

*Тоон дамжуулал*

# Transmission of Digital Signal

Лекц 4

# Өгөгдлийг дохионд хувиргах

<b>Өгөгдөл</b>	<b>Дохио</b>	<b>Арга</b>
<b>Тоон</b>	<b>Тоон</b>	<b>Кодлол</b>
<b>Аналог</b>	<b>Тоон</b>	<b>Кодлол</b>
<b>Тоон</b>	<b>Аналог</b>	<b>Модуляц</b>
<b>Аналог</b>	<b>Аналог</b>	<b>Модуляц</b>

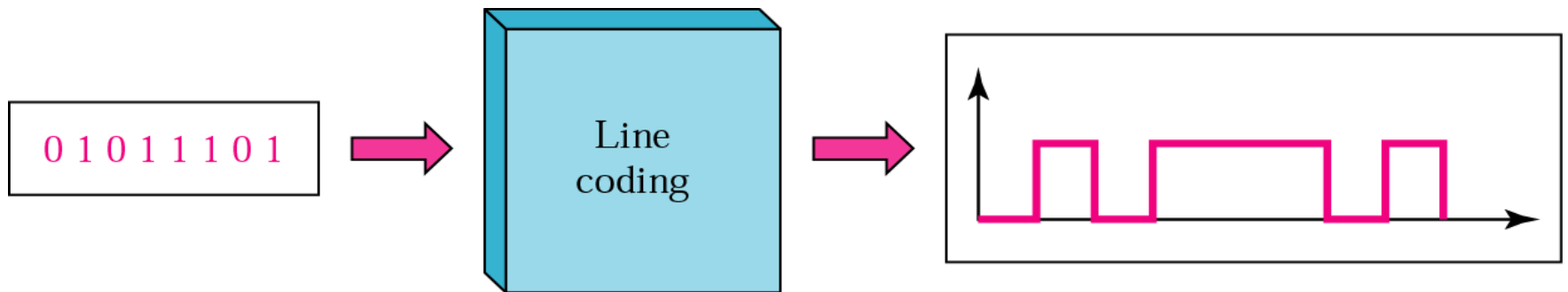
# Тоон дохио дамжуулал

## Агуулга:

- Тоон өгөгдлийг тоон дохионд хувиргах
- Аналог өгөгдлийг тоон дохионд хувиргах
- Transmission mode

# Тоон өгөгдөл – Тоон дохио

- Тоон өгөгдөл тоон дохионд хувирна.
- Шугаман кодлол



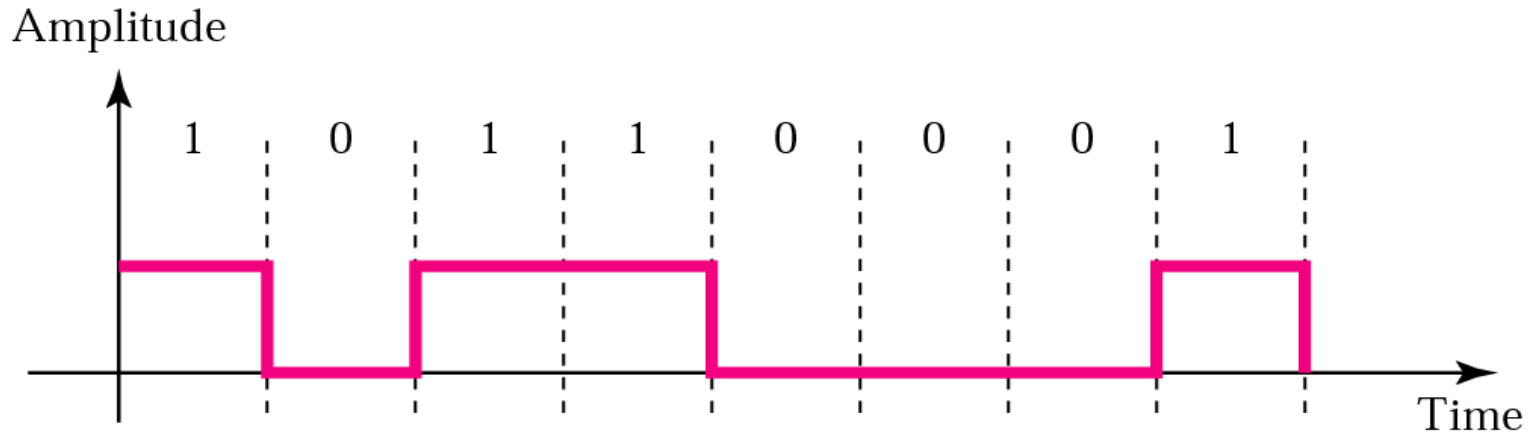
*Шугаман кодлол*

# Тоон өгөгдөл – Тоон дохио

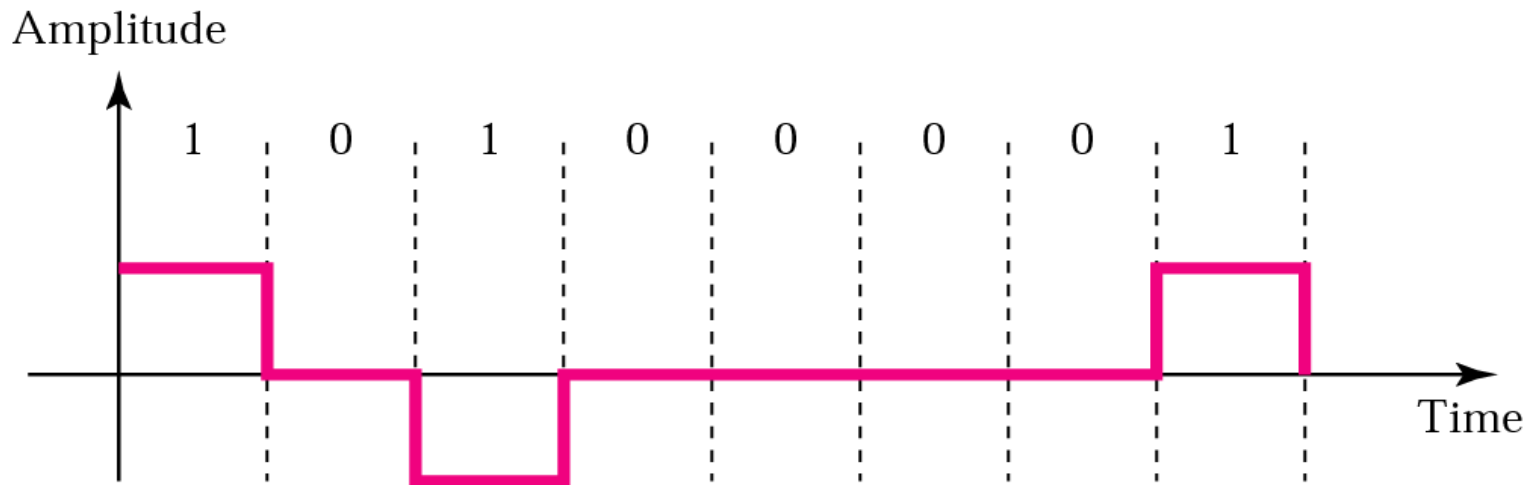
Шугаман кодлолын хэмжигдэхүүн :

- Дохионы түвшин ба Өгөгдлийн түвшин
- Bit rate ба Baud rate
- Data Rate Versus Signal Rate
- DC components
- Дохионы спектр
- Error Detection
- Synchronization

# Дохионы түвшин, Өгөгдлийн түвшин



a. Two signal levels, two data levels



b. Three signal levels, three data levels

# Дохионы түвшин, Өгөгдлийн түвшин

- Дохионы түвшин– Дохиог дүрслэх тоон утга
- Өгөгдлийн түвшин – Өгөгдлийг дүрслэх тоон утга
- Өгөгдлийн хурд – Нэг секундэд дамжих битээр хэмжигдэнэ
- Модуляцын хурд – Нэг секундэд дамжих дохионы элементээр хэмжигдэнэ

$$C = D * b = D * \log_2 L$$

C – Өгөгдлийн хурд (bps)

D – Модуляцын хурд (baud/sec)

b – Нэг дохионы элементэд харгалзах битийн тоо

L – Дохионы элементийн тоо

# Data Rate Versus Signal Rate

- The data rate defines the number of data elements (bits) sent in 1s. The unit is bits per second (**bps**). The signal rate is the number of signal elements sent in 1s. The unit is the **baud**. The data rate is sometimes called the bit rate; the signal rate is sometimes called the pulse rate, the modulation rate, or the baud rate.
- One goal in data communications is to increase the data rate while decreasing the signal rate. Increasing the data rate increases the speed of transmission; decreasing the signal rate decreases the bandwidth requirement.

*Импульс – Нэг тэмдэгтийг дамжуулахад шаардагдах битийн тоо*

*Bit rate - Нэг секундэд илгээгдэх битийн тоо*

$$*Bit rate = Pulse Rate * \log_2 L*$$

*L – Data level*

## **Жишээ**

-4 түвшинтэй дохиогоор илэрхийлэгдэх өгөгдлийн хурд 2Kbps бол импульсийн үргэлжлэх хугацааг тооцоол.

-Өгөгдлийн 2 түвшинтэй дохионы импульсийн үргэлжлэх хугацаа 1ms. Bit Rate-ийг ол.

# DC Components

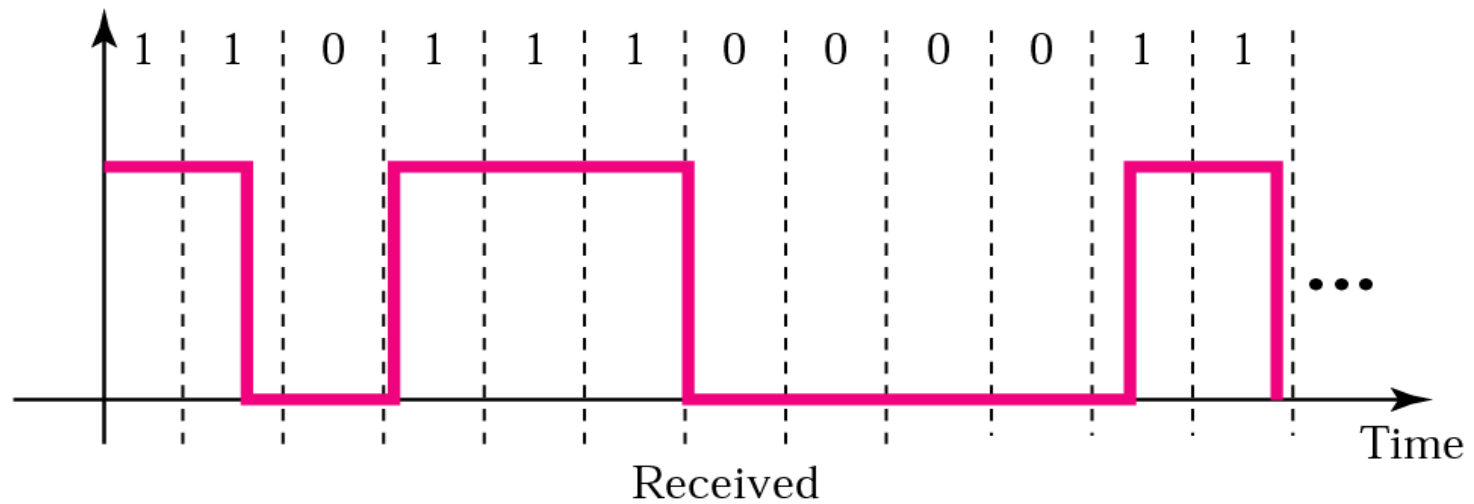
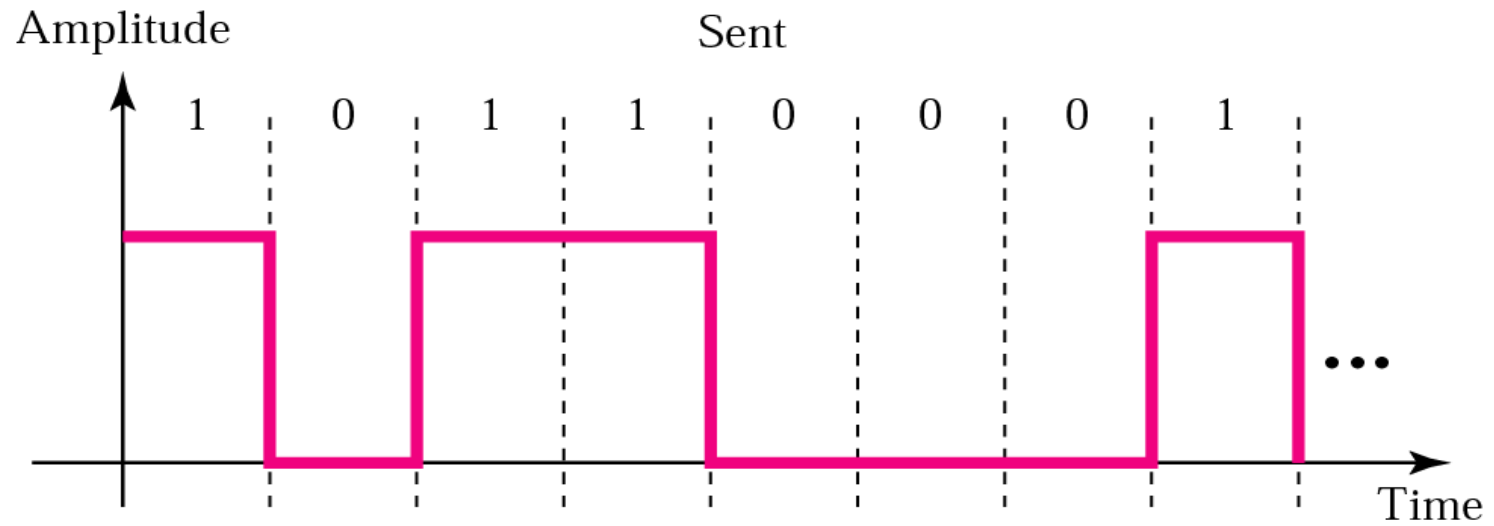
When the voltage level in a digital signal is constant for a while, the spectrum creates very low frequencies (results of Fourier analysis). These frequencies around zero, called DC (direct-current) *components*, present problems for a system that cannot pass low frequencies or a system that uses electrical coupling (via a transformer). For example, a telephone line cannot pass frequencies below 200 Hz.

# Error Detection

**Built-in Error Detection** It is desirable to have a built-in error-detecting capability in the generated code to detect some of or all the errors that occurred during transmission. Some encoding schemes that we will discuss have this capability to some extent.

**Immunity to Noise and Interference** Another desirable code characteristic is a code that is immune to noise and other interferences. Some encoding schemes that we will discuss have this capability.

# Синхрончлол

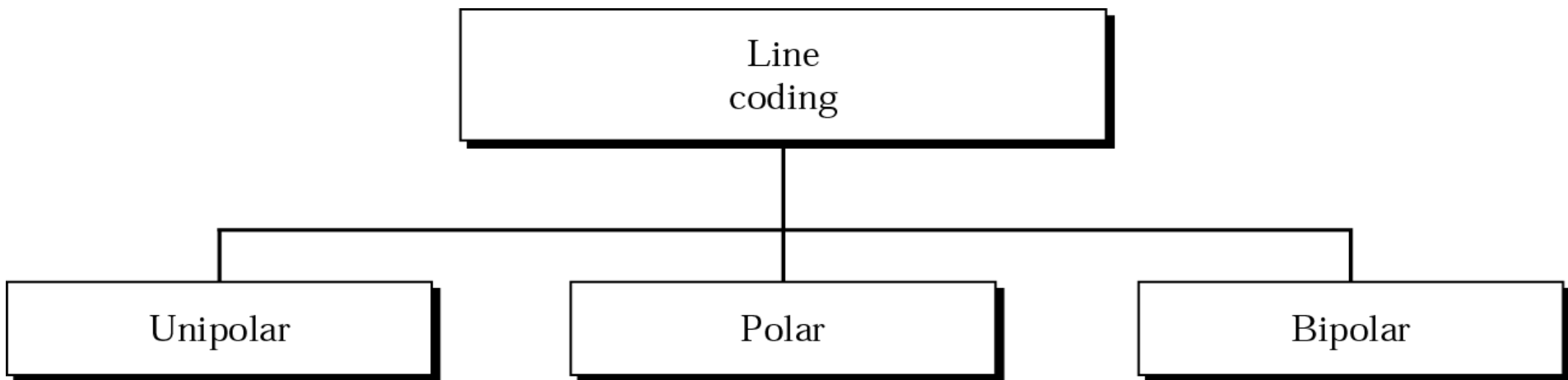


**Жишээ** Тоон дамжууллын хүлээн авагчийн цаг илгээгчийнхээс 0.1% хурдан. Өгөгдлийн хурд 1kbps байх үед хэдэн илүү бит хүлээн авах вэ?

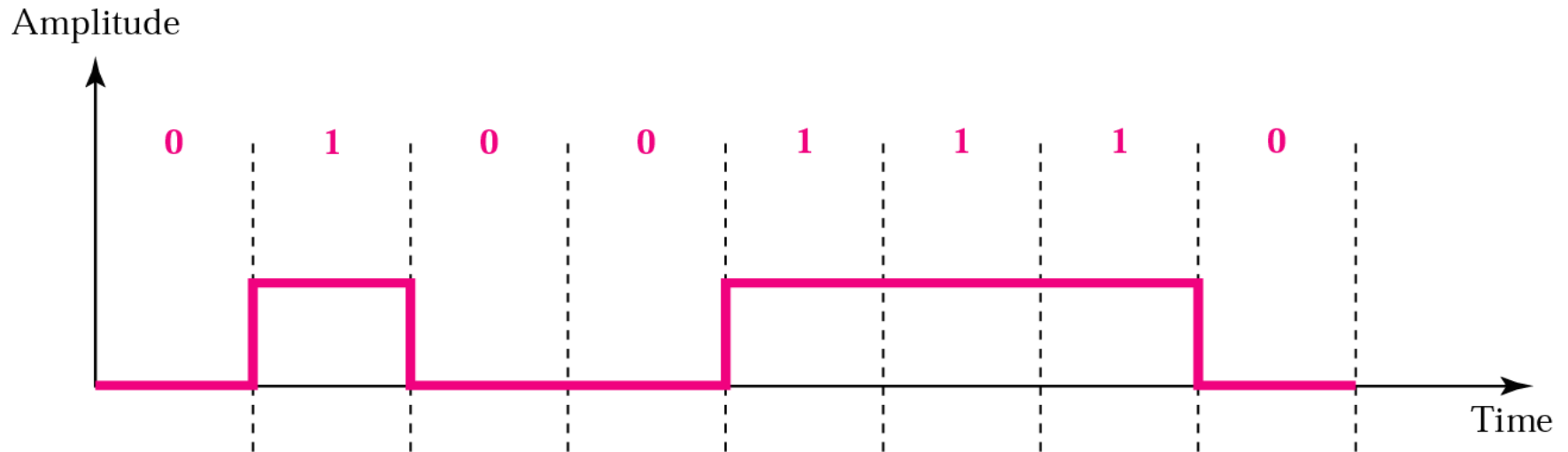
Bit rate 1 Kbps:

1000 bits sent → 1001 bits received → 1 extra bps

# Шугаман кодлолын ангилал



# Unipolar шугаман кодлол



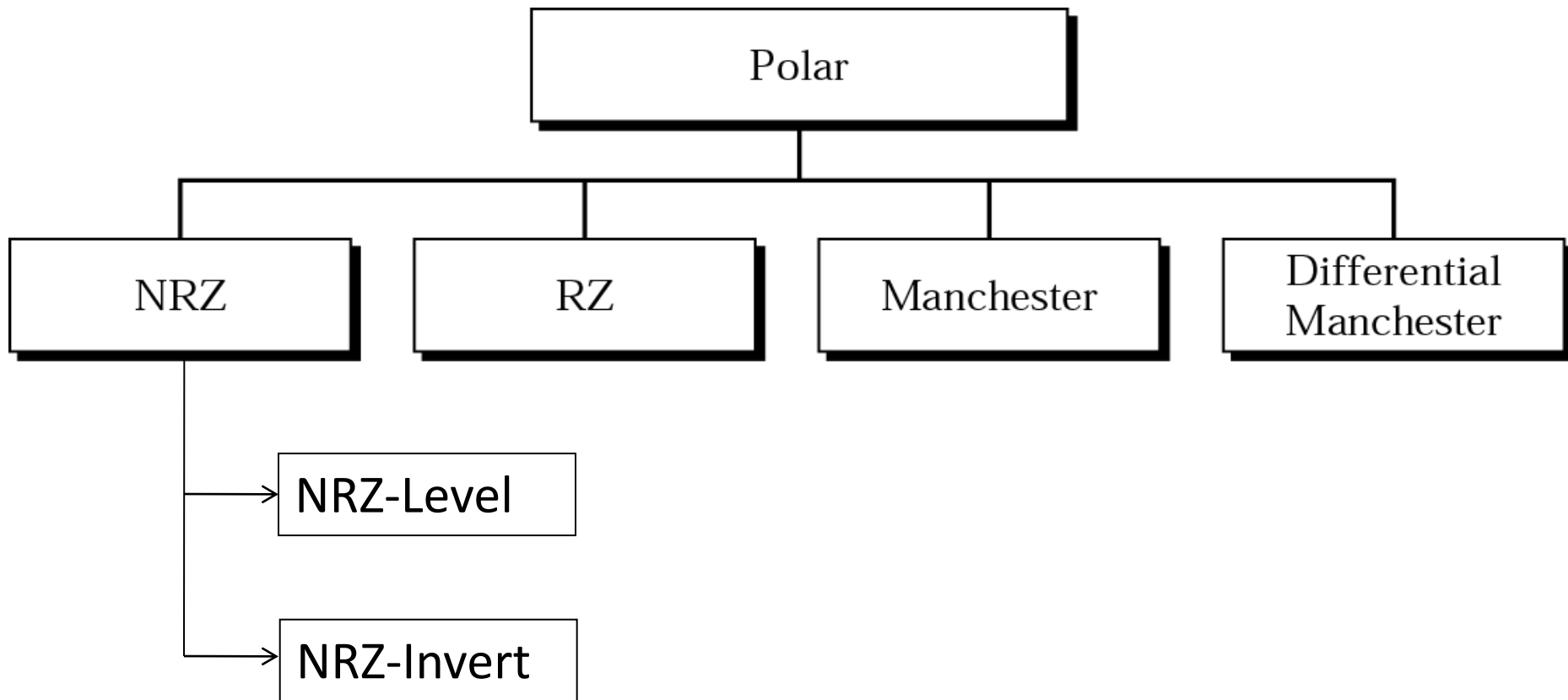
*Unipolar кодлол нь хүчдэлийн хоёр түвшинг хэрэглэнэ.  
хүчдэлийн эерэг утганд "1"  
хүчдэлийн тэг утганд "0"*

# Unipolar шугаман кодлол

Unipolar шугаман кодлолын шинж чанар :

- Зөвхөн хүчдэлийн нэг утга хэрэглэнэ
- Bit rate, Baud rate нь тэнцүү
- DC component байна
- Дараалсан '1', '0'-ууд алдагдана
- Энгийн, нийтлэг бус

# Polar шугаман кодлол



*Polar кодлол нь хүчдэлийн хоёр түвшинг хэрэглэдэг (positive and negative).*

# Polar шугаман кодлол

*NRZ (Non Return to Zero) кодлол нь хүчдэлийн 2 түвшинг ашиглана. Өөрөөр хэлбэл дохионы утга эерэг эсвэл сөрөг утга авна.*

*1. NRZ-L*

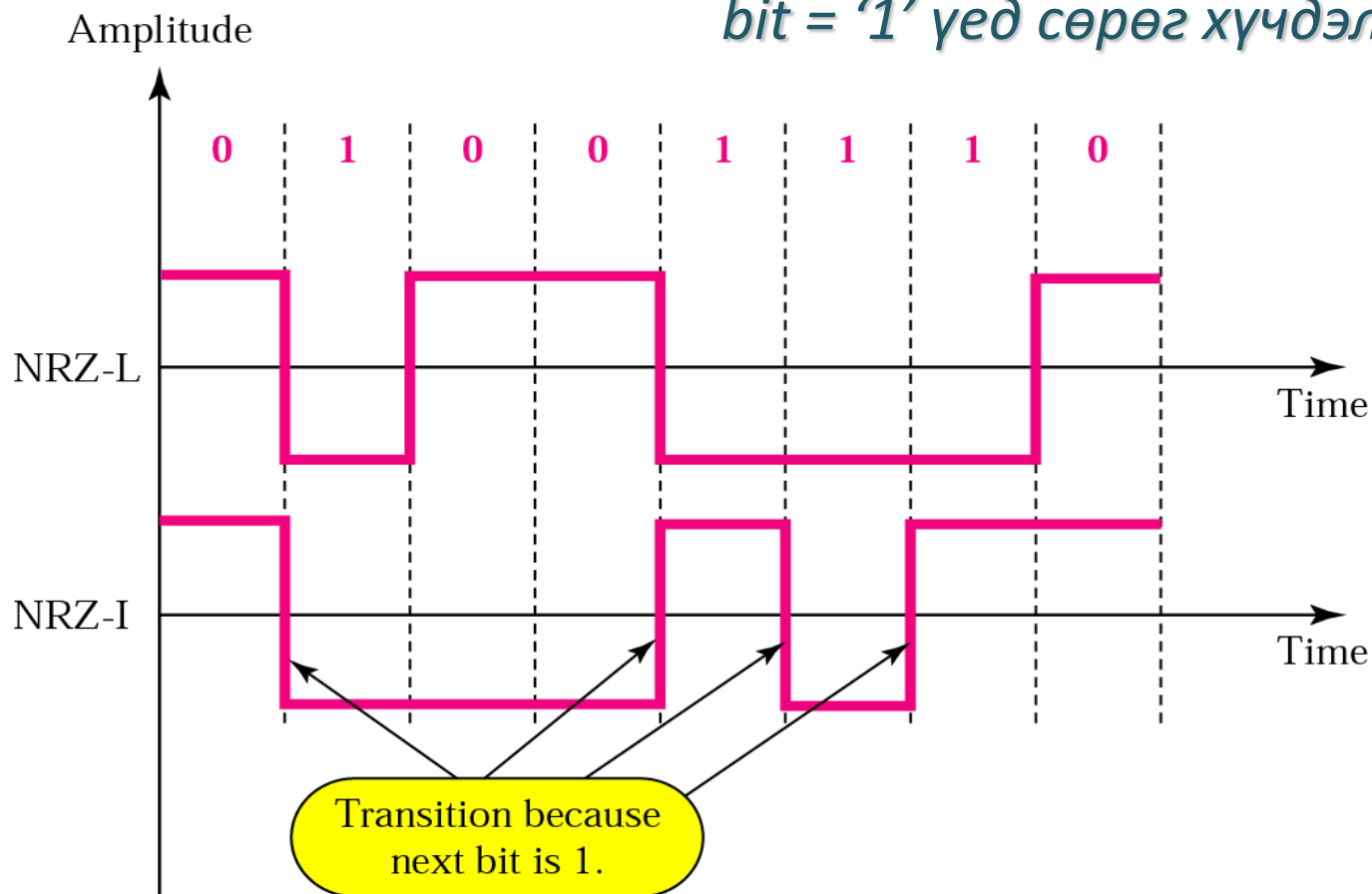
*2. NRZ-I*

## NRZ-L ба NRZ-I кодлол

NRZ-L кодлол нь өгөгдлийн дүрслэлээс хамаарна.

*bit = '0' үед эерэг хүчдэл*

*bit = '1' үед сөрөг хүчдэл*



NRZ-I кодлол нь битийн 1 үед хүчдэлийн түвшин өөрчлөгдөнө.

*bit = '0' үед өөрчлөлтгүй*

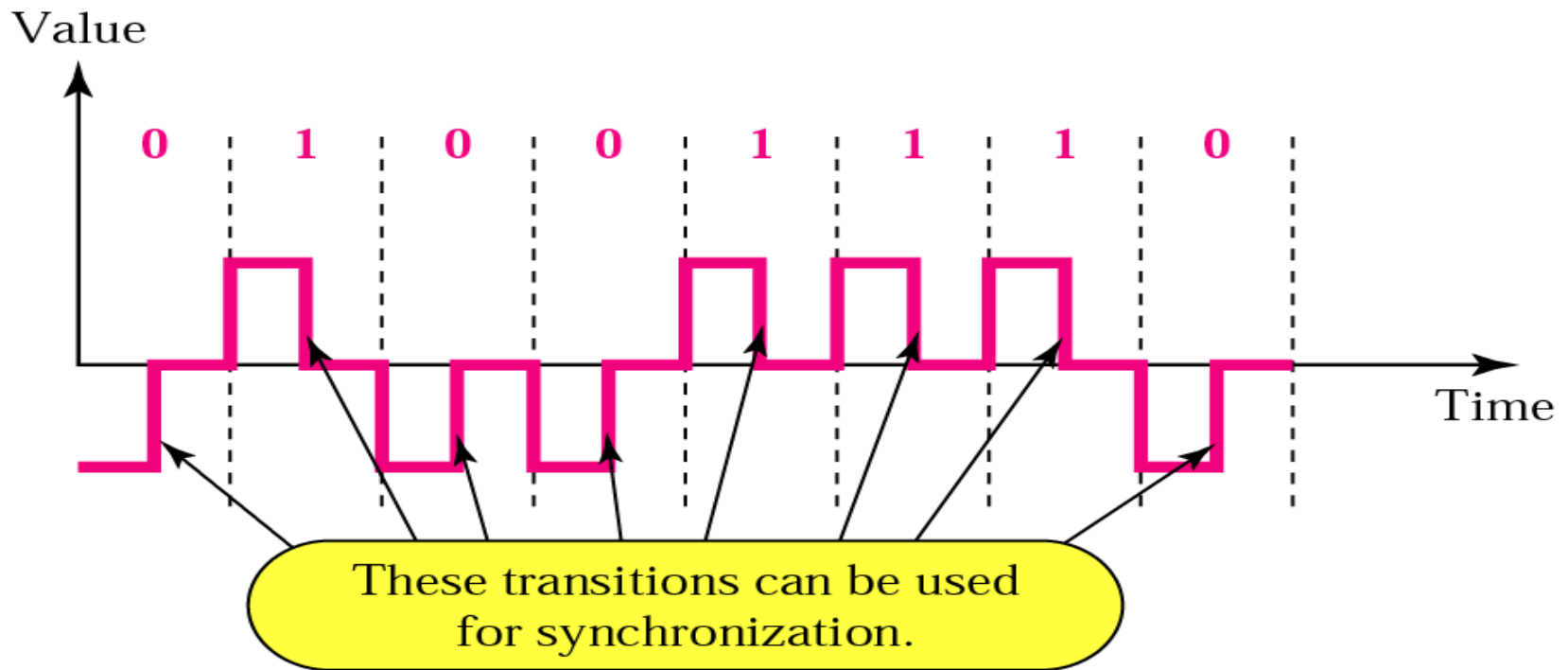
*bit = '1' үед хүчдэлийн утга шилжинэ*

# Polar кодлол

## NRZ кодлолын шинж чанар :

- *'0', '1' бит бүрт хүчдэлийн хоёр утга хэрэглэнэ*
- *Битийн үргэлжлэх хугацаанд хүчдэлийн утга тогтмол байна*
- *Bit rate, Baud rate нь тэнцүү*
- *Дараалсан '1', '0'-ууд синхрончлол алдагдана*

## RZ кодлол



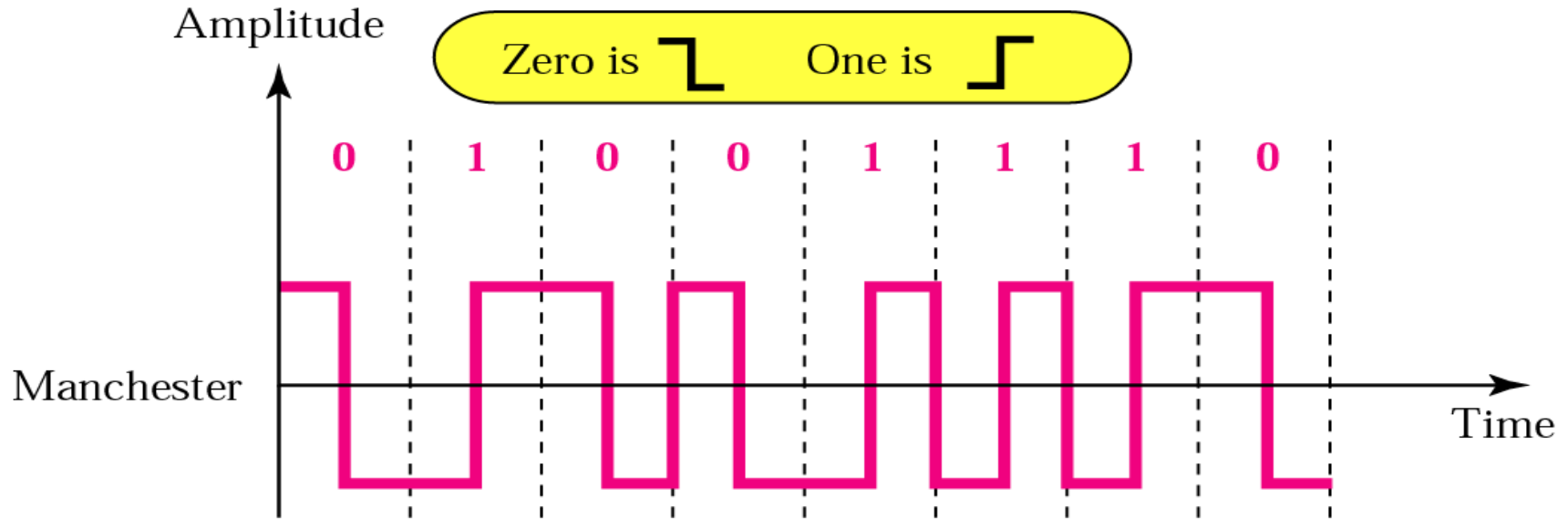
*RZ (Return to Zero) кодлол нь хүчдэлийн 3 түвшин хэрэглэнэ. (эерэг, сөрөг, тэг)  
Битийн үргэлжлэл бүрт дохио өөрчлөгдөнө.  
bit = '0' үед сөрөгөөс тэг  
bit = '1' үед эерэгээс тэг*

# Polar кодлол

## RZ кодлолын шинж чанар :

- *'0', '1' бит бүрт хүчдэлийн гурван утга хэрэглэнэ*
- *Битийн үргэлжлэх хугацаанд дохио шилжилт хийнэ*
- *Синхрончлол илүү баталгаатай болно*
- *Дараалсан '1', '0'-үүдэд синхрончлол алдагдахгүй*
- *Bit rate нь Baud rate-ээс 2 дахин бага, Bad Encoding*
- *DC component байхгүй*

## *Manchester (Biphase) кодлол*

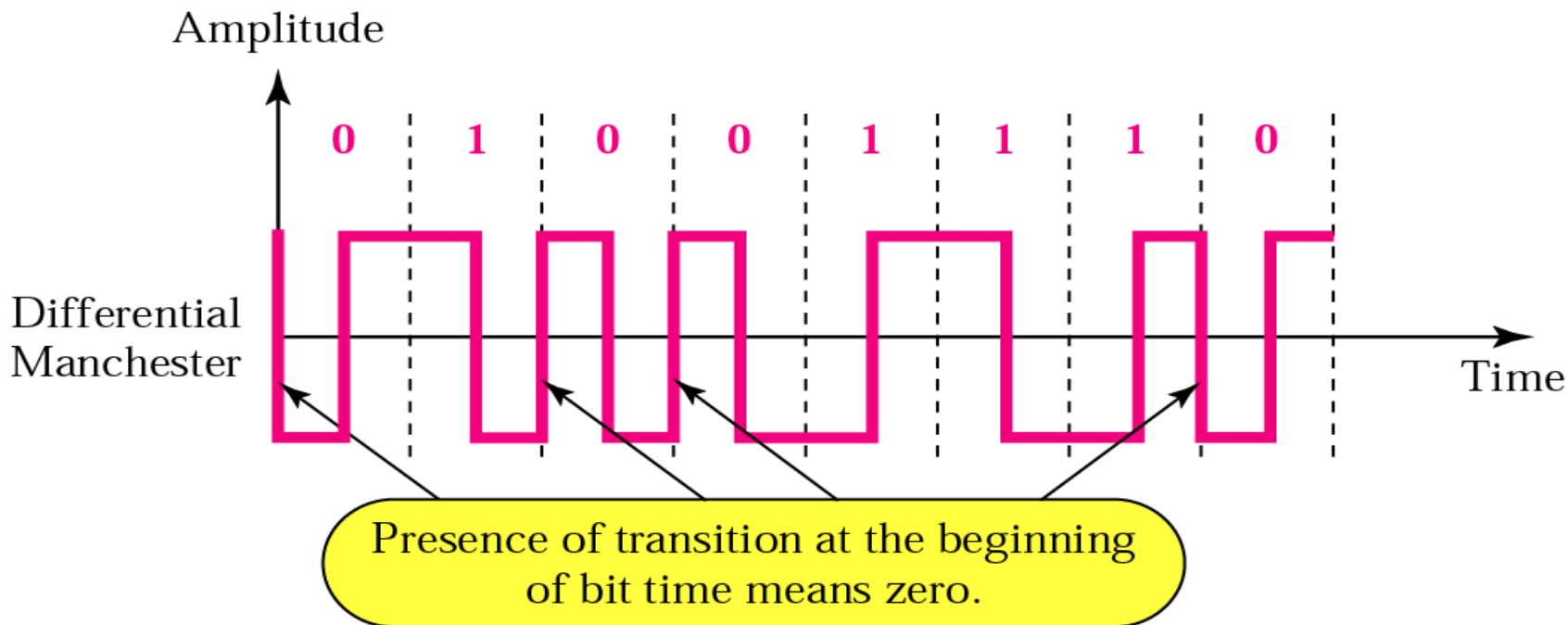


*Manchester кодлол нь бит интервалын дунд хүчдэлийн утга өөрчлөгдөнө.*

*bit = '0' үед эерэгээс сөрөг*

*bit = '1' үед сөрөгөөс эерэг*

## *Differential Manchester кодлол*



*Differential Manchester кодлол нь бит интервалын дунд хүчдэлийн утга өөрчлөгдөнө. Бит интервалын эхлэлд битийн дүрслэлээс хамаарч нэмэлт шилжилт хийгдэнэ.*

*bit = '0' үед шилжилт хийгдэнэ  
bit = '1' үед шилжилт хийгдэхгүй*

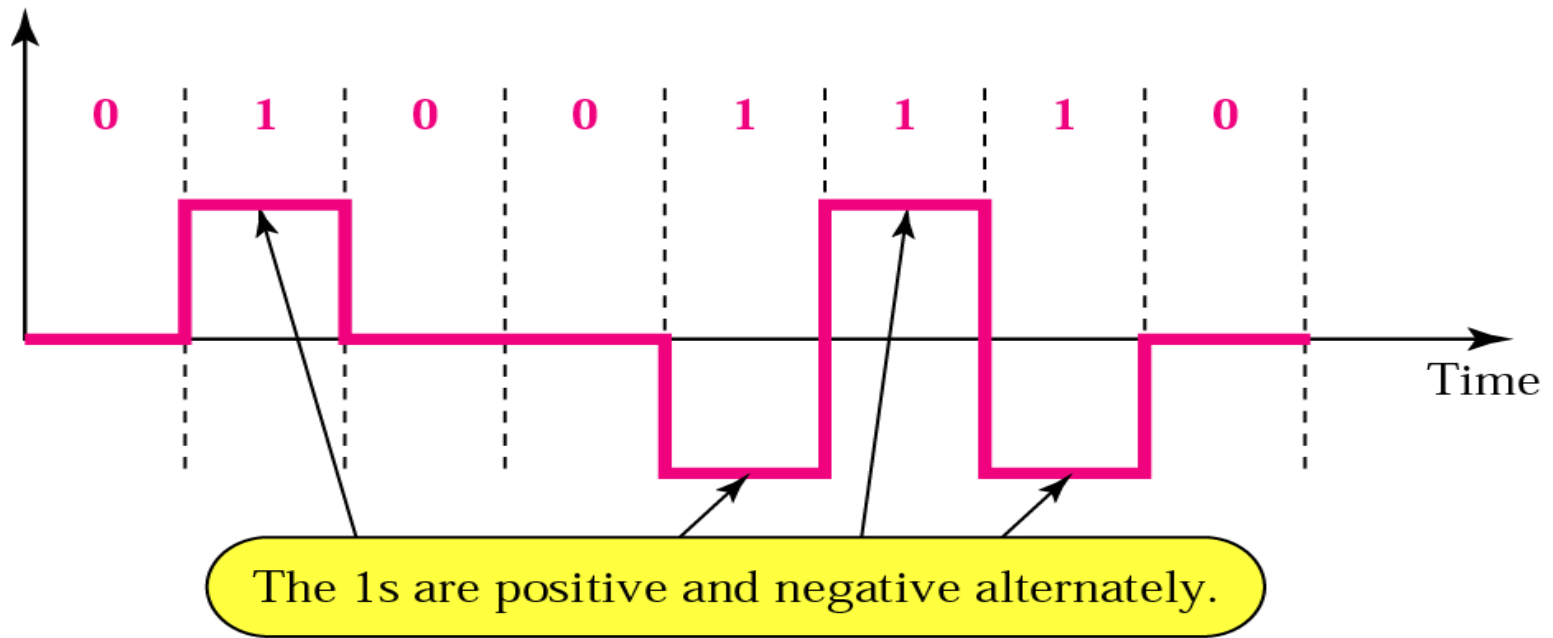
# Polar кодлол

## Вірфаз кодлолын шинж чанар :

- *Хүчдэлийн хоёр утга хэрэглэнэ*
- *Бит интервалын дунд шилжилт хийнэ*
- *Маш сайн синхрончлолтой*
- *Дараалсан '1', '0'-үүдэд синхрончлол алдагдахгүй*
- *DC component байхгүй*

## *Bipolar AMI кодлол*

Amplitude



*Bipolar кодлол нь хүчдэлийн 3 түвшин хэрэглэнэ  
(ээрэг, сөрөг, тэг)*

*bit = '0' үед хүчдэлийн тэг утга*

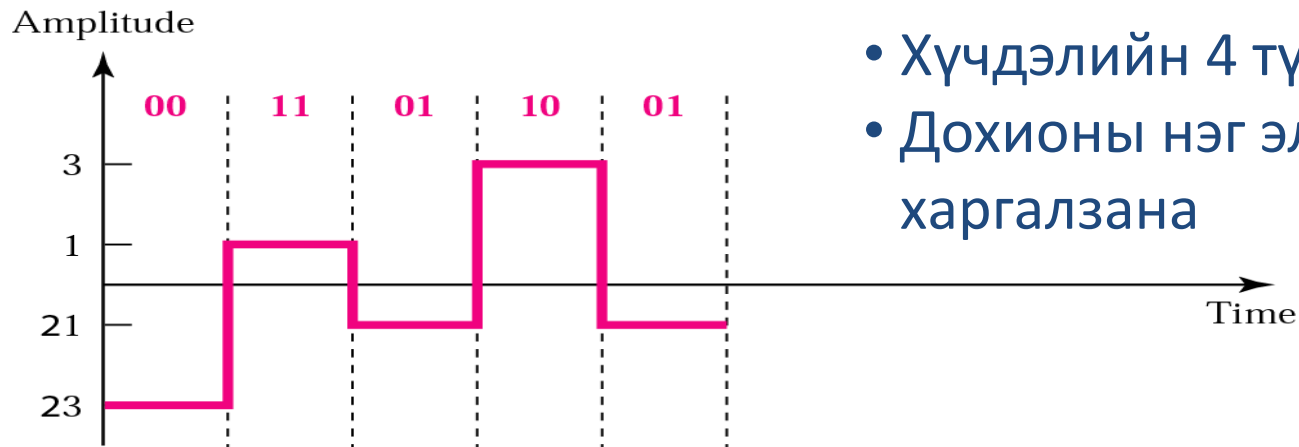
*bit = '1' үед хүчдэл эерэгээс сөрөг, сөрөгөөс эерэг рүү  
шилжинэ.*

# Bipolar кодлол

## Bipolar кодлолын шинж чанар :

- *Хүчдэлийн гурван утга хэрэглэнэ*
- *Бит интервалын дунд шилжилт хийнэ*
- *Маш сайн синхрончлолтой*
- *Дараалсан '1', '0'-үүдэд синхрончлол алдагдахгүй*
- *DC component байхгүй*

## 2B1Q – Two Binary one Quarternary



- Хүчдэлийн 4 түвшин
- Дохионы нэг элементэд 2 бит харгалзана

## MLT-3 – Multiline transmission, three levels

Amplitude



- Хүчдэлийн 3 түвшин
- '1' битийн эхэнд шилжилт хийнэ

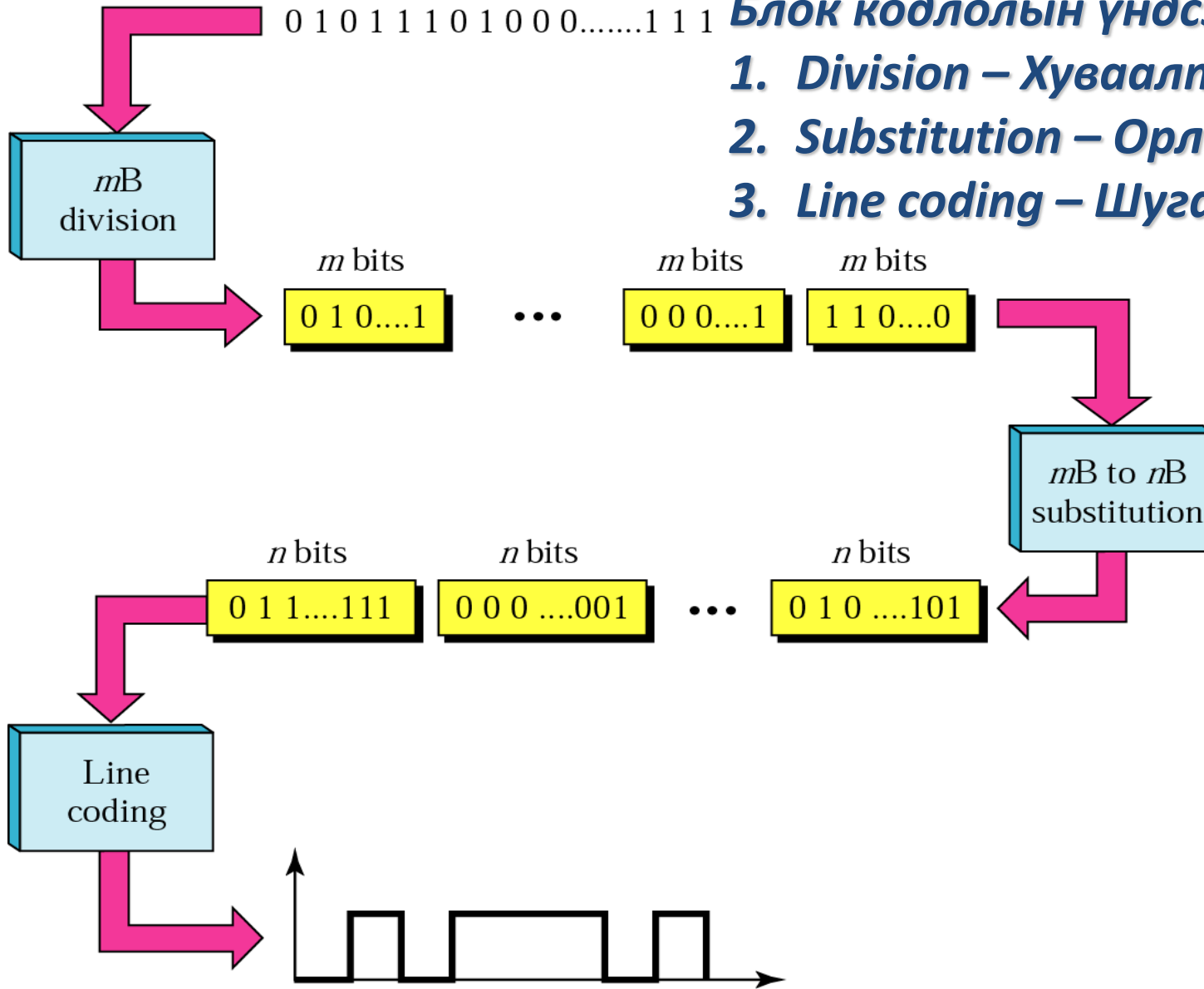
# Блок кодлол

- *Блок кодлол нь шугаман кодлолыг илүү үр дүнтэй болгож сайжруулна*
  - *Синхрончлол*
  - *Зурвасын өргөн*
  - *Алдаа илрүүлэлт*
- *Синхрончлолын болон алдааны нэмэлт битүүдийг багтаасан байна*

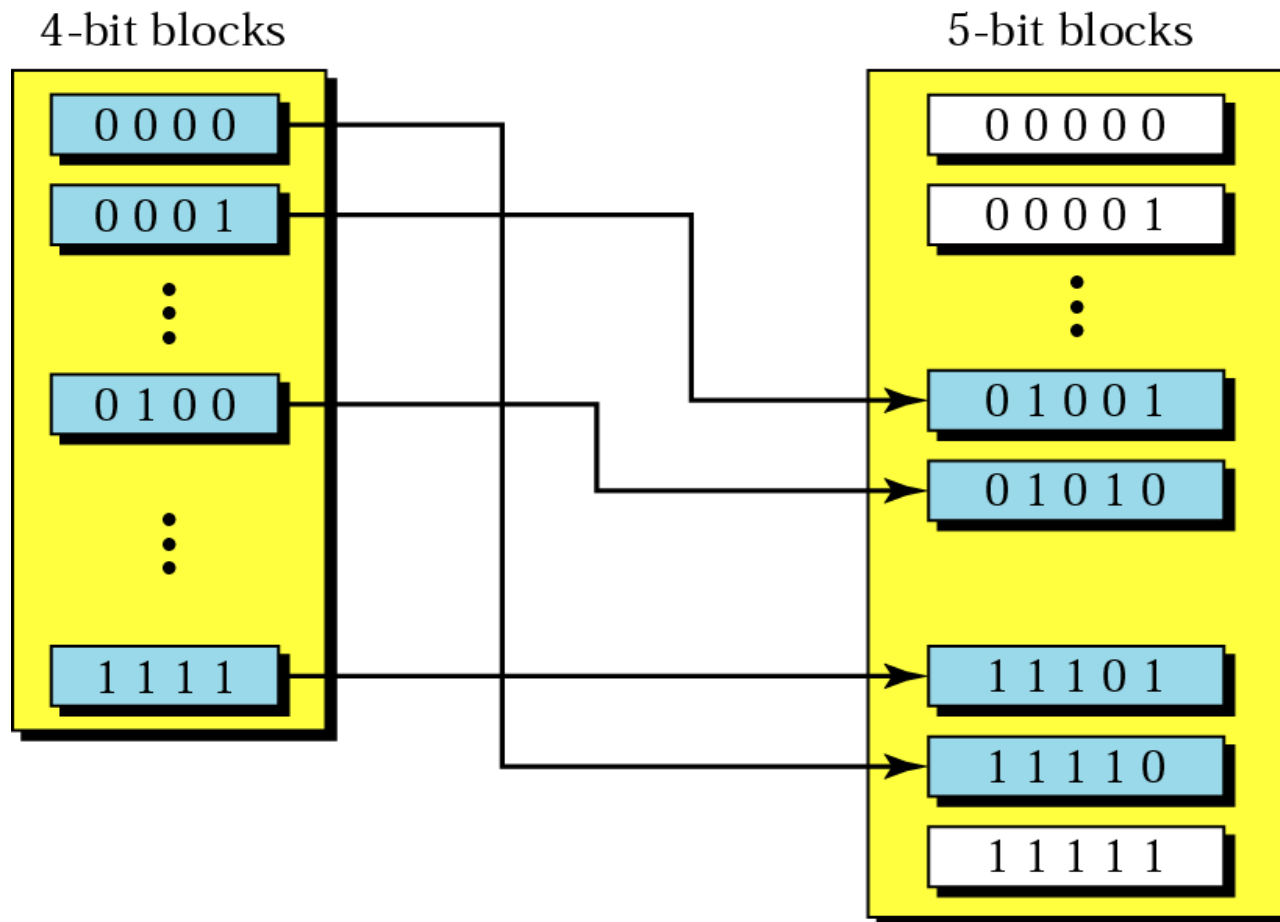
# Block кодлол

**Блок кодлолын үндсэн алхам:**

- 1. Division – Хуваалт**
- 2. Substitution – Орлуулалт**
- 3. Line coding – Шугаман кодлол**



# Substitution in block coding (4B/5B)



- *5 бит код нь нэгээс олон '0'-ээр эхлэхгүй, хоёроос олон '0'-ээр төгсөхгүй*
- *Гурван '0' дараалж кодлогдохгүй*
- *NRZ-I шугаман кодлолоор кодлогдоно*

## Хүснэгт 4В/5В кодлол

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

# Аналог өгөгдөл – Тоон дохио

- *Үндсэн хоёр аргаар хувиргалт хийнэ:*
  - *Pulse Code Modulation (PCM)*
  - *Delta Modulation (DM)*

*Аналог өгөгдөл(дуу, дүрс)-ийг тоон дохиогоор дамжуулахын тулд тоон өгөгдөлд хувиргана. Үүнийг бид Sampling гэнэ.*

# Pulse Code Modulation

*Импульс кодын модуляцын үндсэн 3 алхам:*

- *Sampling – PAM*
- *Quantization*
- *Line Coding*

## *Pulse Amplitude Modulation (PAM)*

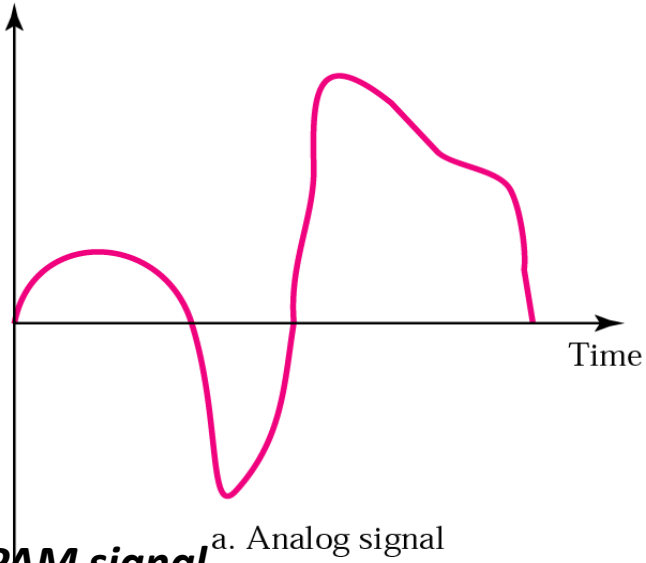
*Энэ нь дохиог тодорхой интервалаар агууригийг нь тасалдуулна.*

## *Pulse Code Modulation (PCM)*

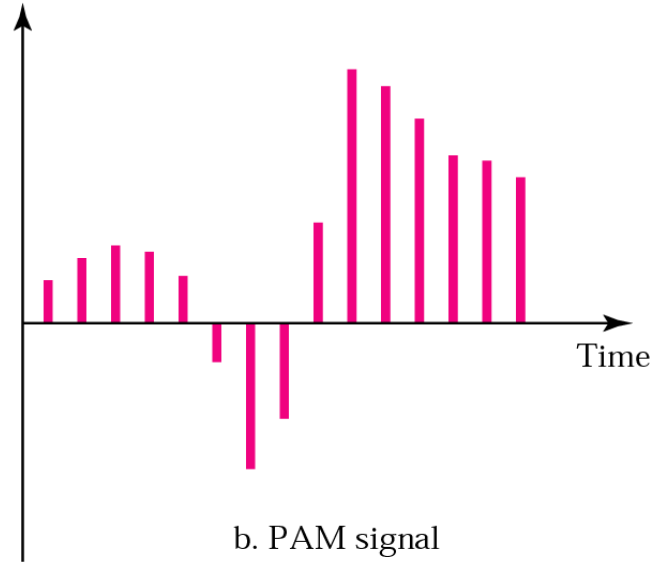
*PAM-аар үүсгэгдсэн импульсүүдээс тоон дохиог үүсгэж авна.*

# PAM

Amplitude

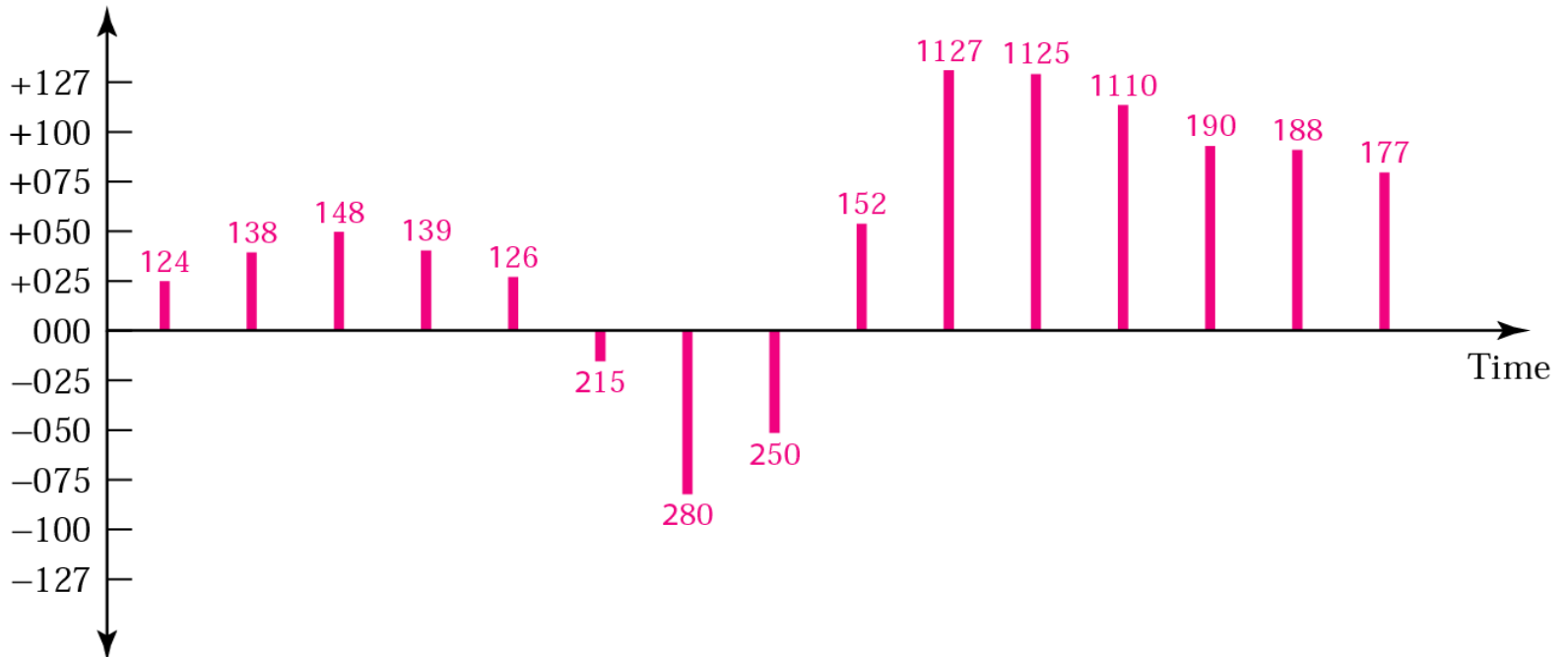


Amplitude



## Quantized PAM signal

Amplitude

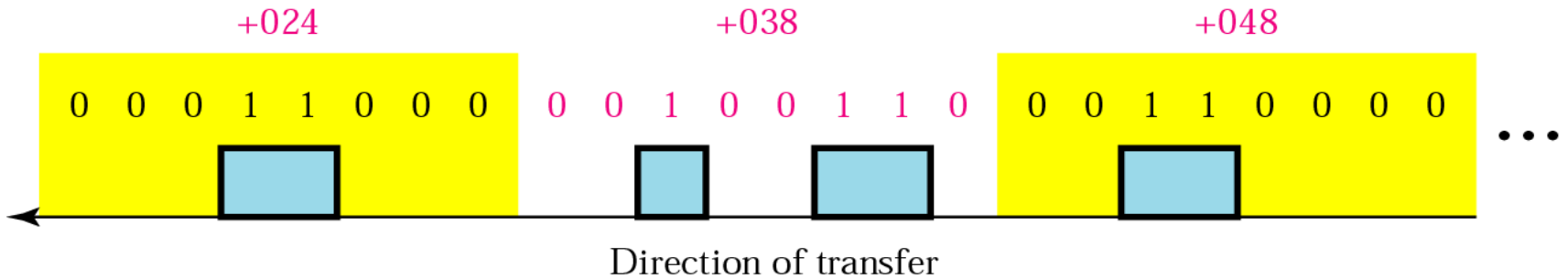


## Quantizing by using sign and magnitude

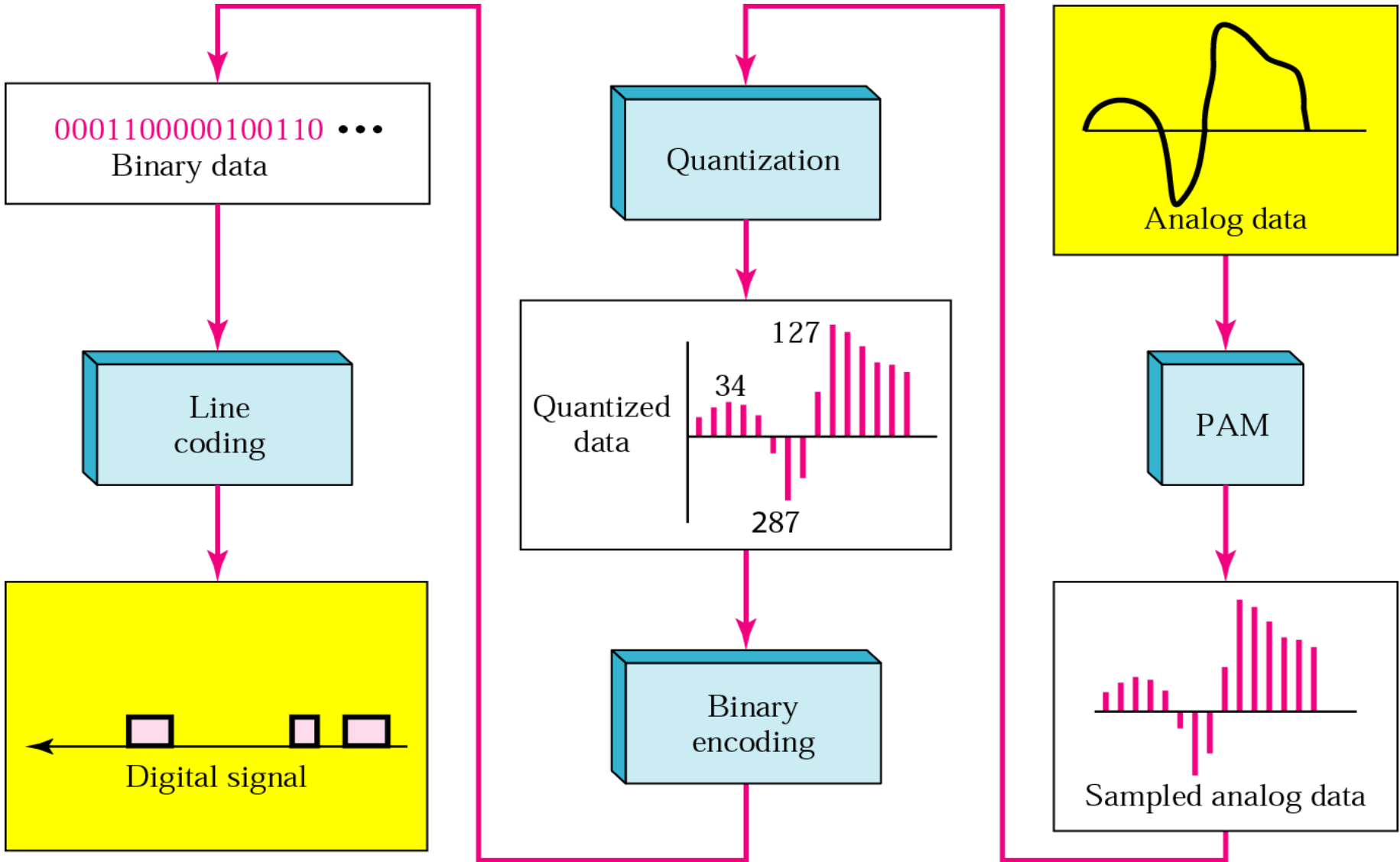
+024	00011000	-015	10001111	+125	01111101
+038	00100110	-080	11010000	+110	01101110
+048	00110000	-050	10110010	+090	01011010
+039	00100111	+052	00110110	+088	01011000
+026	00011010	+127	01111111	+077	01001101

Sign bit  
+ is 0 - is 1

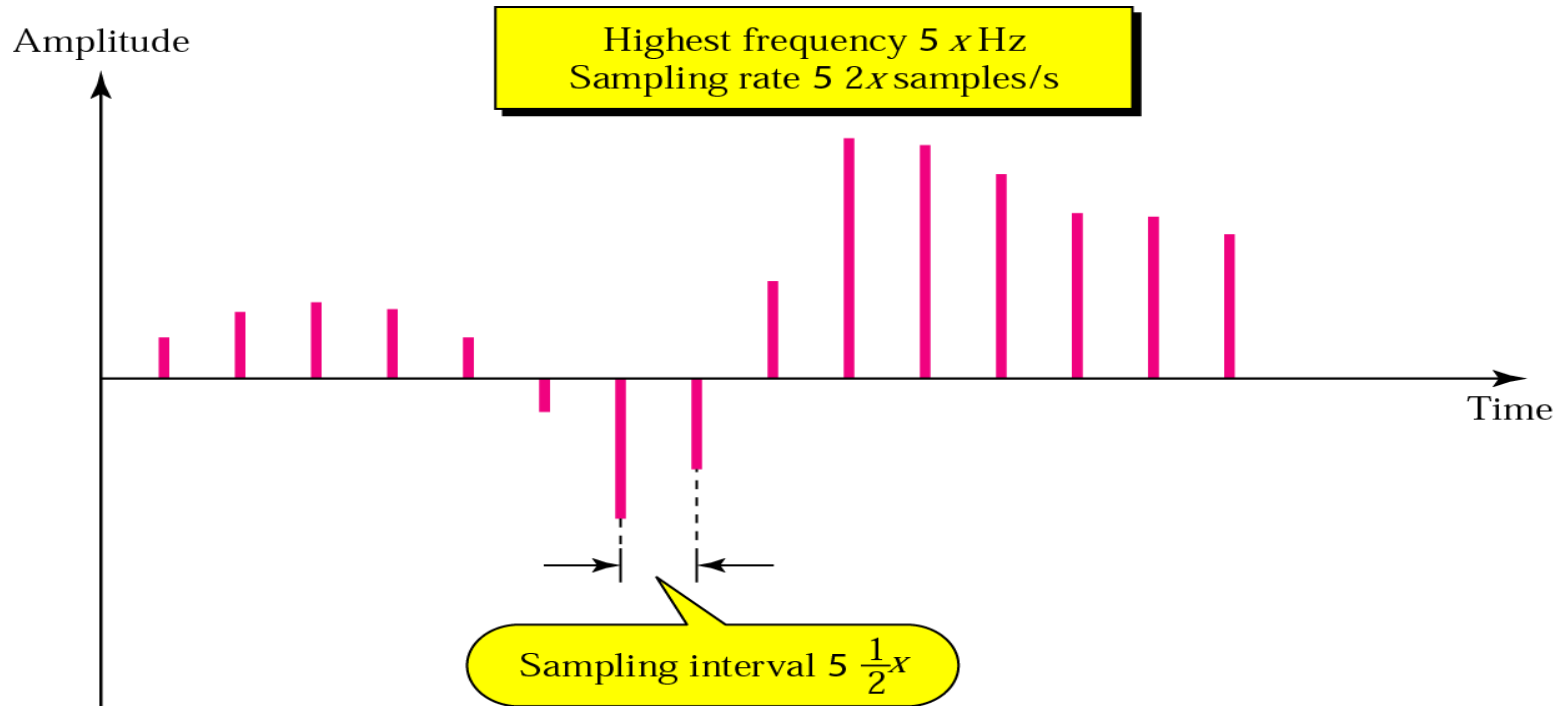
## PCM



# From analog signal to PCM digital code



# Найквистийн тооцоолол



*Sample Rate-ыг Найквистийн томъёогоор тооцоолно.  
Гэхдээ дохионы өндөр давтамжийг 2 дахин авна.*

$$\text{Sampling Interval} = 1/2f_h$$

$$\text{Bit Rate} = \text{Sampling rate} * \text{Number of bits per Sample}$$

**Жишээ** Дохионы зурвасын өргөн 10,000 Hz (1000 to 11,000 Hz) бол Sampling Rate нь ямар байх вэ?

**Жишээ** Дохиог sample-үүдээр дүрсэлсэн. Sample бүрт багадаа 12 хүчдэлийн түвшин шаардагдана. Нэг sample-д хэдэн бит дамжих вэ?

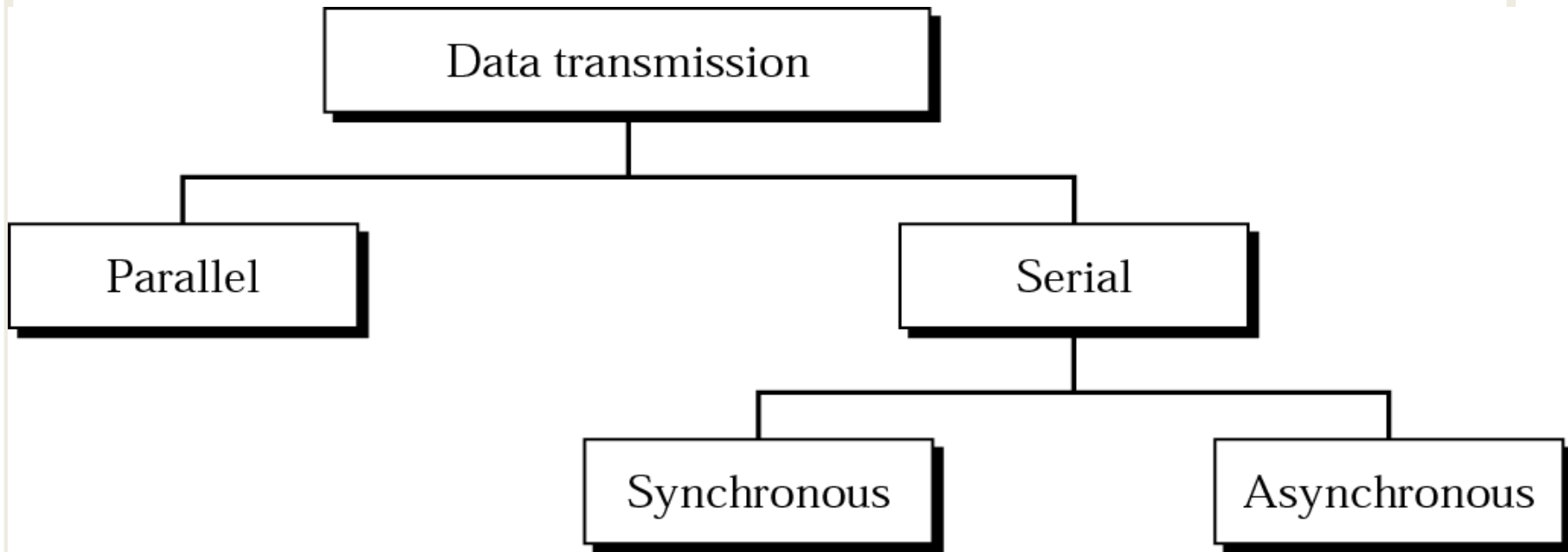
4 битээр дүрслэгдэнэ; 1 бит нь sign bit, 3 бит нь утга.

**Жишээ** Хүний дуу хоолойг тоон хэлбэрт шилжүүл. Нэг sample 8 битээр илэрхийлэгдэж байвал bit rate хэд байх вэ? Хүний дуу хоолойн давтамжийг 0 to 4000 гц гэж үз.

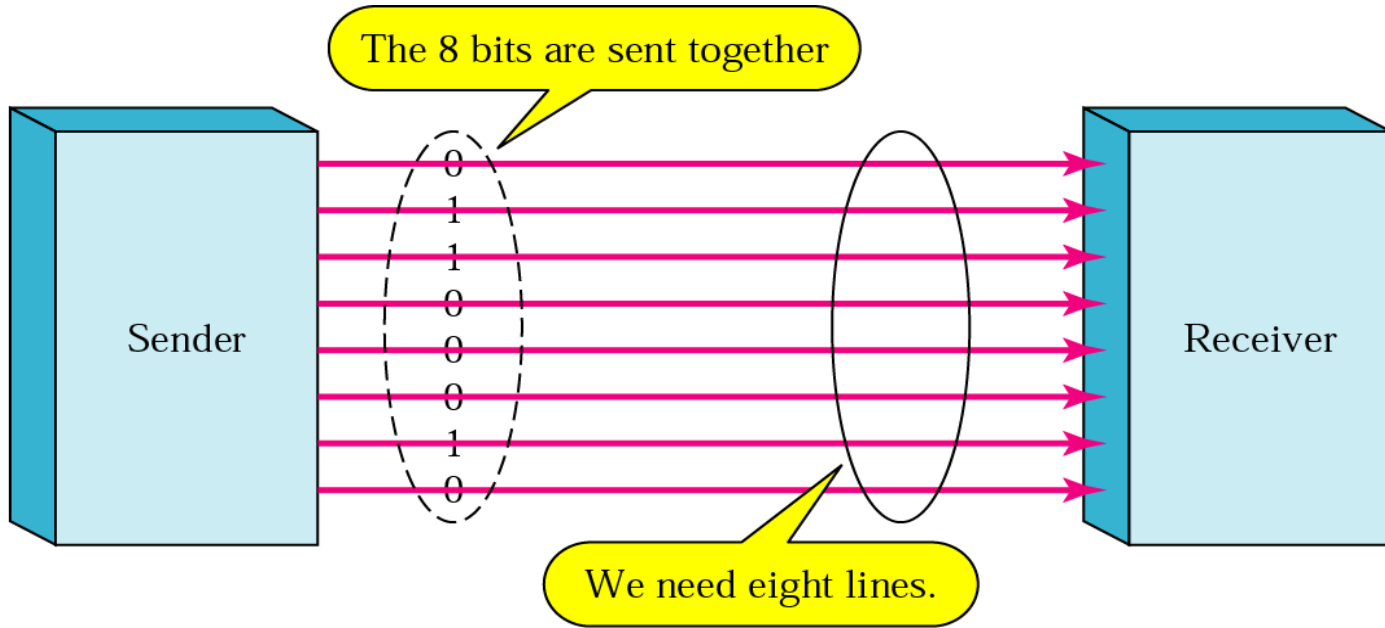
Sampling rate =  $4000 \times 2 = 8000$  samples/s

Bit rate = sampling rate x number of bits per sample  
=  $8000 \times 8 = 64,000$  bps = 64 Kbps

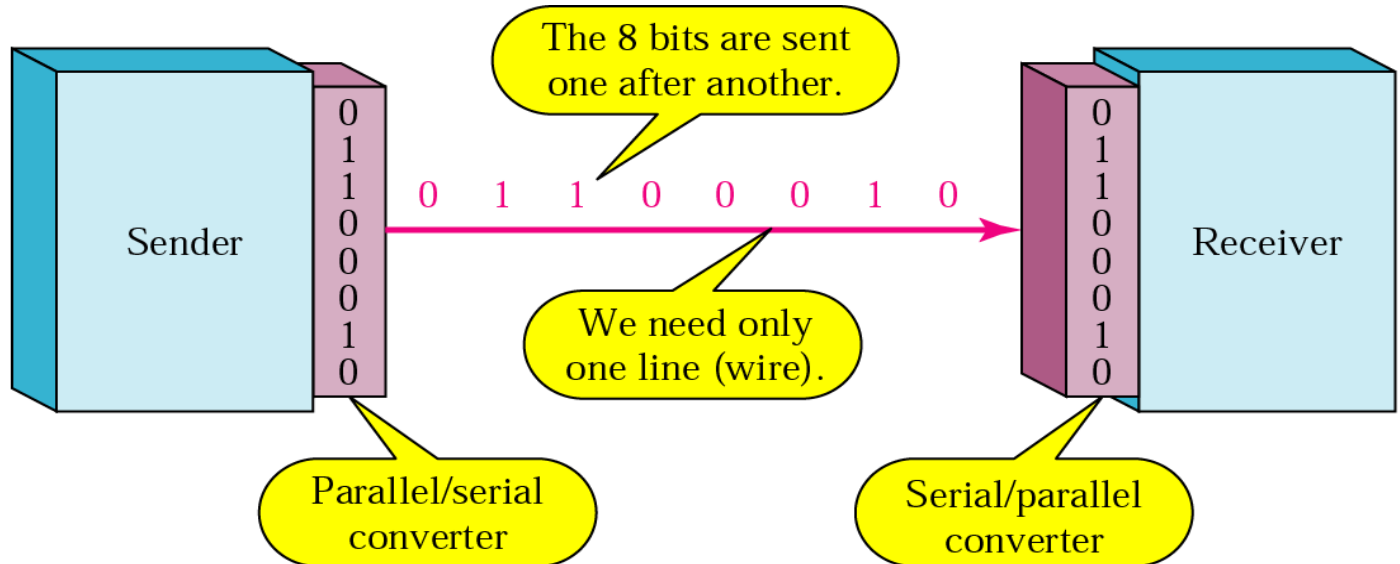
# Transmission Mode



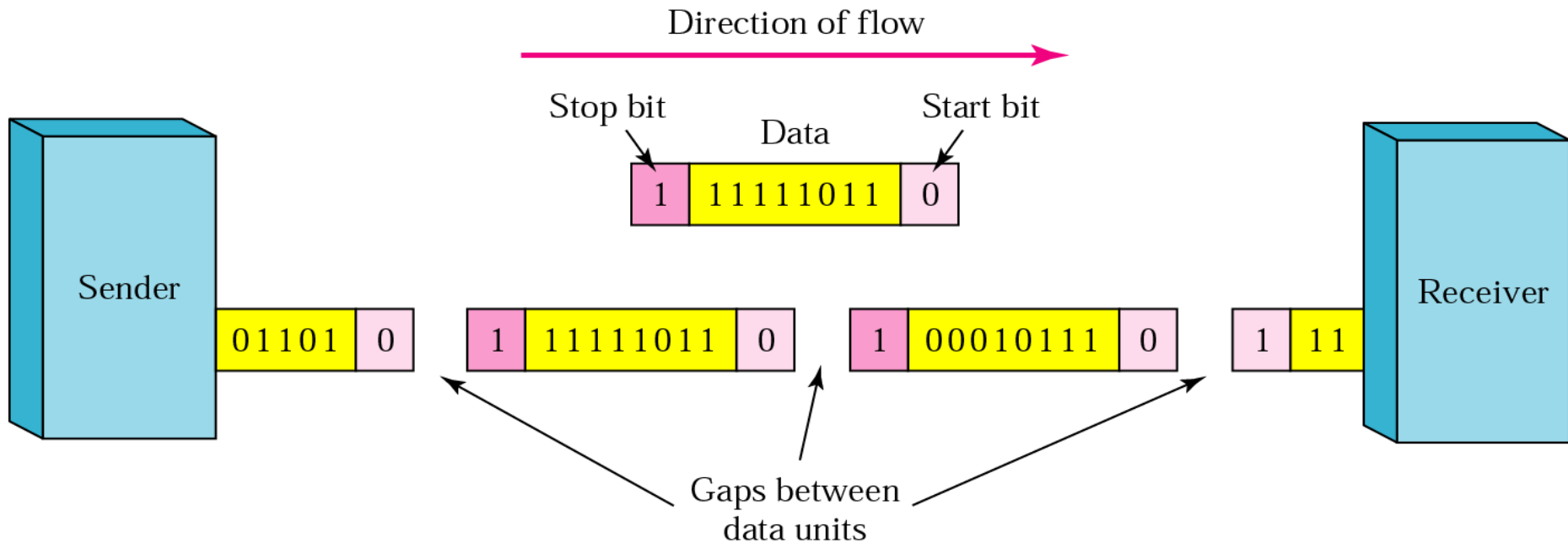
## Parallel transmission



## Serial transmission

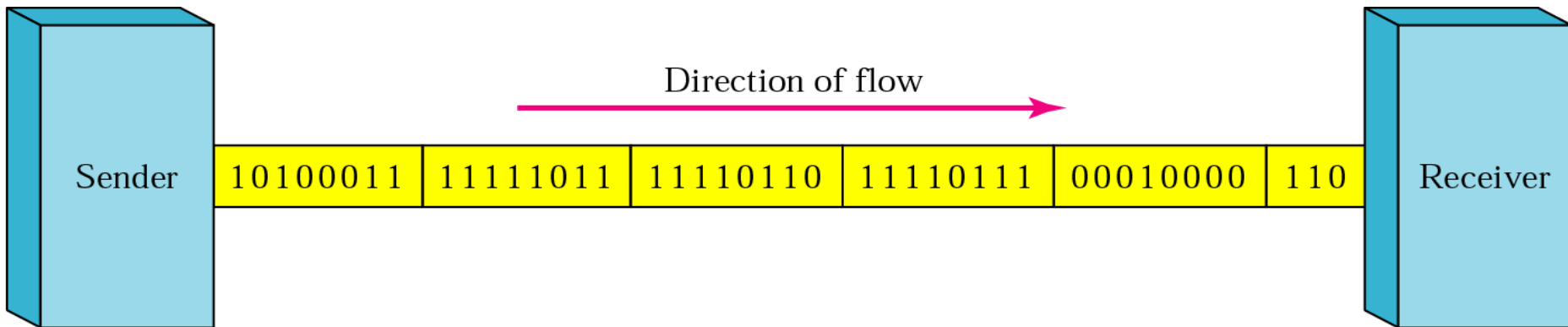


# Асинхрон дамжуулал



Асинхрон дамжуулал гэдэг нь эхлэлийн (start) 1 бит (0), төгсгөлийн (stop) битүүд (1-үүд) илгээгдэнэ

# Синхрон дамжуулал



*Синхрон дамжуулал гэдэг нь start/stop бит болон завсаргүйгээр өгөгдлийг дамжуулна.*

## Гэрийн даалгавар :

- ***B8ZS*** ба ***HDB3*** кодлол, тэдгээрийн онцлог, давуу тал
- ***8B/10B*** ба ***8B/6T*** блок кодлол, тэдгээрийн онцлог
- Кодлолын аргаас хамааран модуляцын хурд ямар байх вэ, харьцуулалт хий
- ***Delta Modulation (DM)***, түүний ажиллагаа, *PCM*-тай харьцуул

Анхаарал тавьсанд баярлалаа.