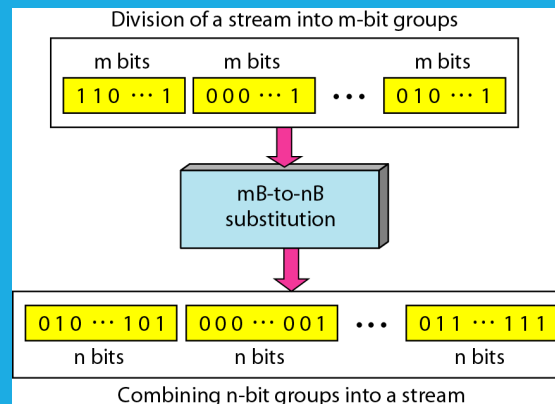
เราสามารถส่ง SIGNAL ที่เป็นตัวแทนข้อมูลแบบไหนได้บ้าง ใน DIGITAL CHANNEL

Line Coding

↳ uni polar
polar
bipolar



Block Coding



Line coding Digital to Digital Conversion

↳ unipolar encoding

↳ unipolar encoding schemes use single voltage level to represent data.

↳ '1' → high voltage

'0' → low voltage

↳ also called unipolar non return to zero because there is no rest condition.



↳ polar encoding

↳ polar encoding schemes uses multiple voltage levels to represent binary value.

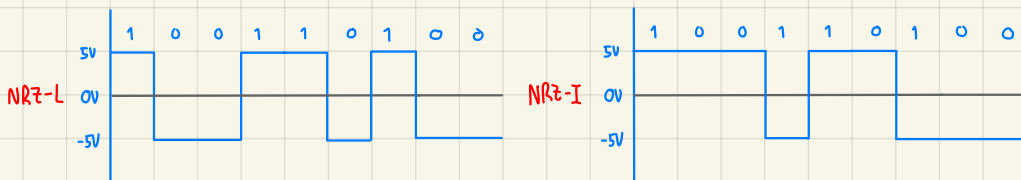
↳ Polar Non Return To Zero (Polar NRZ)

↳ '1' positive voltage, '0' negative voltage

↳ also called non return to zero because there is no rest condition.

↳ NRZ & 2 variants NRZ-I, NRZ-L

↳ change voltage level at the different bit is encountered
↳ change voltage level when '1' is encountered



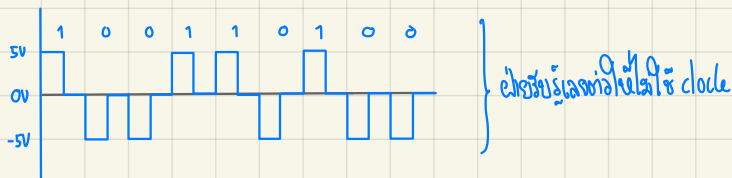
↳ Polar Return to Zero (RZ)

↳ Problem with non return to zero is the receiver cannot conclude when a bit ended and started

↳ in case the sender and receiver are not synchronized

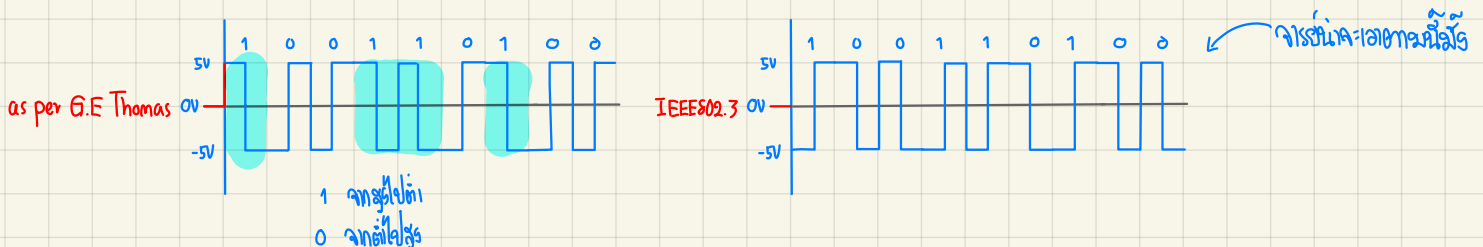
↳ RZ uses three voltage levels, positive logic represent '1', negative logic represent '0' and zero voltage is None

↳ signal changes during the bits not between the bits



↳ Manchester

↳ This encoding scheme is combination of RZ and NRZ-L, bit time is divided into 2 halves. It transit in the middle of the bit and changes phase when a different bit is encountered

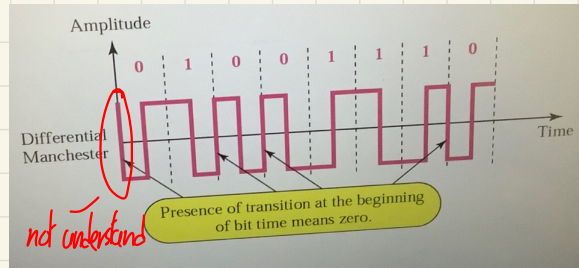
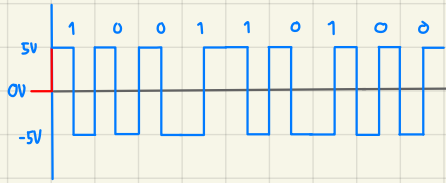


↳ Differential Manchester

สัญญาณไม่เปลี่ยนตาม data (fix) → ถ้าเจอ 1 กลับตัวกลับแบบ return to zero

↳ This encoding scheme is combination of RZ and NRZ-I

↳ It also transit at the middle of bit but change phase only when 1 is encountered



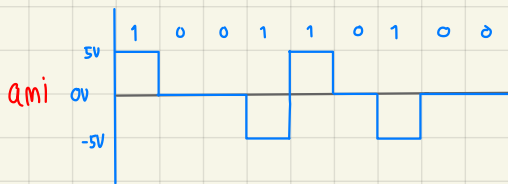
↳ Bipolar Encoding

↳ uses three voltages levels, positive, negative and zero. Zero voltage represents binary '0' and bit '1' is represented by altering positive and negative voltages.

↳ ami

↳ '0' สัญญาณอยู่ที่ระดับกลาง

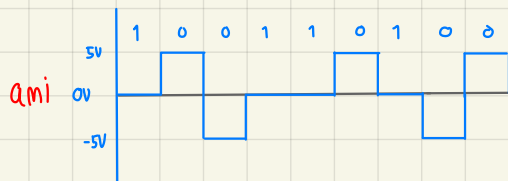
↳ '1' สัญญาณจะเปลี่ยนเป็น high หรือ low



↳ pseudo ternary

↳ '1' สัญญาณอยู่ที่ระดับกลาง

↳ '0' สัญญาณจะเปลี่ยนเป็น high หรือ low



Block coding

↳ to ensure accuracy of the received data frame redundant bits are used. This way the original number of bits is increased. It is called "Block Coding".

↳ After block coding is done, it is lined coded for transmission

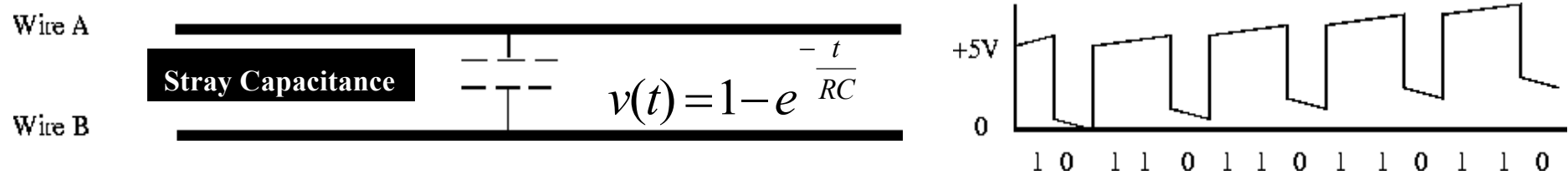
ทำไมต้องมี
สัญญาณ
หลากหลายแบบ

- เพื่อลดข้อจำกัด และ
เพิ่มความสามารถในการส่งข้อมูล

- ลดข้อจำกัด Error ที่อาจเกิดขึ้นกับสัญญาณ
→ สามารถ encode ให้ 1 baud ส่งมากกว่า 1 bit
- เพิ่ม Bit rate ในการส่งข้อมูล
→ ทำให้ bit rate สูงกว่าเดิม
- เพิ่ม Data pattern เพื่อใช้ส่งได้หลากหลายขึ้น
 - Data และ Control information

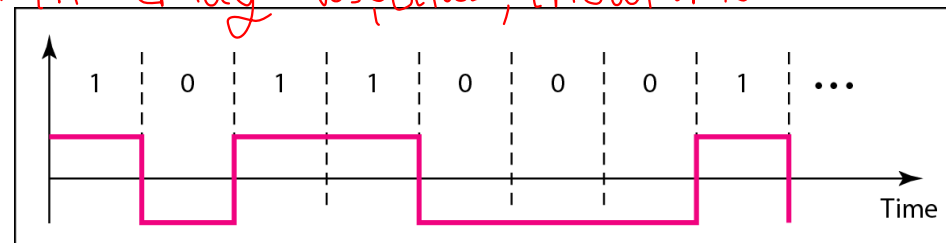
ERROR แบบใดที่เกิดกับสัญญาณ และควรหลีกเลี่ยง

■ Distortion (DC Component)

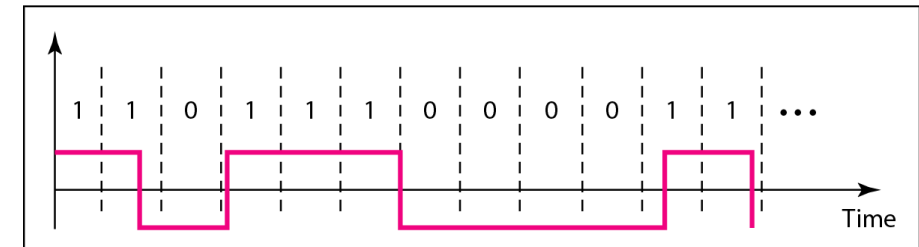


■ Bit Synchronization

- Lack of clk synchronization between Tx,Rx → *มรค้ไขว้ clock*
- Delay of signal → *มร delay ขวสขบขล, มรเส้รรมง*

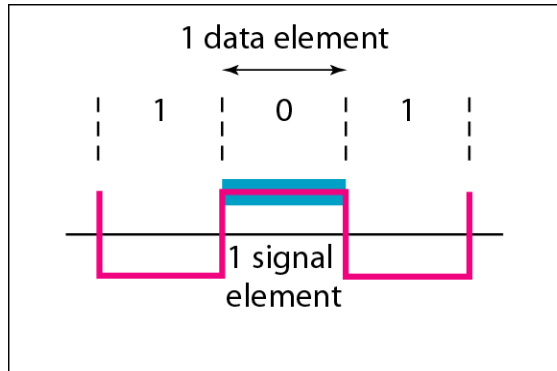


a. Sent

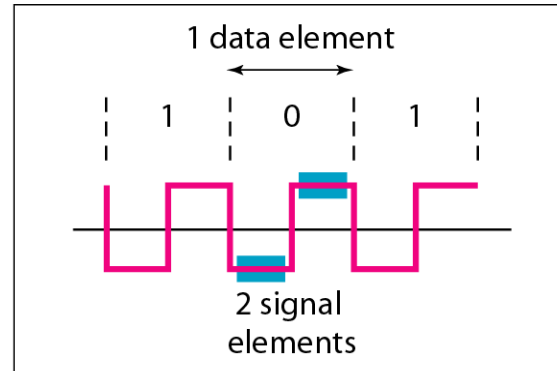


b. Received

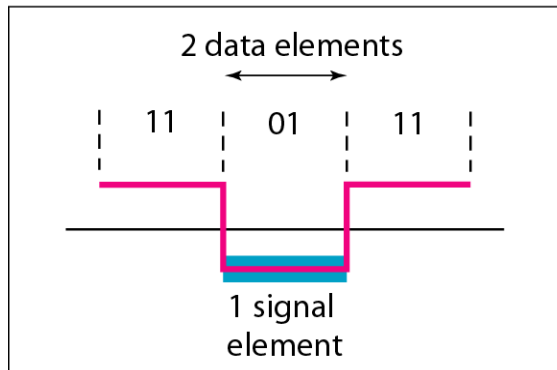
■ เพิ่ม Bit rate ในการส่งข้อมูล



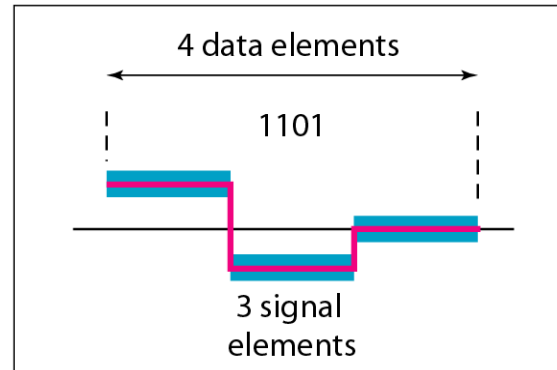
a. One data element per one signal element ($r = 1$)



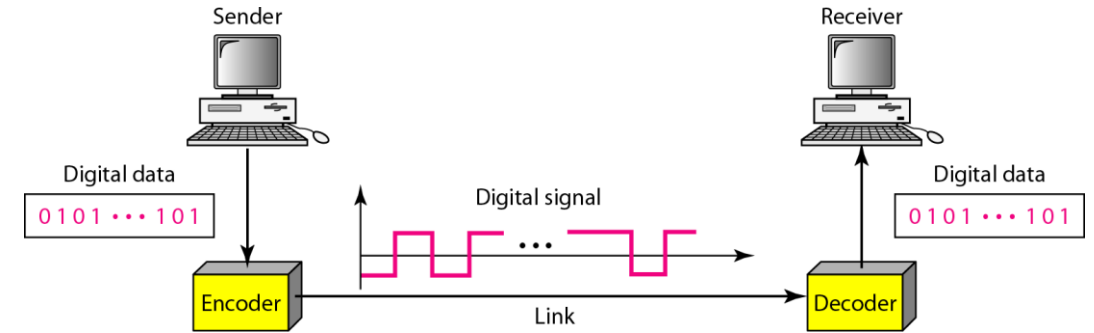
b. One data element per two signal elements ($r = \frac{1}{2}$)



c. Two data elements per one signal element ($r = 2$)



d. Four data elements per three signal elements ($r = \frac{4}{3}$)



เป็นการแทน Data element ด้วย
Signal element โดยตรง

โดยมีรูปแบบการแทน ขึ้นกับ
 r (bit/signal element)

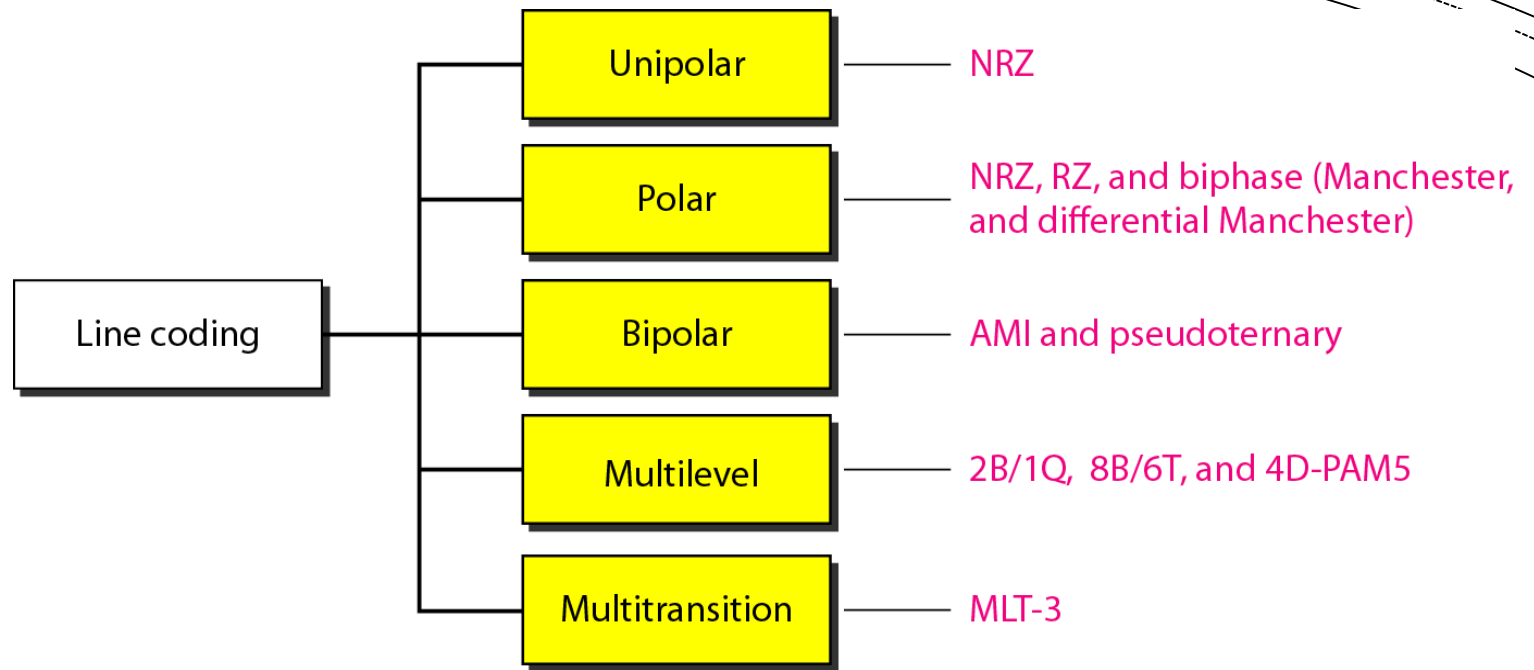
$$\text{Bit rate} = \text{baud-rate} \times r$$

$$= \frac{\cancel{\text{baud}}}{s} \times \frac{\cancel{\text{bit}}}{\cancel{\text{baud}}} = \text{bit/s}$$

- เพิ่ม Data pattern
 - เพื่อใช้ส่งได้หลากหลายขึ้น
 - Data
 - Control information

<i>Data Sequence</i>	<i>Encoded Sequence</i>	<i>Control Sequence</i>	<i>Encoded Sequence</i>
0000	11110	Q (Quiet)	00000
0001	01001	I (Idle)	11111
0010	10100	H (Halt)	00100
0011	10101	J (Start delimiter)	11000
0100	01010	K (Start delimiter)	10001
0101	01011	T (End delimiter)	01101
0110	01110	S (Set)	11001
0111	01111	R (Reset)	00111
1000	10010		
1001	10011		
1010	10110		
1011	10111		
1100	11010		
1101	11011		
1110	11100		
1111	11101		

Line Coding Techniques

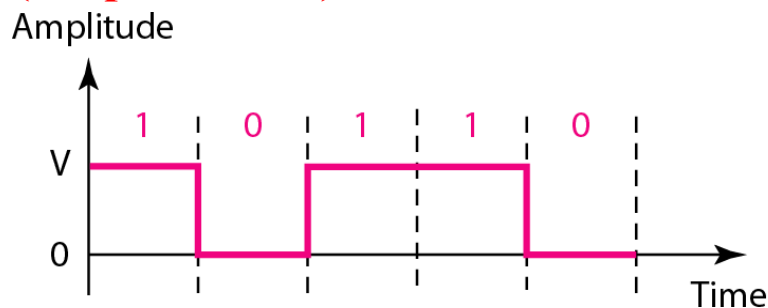


- เพื่อลดปัญหา DC Component (Distortion)
 - ใช้ signal level $\rightarrow (+, -)$ แทน $(+, 0)$
- เพื่อลดปัญหา Bit synchronization \rightarrow ไม่รู้ 0 สักกี่บิตก็ตัว (Note: ไม่รู้ว่า 0 สักกี่บิตก็ตัว)
 - สร้าง Transition (การเปลี่ยนแปลง) เมื่อมีบิต '0', '1' ติดกันนานๆ
- เพื่อเพิ่ม Bit rate
 - แทนสัญญาณให้ r (bit/signal element) มีค่ามาก

POLAR NRZ-L AND NRZ-I SCHEMES

การแทน data bit ด้วย signal element สามารถเลือกได้
แทนด้วย signal level
แทนด้วย signal transition

(Unipolar NRZ)



RS232 based protocol

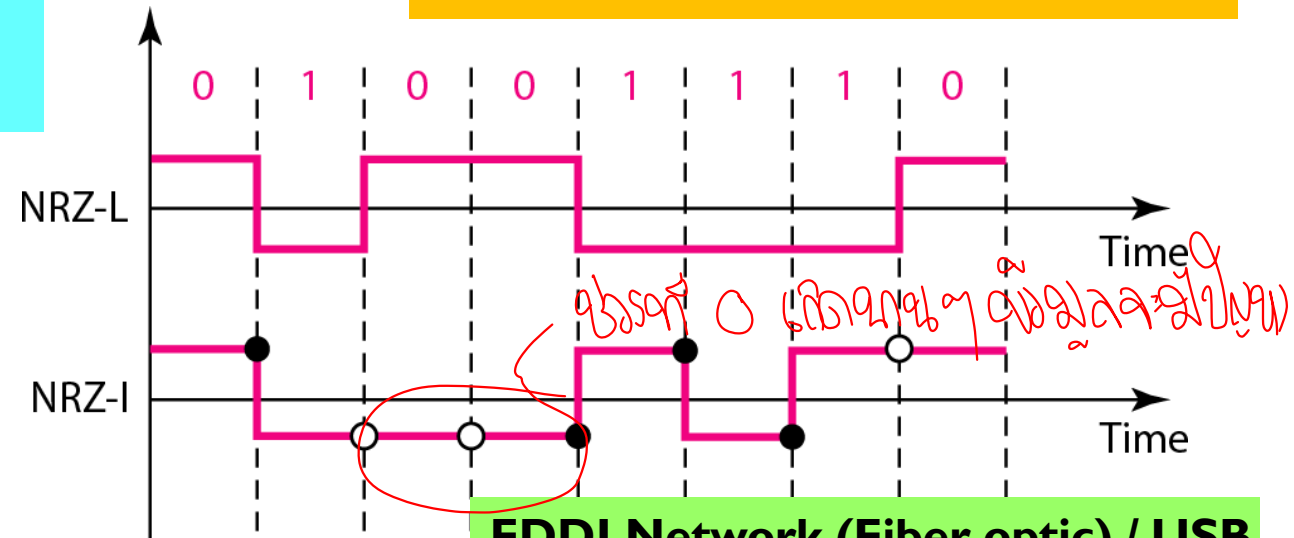
$$\frac{1}{2}V^2 + \frac{1}{2}(0)^2 = \frac{1}{2}V^2$$

Normalized power

- ปัญหา DC Component (Distortion)
- ปัญหา Bit Synchronization '0' & '1' ติดกันนานๆ

Ethernet (IEEE 802.3) 100Mbps

ปัญหา Bit Synchronization '0' & '1' ติดกันนานๆ



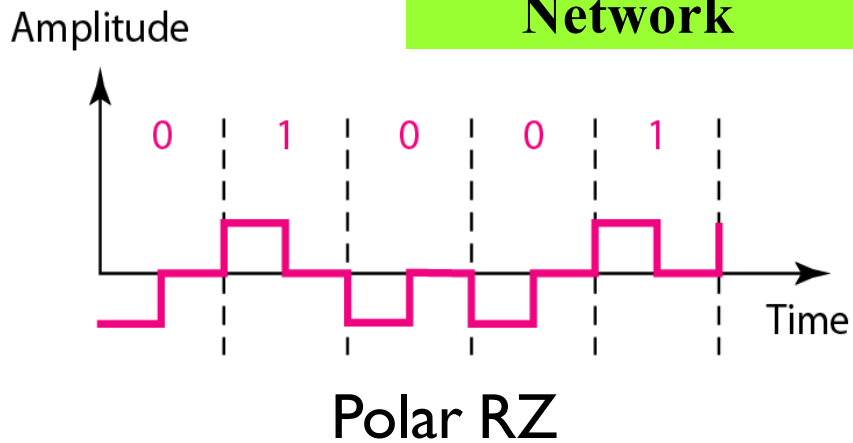
FDDI Network (Fiber optic) / USB

○ No inversion: Next bit is 0 ● Inversion: Next bit is 1

ปัญหา Bit Synchronization เกิดกับ Bit ที่ถูกแทนด้วย No transition ติดกันนานๆ
เช่น ในกรณีการแทนแบบนี้ ปัญหาจะเกิดกับ
'0' ติดกันนานๆ

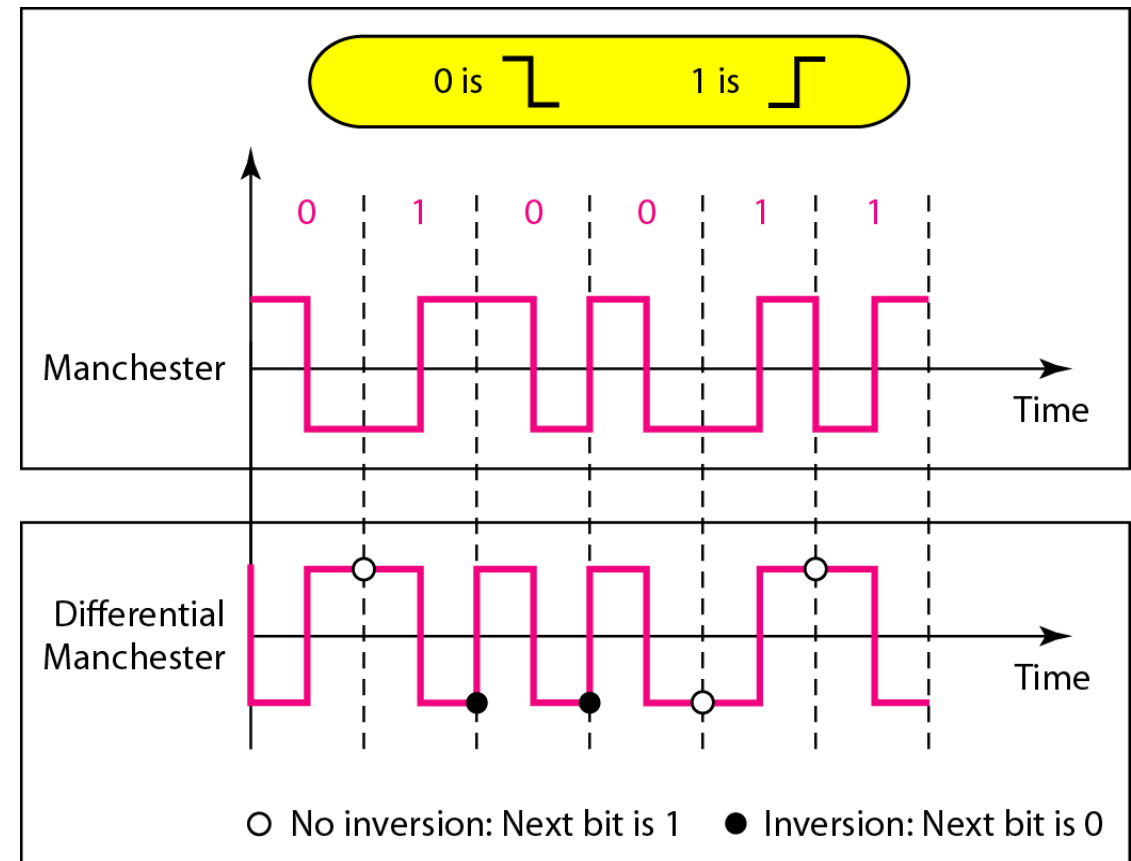
POLAR RZ / POLAR BIPHASE

TOKEN Ring Network



ปัญหา ความเร็วในการส่ง และ Bandwidth ที่กว้าง

Ethernet networks (10BASE-X) Hard drive



แสดงสัญญาณที่ใช้แทนบิตข้อมูลด้วย

Signal Encoding Technique เหล่านี้

1)NRZ-L

2)NRZ-I

3)Polar RZ

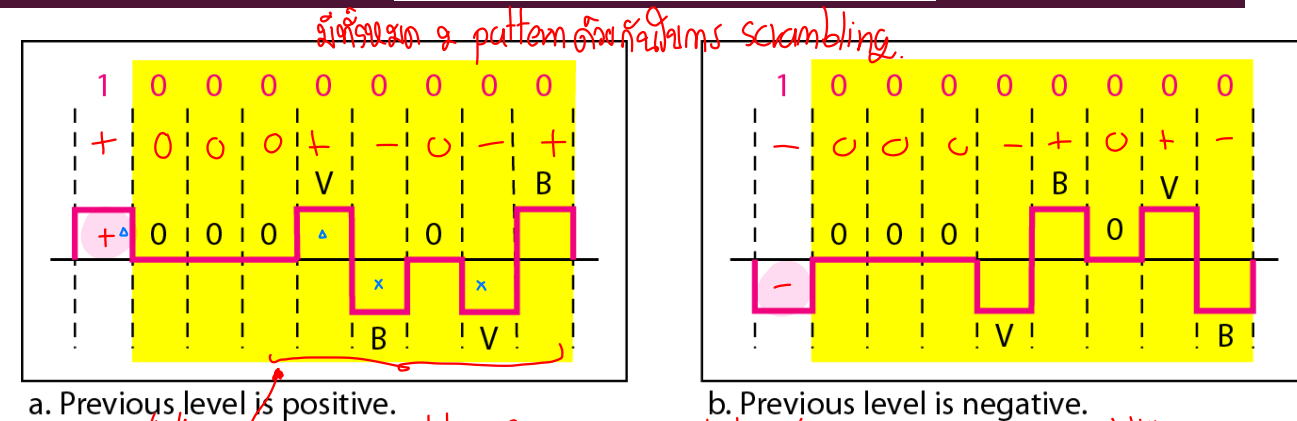
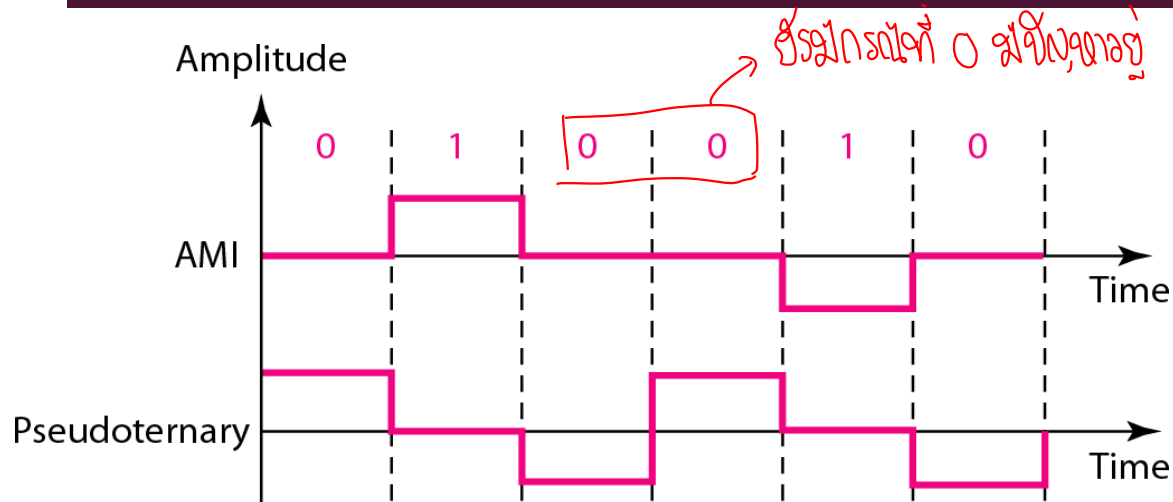
4)Manchester

ACTIVITY #8.1

BIPOLAR

ปัญหาเกิดเมื่อมี 0 หลายๆ เลข scrambling เพื่อป้องกัน
 คือ 0 ที่เรียงติด 4 ตัว

AMI with Scrambling



เพราะถ้าได้เลข 0 ติดกัน scrambling? → อันเกิด violation ใน 8BZS / 8B1B x violation

B8ZS (bipolar with 8-zeros substitution)

Bipolar schemes: AMI and pseudoternary

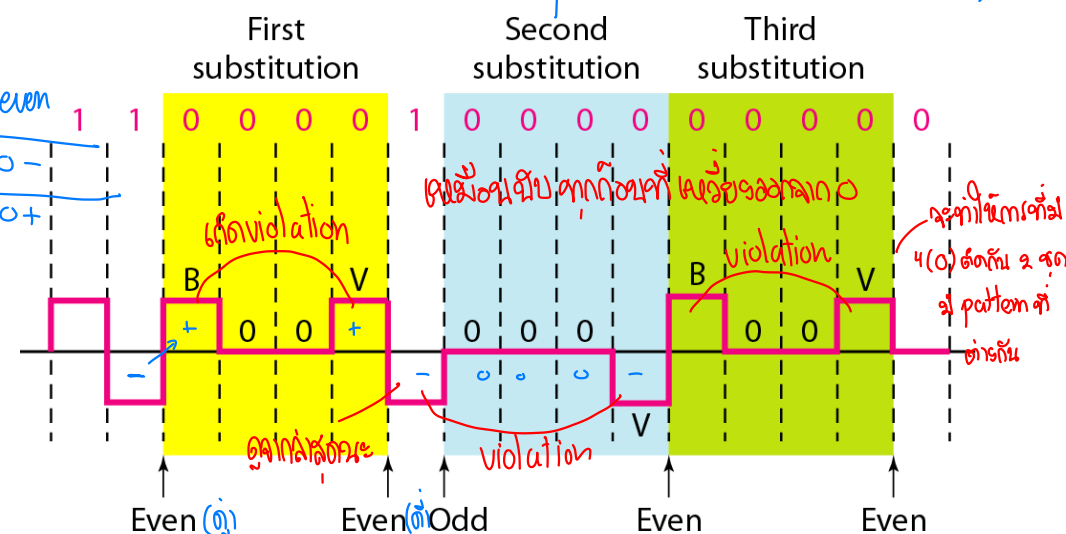
ปัญหา Bit Synchronization เกิดกับ Bit ที่ถูกแทนด้วย No Inversion ติดกันนานๆ เช่น ในกรณีการแทนแบบนี้ ปัญหาจะเกิดกับ '0' ติดกันนานๆ

T-1 and E-1 lines

last pulse	if ϵ is odd	if ϵ is even
+	000+	-00-
-	000-	+00+

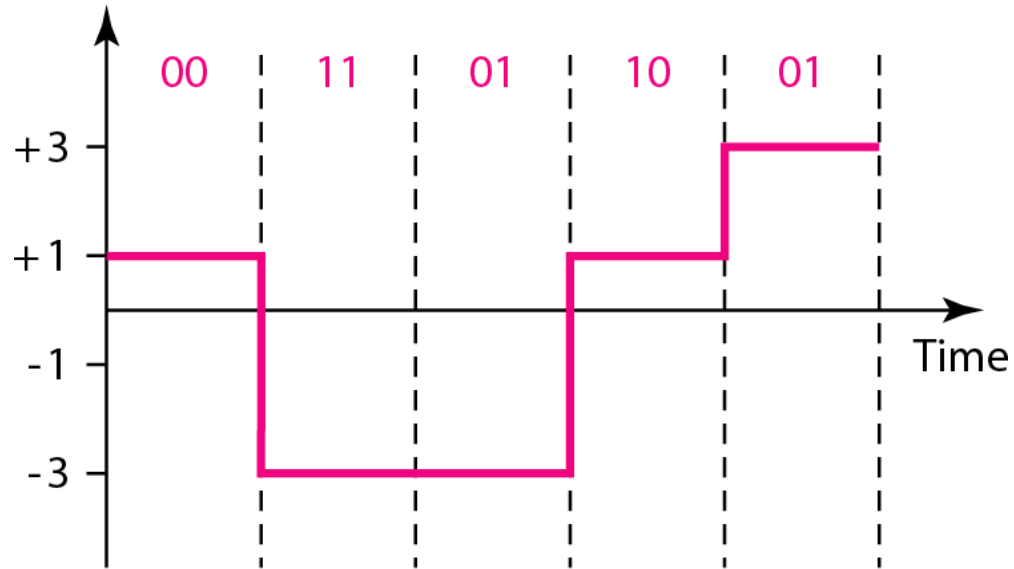
HDB3

high-density bipolar 3 zeros



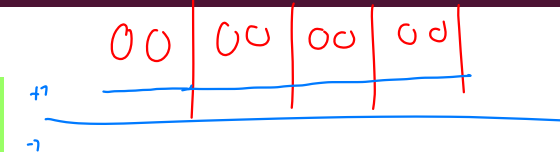
MULTILEVEL

Multilevel: 2B1Q scheme



Assuming positive original level

ISDN (Telephone Line)

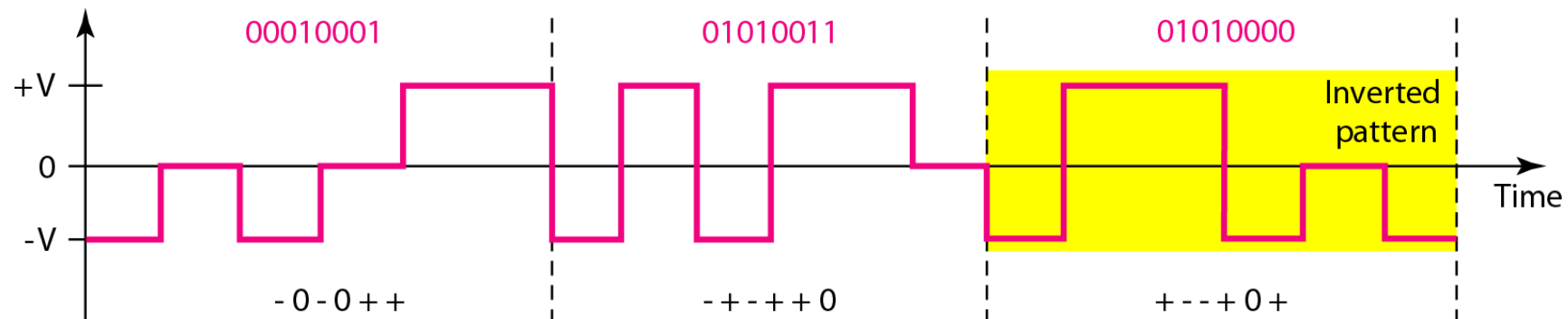


Next bits	Previous level:	
	positive	negative
Next level	Next level	
00	+1	-1
01	+3	-3
10	-1	+1
11	-3	+3

Transition table

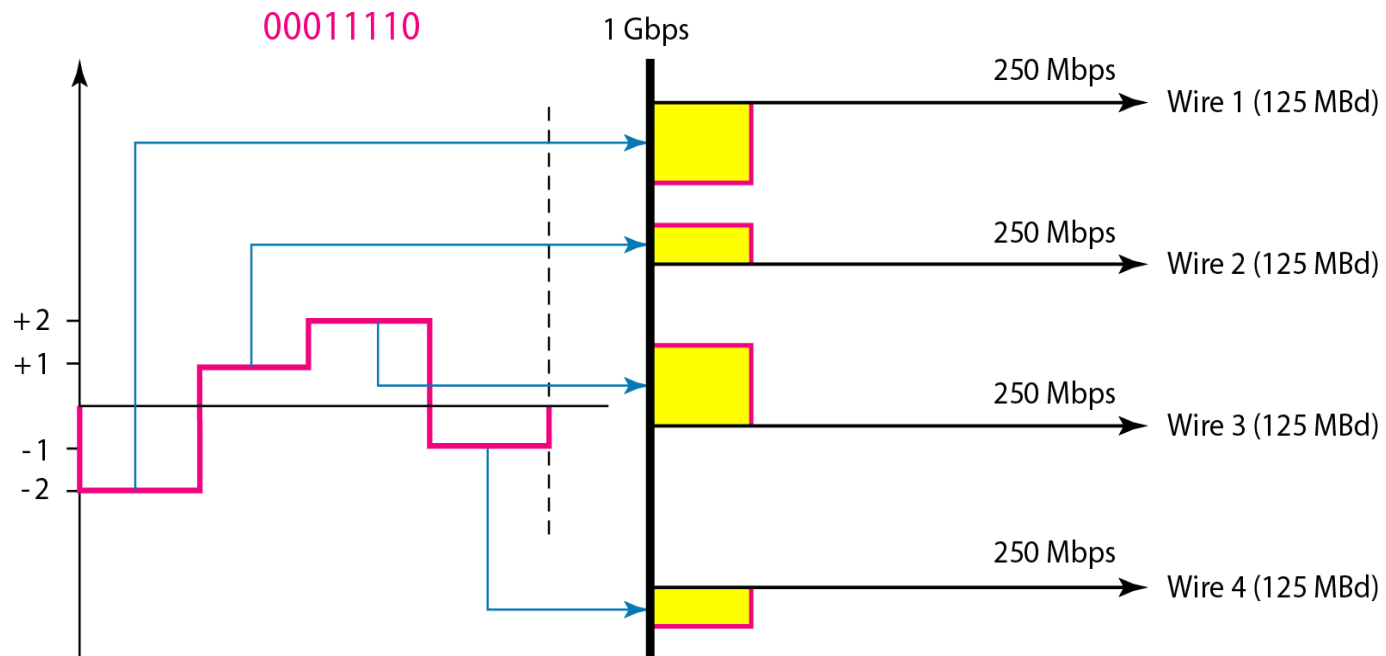
ปัญหา Bit Synchronization เกิดกับ Bit ที่ถูกแทนด้วย Inversion ติดกันนานๆ เช่น ในกรณีการแทนแบบนี้ ปัญหาจะเกิดกับ '0' ติดกันนานๆ

MULTILEVEL



100 Mbps Ethernet

Multilevel: 8B6T scheme



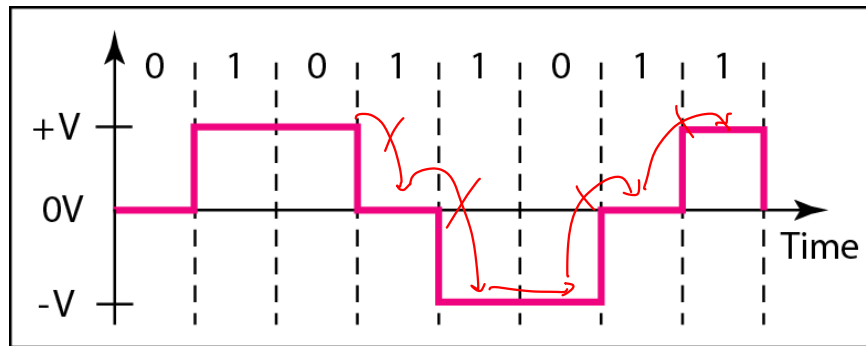
Multilevel: 4D-PAM5 scheme

1 Gbps Ethernet

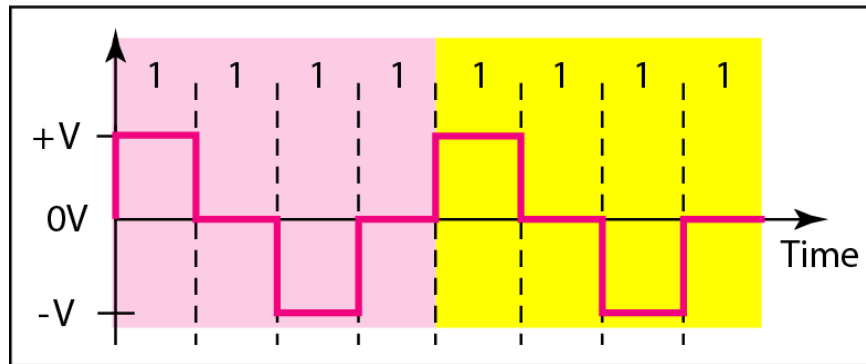
MULTITRANSITION: MLT-3 SCHEME

multi-level transmit.

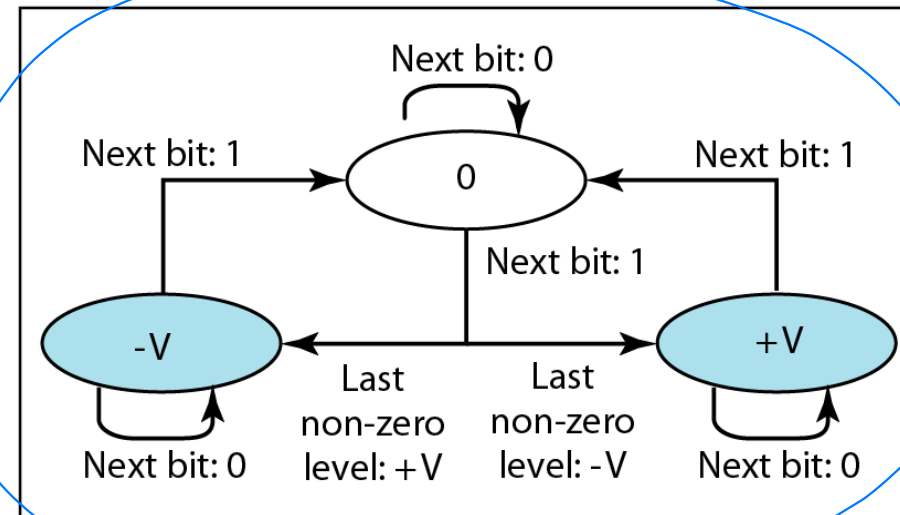
FDDI Network



a. Typical case



b. Worse case



c. Transition states

การพองตัวของสาย

แสดงสัญญาณที่ใช้แทนบิตข้อมูลด้วย
Signal Encoding Technique เหล่านี้

- 1)AMI
- 2)HDB3
- 3)2B1Q
- 4)MLT-3

ACTIVITY #8.2

0 11 111 0000 10

011111 000000 00 10

ชื่อ-นามสกุล นางธนพร พรสวัสดิ์ชัย รหัส นศ. 61010497

Activity #8

The image shows four rows of digital signal waveforms, each corresponding to a different encoding scheme. The binary sequence 0111100010 is written above the waveforms.

- NRZ-L:** The signal is high for '0' and low for '1'. The waveform shows a high level for the first bit, followed by four low levels, then four high levels, and finally a low level for the last bit.
- NRZ-I:** The signal is high for '0' and low for '1'. The waveform shows a high level for the first bit, followed by four low levels, then four high levels, and finally a low level for the last bit.
- Polar NRZ:** The signal is high for '0' and low for '1'. The waveform shows a high level for the first bit, followed by four low levels, then four high levels, and finally a low level for the last bit.
- Manchester:** The signal is high for '0' and low for '1'. The waveform shows a high level for the first bit, followed by four low levels, then four high levels, and finally a low level for the last bit.

LINE CODING

Activity 10

NO-SCRAMBLING

1 → INVERT
0 → 0

AMI

NRZ

Manchester

MLT-3

BIPOLAR

Block coding concept

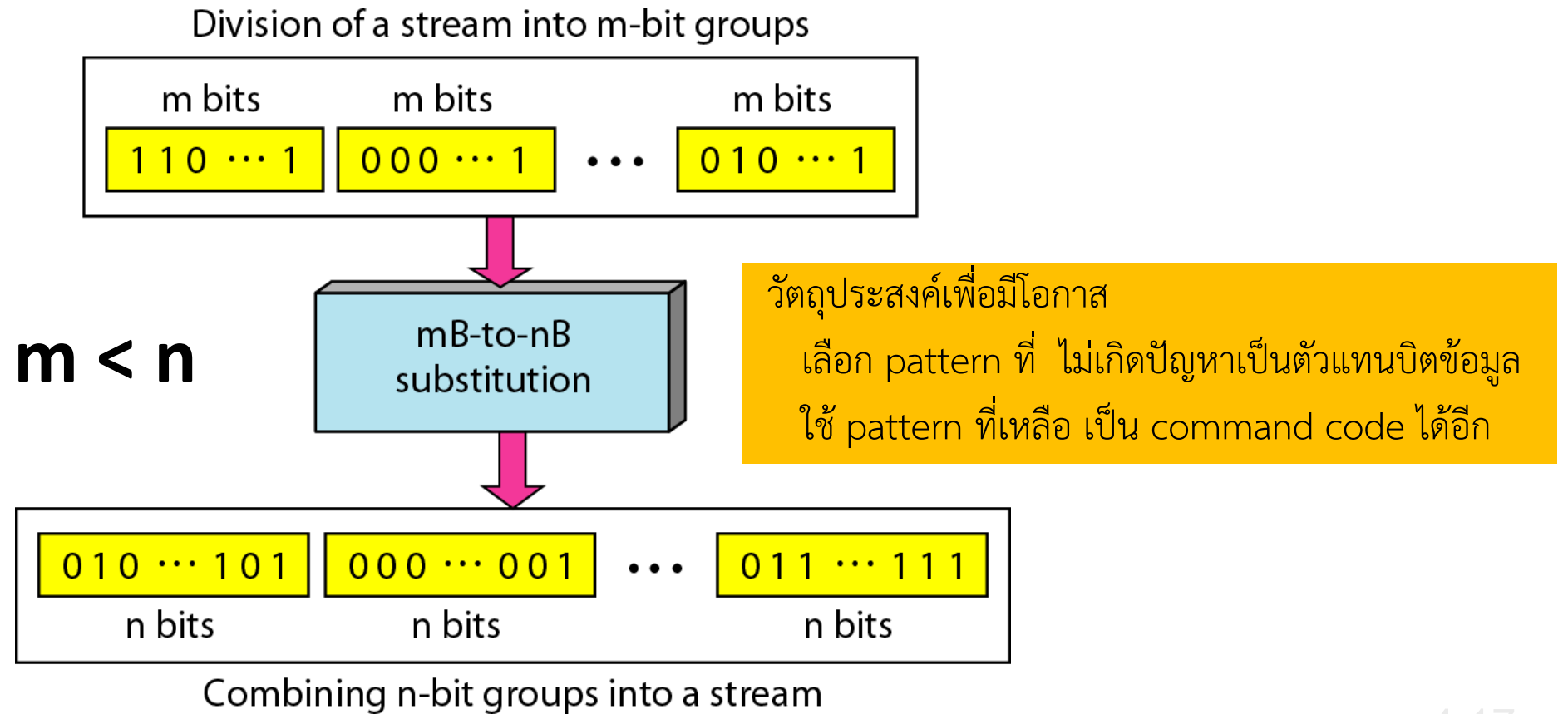
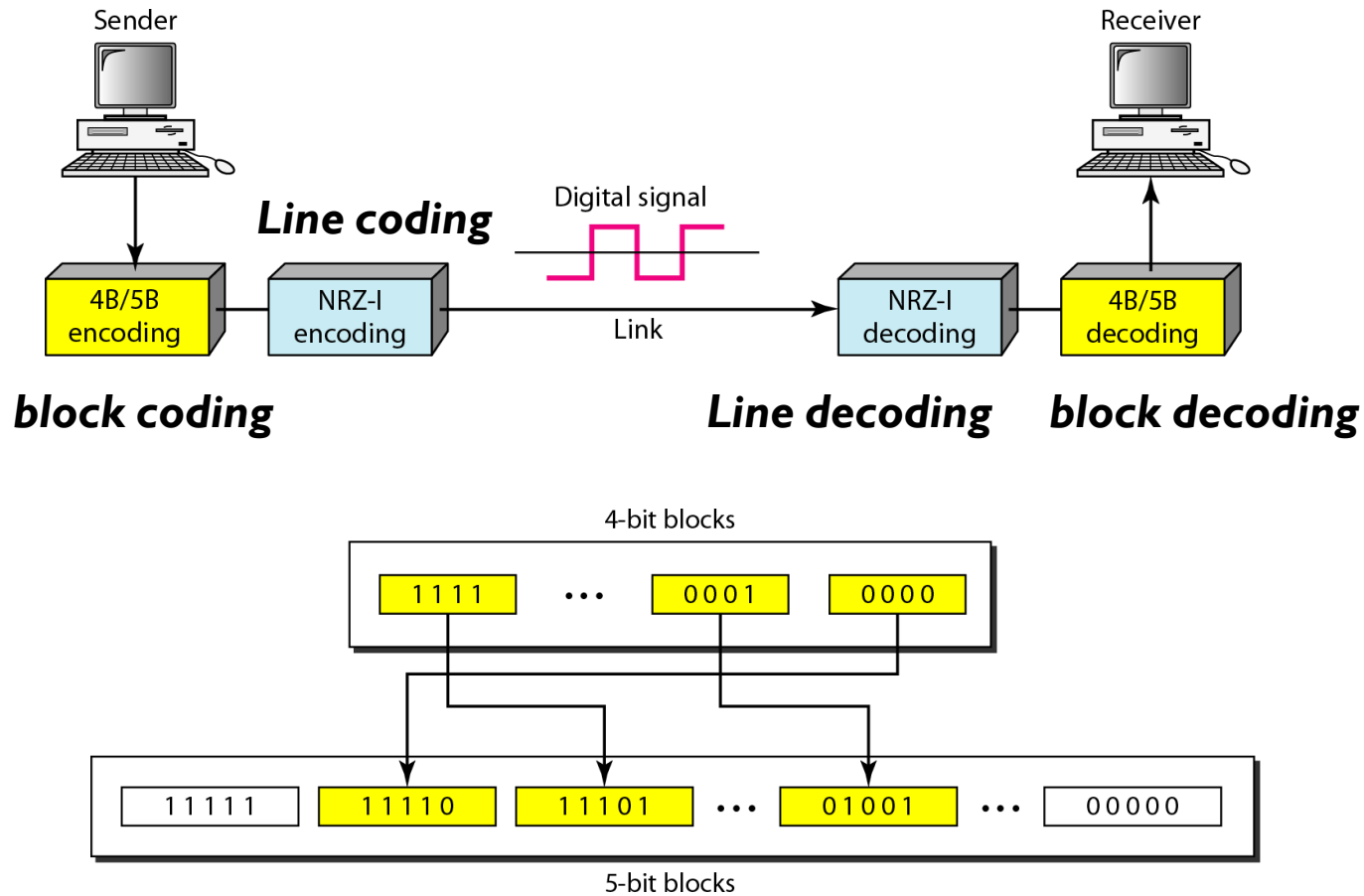
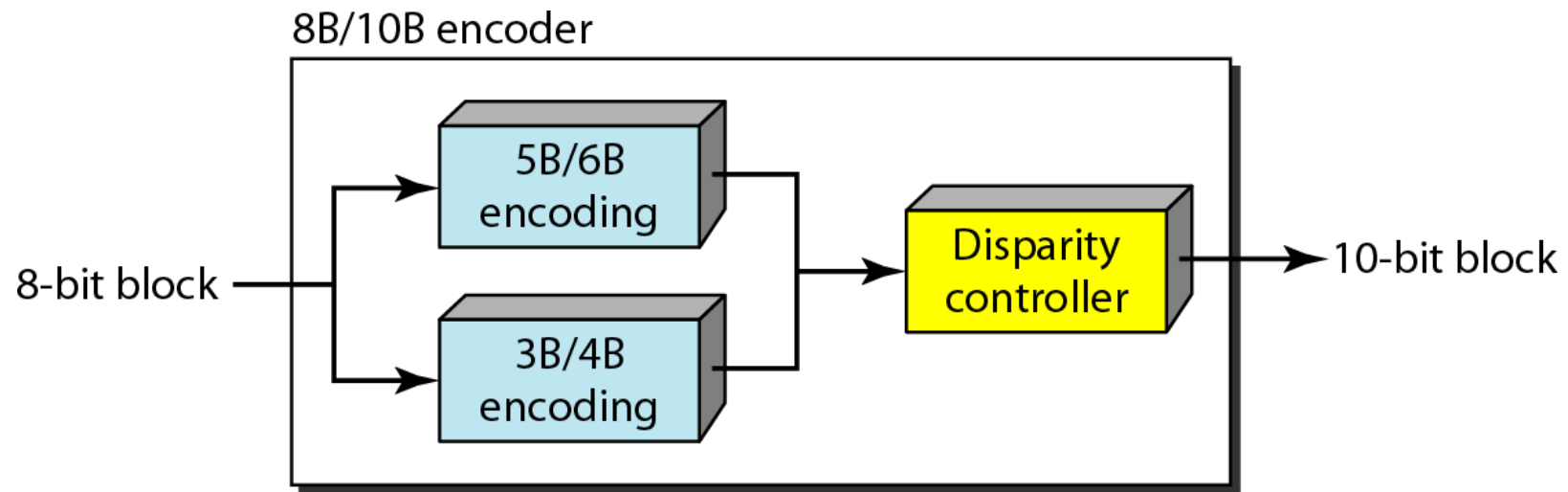


Figure 4.15 *Using block coding 4B/5B with NRZ-I line coding scheme*



Data Sequence	Encoded Sequence	Control Sequence	Encoded Sequence
0000	11110	Q (Quiet)	00000
0001	01001	I (Idle)	11111
0010	10100	H (Halt)	00100
0011	10101	J (Start delimiter)	11000
0100	01010	K (Start delimiter)	10001
0101	01011	T (End delimiter)	01101
0110	01110	S (Set)	11001
0111	01111	R (Reset)	00111
1000	10010		
1001	10011		
1010	10110		
1011	10111		
1100	11010		
1101	11011		
1110	11100		
1111	11101		

Figure 4.17 *8B/10B block encoding*



NRZ encoding: RS232 based protocols

Manchester encoding:

- Ethernet networks (IEEE 802.3)
- Hard drive

Differential Manchester encoding:

- token-ring networks (IEEE 802.5)

NRZ-Inverted encoding:

- USB
- Fiber Distributed Data Interface (FDDI)

2B1Q: ISDN (Telephone Line)

8B6T: 100 Mbps Ethernet

B8ZS and HDB3 : Fiber Optic

4B/5B NRZI: Ethernet 100 Mbps and FDDI

8B/10B, 4D-PAM: Gigabit Ethernet

APPLICATIONS OF LINE CODING

LINE CODING SUMMARIZE

Objective	Line Coding	Data rate
High Data rate	2B1Q 4D-PAM5	2 x Signal rate 4 channel of (2 x Signal rate)
No Error Sync Long '1'	NRZ-I, AMI, MLT-3	Signal rate
No Sync Error	RZ, Manchester, Differential Manchester	$(1/2) \times \text{signal rate}$
	8B6T	$(4/3) \times \text{signal rate}$
	4B/5B, 8B/10B	Require higher signal rate Data rate depends on chosen line coding technique
	B8ZS, HDB3 (AMI with Scrambling)	Signal rate