

# Veri İletişimi

# Data Communications

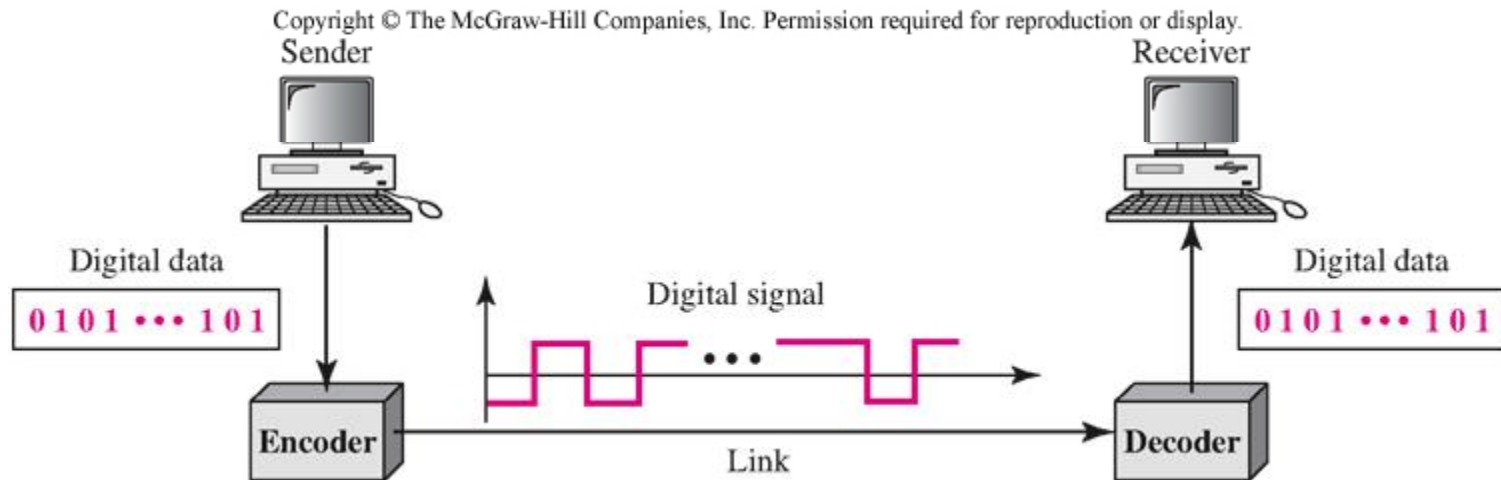
Suat ÖZDEMİR

Gazi Üniversitesi

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

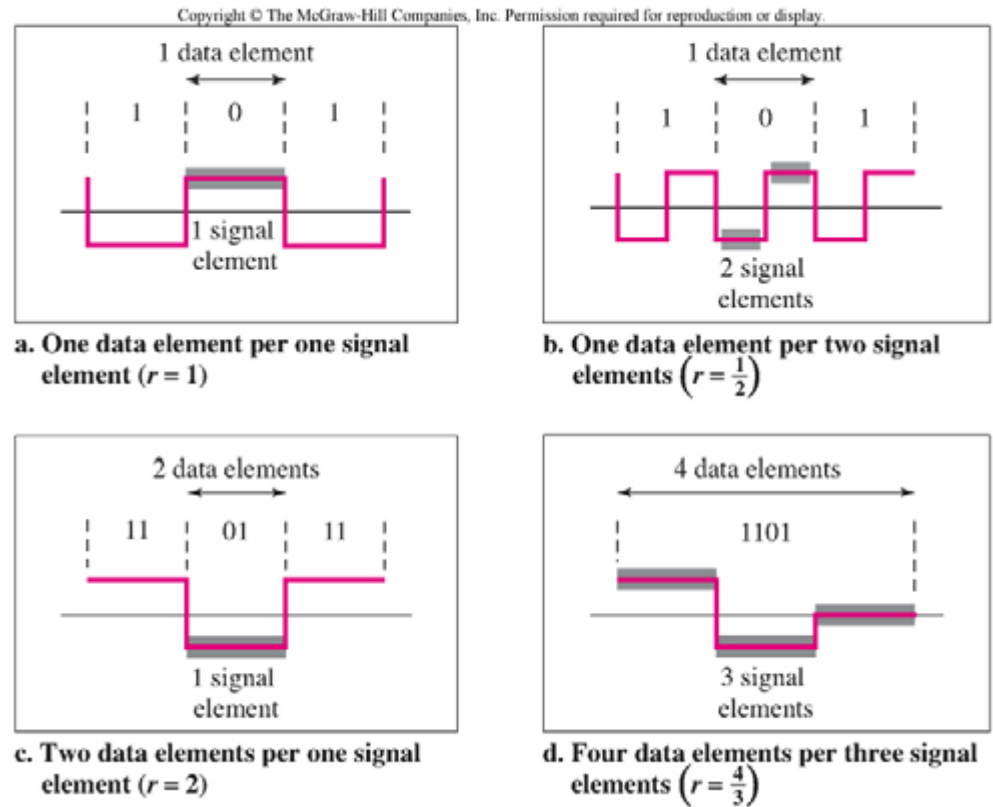
# Sayısal sayısal çevirme

- Bilginin iki nokta arasında iletilmesi için analog veya sayısal sinyale çevrilmesi gerekir.
- **Sayısal sayısal çevirmede** sayısal veri sayısal sinyale dönüştürülür.
- **Analog sayısal çevirmede** analog veri sayısal sinyale dönüştürülür.
- Çevirme işleminden elde edilen sinyal paralel veya seri olarak iki nokta arasında iletilir.



# Sayısal sayısal çevirme

- **Line coding** sayısal veriyi sayısal sinyale dönüştürme işlemidir.
- Veri iletişiminde amaç, veri parçalarının iletilmesidir. En küçük parça bit olarak adlandırılır.
- Şekilde ***r*** bir sinyal parçasıyla taşınan veri parçasının sayısını göstermektedir.

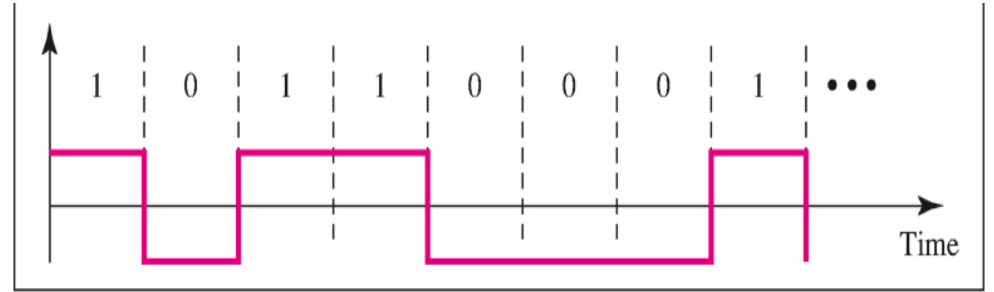


# Sayısal sayısal çevirme

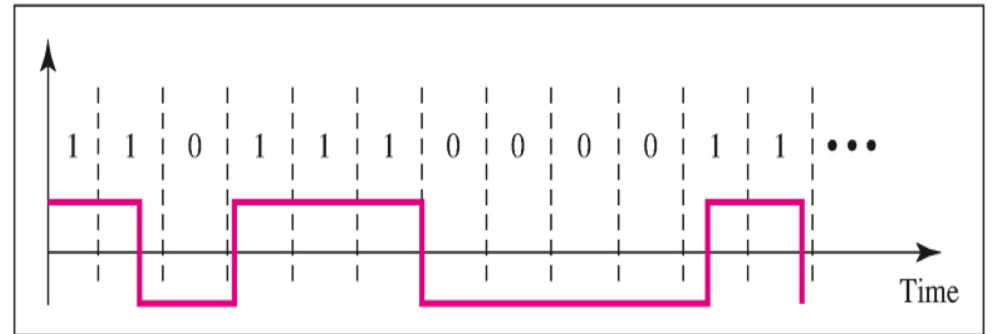
- **Data rate**, bir saniyede iletilen bit sayısını gösterir (**bps, bit/s**).
- **Signal rate**, bir saniyede iletilen sinyal sayısını gösterir (**baud**).
- Data rate genellikle bit rate olarak ifade edilir.
- Signal rate ise baud rate, pulse rate ya da modulation rate olarak ifade edilir.
- **Amaç baud rate düşürülürken bit rate değerini artırmaktır.**
- **Bandwidth**, sinyali taşımak için gereken frekans bant genişliğini gösterir.
- **Sinyaldeki değişim sayısını artırırken daha geniş frekans bandı kullanılır.**

# Sinyal iletiminde sorunlar

- Sinyal kodlamada uzun 1 ve 0 serilerinin alıcıda doğru çözülmesi zordur. Önlem alınması gerekir.
- Bir sayısal sinyal belirli bir süre sabit kalırsa DC bileşen oluşur ve düşük frekansları geçirmeyen sistemler için problem oluşur. (Telefon hattı 200Hz altını geçirmez)
- İki sistemde (alıcı ve verici) bit aralığının aynı olması gerekir.
- Self-synchronizing sayısal sinyalin zamanlama bilgisini içinde bulundurmasıdır.



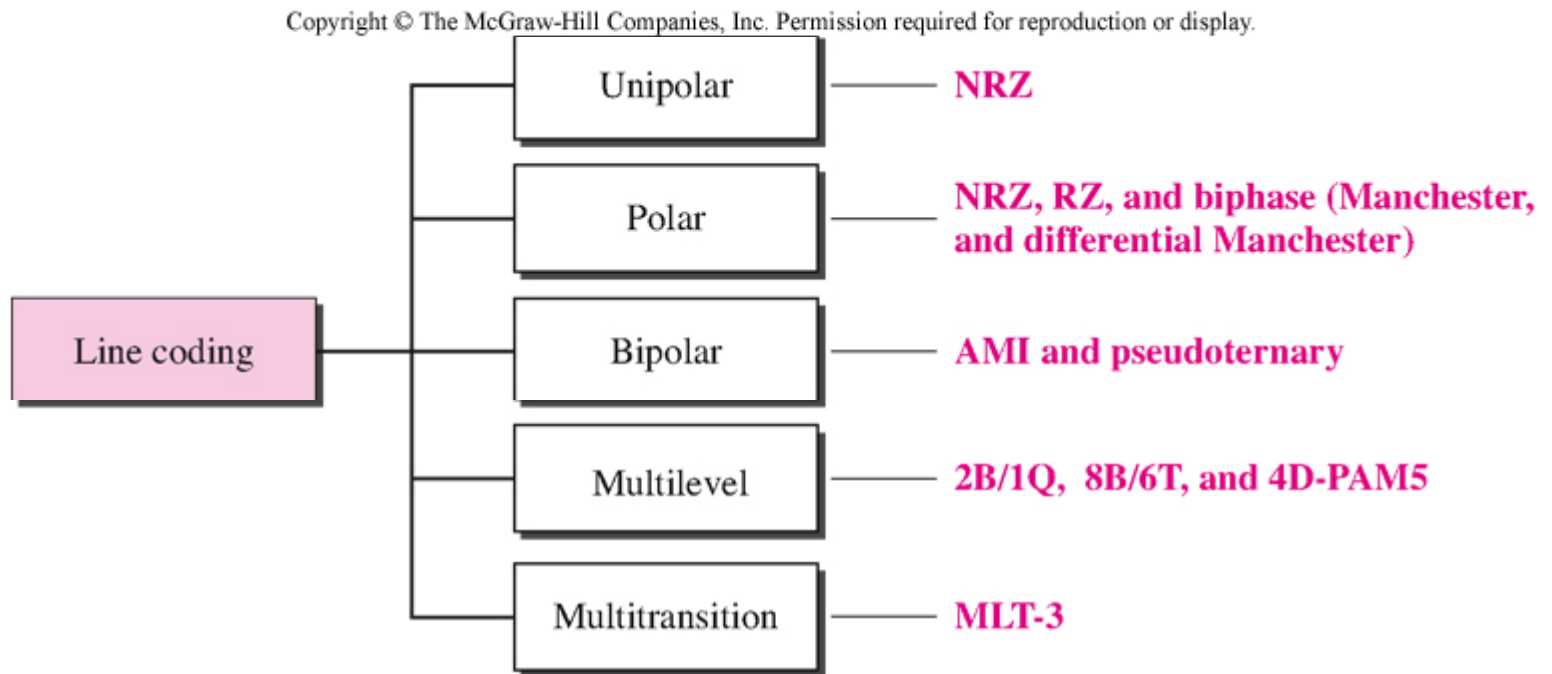
a. Sent



b. Received

# Sayısal sinyal kodlama teknikleri

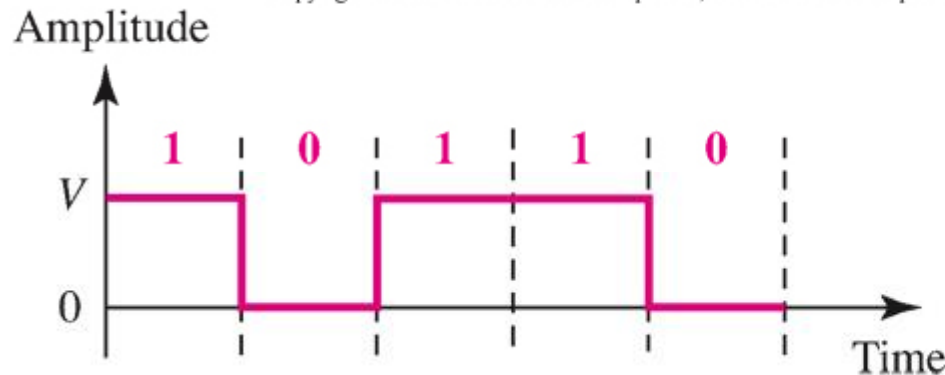
5 temel grupta toplanır



# Unipolar (non-return-to-zero)

- **Bit 1** **pozitif** gerilim ve **bit 0** **negatif** gerilim veya **0 V** ile tanımlar.
- Sinyal bitin ortasında 0'a dönmediği için non-return-to-zero denilmektedir.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

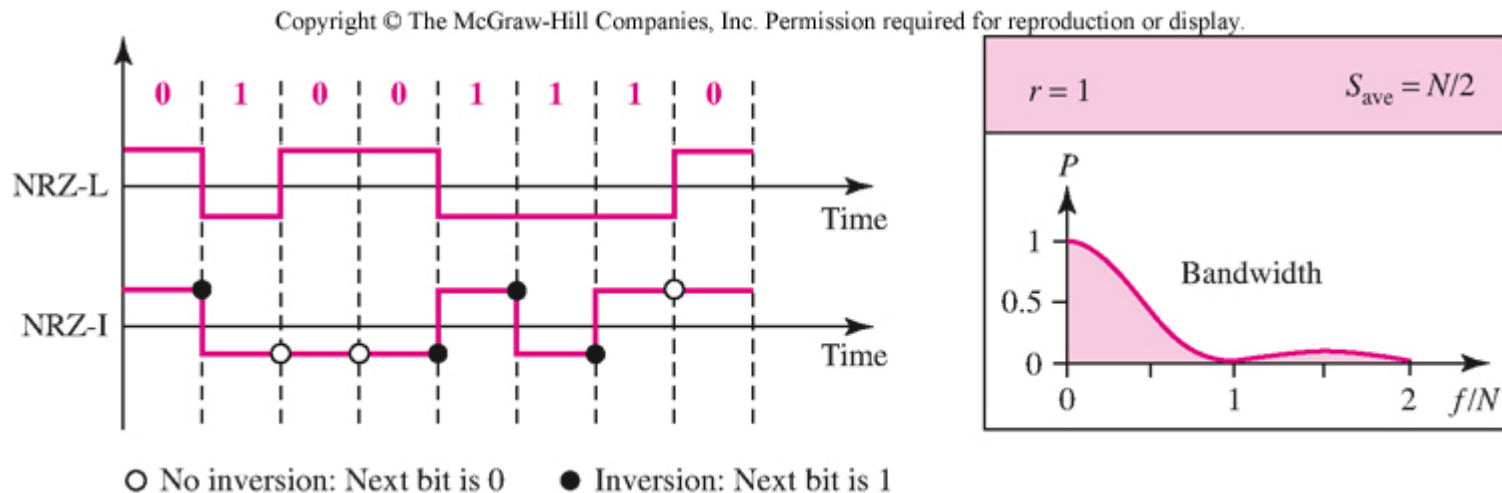


$$\frac{1}{2}V^2 + \frac{1}{2}(0)^2 = \frac{1}{2}V^2$$

Normalized power

# Polar (non-return-to-zero)

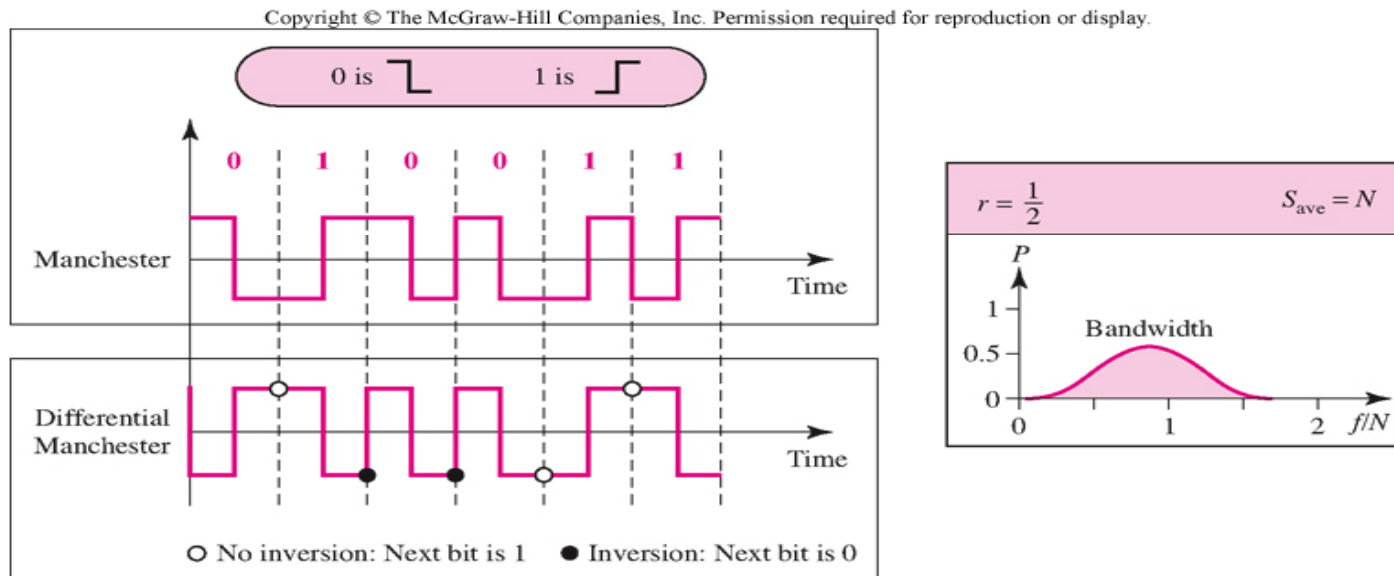
- İki seviyeli sinyal kullanılır. **NRZ-Level** ve **NRZ-Invert** olarak iki türdür.
- **NRZ-L** kodlamada **bit 0 pozitif gerilim** ve **bit 1 negatif gerilim** ile tanımlar.
- **NRZ-I** da gerilim seviyesindeki **değişim bit 1** ve **değişmeme bit 0** dır.
- Uzun 1 ve 0 serilerinin algılanması zordur (NRZ-L da daha fazla).
- Senkronizasyon problemi her ikisinde vardır (NRZ-L da daha fazla)





# Polar (Biphase: Manchester ve Differential Manchester)

- Manchester'da, sinyal bit 1 ve bit 0 için belirli işaretlere sahiptir.
- Differential Manchester'da **bit 0 için bit başında değişim** olur, **bit 1 için değişim** olmaz.
- Her ikisinde de bitin ortasında seviye değiştirilir. (senkronizasyon sağlanır)



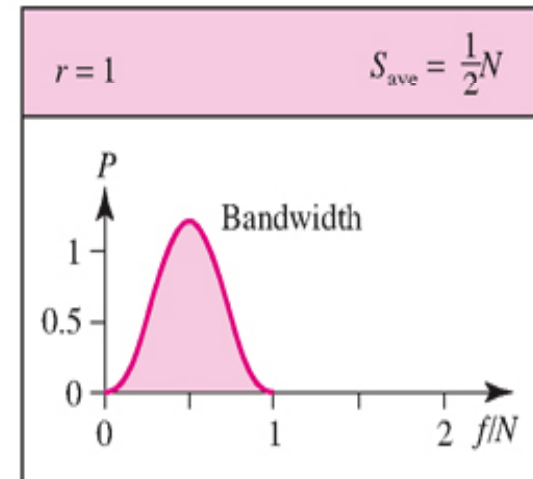
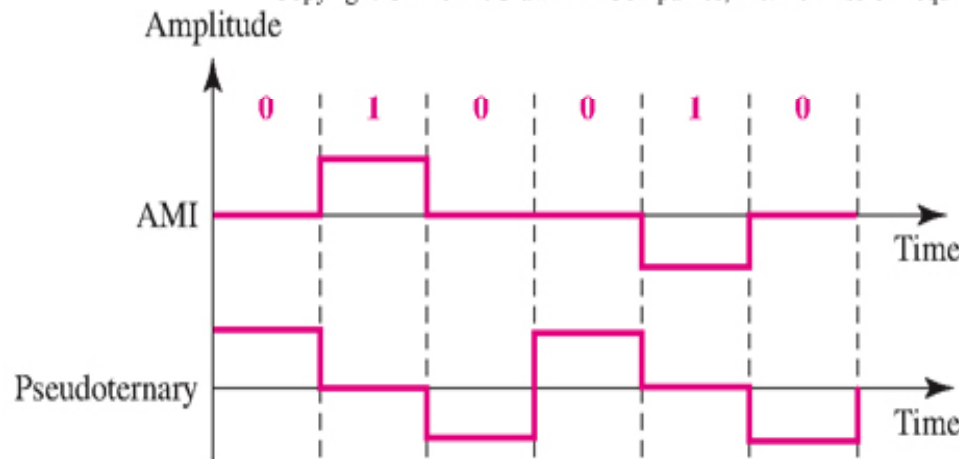
# Polar (Biphase: Manchester ve Differential Manchester)

- Manchester ve Differential Manchester kodlamalarda DC bileşen yoktur. Her bit hem pozitif hem de negatif gerilime sahiptir.
- Signal rate NRZ kodlamaya göre iki kat olur. (Bant genişliği iki kat olur)

# Bipolar (AMI – Alternate Mark Inversion ve Pseudoternary)

- AMI kodlamada, bit 0 için seviye 0 dır, bit 1 için pozitif ve negatif arasında sürekli değişir.
- Pseudoternary kodlamada, bit 1 için seviye 0 dır, bit 0 için pozitif ve negatif arasında sürekli değişir.
- Bipolar kodlamada DC bileşen yoktur. Sürekli pozitif ve negatif arasında değişim yapılır.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



# Multilevel (2B1Q, 8B6T, 4D-PAM5)

- Kodlamada temel amaç veri hızını artırmak ve bant genişliğini azaltmaktır.
- **m** veri parçası sayısını, **n** sinyal parçası sayısını gösterebiliriz.
- Binary veri için 1 ve 0 olduğundan **m** adet veriyi  $2^m$  farklı sinyalle gösterebiliriz.
- Her sinyalde **L** seviye olursa  $L^n$  adet farklı sinyal elde edilir.

# Multilevel (2B1Q, 8B6T, 4D-PAM5)

- $2^m = L^n$  olursa her veri için bir sinyal kullanabiliriz.
- $2^m < L^n$  olursa tüm veriler sinyallerin bir kısmıyla ifade edilebilir.
- $2^m > L^n$  olursa tüm veriler elde edilen sinyallerle ifade edilemez.
- Bu şekildeki kodlama **mBnL** olarak adlandırılır.
- Burada, m binary verinin uzunluğunu, B binary veriyi, n sinyal uzunluğunu ve L sinyal seviye sayısını gösterir.
- L=2 ise B (binary), L=3 ise T (ternary), L=4 ise Q (quaternary) kullanılır.
- İlk ikisi (**mB**) veriyi, son ikisi (**nL**) sinyali gösterir.

# Multilevel (2B1Q)

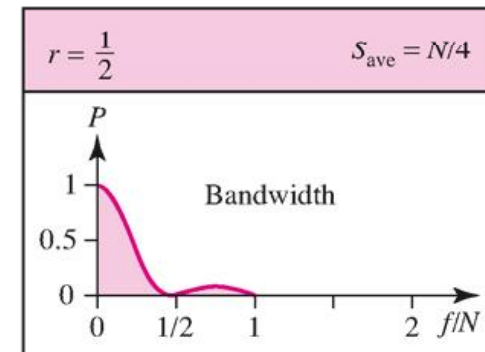
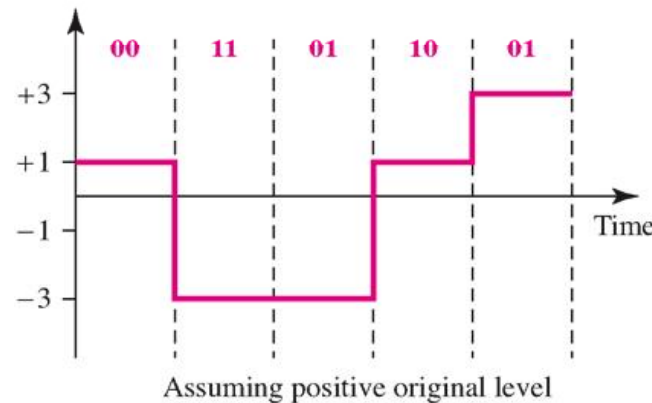
- 2B1Q(two-binary-one-quaternary), kodlamada bir sinyal ile kodlanan veri boyutu 2 bit ve sinyaldeki toplam seviye sayısı 4 tür.
- 2B1Q, DSL(digital subscriber line) teknolojisinde kullanılır.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Previous level: positive      Previous level: negative

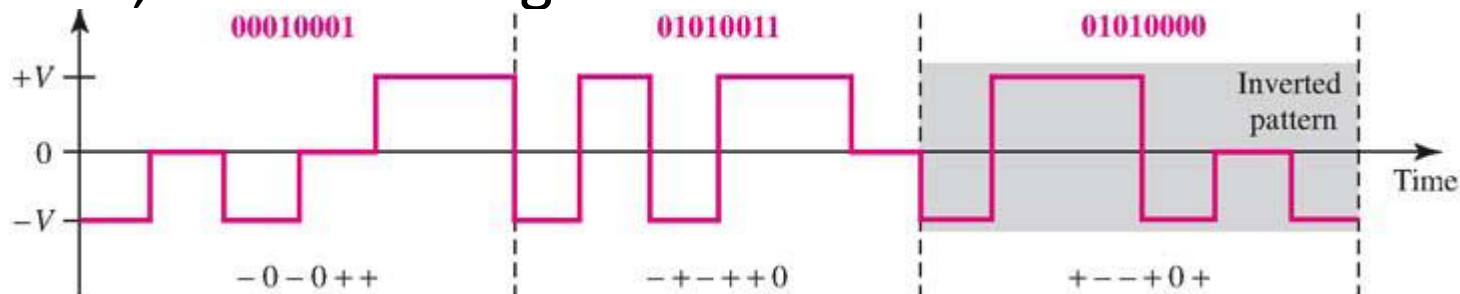
Next bits	Next level	Next level
00	+1	-1
01	+3	-3
10	-1	+1
11	-3	+3

Transition table



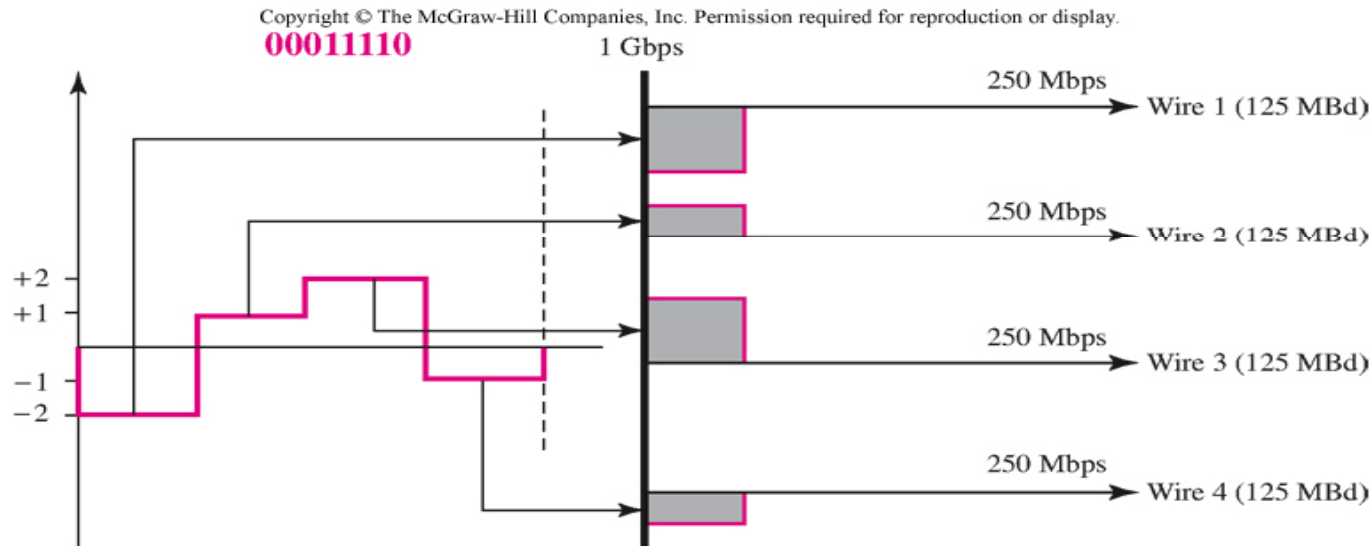
# Multilevel (8B6T)

- 8B6T(eight-binary-six-ternary), kodlamada 8-bit data 3 seviyeli sinyalle gösterilir.
- $2^8 = 256$  farklı veri ve  $3^6 = 729$  farklı sinyal kullanılır.
- Sinyallerin bir kısmı senkronizasyon ve hata denetimi için kullanılır.
- Her bit grubu için kullanılacak sinyal grubu sabittir.
- 8B6T, 10Base-4T ağlarda kullanılır.



# Multilevel (4D-PAM5)

- 4D-PAM5 (four-dimensional five-level pulse-amplitude-modulation), kodlamada 4D verinin 4 kablo ile iletildiğini gösterir.
- 5 farklı sinyal seviyesi (-2,-1,0,1,2) kullanılır.
- Bir sinyal elemanıyla 8 bit gönderilir.
- Sinyal 4 parçayla gösterilir her parçası bir kablodan iletir.
- 4D-PAM5 kodlama Gigabit LAN ağlarda kullanılır.



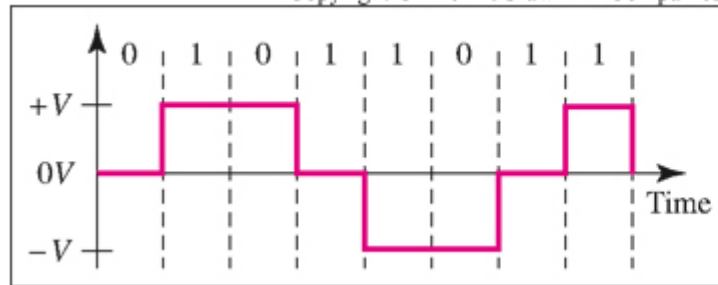


# Multiline İletişim (MLT-3)

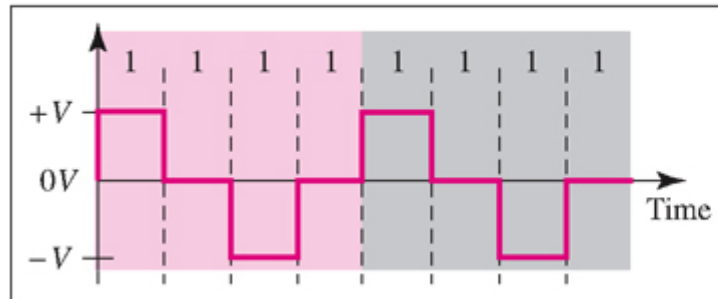
- NRZ-I ve Differential Manchester datayı kodlarken iki geçiş kuralı uygulanır.
- MLT-3 (Multiline Transmission, Three Level) kodlama, iki seviyeden fazla seviyeye sahip veri için kullanılır MLT-3 üç seviyeli (+V 0 -V) geçiş kuralı kullanılır.
- Daha az değişim olduğu için ortalama bant genişliği  $1/3$  oranındadır. ( $BW = 1/3$  Bit rate)
  - Uzun 1 serilerinde  $1/4$  e kadar düşer
- **Bir sonraki bit 0 ise geçiş olmaz.**
- **Bir sonraki bit 1 ise ve şimdiki seviye 0 değilse, bir sonraki seviye 0 olur.**
- **Bir sonraki bit 1 ise şimdiki seviye 0 ise, bir sonraki seviye 0 olmayan son seviyenin tersi olur.**

# Multiline İletişim (MLT-3)

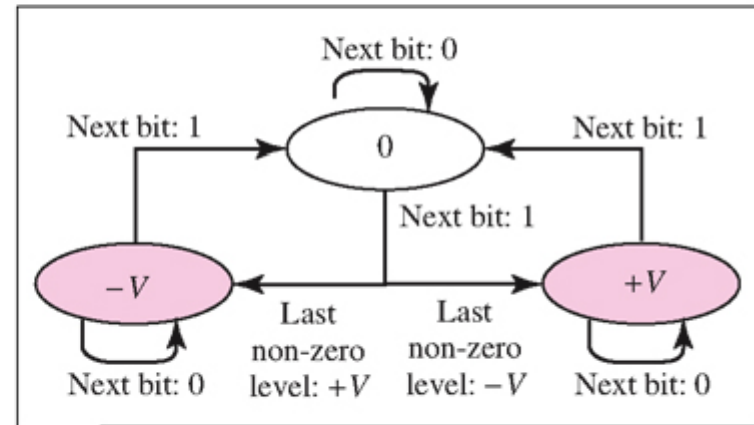
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



a. Typical case



b. Worse case



c. Transition states

# Line coding yöntemleri özet

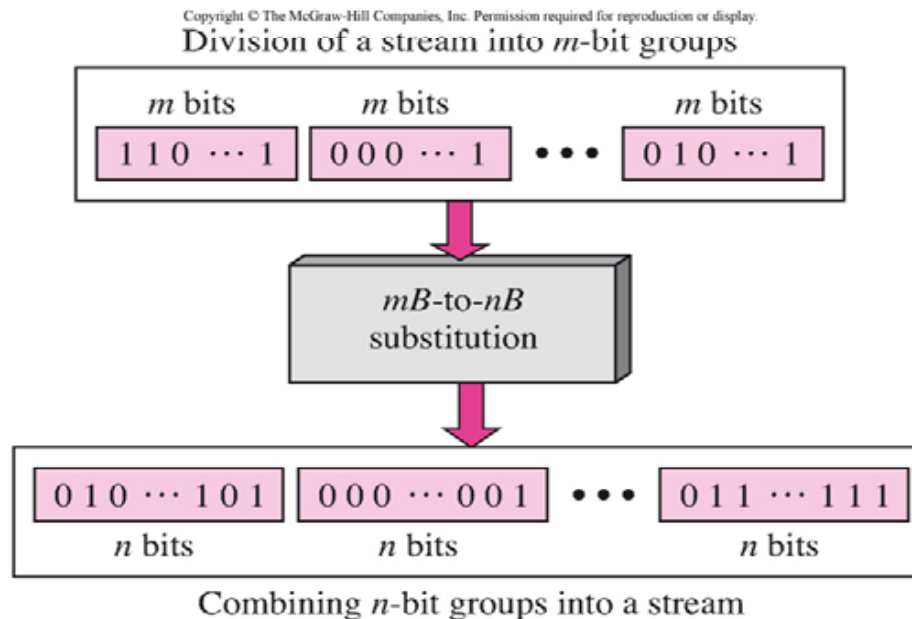
Kategori	Şema	Bant genişliği	Karakteristik
Unipolar	NRZ	$BW = N/2$	<ul style="list-style-type: none"><li>• Maliyeti yüksektir</li><li>• Uzun 1 ve 0 larda senkronizasyon yoktur</li><li>• DC bileşen vardır</li></ul>
Polar	NRZ-L	$BW = N/2$	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uzun 1 ve 0 larda senkronizasyon yoktur</li><li>• DC bileşen vardır</li></ul>
	NRZ-I	$BW = N/2$	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uzun 0 larda senkronizasyon yoktur</li><li>• DC bileşen vardır</li></ul>
	Biphase	$BW = N$	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yüksek bant genişliği gerektirir</li><li>• Senkronizasyon vardır</li><li>• DC bileşen yoktur</li></ul>
Bipolar	AMI	$BW = N/2$	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uzun 0 lar için senkronizasyon yoktur</li><li>• DC bileşen yoktur</li></ul>
Multilevel	2B1Q	$BW = N/4$	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uzun aynı bit çiftleri için senkronizasyon yoktur</li></ul>
	8B6T	$BW = 3N/4$	<ul style="list-style-type: none"><li>• Senkronizasyon vardır</li><li>• DC bileşen yoktur</li></ul>
	4D-PAM5	$BW = N/8$	<ul style="list-style-type: none"><li>• Senkronizasyon vardır</li><li>• DC bileşen yoktur</li></ul>
Multiline	MLT-3	$BW = N/3$	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uzun 0 lar için senkronizasyon yoktur</li></ul>

# Blok kodlama

- Senkronizasyonu daha iyi yapmak ve hata denetimi yapmak için ekstra bitlere ihtiyaç olur.

# Blok kodlama

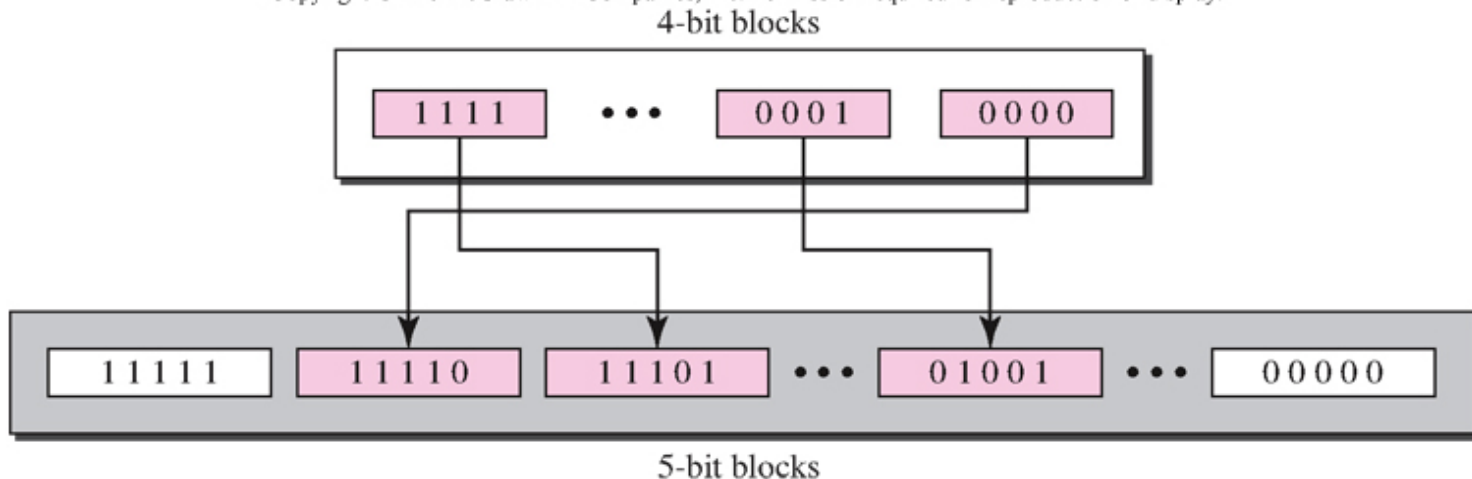
- Block coding,  $m$  adet biti  $n$  adet bit haline çevirir ( $mB/nB$ ). Burada ( $n > m$ ).
- “/” işareti blok kodlamayı, multilevel kodlamadan ayırır (8B6T).
- $m$ -bit grup  $n$ -bit grup yerine yerleştirilir.
- 4B/5B de orijinal bitler 4-bit gruplara ayrılır ve her 4-bit yerine 5-bit yazılır.



# Blok kodlama (4B/5B)

- 4B/5B (four binary/five binary) kodlama NRZ-I ile birlikte kullanılır.
- NRZ-I kodlama uzun 0 larda senkronizasyon problemi vardır.
- NRZ-I kodlamadan önce uzun 0 olmayacak şekilde değişiklik gerekir.
- Alıcı önce NRZ-I ile bitleri elde eder daha sonra fazlalık olan 1-bit atılır.
- 4B/5B kodları ikiden fazla 0'ı art arda bulundurmaz. Tüm gruplar içinde art arda üçten fazla 0 olmaz.
- Eklenen 1 bit %25 fazla trafik gerektirir. DC bileşen hala vardır.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



# 4B/5B Kodları

<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	11 010		
1101	11011		
1110	11100		
1111	11101		

# Blok kodlama (4B/5B)

- Örnek: 1 Mbps hızda veri göndermek istiyoruz. 4B/5B ve NRZ-I ile Manchester kullanıldığında gereken minimum bant genişliği nedir ?

4B/5B bit rate değerini 1.25 Mbps olarak artırır.

NRZ-I kodlama  $N/2$  bant genişliği gerektirdiğinden 625 kHz gerekir.

Manchester kodlama 1.25 MHz bant genişliği gerektirir.

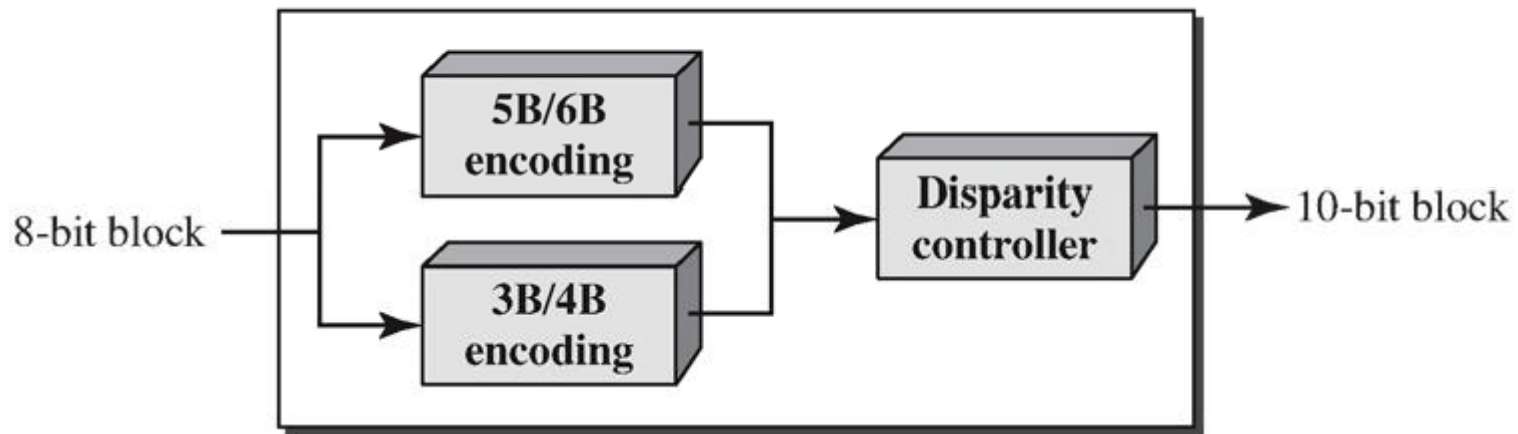
NRZ-I da DC bileşen vardır, Manchester'da DC bileşen yoktur.



# Blok kodlama (8B/10B)

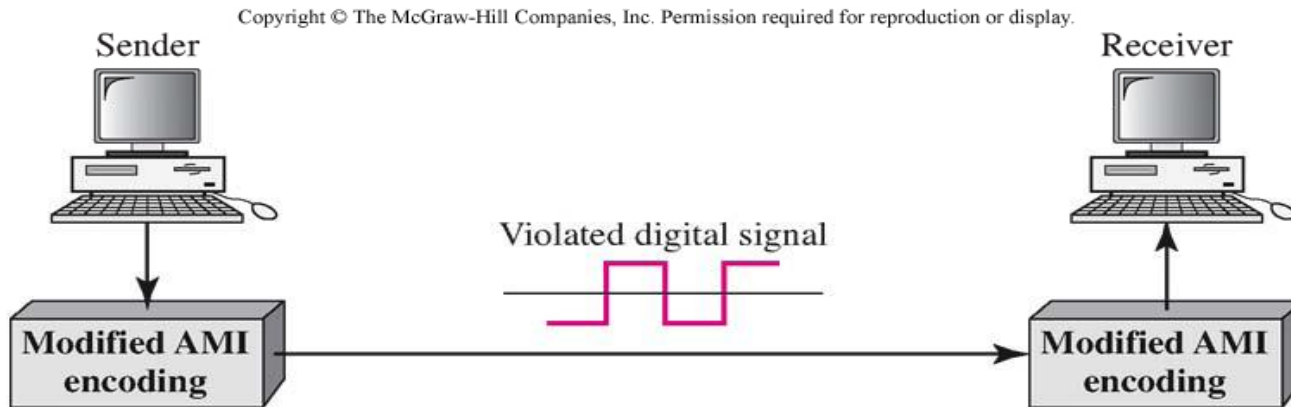
- 8B/10B (eight binary/ten binary) kodlama 8-bit yerine 10-bit kullanır.
- Bir tane 5B/6B ile (soldaki 5 bit için) bir tane 3B/4B (sağdaki 3 bit için) vardır.
- Disparity controller hata denetimi yapar.  $2^{10} - 2^8 = 768$  fazla grup oluşur.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.  
8B/10B encoder



# Scrambling

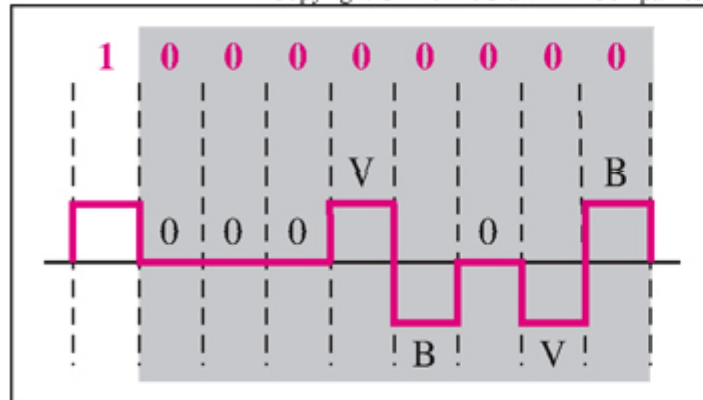
- Biphase yöntemi kısa mesafede iki istasyon arasında (LAN içinde) uygundur ancak geniş bant genişliği gerektirdiği için uzun mesafede uygun değildir.
- Blok kodlama ve NRZ nin birlikte kullanımı da uzun mesafede DC bileşen olduğu için uygun değildir.
- Bipolar AMI kodlama dar bant genişliği gerektirir ve DC bileşen yoktur. Ancak uzun 0 larda senkronizasyon yoktur.
- Belirli sayıdaki 0 serisi farklı bir seriyle değiştirilir.



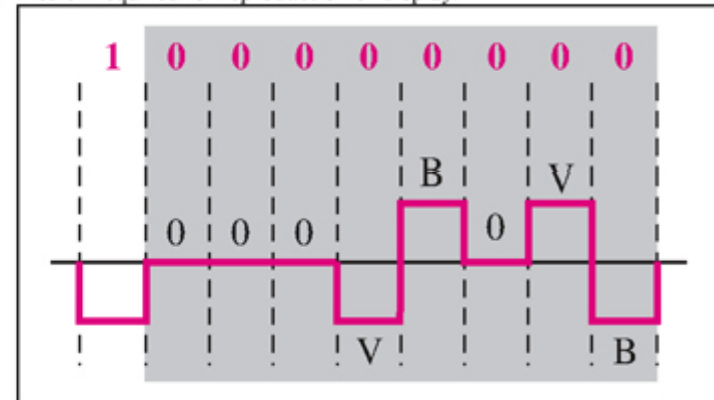
# Scrambling (B8ZS – Bipolar with 8-zero substitution)

- 8 artarda gelen 0 seviye gerilim yerine 000VB0VB yerleştirilir.
- **V**, AMI kodlamada bir önceki gerilim seviyesinin aynısını gösterir.
- **B**, bipolar bir önceki gerilim seviyesinin tersini gösterir.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



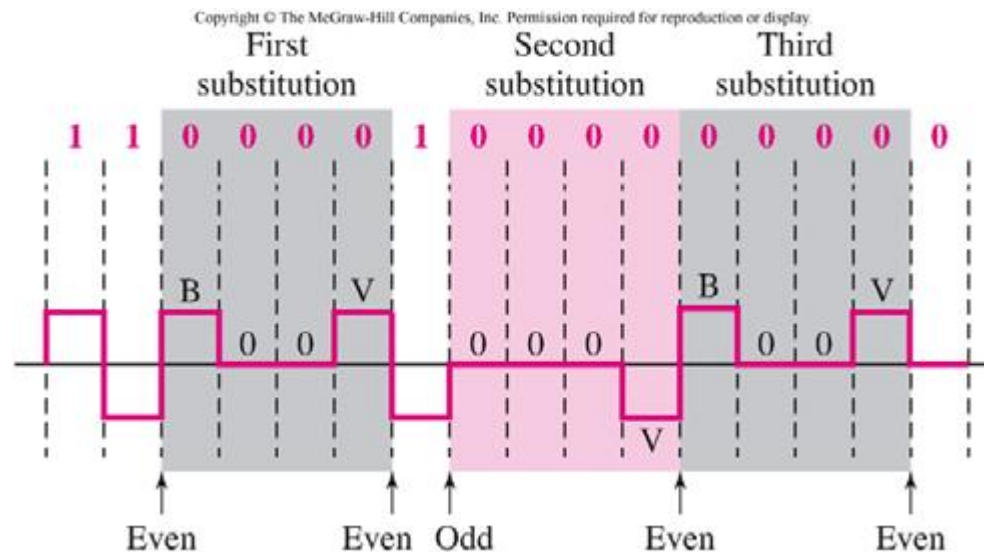
a. Previous level is positive.



b. Previous level is negative.

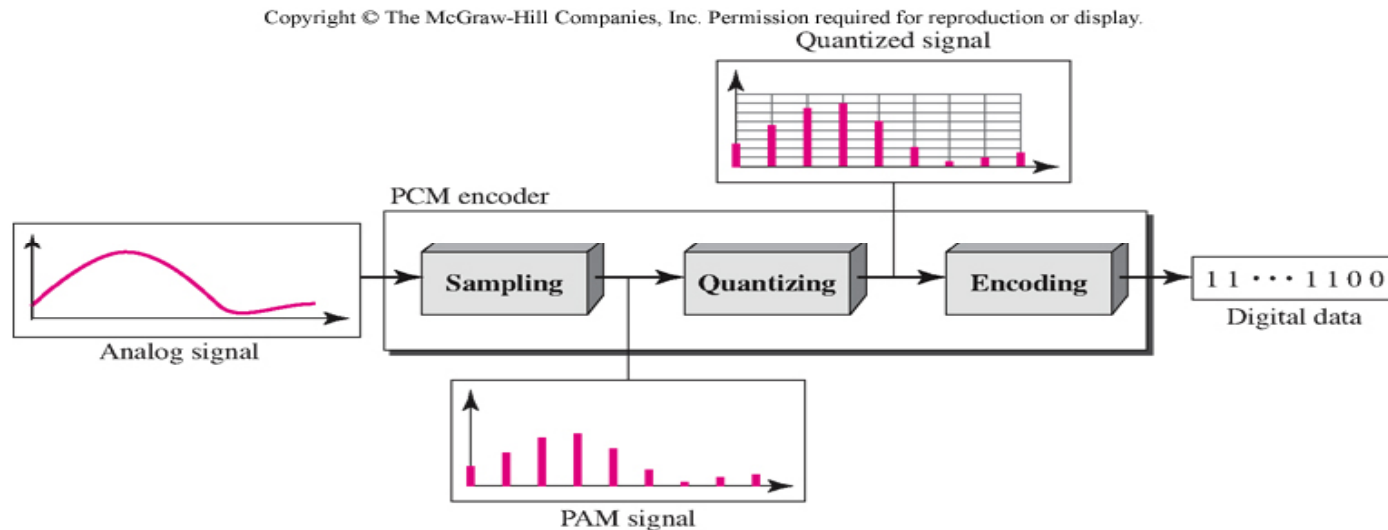
# Scrambling (HDB3 – High-density bipolar 3-zero)

- 4 artarda sıfır gerilim seviyesi 000V veya B00V ile değiştirilir.
- Son substitution' dan sonra eğer sıfırdan farklı **pulse sayısı tek ise, 000V** işareti kullanılır. Böylece sıfırdan farklı pulse sayısı çift olur.
- Son substitution' dan sonra eğer sıfırdan farklı **pulse sayısı çift ise, B00V** işareti kullanılır. Böylece sıfırdan farklı pulse sayısı çift olur.



# Analog sayısal çevirme

- Bazı uygulamalarda analog sinyal vardır (mikrofon veya kamera üretir).
- Analog sinyal sayısal dataya çevirilir ardından sayısal sinyale dönüştürülür.
- **Pulse code modulation (PCM)** En yaygın kullanılan analog sinyal-sayısal data dönüştürme yöntemidir.



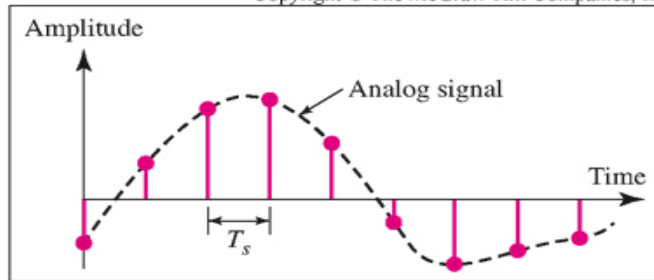
# Analog sayısal çevirme

- Analog sayısal çevirmenin 3 aşaması vardır
  - Örnekleme (Sampling)
  - Sayısallaştırma (Quantization)
  - Orijinal sinyali tekrar oluşturma

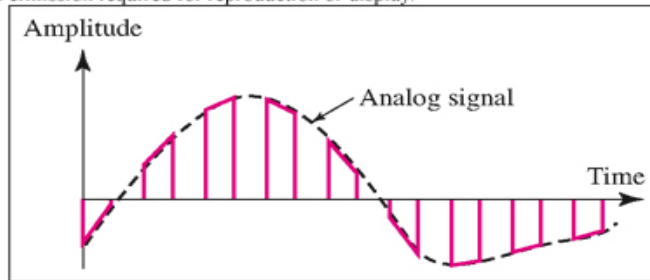
# Örnekleme - Sampling

- Her  $T_s$  aralığında analog sinyal örneklenir (sampling rate, sampling frequency).
- Üç farklı örnekleme yapılır. Sample and hold (flat-top) yaygın kullanılır.

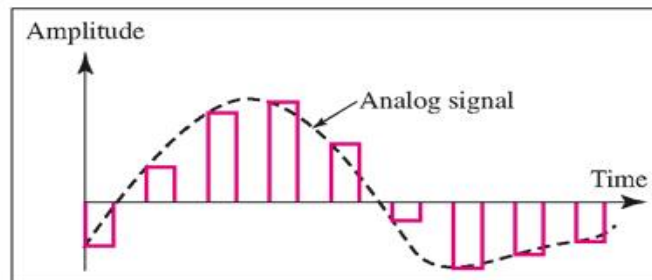
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



a. Ideal sampling



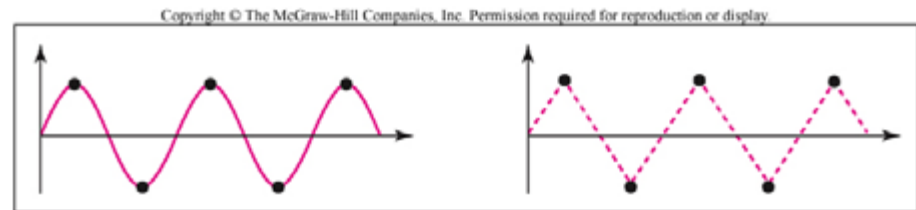
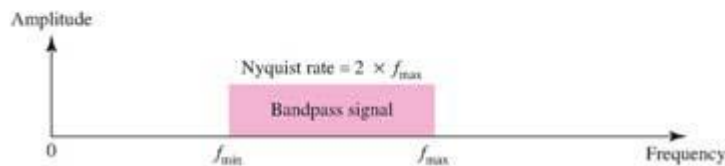
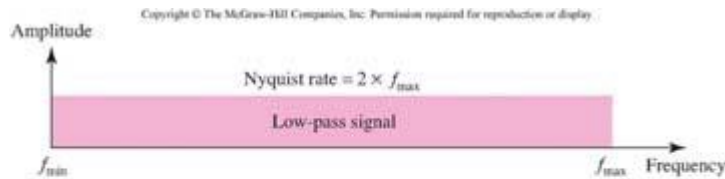
b. Natural sampling



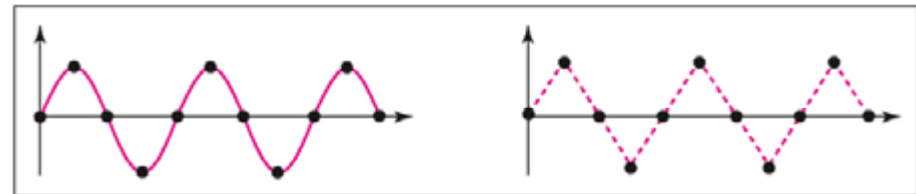
c. Flat-top sampling

# Sampling rate

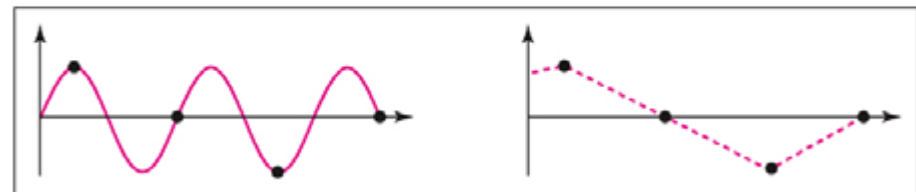
- Nyquist teoremine göre örnekleme frekansı (sampling rate) en yüksek frekansın en az iki katı olmalıdır.



a. Nyquist rate sampling:  $f_s = 2f$



b. Oversampling:  $f_s = 4f$



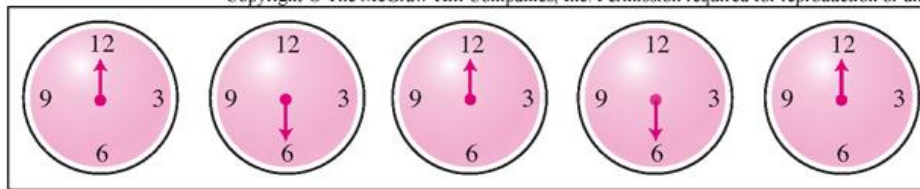
c. Undersampling:  $f_s = f$



# Sampling rate

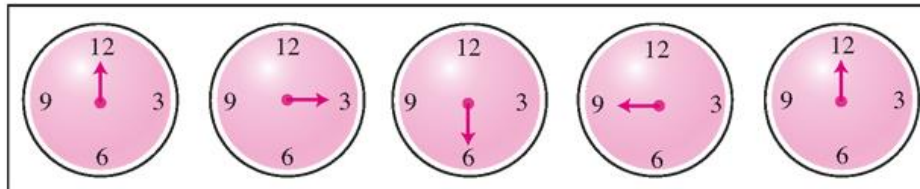
- Örnekleme frekansı düşükse saat ters dönüyor gibi görünür.
- Bir filmde saniyede 24 frame geçer. 12'den az örnekleme undersampling'tir.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



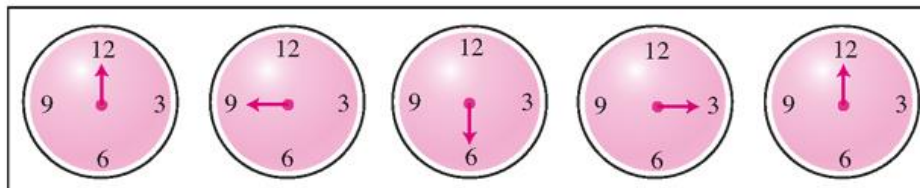
Samples can mean that the clock is moving either forward or backward.  
(12-6-12-6-12)

a. Sampling at Nyquist rate:  $T_s = \frac{1}{2}T$



Samples show clock is moving forward.  
(12-3-6-9-12)

b. Oversampling (above Nyquist rate):  $T_s = \frac{1}{4}T$



Samples show clock is moving backward.  
(12-9-6-3-12)

c. Undersampling (below Nyquist rate):  $T_s = \frac{3}{4}T$

<http://www.bartleby.com/344024.html>

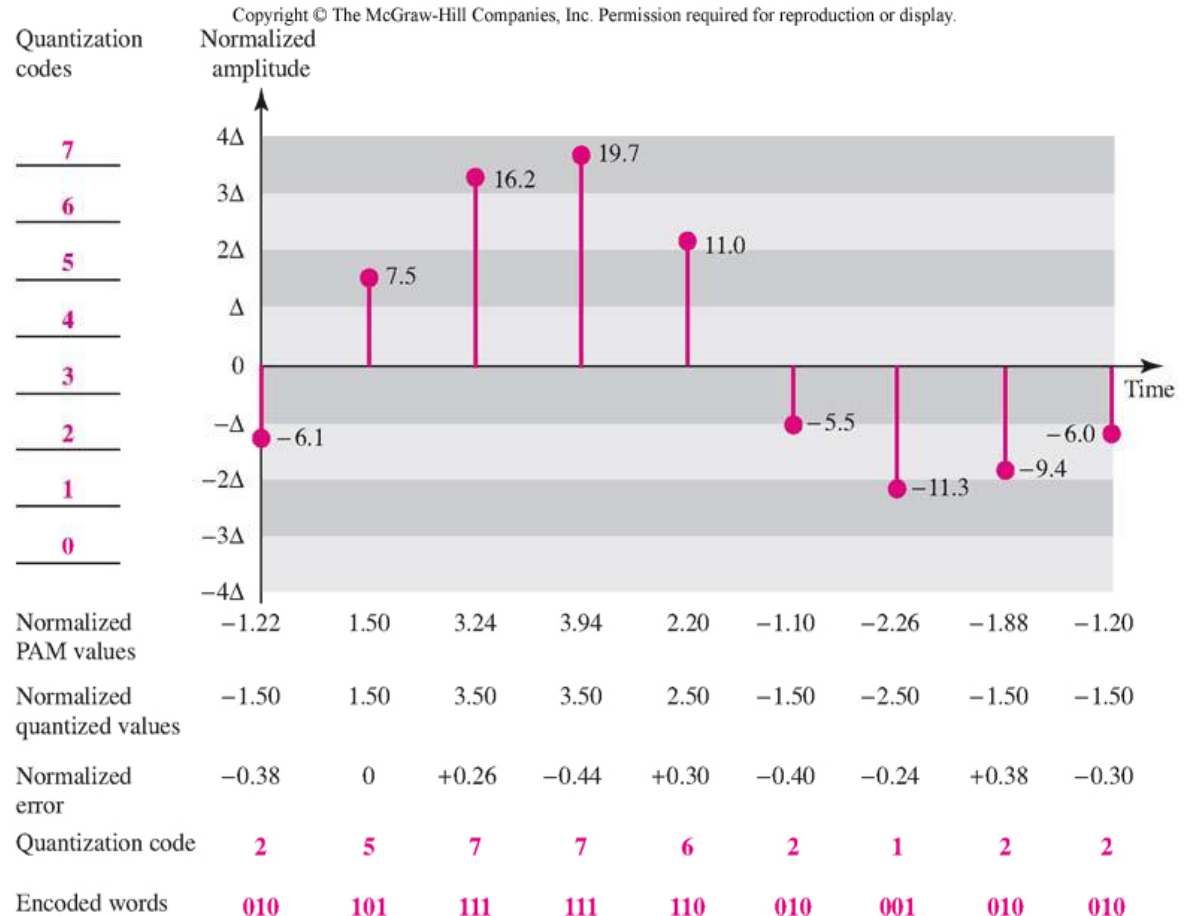
# Sayısallaştırma – Quantization

- Örneklenen değerler analogtur. Minimum ve maksimum arası  $L$  seviyeye bölünür. İki seviye arasındaki fark

$$\Delta = (V_{\max} - V_{\min}) / L$$

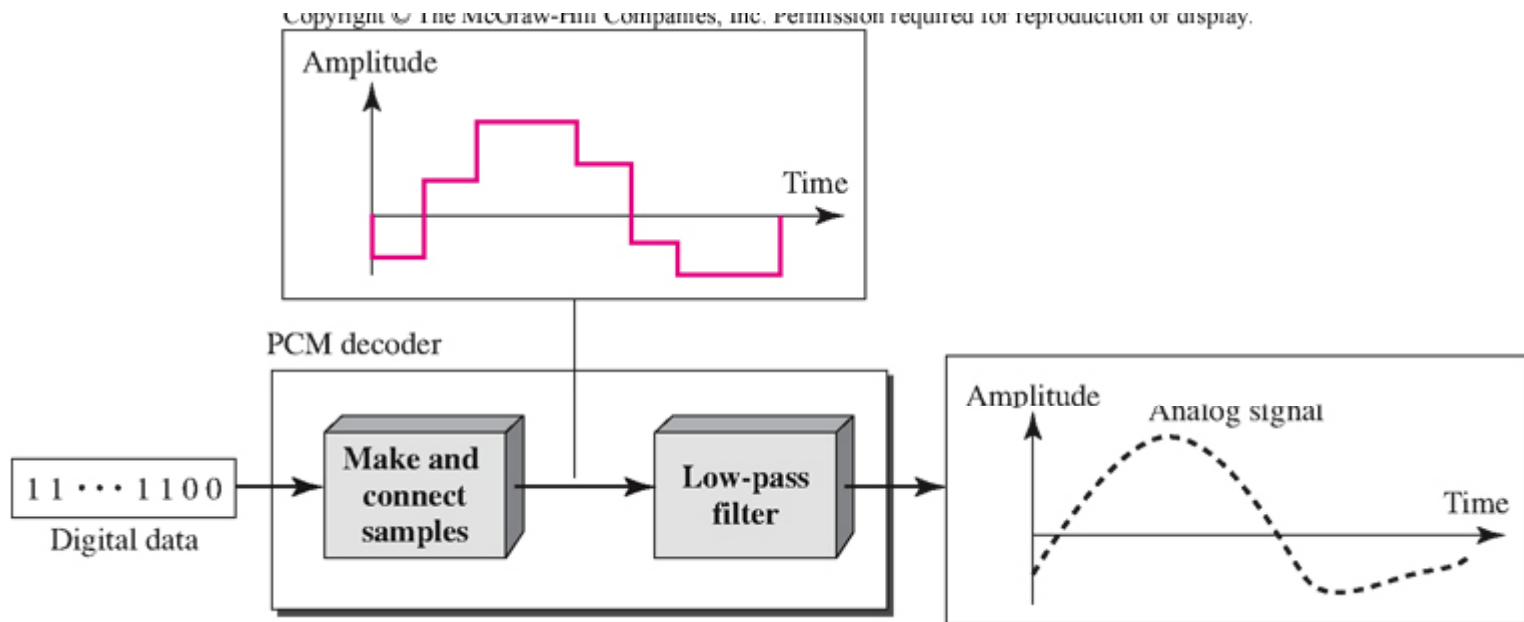
olur.

- Örnekte,  
 $V_{\max} = +20 \text{ V}$ ,  
 $V_{\min} = -20 \text{ V}$ ,  
 $L = 8$



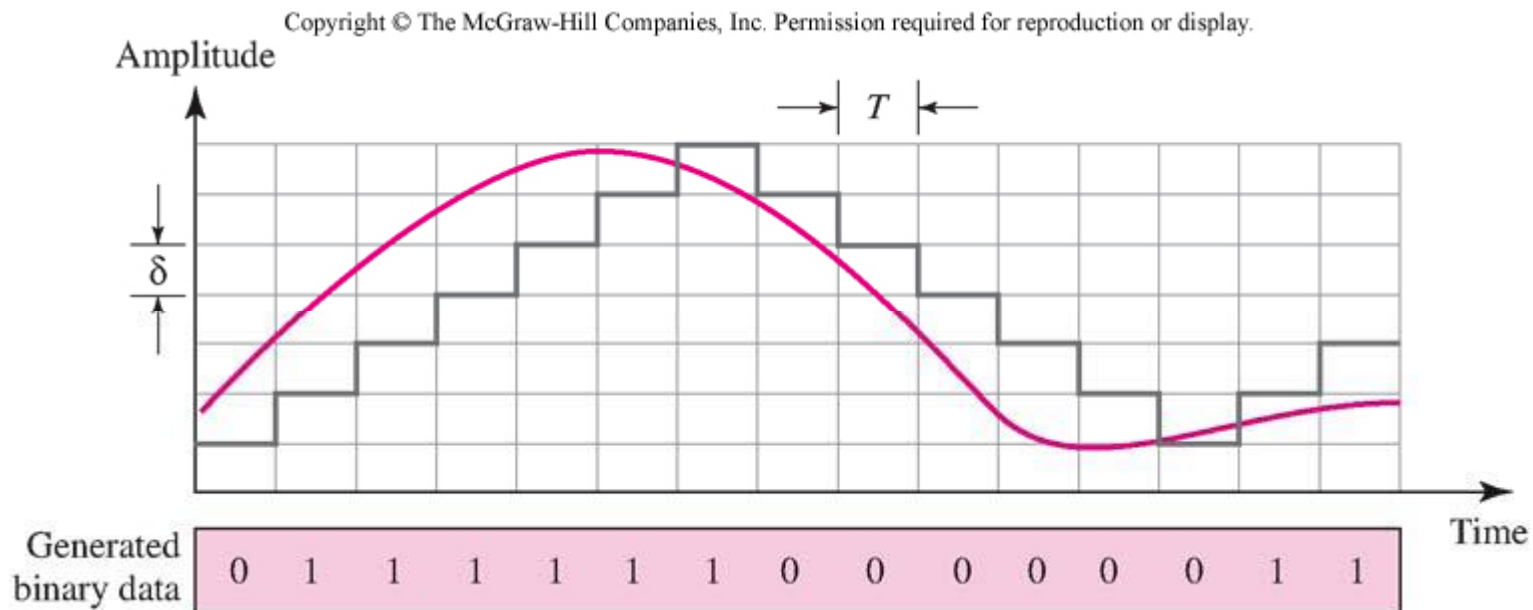
# Orijinal sinyali tekrar oluşturmak

- Bit dizisi tekrar analog sinyali oluşturmak için kullanılır.



# Delta modülasyonu

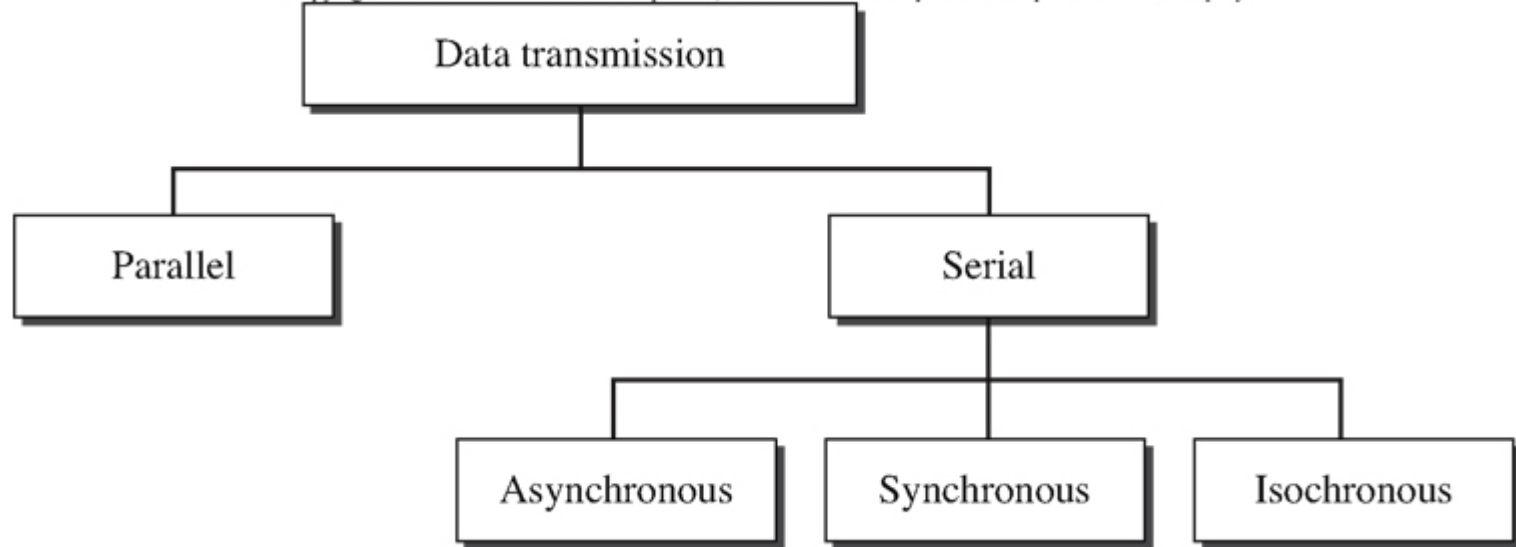
- Delta modülasyonu PCM'den daha basittir.
- Örneklenen değer bir öncekinden büyükse artış, küçükse azalış gerçekleştirilir.



# İletişim modları

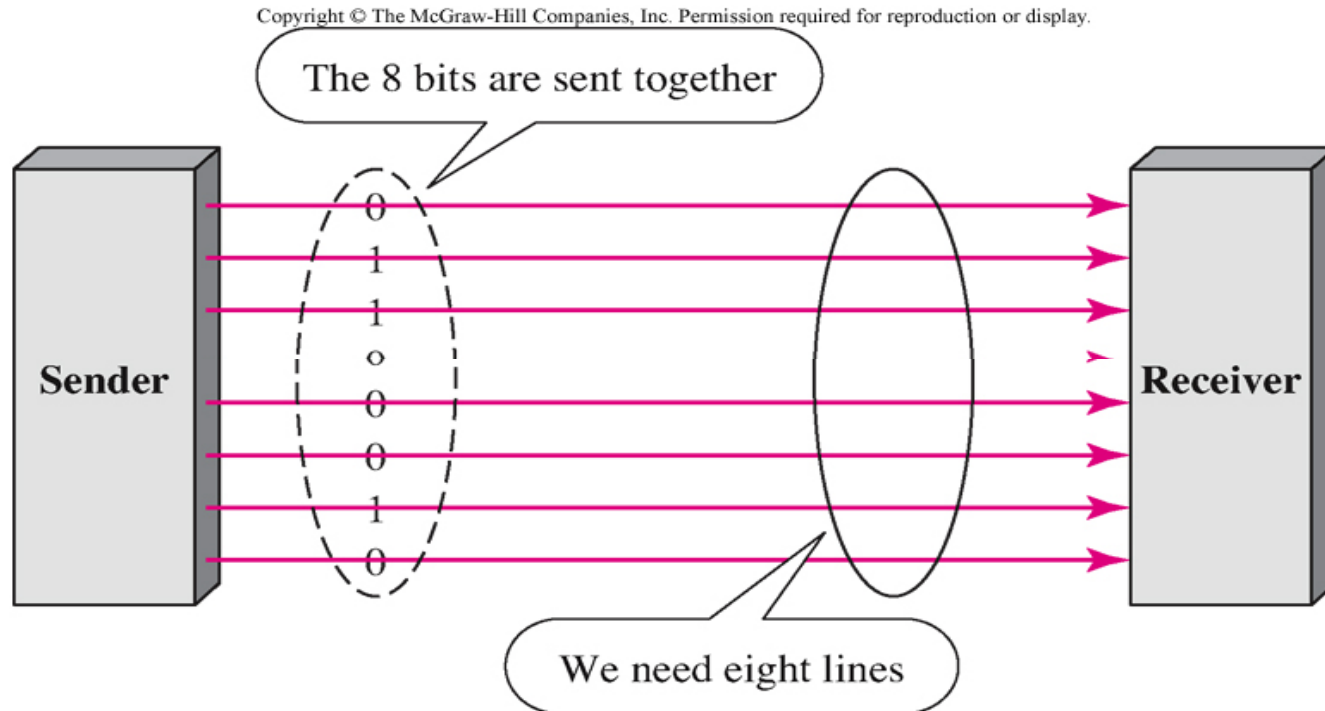
- Paralel ve seri iletişim yapıları.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



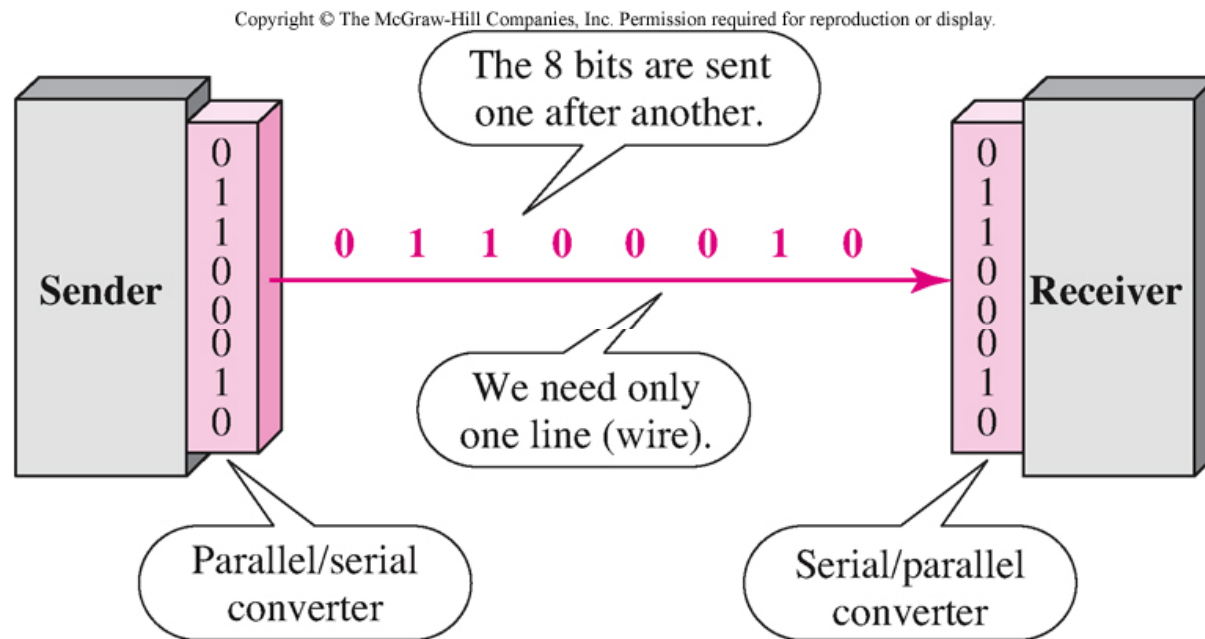
# Paralel iletişim

- Aynı anda  $n$  bit gönderilir.
- Maliyet yüksektir, hızlıdır. Kısa mesafelerde kullanılır.



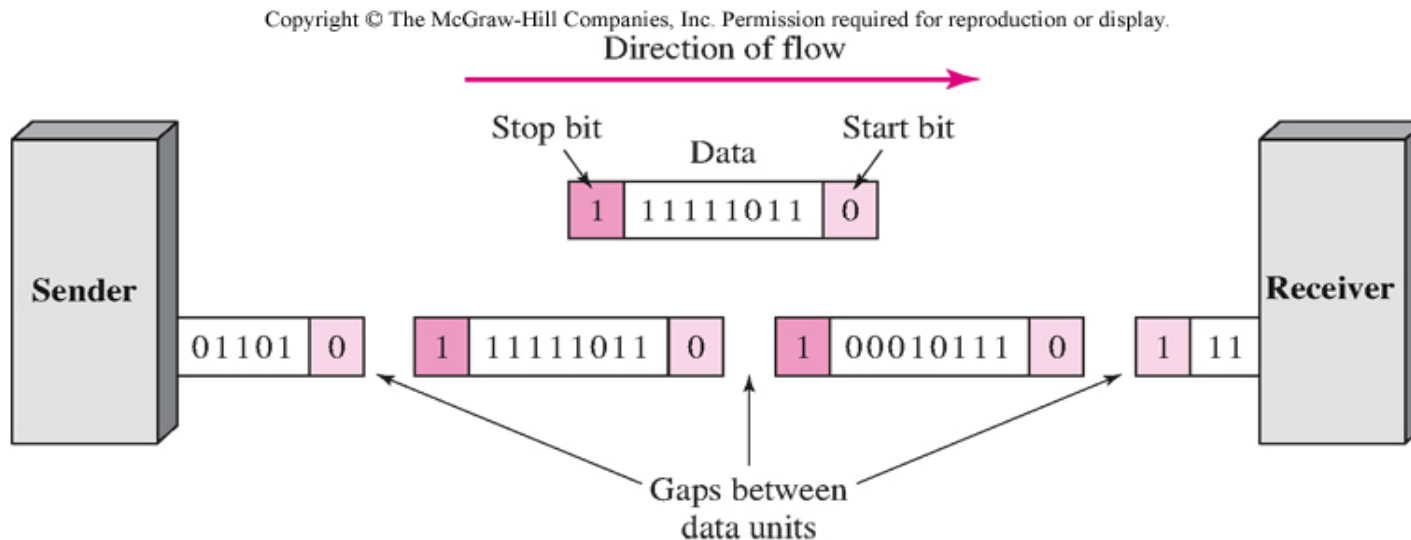
# Seri iletişim

- Aynı anda 1 bit gönderilir.
- Maliyet düşüktür, yavaştır. Uzun mesafelerde kullanılır.



# Seri iletişim - asenkron

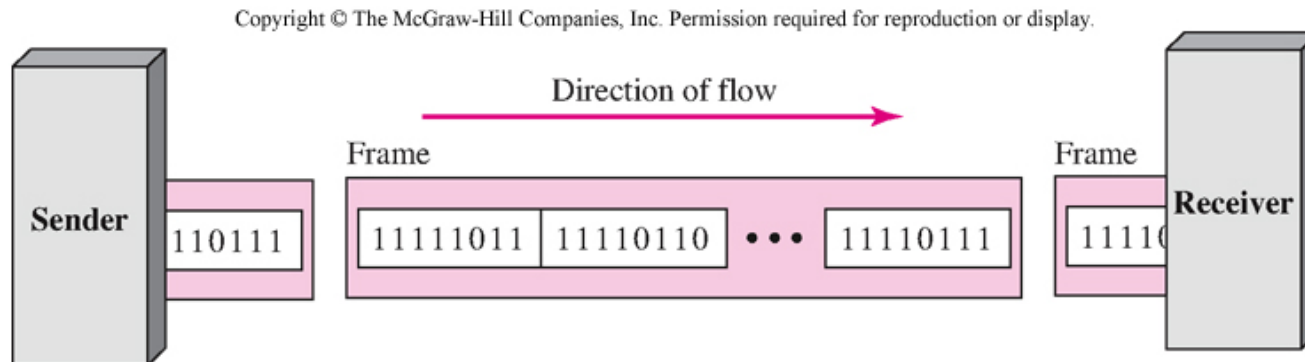
- Bilgi gruplar halinde gönderilir. Bir grupta genellikle 8 bit olur.
- Bir grubun geldiğini alıcıya start biti, bittiğini stop biti gösterir.
- Byte seviyesinde asenkron, ama bit seviyesinde senkron yapmak gerekir.
- Keyboard, mouse örnektir.





# Seri iletişim - senkron

- Start ve stop biti olmadan bitler artarda gönderilir.
- Bitleri gruplara ayırmak ve zamanlama işlemleri alıcı tarafından yapılır.
- Asenkrona göre daha hızlıdır.



# Seri İletişim –Isochronous (i-senkron)

- Gerçek zamanlı video ve audio uygulamalarında frame'ler arasında bekleme istenmez.
- Senkron ve asenkron iletişimin özelliklerini alır
- Frameler arasında bit yoktur, başlangıç ve bitiş frame'i vardır
- Isochronous iletişim sabit hızda verinin iletimini sağlar.