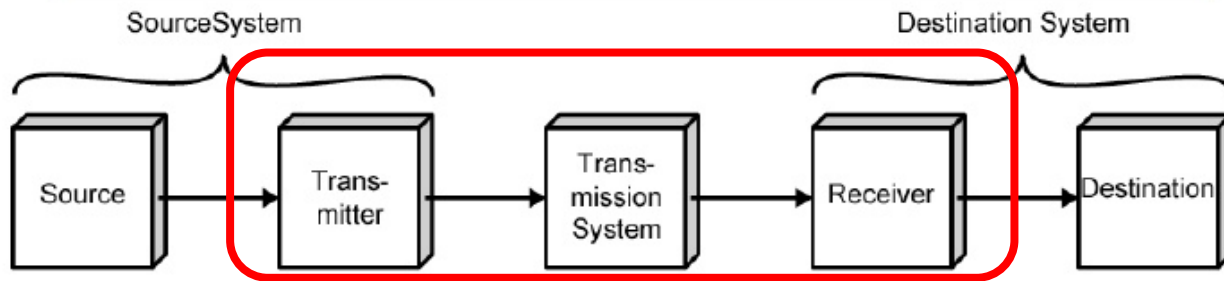


An abstract graphic on the left side of the slide, consisting of a network of light blue lines and small circles, resembling a circuit board or a data transmission path. The lines are vertical and horizontal, with some diagonal connections, and the circles are placed at various points along these lines.

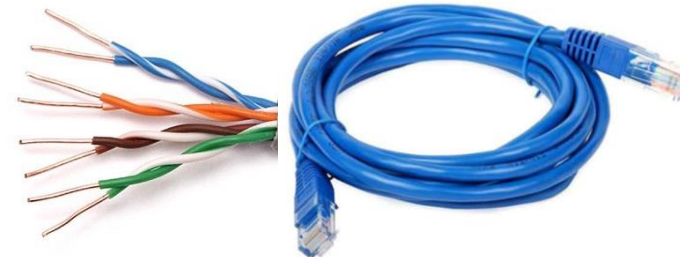
DIGITAL TRANSMISSION

DIGITAL TRANSMISSION (CHANNEL)

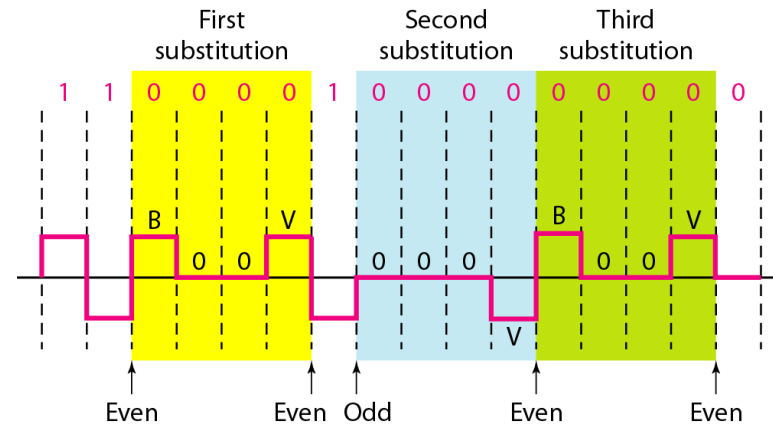
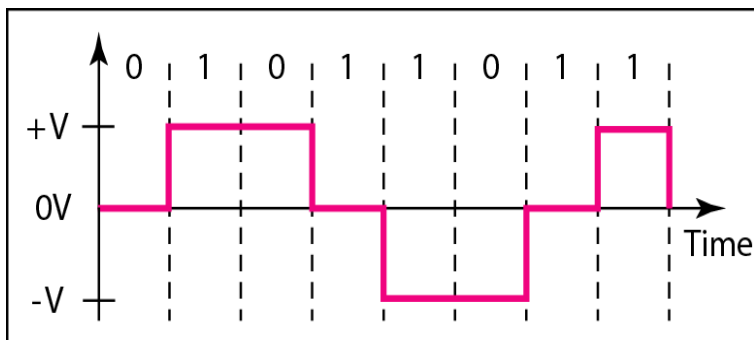
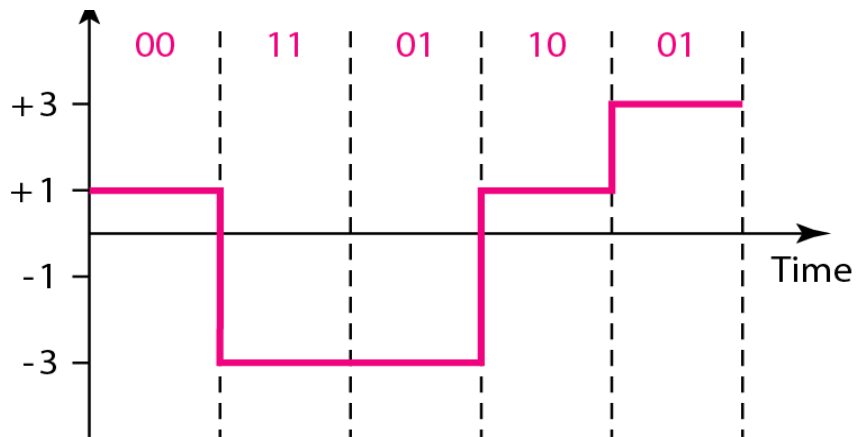
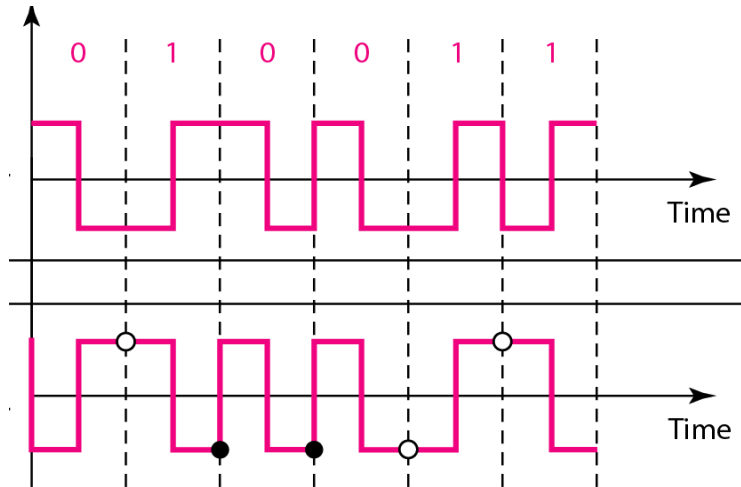
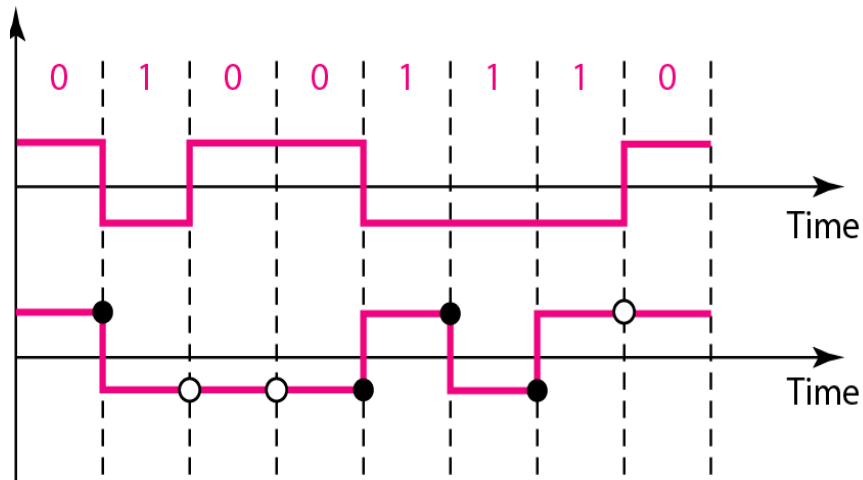
Simplified Communications Model - Diagram



Wire Channel



สัญญาณแบบไบนารีที่ส่งบน DIGITAL CHANNEL

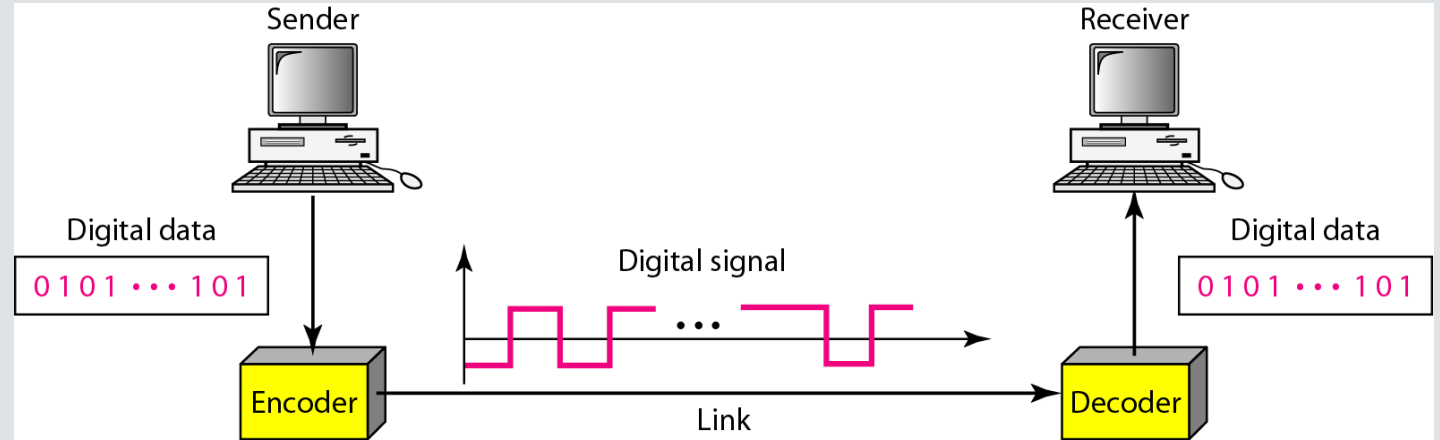


ทำไมต้องมีสัญญาณ
หลากหลายแบบ

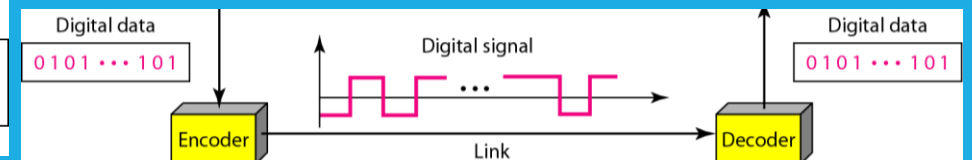
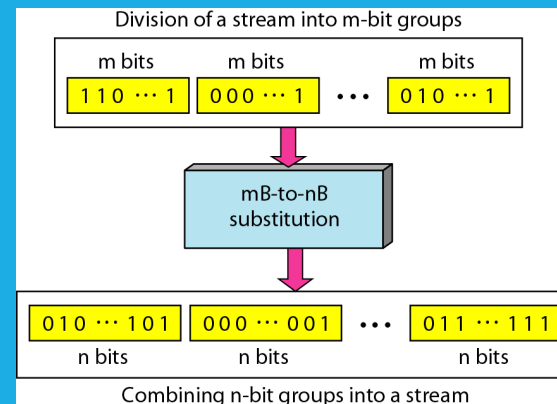
- เพื่อลดข้อจำกัด และ เพิ่มความสามารถในการส่งข้อมูล
- ลดข้อจำกัด **Error** ที่อาจเกิดขึ้นกับสัญญาณ
- เพิ่ม **Bit rate** ในการส่งข้อมูล
- เพิ่ม **Data pattern** เพื่อทั้งเลือกส่ง **Data** และ **Control information**

เราสามารถส่ง SIGNAL ที่เป็นตัวแทนข้อมูลแบบไหนได้บ้าง ใน DIGITAL CHANNEL

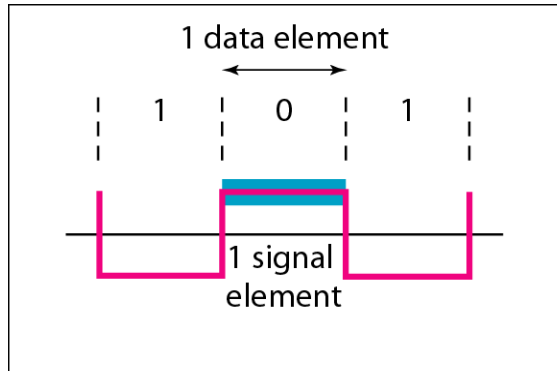
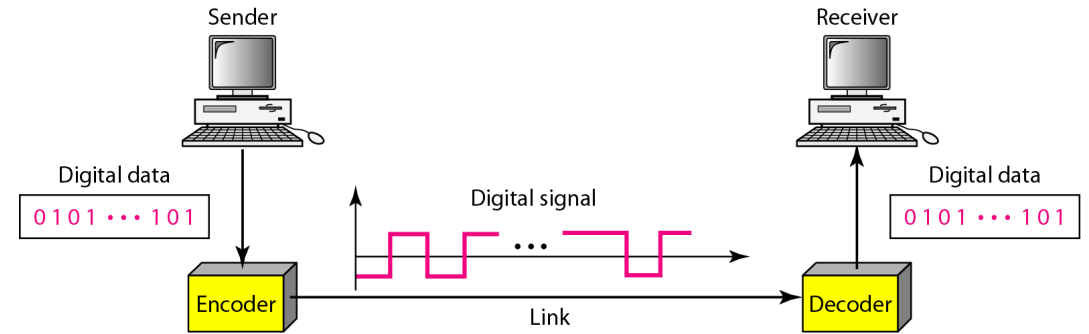
Line Coding



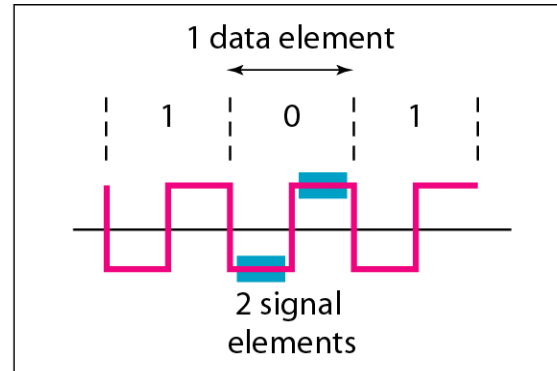
Block Coding



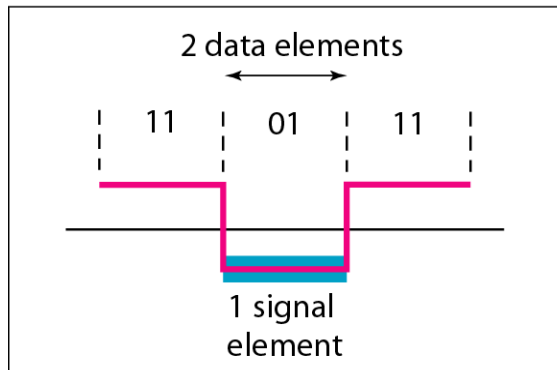
Line coding



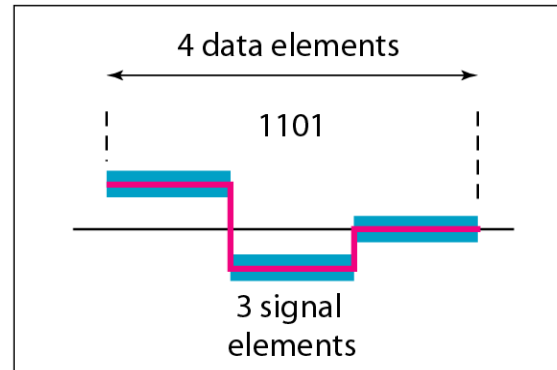
a. One data element per one signal element ($r = 1$)



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

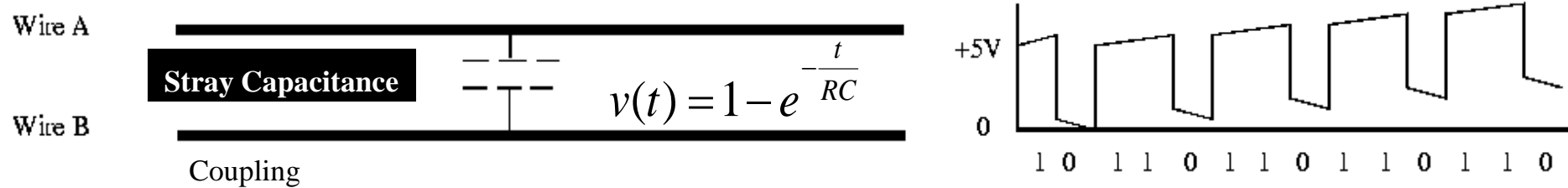
โดยมีรูปแบบการแทน ขึ้นกับ
bit/signal element (r)

ทำไมต้องมีสัญญาณ หลากหลายแบบ

- เพื่อลดข้อจำกัด และ เพิ่มความสามารถในการส่งข้อมูล
- ลดข้อจำกัด **Error** ที่อาจเกิดขึ้นกับสัญญาณ
- เพิ่ม **Bit rate** ในการส่งข้อมูล
- เพิ่ม **Data pattern** เพื่อทั้งส่ง **Data** และ **Control information**

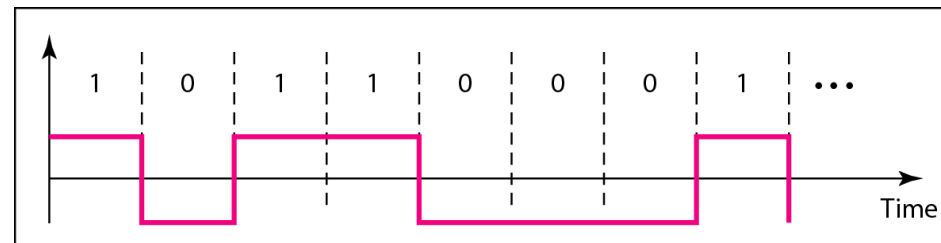
ERROR แบบใดที่เกิดกับสัญญาณ และควรหลีกเลี่ยง

- Distortion (DC Component)

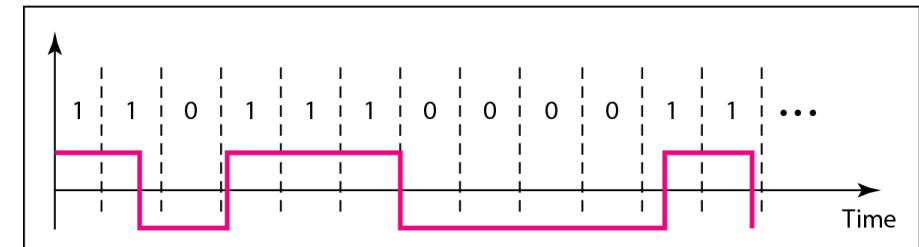


- Bit Synchronization

- Lack of clk synchronization between Tx, Rx
- Delay of signal

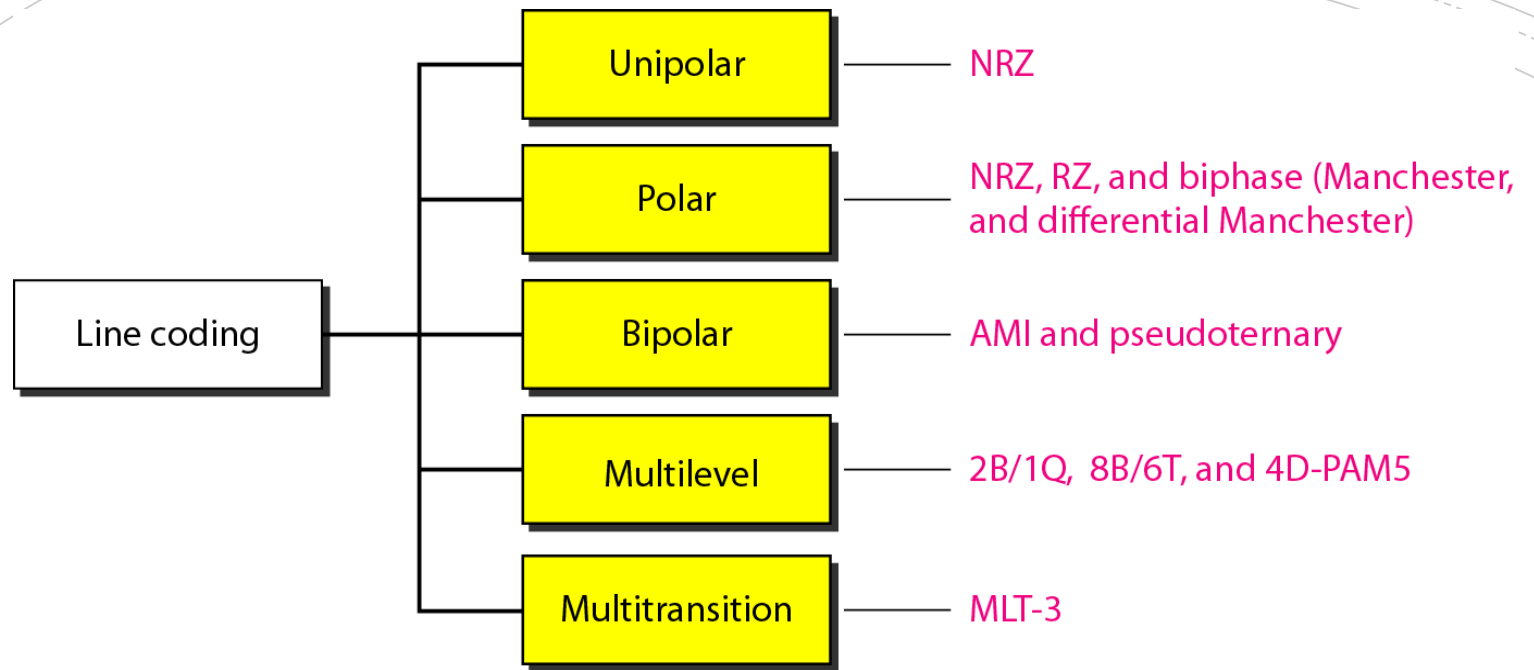


a. Sent



b. Received

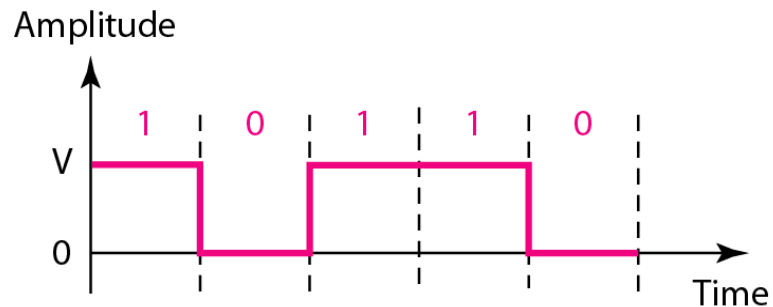
Line Coding Techniques



- ใช้ **signal level** -> (+,-) แทน (+, 0)
 - เพื่อลดปัญหา **DC Component**
- สร้าง **Transition** เมื่อมีบิต '0', '1' ติดกันนานๆ
 - เพื่อลดปัญหา **Bit synchronization**
- แทนสัญญาณให้ **r (bit/signal element)** มีค่ามาก
 - เพื่อเพิ่ม **Bit rate**

POLAR NRZ-L AND NRZ-I SCHEMES

RS232 based protocols (Unipolar NRZ)

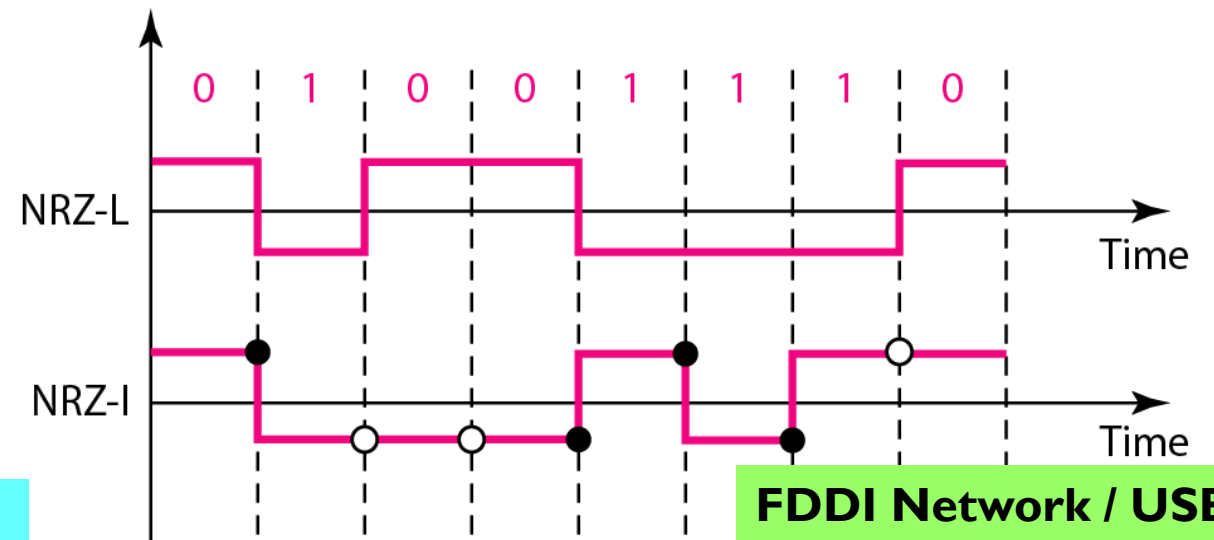


$$\frac{1}{2}V^2 + \frac{1}{2}(0)^2 = \frac{1}{2}V^2$$

Normalized power

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

Ethernet (IEEE 802.3) 100Mbps



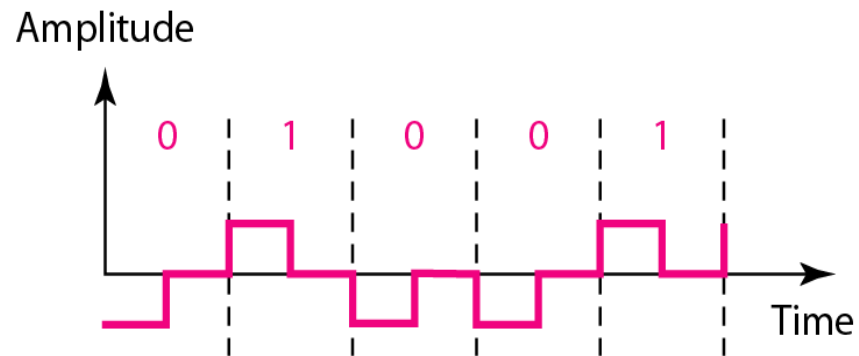
○ No inversion: Next bit is 0

● Inversion: Next bit is 1

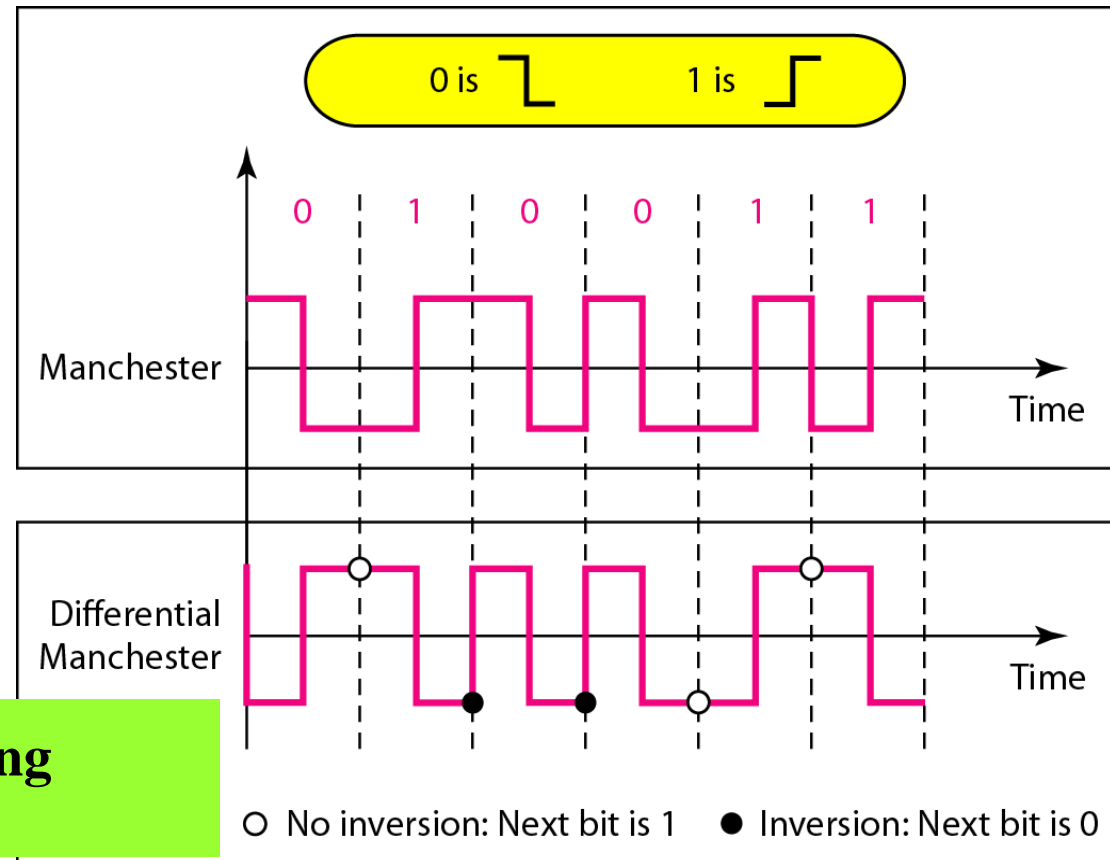
FDDI Network / USB

POLAR RZ / POLAR BIPHASE

Ethernet networks
Hard drive



Polar RZ



TOKEN Ring
Network

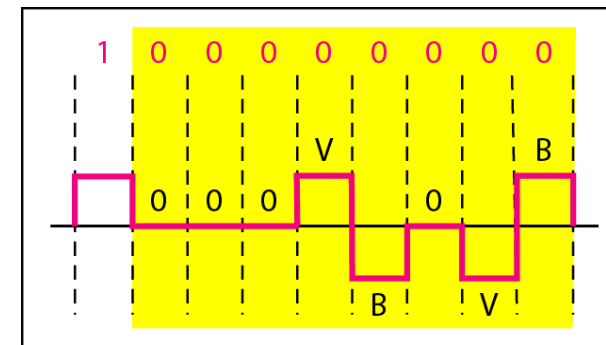
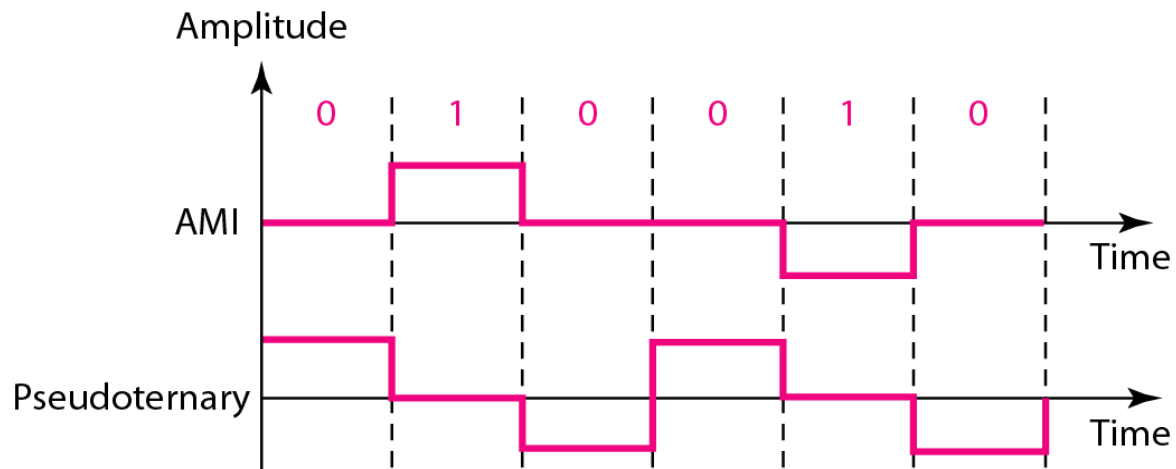


ACTIVITY #8

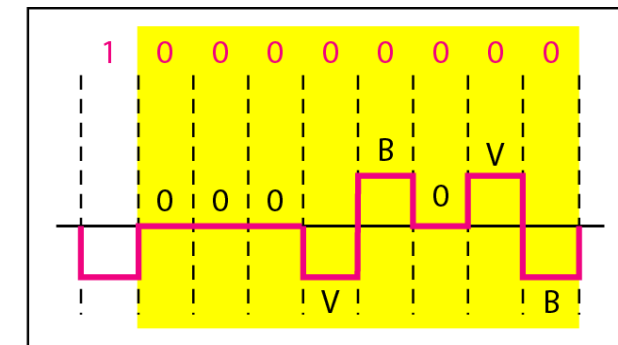


BIPOLAR

AMI with Scrambling



a. Previous level is positive.

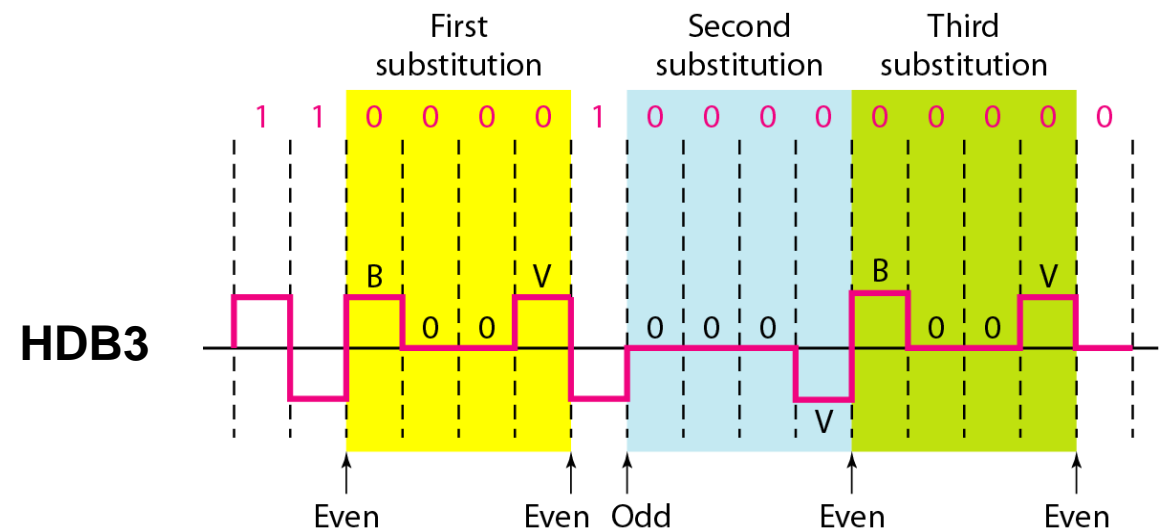


b. Previous level is negative.

Bipolar schemes: AMI and pseudoternary

T-1 and E-1 lines

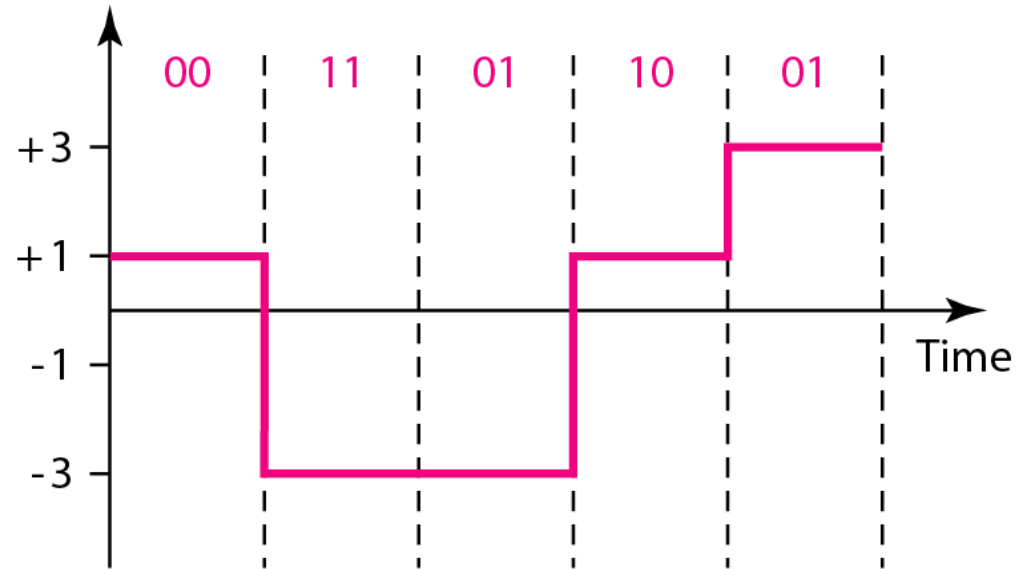
B8ZS



MULTILEVEL

Multilevel: 2B1Q scheme

ISDN (Telephone Line)

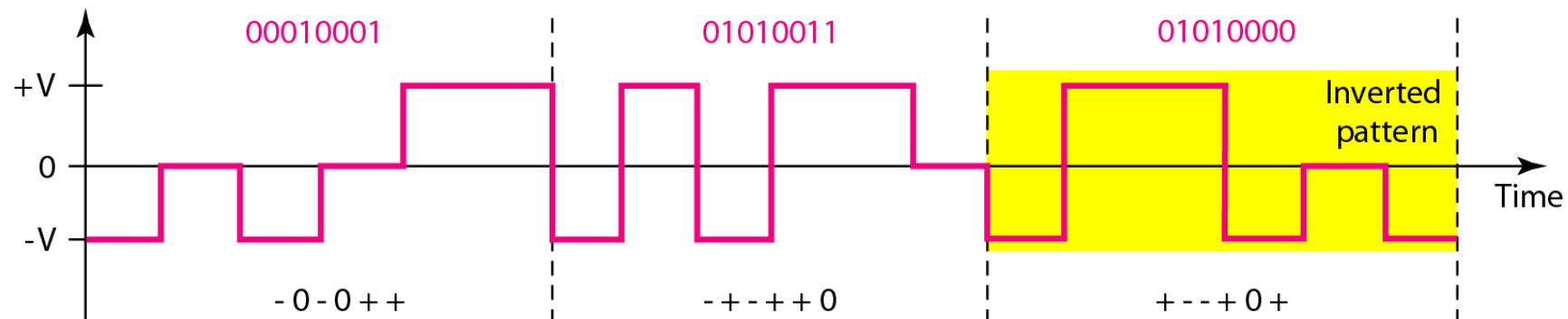


Assuming positive original level

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

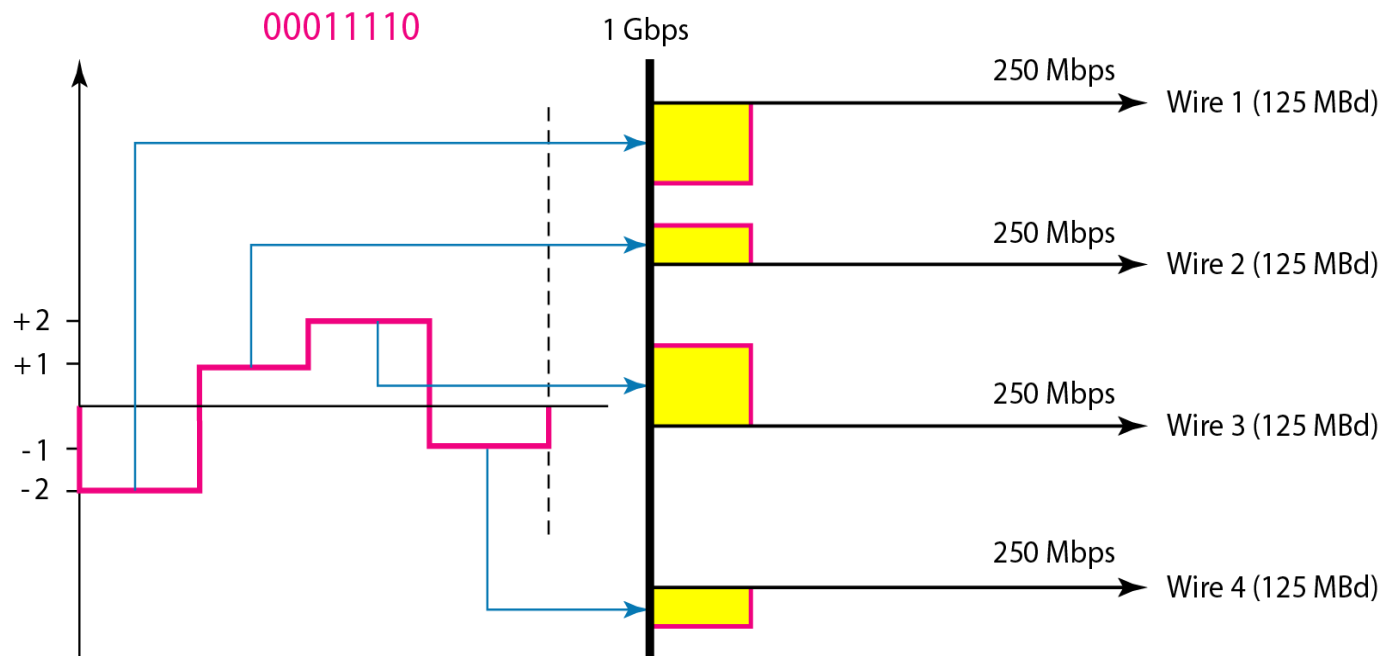
Transition table

MULTILEVEL



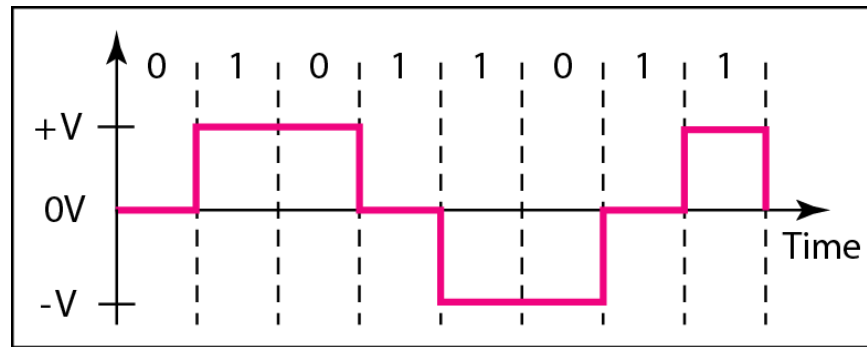
100 Mbps Ethernet

Multilevel: 8B6T scheme

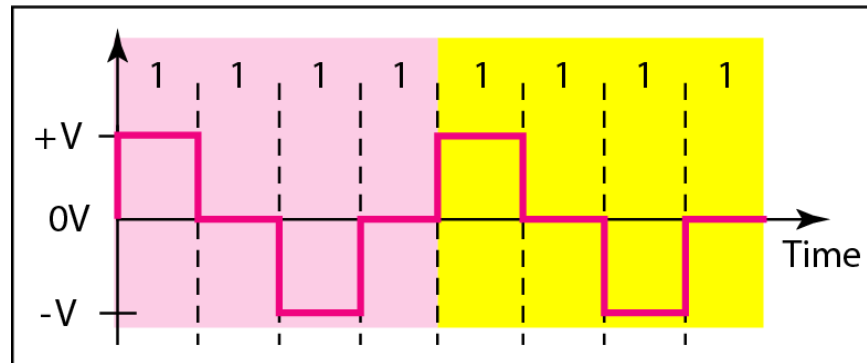


Multilevel: 4D-PAM5 scheme

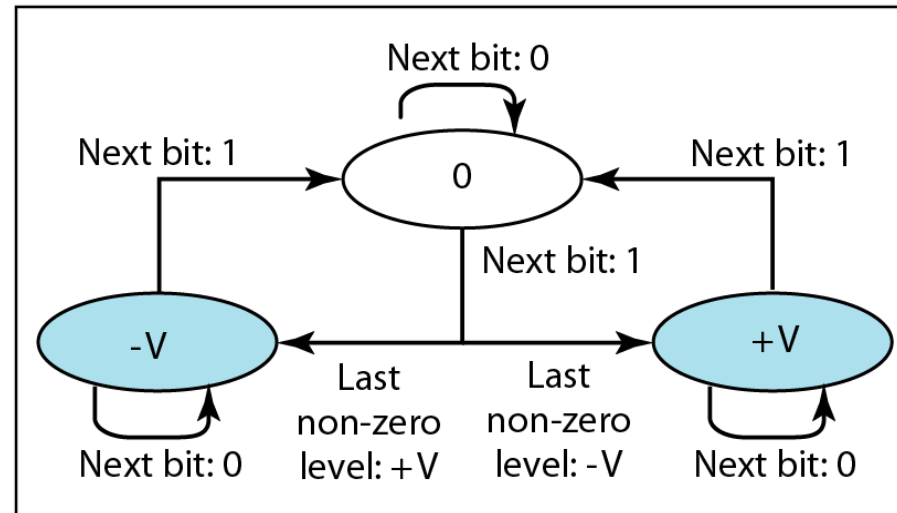
MULTITRANSITION: MLT-3 SCHEME



a. Typical case



b. Worse case



c. Transition states

Block coding concept

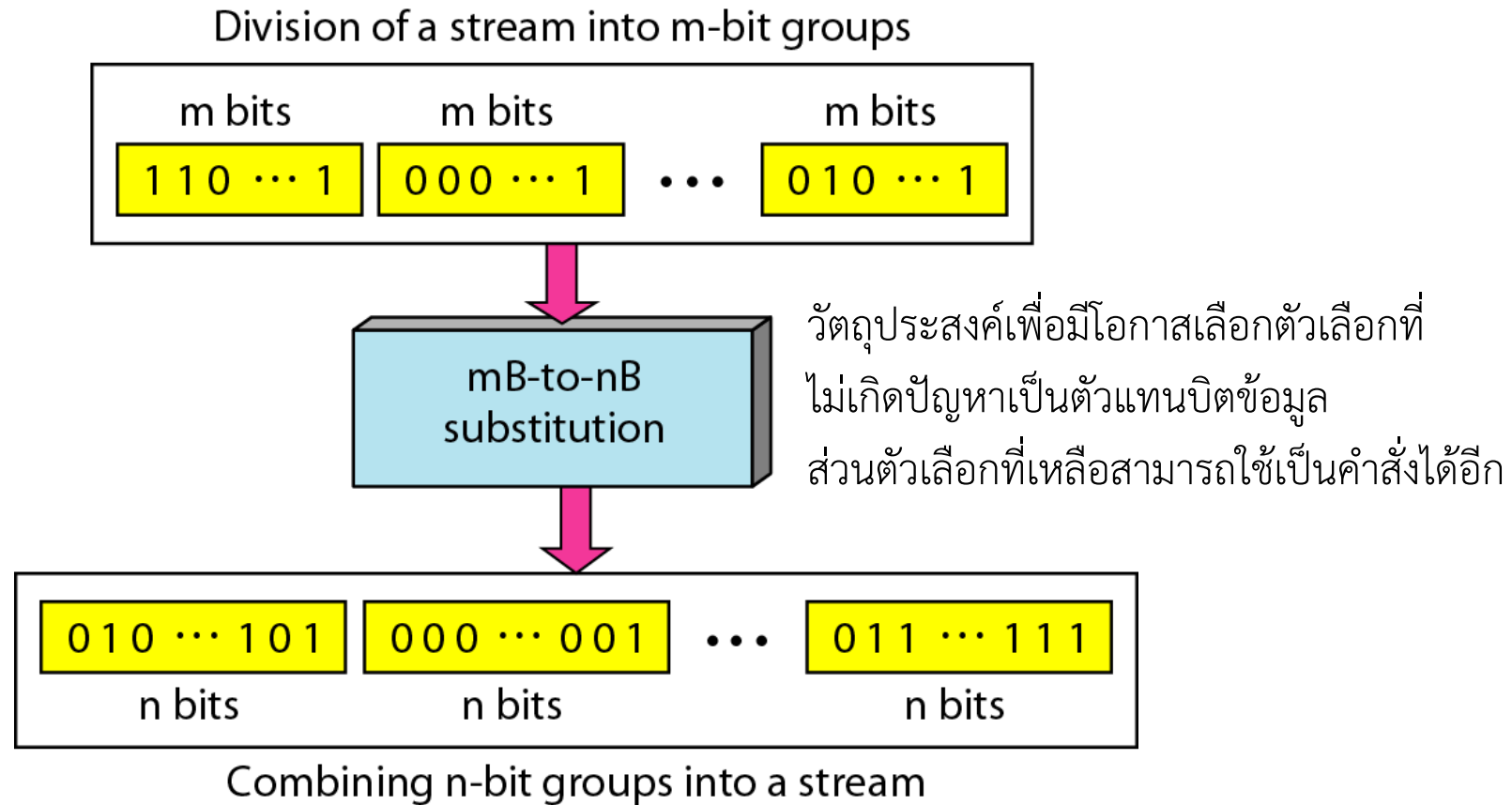
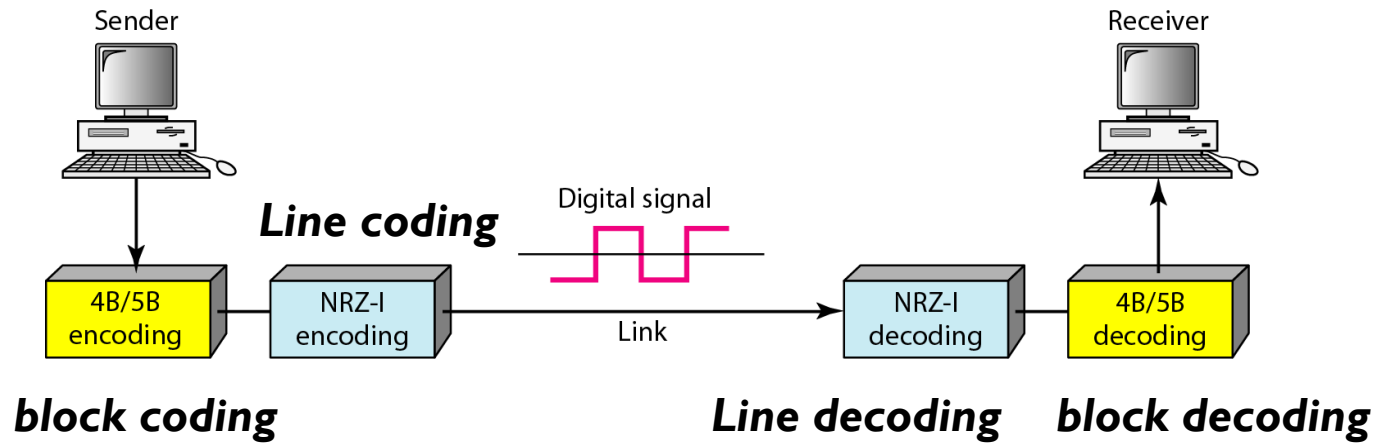


Figure 4.15 *Using block coding 4B/5B with NRZ-I line coding scheme*



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		

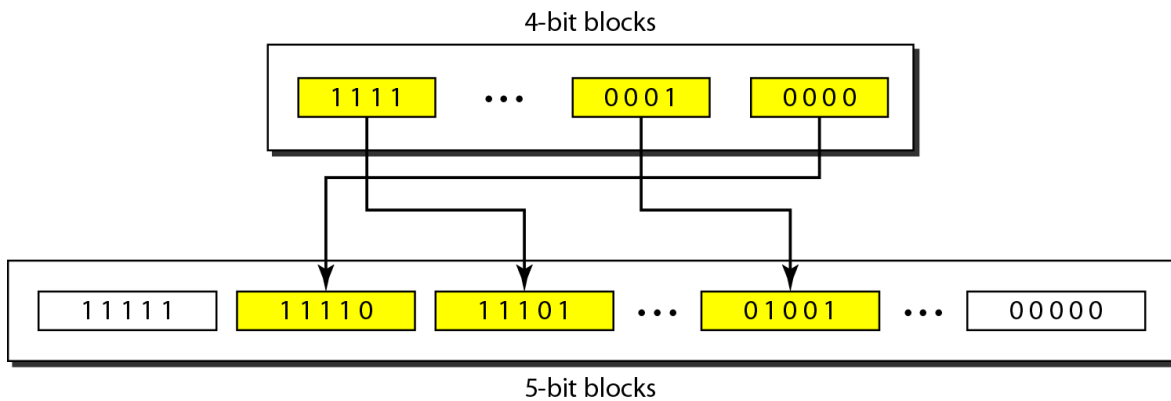
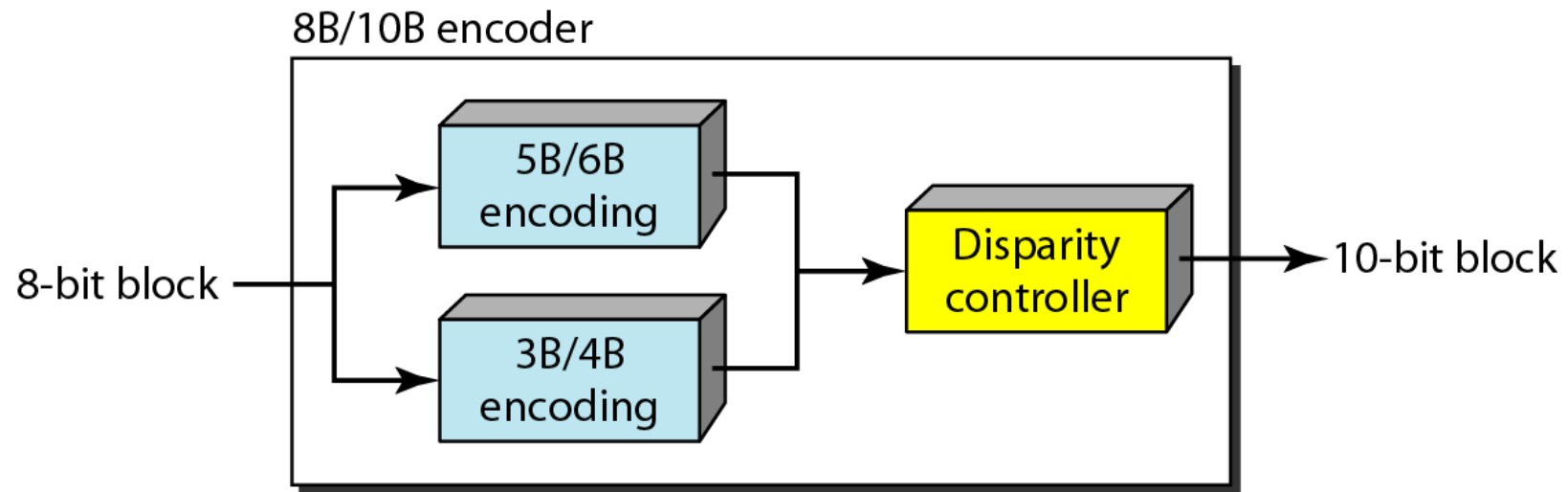


Figure 4.17 *8B/10B block encoding*



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: 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) x signal rate
	8B6T	(4/3) x 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