

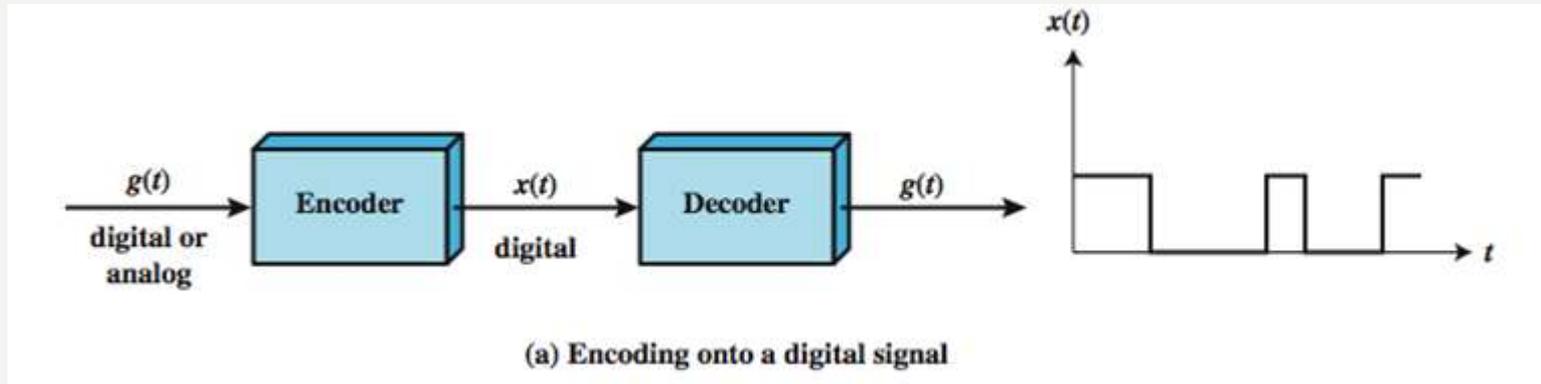
# TEKNIK PENGKODEAN SINYAL

OLEH :  
RAHMI HIDAYATI, S.KOM.,M.CS

# TEKNIK PENGKODEAN

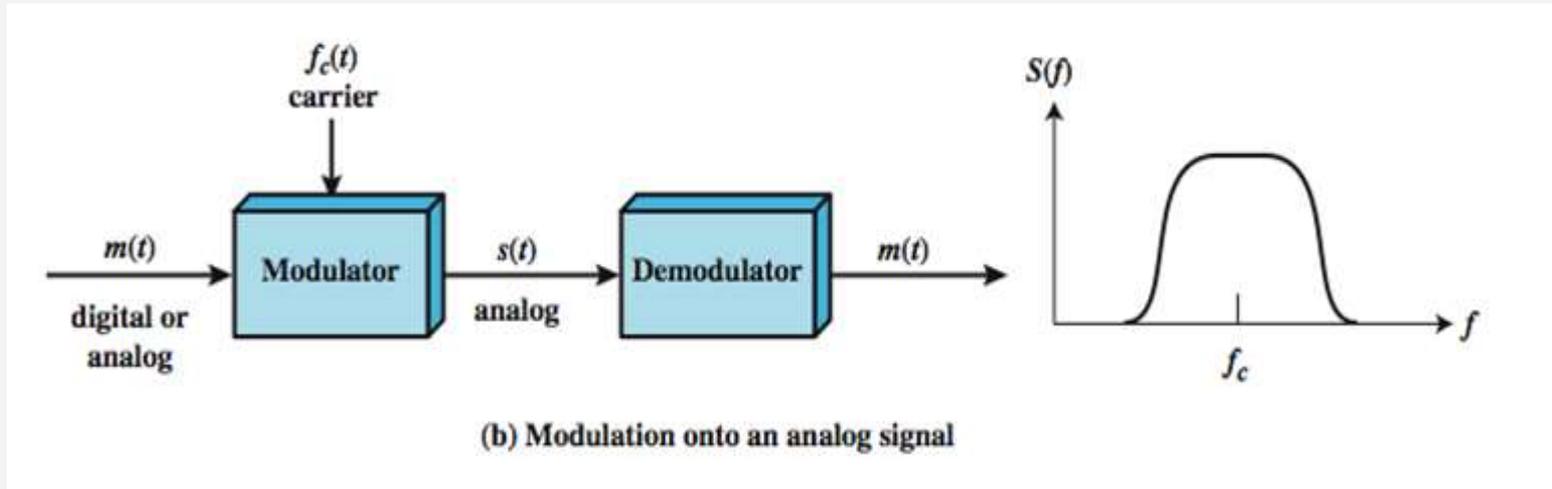
- Teknik pengkodean merupakan hal yang sangat penting dalam komunikasi data karena pada proses inilah sinyal diubah ke bentuk tertentu yang dapat dimengerti oleh peralatan tertentu.
- Sinyal yang paling banyak dikenal adalah **sinyal audio** yang berbentuk gelombang bunyi yang dapat didengar oleh manusia. Sinyal ini disebut dengan ***speech***.
- Sinyal yang dihasilkan *speech* memiliki komponen frekuensi antara 20 Hz sampai 20kHz.

# PENGGKODEAN KE BENTUK SINYAL DIGITAL



- Untuk menjadikan sinyal **digital**, sumber **data**  $g(t)$  disandikan terlebih dahulu menjadi **sinyal digital**  $x(t)$ . Data **digital** atau **analog** akan melewati suatu alat yang disebut **encoder** digunakan untuk melakukan penyandian sehingga menghasilkan **sinyal digital**.
- **Sinyal digital** tersebut digunakan dalam transmisi data. Untuk menuju kepada penerima, sinyal akan diubah kembali ke bentuk sinyal asli, baik analog ataupun digital. Digunakan alat yang disebut **decoder**. Proses perubahan sinyal disebut **decoding**.

# PROSES MODULASI KE BENTUK SINYAL ANALOG



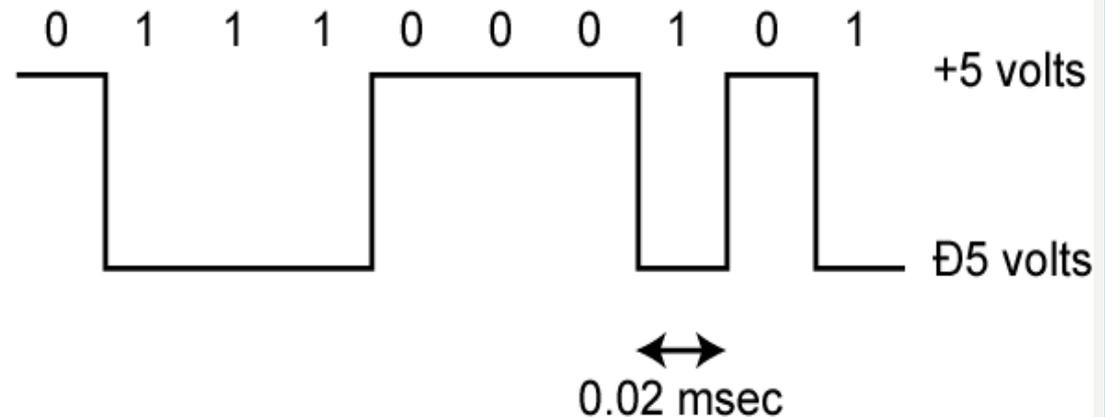
- Dasar untuk **pensinyalan analog** adalah frekuensi yang terus menerus konstan yaitu sinyal  $f_c$  yang dikenal sebagai **sinyal pembawa**.
- Data dapat ditransmisikan menggunakan sinyal pembawa dengan **modulasi**, yaitu proses pengkodean sumber data ke sinyal pembawa. Semua teknik modulasi melibatkan operasi pada satu atau lebih dari tiga parameter domain frekuensi dasar: **amplitudo**, **frekuensi** dan **fase**. Sinyal **Input  $m(t)$**  dapat berupa data analog atau digital dan disebut sinyal modulasi dan hasil modulasi sinyal pembawa disebut sinyal **termodulasi  $s(t)$** .

# TEKNIK PENGKODEAN SINYAL

- **Data digital, sinyal digital:** bentuk sederhana dari pengkodean digital dari data digital.
- **Data digital, sinyal analog:** Sebuah modem mengkonversi data digital menjadi sinyal analog sehingga dapat dikirim.
- **Data analog, sinyal digital:** Data analog, seperti suara dan video, seringkali didigitasi untuk dapat menggunakan fasilitas transmisi digital.
- **Data analog, sinyal analog:** Data Analog dimodulasi oleh frekuensi pembawa untuk menghasilkan sinyal analog pada pita frekuensi yang berbeda, yang dapat digunakan pada sistem transmisi analog.

# DATA DIGITAL, SINYAL DIGITAL

- Sinyal digital
  - Diskrit, pulsa tegangan diskontinyu
  - Setiap pulsa merupakan sebuah elemen sinyal
  - Data biner dikodekan menjadi elemen sinyal



# ISTILAH-ISTILAH BERKAITAN DENGAN DATA DIGITAL & SINYAL DIGITAL

- **Sinyal Unipolar** : semua elemen sinyal memiliki tanda yang sama (positif semua atau negatif semua).
- **Sinyal Polar** : satu keadaan logik diwakili oleh level tegangan positif dan keadaan lainnya dengan level tegangan negatif.
- **Data Rate** : Tingkat transmisi data ( $R$ ) dalam bit per detik.
- **Durasi atau panjang sebuah bit** : waktu yang dibutuhkan *transmitter* untuk memancarkan bit ( $1/R$ ).
- **Modulation Rate** : tingkat perubahan level sinyal dinyatakan dalam *baud* atau elemen sinyal per detik.
- **Mark** dan **space** menyatakan digit biner '1' dan '0'.

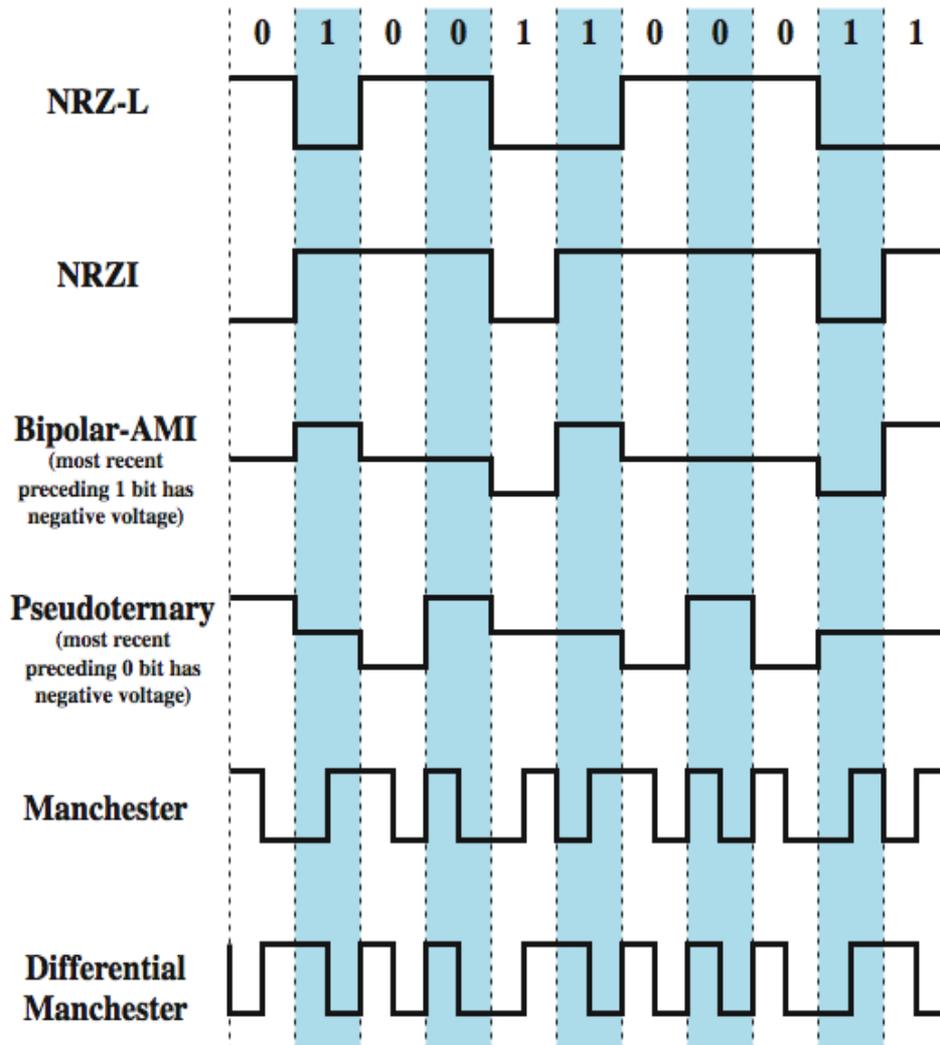
# MENGINTERPRETASIKAN SINYAL (*RECEIVER*)

- Tugas *receiver* dalam mengartikan sinyal digital:
  - *Receiver* harus mengetahui pewaktuan dari tiap bit – kapan dimulai dan kapan selesai.
  - *Receiver* harus menentukan level sinyal untuk masing-masing posisi bit (1 atau 0).
- Faktor yang mempengaruhi keberhasilan *receiver*:
  - Kecepatan data (meningkat = meningkatkan BER(*Bit Error rate*))
  - *Signal to noise ratio* (SNR) (meningkat = mengurangi BER)
  - *Bandwidth* (meningkat = kecepatan data meningkat)

# KINERJA RECEIVER UNTUK SKEMA PENGKODEAN

- Deteksi kesalahan dapat dimasukkan ke dalam skema pengkodean.
- Kekebalan terhadap *noise* dan interferensi (beberapa kode tertentu memiliki kinerja yang sangat baik untuk mengatasi *noise*).
- *Cost* dan *complexity* → tingkat sinyal yang tinggi menyebabkan biaya dan kompleksitas tinggi.

# FORMAT PENYANDIAN SINYAL DIGITAL

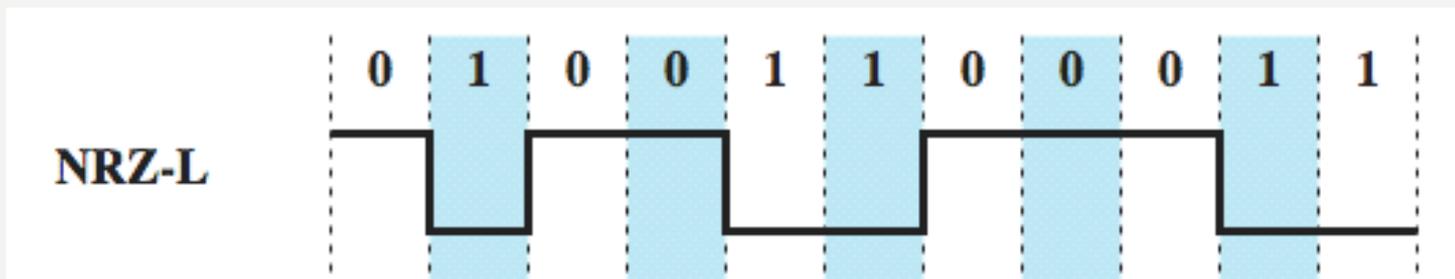


Berbagai teknik pengkodean:

- Nonreturn to Zero-Level (NRZ-L)
- Nonreturn to Zero Inverted (NRZI)
- Bipolar -AMI
- Pseudoternary
- Manchester
- Differential Manchester

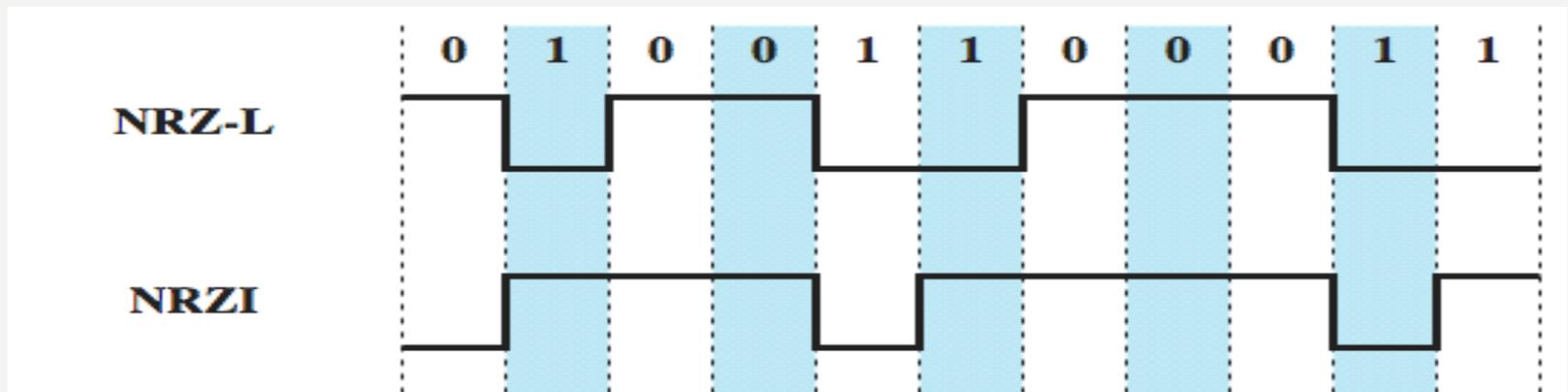
# NONRETURN TO ZERO-LEVEL (NRZ-L)

- Memiliki dua tingkat tegangan yang berbeda untuk bit 1 dan 0.
- Tegangan konstan selama interval bit
  - Tidak ada transisi atau tidak ada *return* ke level 0.
  - Lebih sering, tegangan negatif untuk 1 nilai biner dan positif untuk yang lain.
  - Kode ini digunakan untuk data digital melalui terminal.



# NONRETURN TO ZERO INVERTED (NRZ – I)

- Mempertahankan pulsa tegangan konstan untuk durasi waktu bit.
- Bit data dikodekan sebagai ada atau tidak adanya transisi sinyal pada permulaan waktu bit:
  - Transisi (rendah ke tinggi atau tinggi ke rendah) permulaan waktu bit menunjukkan biner 1
  - Tidak ada transisi melambangkan biner 0
- Contoh : pengkodean diferensial



# KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN NRZ

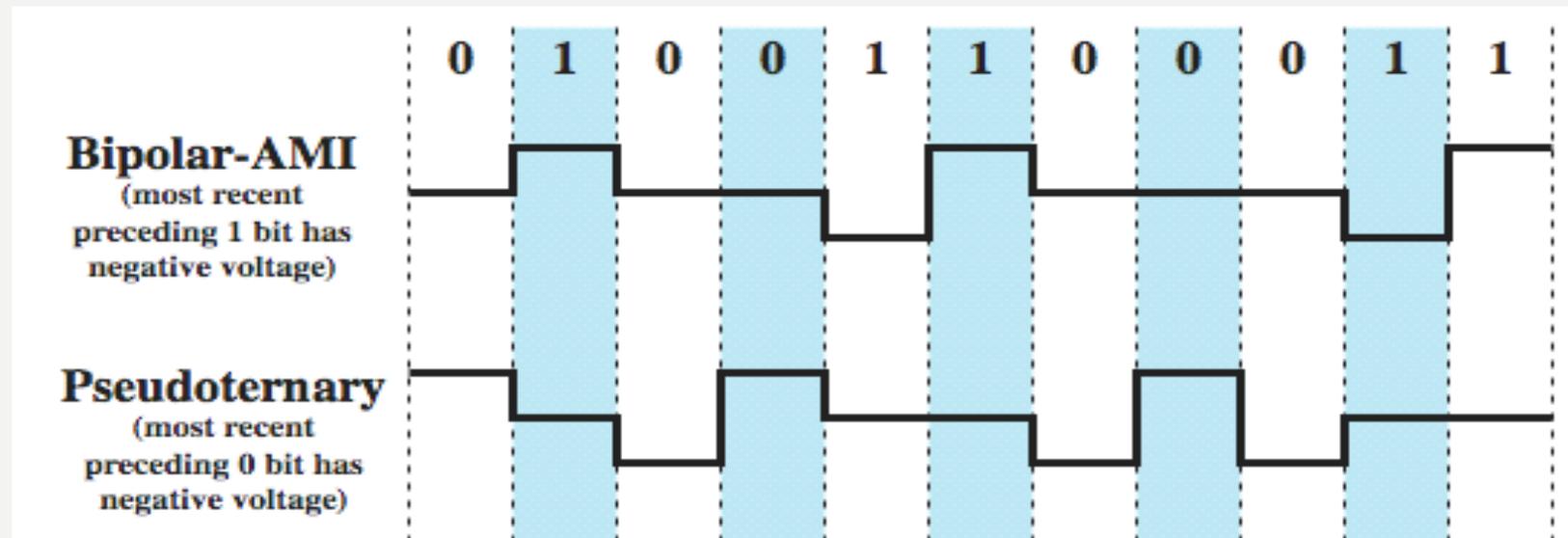
- Keuntungan
  - Mudah diaplikasikan
  - Menghasilkan *bandwidth* yang efisien
- Kerugian
  - Memiliki DC component
  - Kurang memiliki kemampuan sinkronisasi
- Umumnya digunakan untuk perekaman magnetik digital
- Tidak sering digunakan untuk transmisi sinyal

# MULTILEVEL BINARY – BIPOLAR AMI

- Menggunakan lebih dari dua level sinyal
- Bipolar-AMI
  - 0 diwakili oleh tidak ada garis sinyal
  - 1 diwakili oleh pulsa positif atau negatif
  - Pulsa biner 1 harus bergantian dalam polaritas
- Keuntungan:
  - Kemampuan sinkronisasi yang baik
  - Tidak ada komponen DC
  - Pemakaian *bandwidth* yang lebih kecil
  - Sering digunakan untuk alat bantu mendeteksi kesalahan

# MULTILEVEL BINARY PSEUDOTERNARY

- Biner 1 diwakili oleh tidak adanya jalur sinyal
- Biner 0 diwakili oleh pulsa positif dan negatif bergantian
- Tidak ada kelebihan khusus dari bipolar-AMI
- Masing-masing menjadi dasar untuk diterapkan di aplikasi yang sesuai



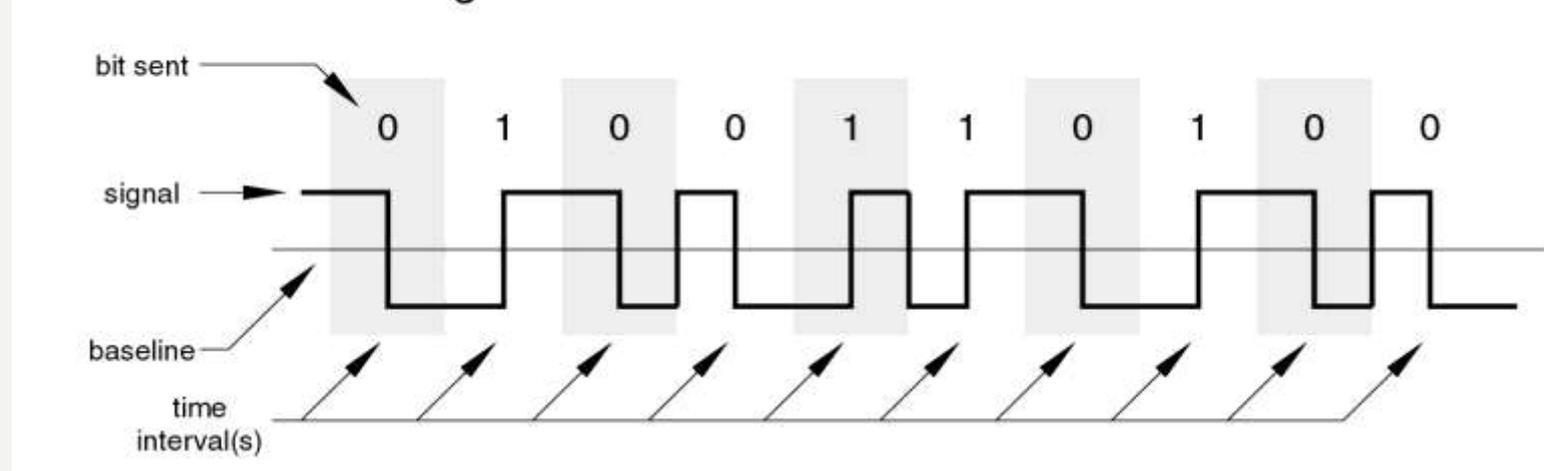
# MULTILEVEL BINARY

- Setiap elemen sinyal hanya ditampilkan ke dalam bit 1.
- Receiver dapat membedakan diantara ke tiga level  $+A$ ,  $-A$  dan 0.
- Memerlukan daya sinyal sekitar 3db.
- Multilevel banyak digunakan untuk *Digital Subscriber Line* (DSL) dan Gigabit Ethernet.

# BIPHASE - MANCHESTER ENCODING

- Memiliki transisi di pertengahan setiap periode bit.
- Transisi pertengahan bit berfungsi sebagai mekanisme waktu dan data transisi.
- Rendah ke tinggi mewakili 1.
- Tinggi ke rendah mewakili 0.
- Digunakan untuk transmisi data dan standar IEEE 802.3 (ethernet untuk LAN dengan koaksial kabel dan *twisted pair*)

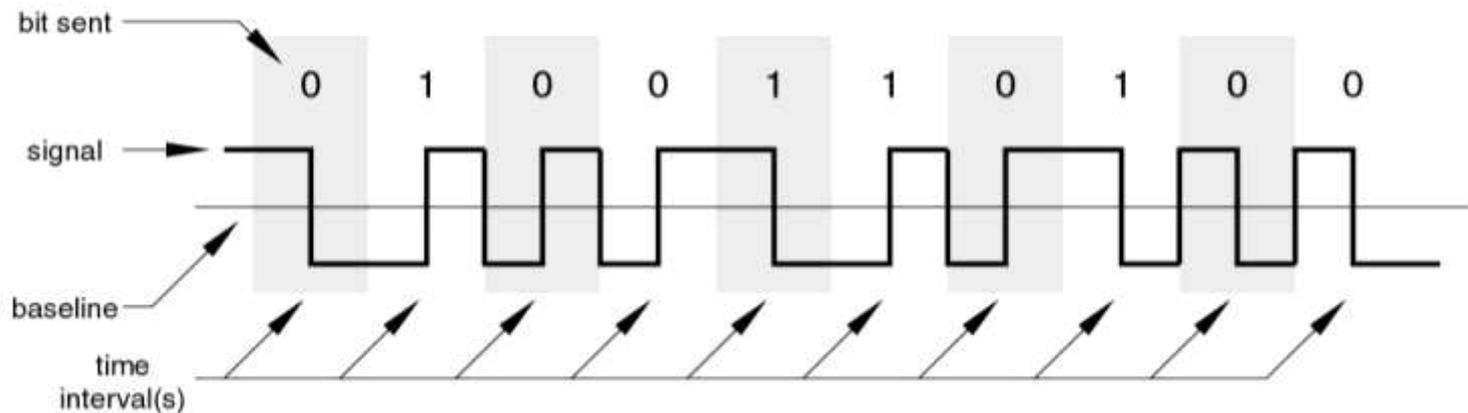
Manchester Encoding



# DIFFERENTIAL MANCHESTER ENCODING

- Transisi pertengahan bit hanya untuk *clocking*.
- Transisi pada awal periode bit mewakili 0.
- Tidak ada transisi pada awal periode bit mewakili 1.
- Digunakan untuk IEEE 802.5 (*token ring* LAN dengan STP -*twisted pair* terlindung).

Differential Manchester Encoding

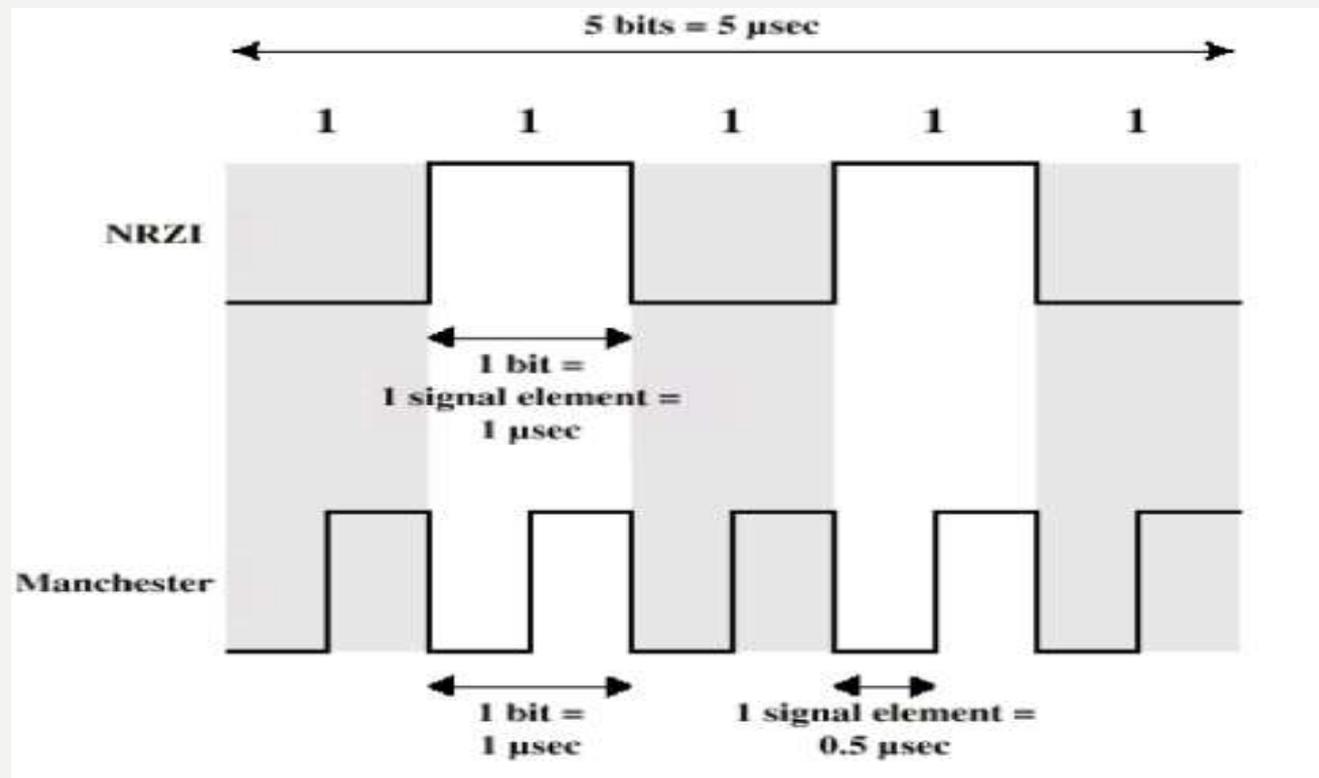


# KEKURANGAN DAN KELEBIHAN BIPHASE

- Kekurangan
  - Setidaknya satu transisi per waktu bit atau sebanyak dua transisi.
  - Tingkat modulasi maksimum adalah dua kali NRZ.
  - Membutuhkan lebih banyak *bandwidth*
- Kelebihan
  - Sinkronisasi dalam transisi pertengahan bit.
  - Tidak memiliki komponen DC.
  - Memiliki deteksi kesalahan

# MODULATION RATE

- Kecepatan modulasi adalah kecepatan dimana elemen-elemen sinyal terbentuk.



# SKEMA SCRAMBLING

- Urutan yang akan menghasilkan tingkat tegangan konstan pada baris diganti dengan mengisi urutan yang akan memberikan transisi yang cukup untuk *clock receiver* untuk mempertahankan sinkronisasi.
- Penggantian urutan ini harus
  - Menghasilkan transisi yang cukup untuk sinkronisasi.
  - Dikenali oleh *receiver* untuk diganti dengan aslinya.
  - Harus memiliki panjang sama seperti aslinya
- Kelebihan
  - Tidak memiliki komponen DC.
  - Tidak ada serangkaian sinyal level 0 yang panjang.
  - Tidak memiliki penurunan kecepatan data.
  - Memiliki kemampuan deteksi *error*.

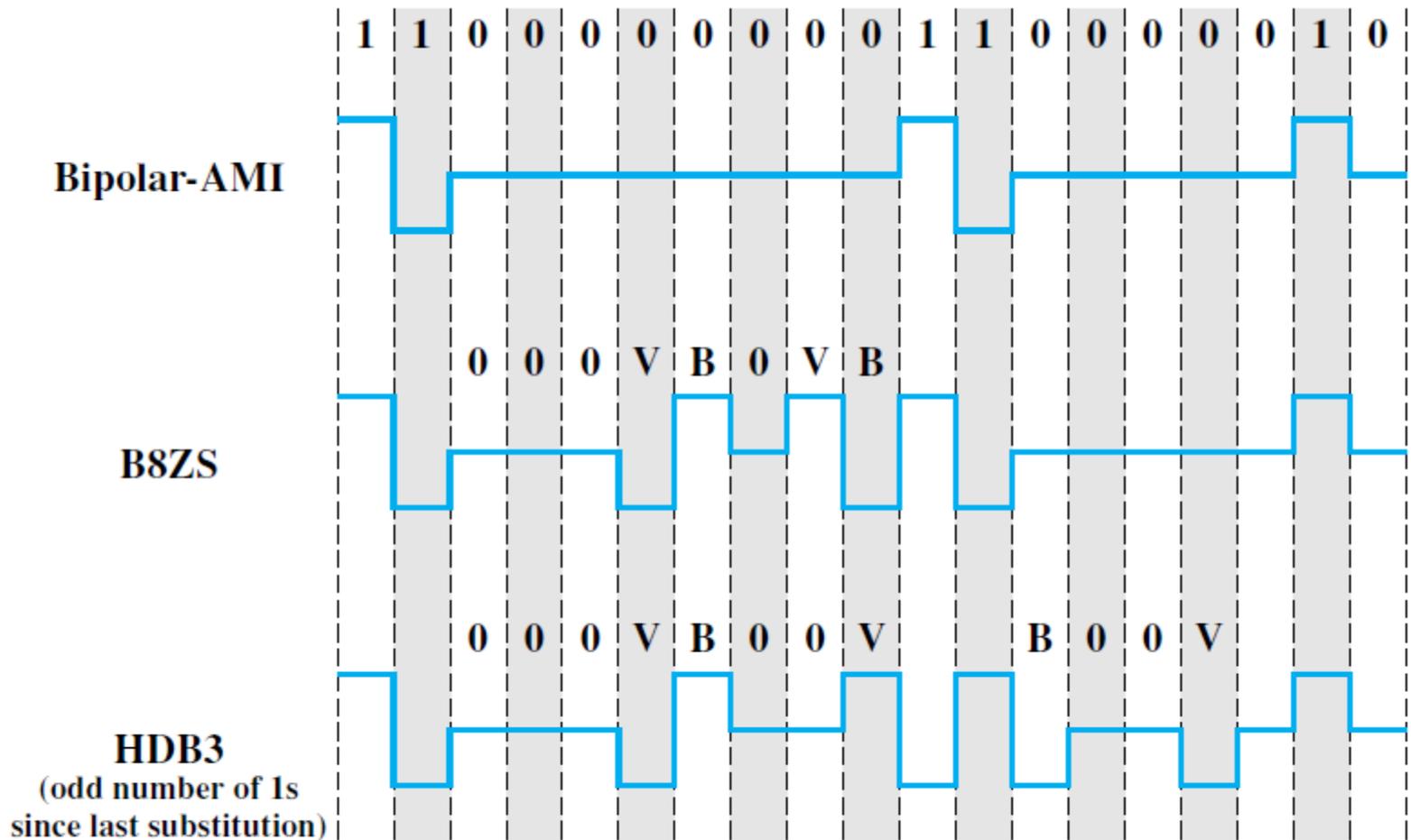
# B8ZS

- ⦿ Bipolar dengan 8 Zeros Substitution
- ⦿ Berdasarkan bipolar-AMI
- ⦿ Apabila terdapat 8 level tegangan nol berurutan, maka kedelapan level tegangan tersebut disubstitusi oleh level tegangan 000VB0VB

# HDB3

- ⦿ High Density Bipolar 3 Zeros
- ⦿ Berdasarkan bipolar-AMI
- ⦿ Jika jumlah sinyal tidak nol setelah substitusi terakhir adalah ganjil, maka substitusi dilakukan dengan menggunakan level tegangan 000V.
- ⦿ Jika jumlah sinyal tidak nol setelah substitusi terakhir adalah genap, maka substitusi dilakukan dengan menggunakan level tegangan B00V.

# B8ZS DAN HDB3

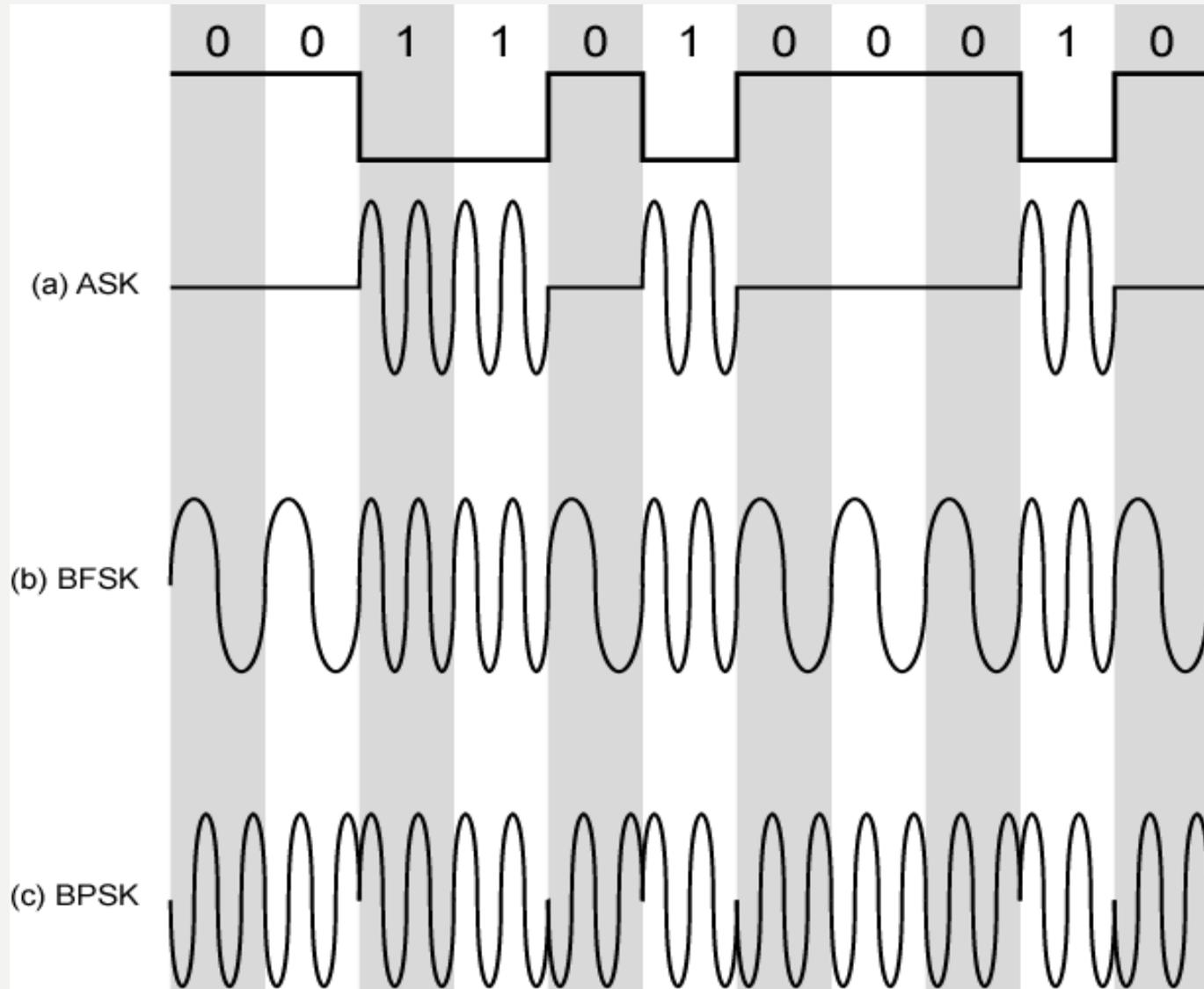


B = Valid bipolar signal  
 V = Bipolar violation

# DATA DIGITAL, SINYAL ANALOG

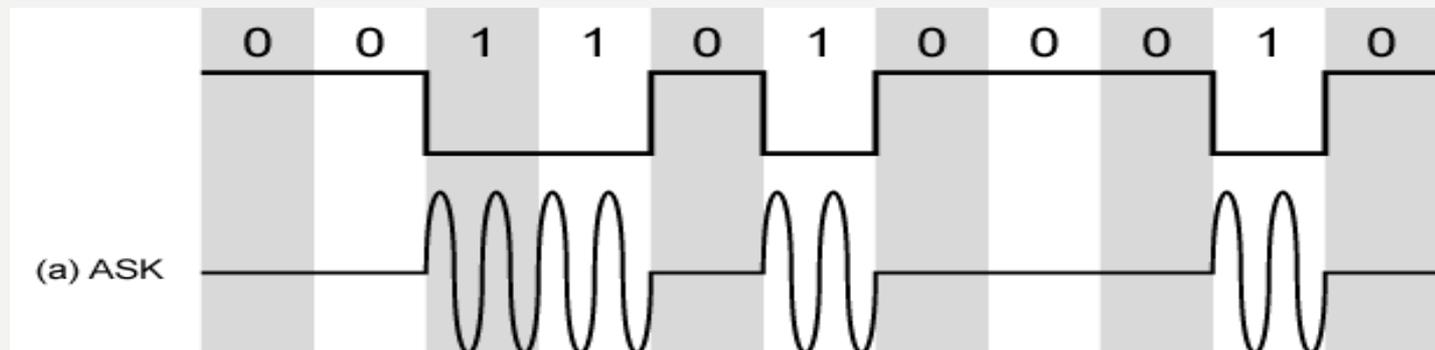
- Digunakan terutama pada *public telephone system*.
  - Mempunyai frekuensi dikisaran 300Hz sampai 3400Hz.
  - Menggunakan modem (yang mengubah data digital menjadi sinyal analog dan sebaliknya).
- Modulasi melibatkan operasi pada satu atau lebih dari tiga karakteristik dari sinyal pembawa: **amplitudo**, **frekuensi** dan **fase**.
- Teknik pengkodean :
  - ***Amplitude shift keying (ASK)***
  - ***Frequency shift keying (FSK)***
  - ***Phase shift keying (PSK)***

# MODULATION TECHNIQUES



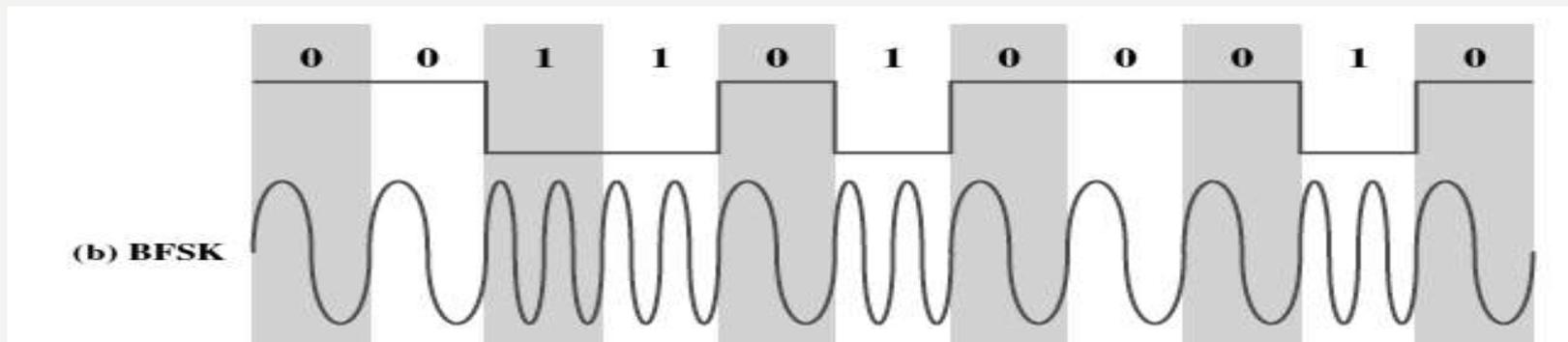
# AMPLITUDE SHIFT KEYING

- Biner 0 dan 1 diwakili oleh amplitudo pembawa yang berbeda.
- Rentan terhadap perubahan kenaikan secara tiba-tiba.
- Tidak efisien.
- Digunakan
  - Pada serat optik.
  - Satu elemen sinyal diwakili oleh pulsa cahaya sedangkan elemen sinyal lainnya diwakili oleh ketiadaan cahaya.



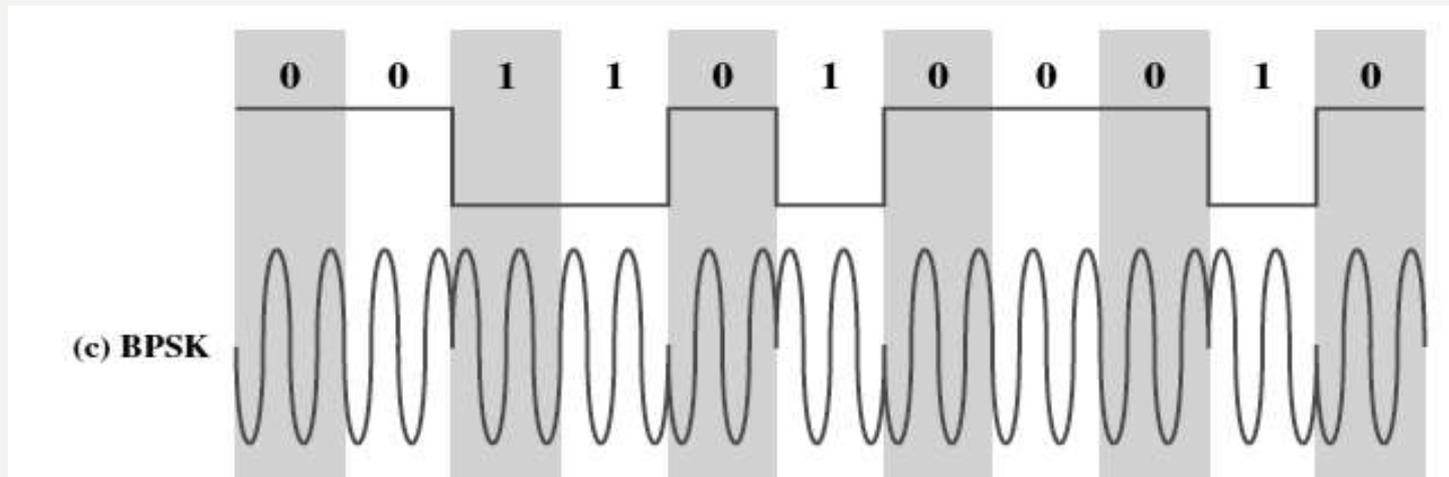
# BINARY FREQUENCY SHIFT KEYING

- Bentuk paling umum dari FSK.
- Dua nilai biner direpresentasikan oleh dua frekuensi yang berbeda.
- Lebih tahan terhadap *error* dibanding ASK.
- Digunakan untuk:
  - Sampai 1200bps pada jalur suara.
  - Radio frekuensi tinggi.
  - LAN menggunakan kabel koaksial



# PHASE SHIFT KEYING

- Fase sinyal *carrier* bergeser untuk merepresentasikan data.
- Binary PSK.
- Dua fase mewakili dua digit biner.



# DATA ANALOG, SINYAL DIGITAL

- Digitalisasi adalah konversi data analog menjadi data digital yang kemudian dapat:
  - Ditransmisikan menggunakan NRZ-L.
  - Ditransmisikan menggunakan kode selain NRZ-L.
- Konversi data analog ke digital dilakukan dengan menggunakan codec, dengan dua teknik utama:
  - *Pulse Code Modulation (PCM)*.
  - *Delta Code Modulation (DCM)*.

# PULSE CODE MODULATION (PCM)

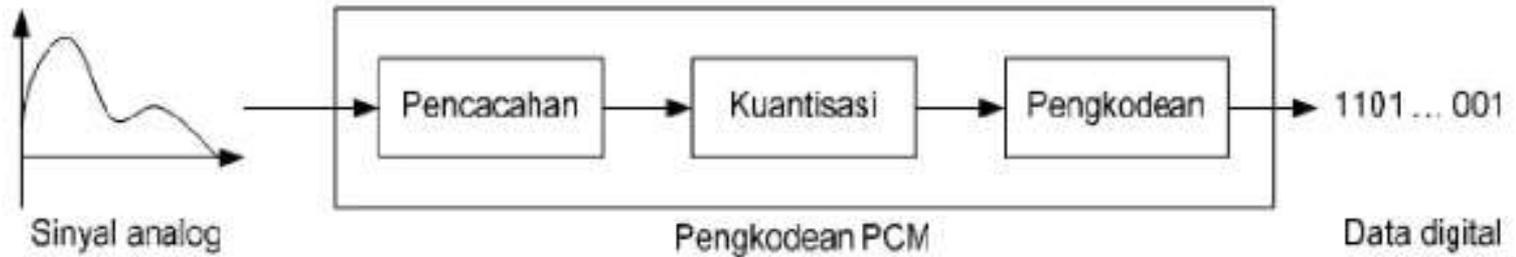
- Teorema sampling:
  - "Jika sinyal sampel secara terus menerus berada pada tingkat yang lebih tinggi dari dua kali frekuensi sinyal tertinggi, maka sampel berisi semua informasi dalam sinyal asli".
  - Misalnya: Data suara 4000Hz, membutuhkan 8000 sampel per detik.
- Sampel analog, yaitu *Pulse Amplitude Modulation* (PAM) sampel.
  - Masing-masing sampel diberi kode biner.

# PULSE CODE MODULATION (PCM)

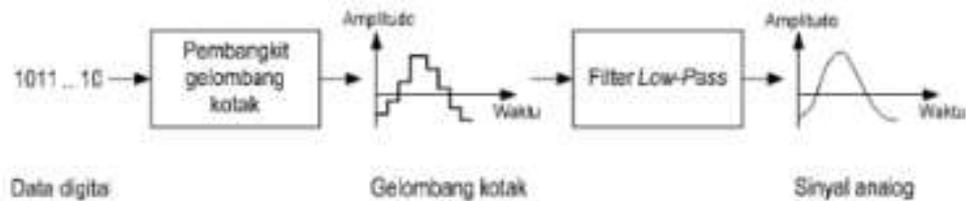
- Teorema sampling:
  - "Jika sinyal sampel secara terus menerus berada pada tingkat yang lebih tinggi dari dua kali frekuensi sinyal tertinggi, maka sampel berisi semua informasi dalam sinyal asli".
  - Misalnya: Data suara 4000Hz, membutuhkan 8000 sampel per detik.
- Sampel analog, yaitu *Pulse Amplitude Modulation* (PAM) sampel.
  - Masing-masing sampel diberi kode biner.

# PCM

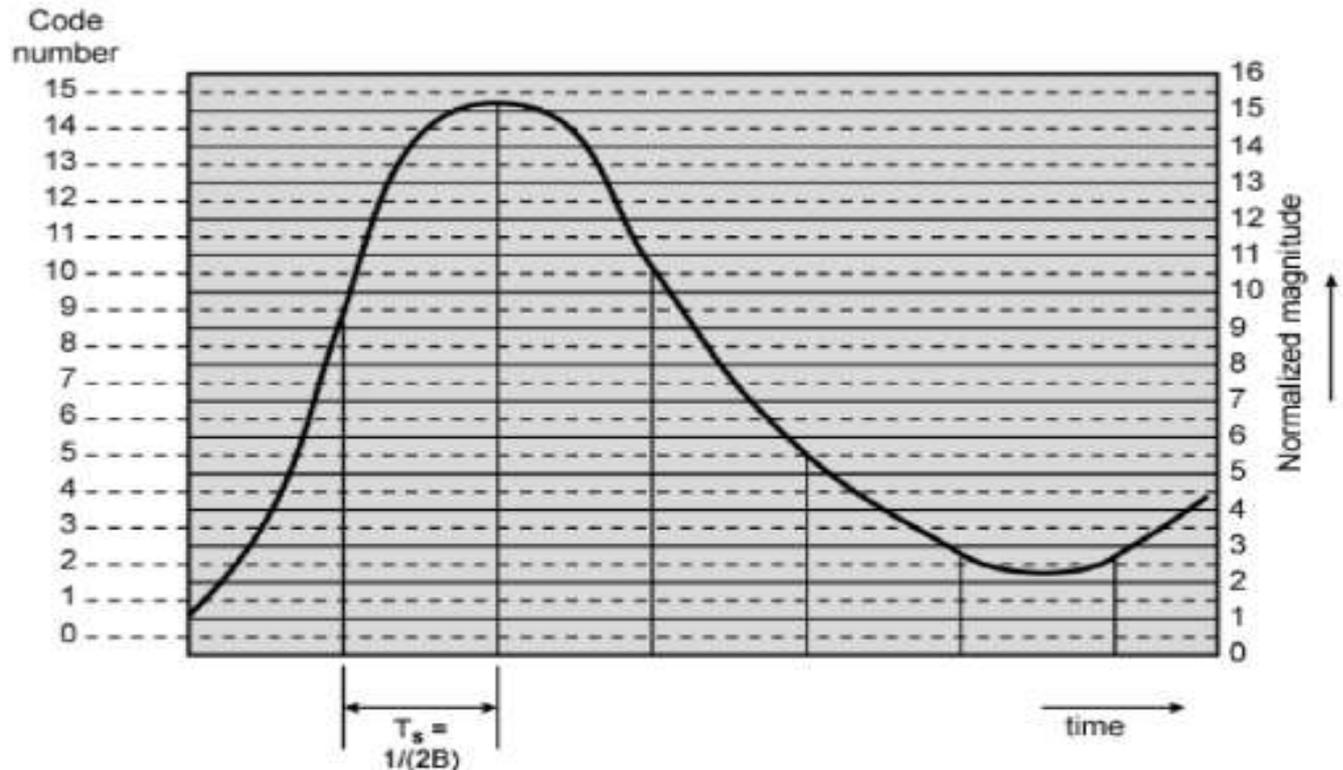
## Pengkodean PCM



## Pembalik Kode PCM



# CONTOH PCM

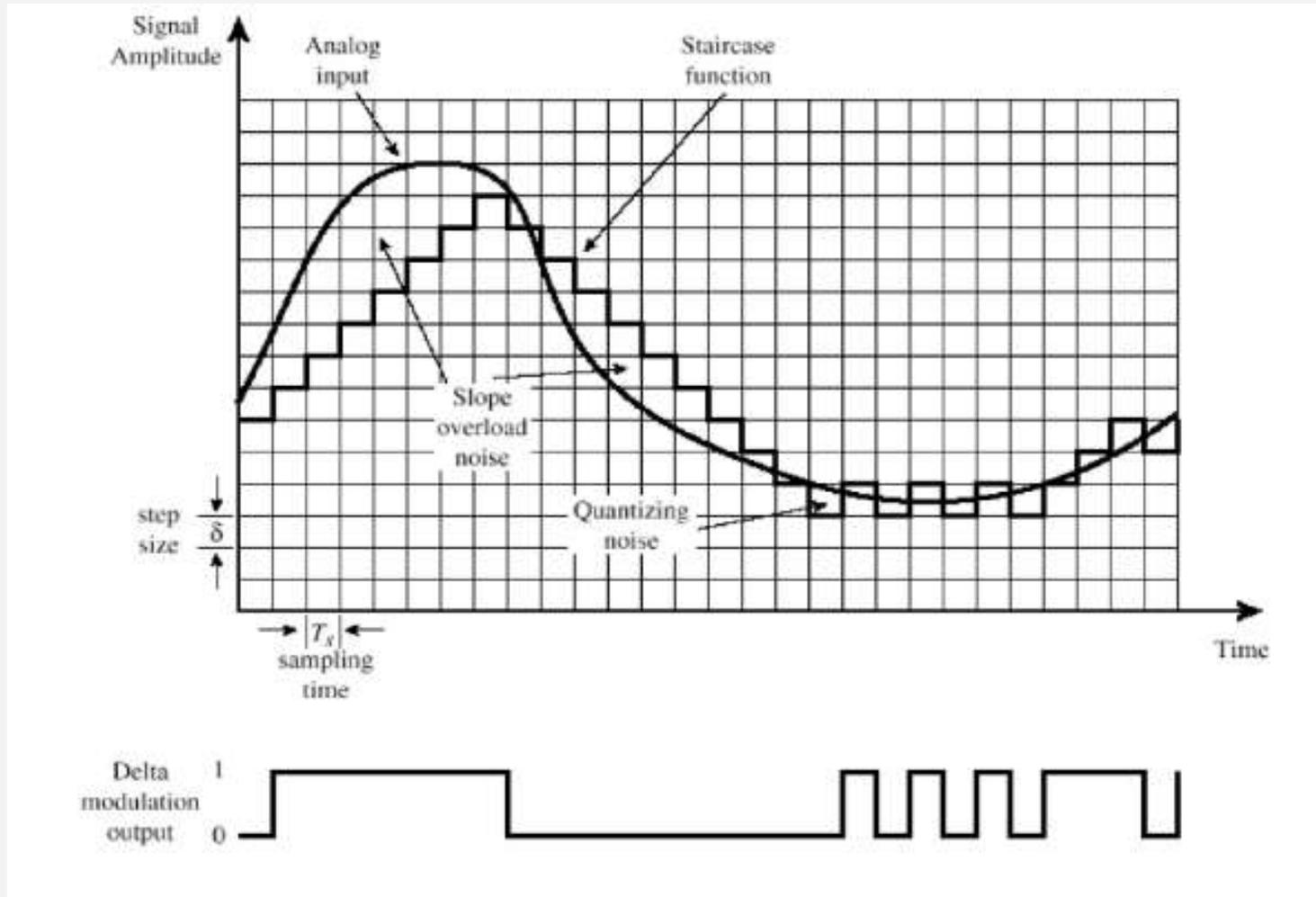


PAM value	1.1	9.2	15.2	10.8	5.6	2.8	2.7
quantized code number	1	9	15	10	5	2	2
PCM code	0001	1001	1111	1010	0101	0010	0010

# DELTA MODULATION

- Input analog diperkirakan oleh sebuah fungsi *staircase*.
  - Yang bergerak keatas dan bawah dengan satu level kuantisasi ( $\delta$ ) pada setiap interval sampel ( $T_s$ ).
- Mempunyai perilaku biner:
  - Karena fungsi hanya bergerak keatas atau kebawah pada tiap interval sampel.
  - Dapat mengkodekan setiap sampel sebagai bit tunggal.
  - 1 untuk keatas atau 0 untuk kebawah.

# CONTOH DCM



# MODULASI PCM VS DELTA

- DM lebih sederhana dibandingkan dengan PCM.
- Tetapi memiliki SNR yang lebih buruk.
- Kompresi data dapat memperbaiki hal ini.
- DM banyak dibutuhkan dan digunakan pada sinyal digital.
- PCM lebih dipilih daripada DM untuk sinyal analog

# DATA ANALOG, SINYAL ANALOG

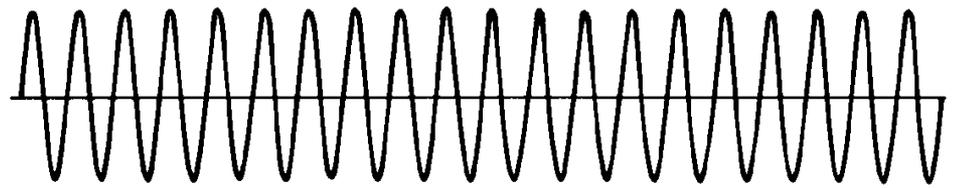
- Data analog dimodulasi oleh frekuensi pembawa untuk menghasilkan sinyal analog dengan frekuensi yang berbeda.
- Mengapa memodulasi sinyal analog.
  - Frekuensi yang lebih tinggi dapat menyebabkan transmisi yang lebih efisien pada media *unguided*.
  - Memungkinkan multiplexing bagian-bagian frekuensi

# DATA ANALOG, SINYAL ANALOG

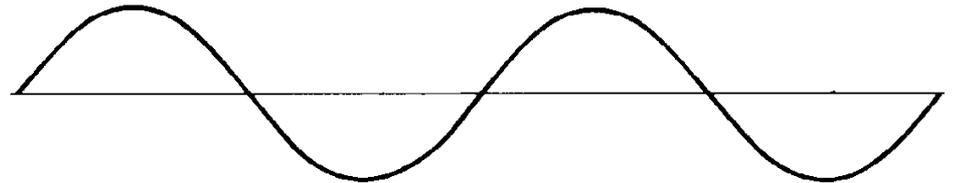
- Jenis modulasi:
  - *Amplitude modulation (AM).*
  - *Frequency modulation (FM).*
  - *Phase modulation (PM).*
- Modulasi telah didefinisikan sebagai proses yang mengkombinasikan sebuah sinyal *input*  $m(t)$  dan sinyal *carrier* pada *frequency*  $f_c$  untuk menghasilkan sebuah signal  $s(t)$  yang mana *bandwidth* biasanya terletak ditengah  $f_c$ .

# ANALOG MODULATION TECHNIQUES

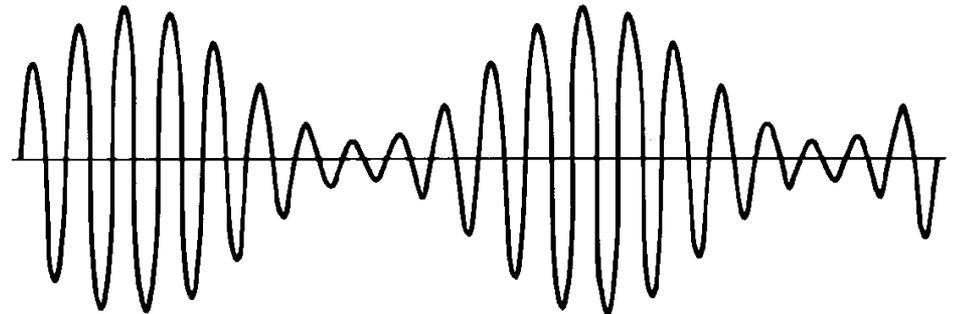
- Amplitude Modulation
- Frequency Modulation
- Phase Modulation



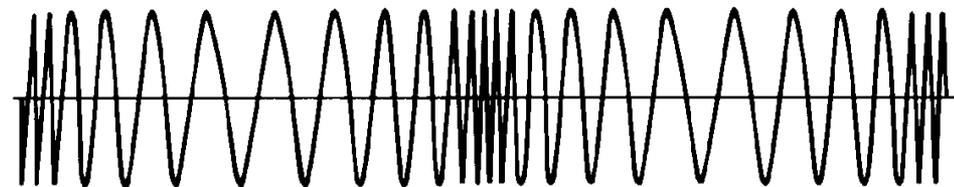
Carrier



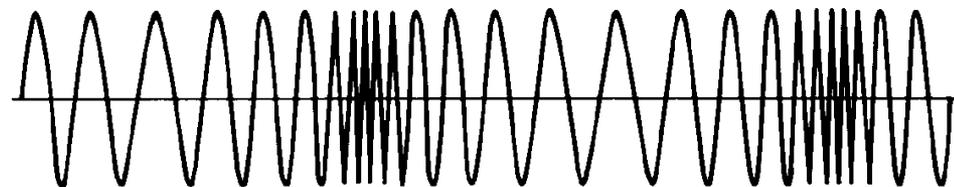
Modulating sine-wave signal



Amplitude-modulated (DSB-TC) wave



Phase-modulated wave



Frequency-modulated wave

# AMPLITUDE MODULATION

- **Amplitude modulation** (AM) adalah bentuk yang paling sederhana dari modulasi dan melibatkan multiplikasi dari sinyal *input* oleh *carrier*  $f_c$ . Spektrum terdiri atas *original carrier plus spektrum* dari *input* sinyal yang ditranslasi ke  $f_c$ . Bagian spektrum untuk  $|f| > |f_c|$  adalah di *sideband* atas dan bagian spektrum untuk  $|f| < |f_c|$  adalah di *sideband* bawah.
- Baik *sideband* atas dan bawah merupakan replika dari original spektrum  $M(f)$ , dimana *sideband* bawah merupakan kebalikan frekuensi. Jenis AM yang populer adalah *single sideband* (SSB), yang mengambil keuntungan dari fakta ini dengan mengirim hanya satu *sidebands*, mengeliminasi *sideband* lainnya dan *carrier*.

# FREQUENCY MODULATION & PHASE MODULATION

- **Frequency modulation** (FM) dan *phase modulation* (PM) merupakan kasus khusus untuk modulasi sudut. Untuk phase modulation, fase merupakan proporsional untuk memodulasi sinyal. Untuk modulasi frekuensi turunan dari fase adalah proporsional untuk memodulasi sinyal.
- Sebagaimana dengan AM, baik FM dan PM menghasilkan sinyal dimana *bandwidth* berada ditengah  $f_c$ , tetapi dapat menunjukkan ukuran dari *bandwidth* adalah berbeda, dimana FM dan PM memerlukan *bandwidth* yang lebih besar dari AM.

**TERIMA KASIH**