



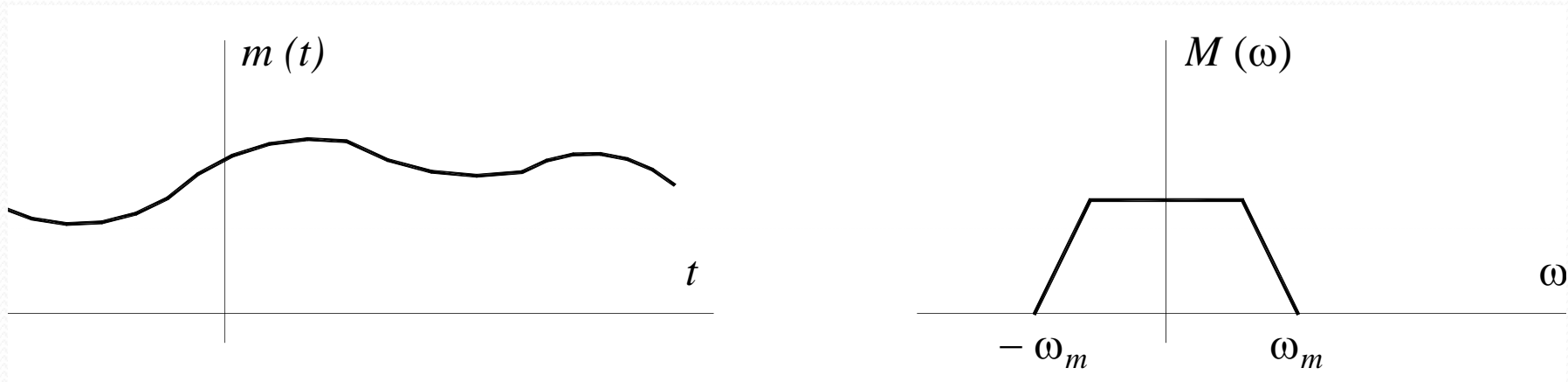
Sistim Komunikasi 1

Pertemuan 5 Konversi Analog ke Digital

Mudrik Alaydrus
Teknik Elektro
Fakultas Teknik, UMB

mudrikalaydrus@yahoo.com

Pada bagian sebelum kita mendapatkan sinyal kontinu terhadap waktu, misalnya sinyal $m(t)$, yang memiliki spektrum $M(\omega)$



Teknik digital: sinyal diskret dengan waktu.

Sinyal yang kontinu dengan waktu akan di-jadikan diskret.

Di modul ini akan dipelajari ADC (analog to digital conversion) dan DAC (digital to analog conversion)



Proses konversi analog ke digital:

1. Sampling (pencuplikan)
2. Quantizing (pengkuantisasian)
3. Encoding (Pengkodean)

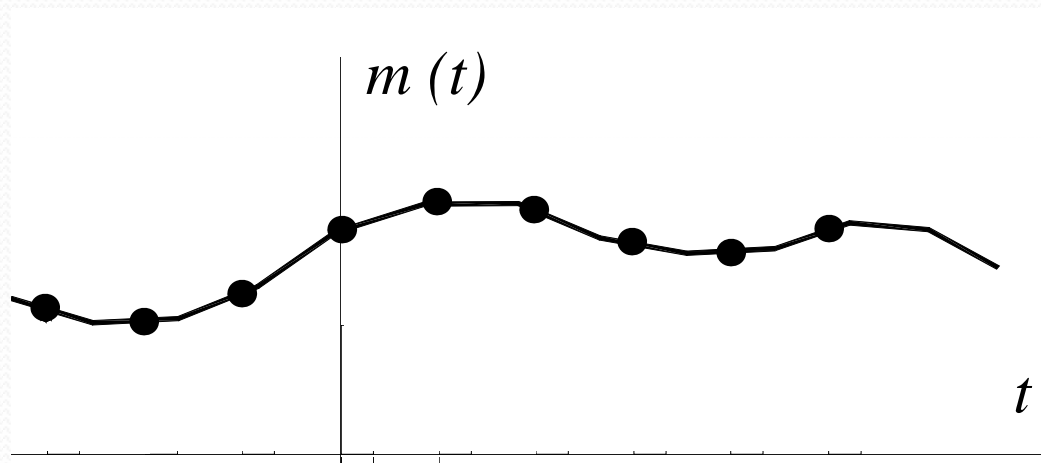
Proses konversi digital ke analog:

1. Decoding
2. Interpolasi
3. Low-pass filtering

Sampling:

Diskretisasi pada sumbu waktu, sehingga sinyal yang kontinu waktu menjadi diskret

Pada proses ini diambil nilai dari sinyal hanya pada waktu-waktu tertentu, tanpa memperhatikan nilai-nilai sinyal pada waktu antara.



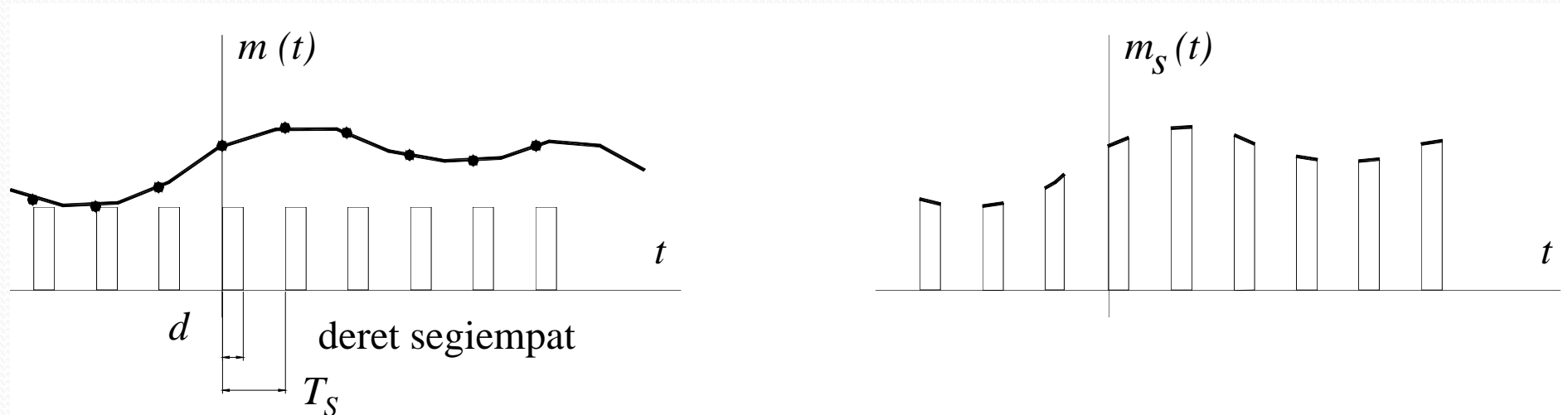
Syarat:

sinyal $m(t)$ harus bandlimited

$$m(t) \quad \text{O} \text{---} \bullet \quad M(\omega) = 0 \quad \text{untuk} \quad \omega_m < |\omega|$$

Sampling pada titik-titik tertentu menyaratkan rangkaian elektronika yang bekerja dengan kecepatan sangat tinggi (secara matematis dengan fungsi impuls Dirac).

Pada prakteknya bukan fungsi Dirac yang dipergunakan, tetapi 'hanyalah' deret segiempat, sehingga hasil sampling menjadi



Deret segiempat ini memiliki lebar d , yang diinginkan sekecil mungkin, dan perioda T_s

Dengan deret Fourier, deret segiempat di atas bisa diberikan dalam bentuk

$$p(t) = \frac{Ad}{T} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{\sin\left(n \frac{\omega_s d}{2}\right)}{\left(n \frac{\omega_s d}{2}\right)} e^{-jn \frac{\omega_s d}{2}} e^{jn\omega_s t}$$

dengan $\omega_s = 2\pi / T_s$

Maka sinyal tersampling $m_s(t)$, yang merupakan hasil kali $m(t)$ dengan $p(t)$

$$m_s(t) = m(t)p(t) = \frac{Ad}{T} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{\sin\left(n \frac{\omega_s d}{2}\right)}{\left(n \frac{\omega_s d}{2}\right)} e^{-jn \frac{\omega_s d}{2}} m(t) e^{jn\omega_s t}$$

Secara spektral, sinyal tersampling $m_s(t)$, bisa dilihat dengan mencari transformasi Fourier darinya

dengan $Ad = 1$

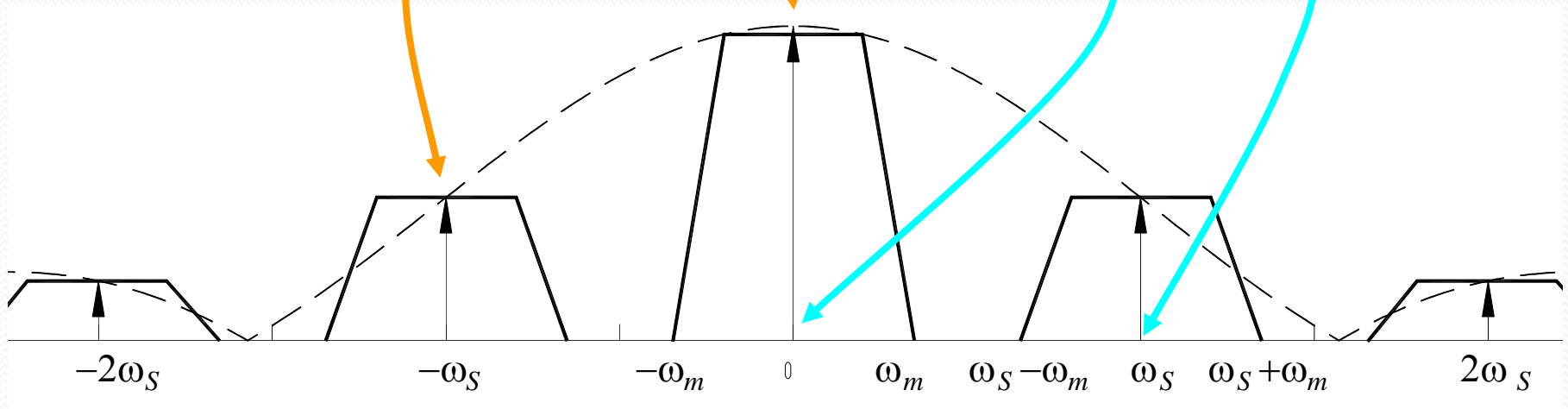
$$M_s(\omega) = F\{m_s(t)\} = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{\sin\left(n \frac{\omega_s d}{2}\right)}{\left(n \frac{\omega_s d}{2}\right)} e^{-jn \frac{\omega_s d}{2}} F\{m(t) e^{jn\omega_s t}\}$$

Sifat pergeseran frekuensi dari transformasi Fourier

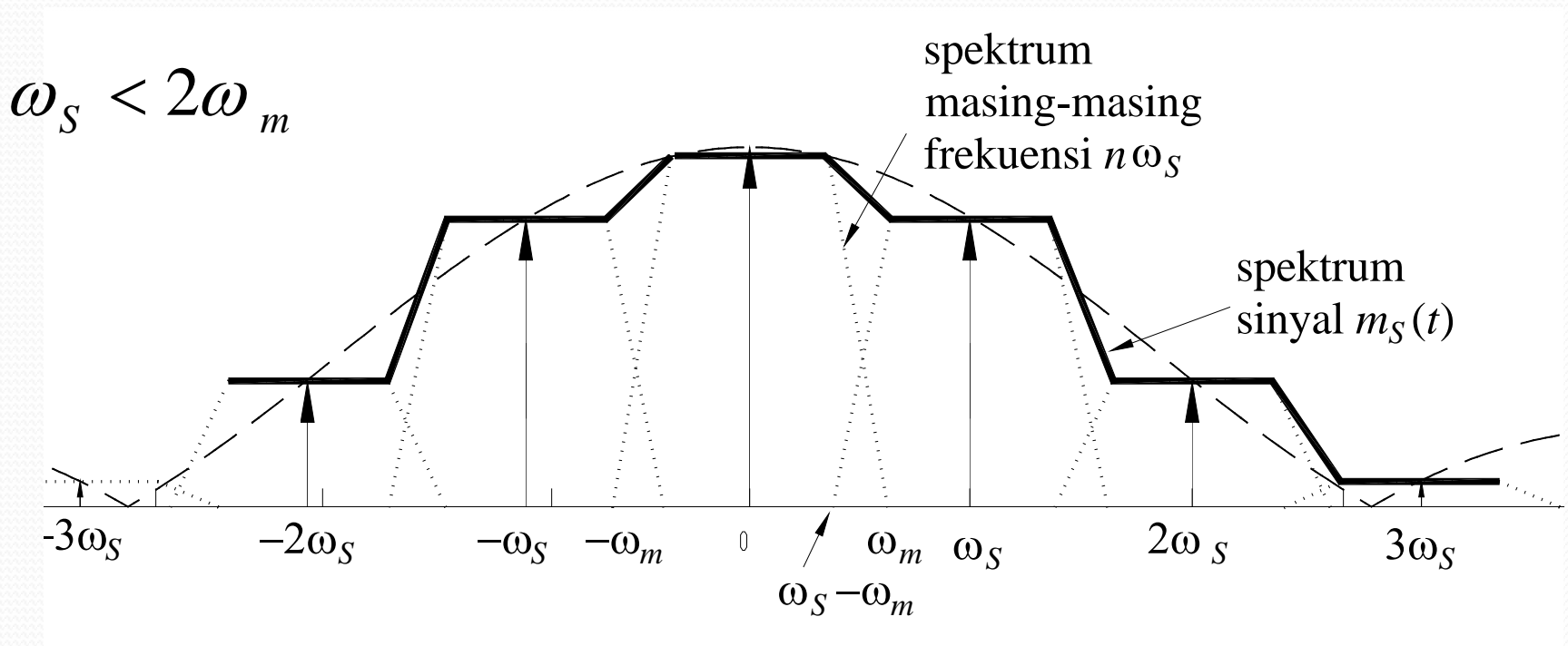
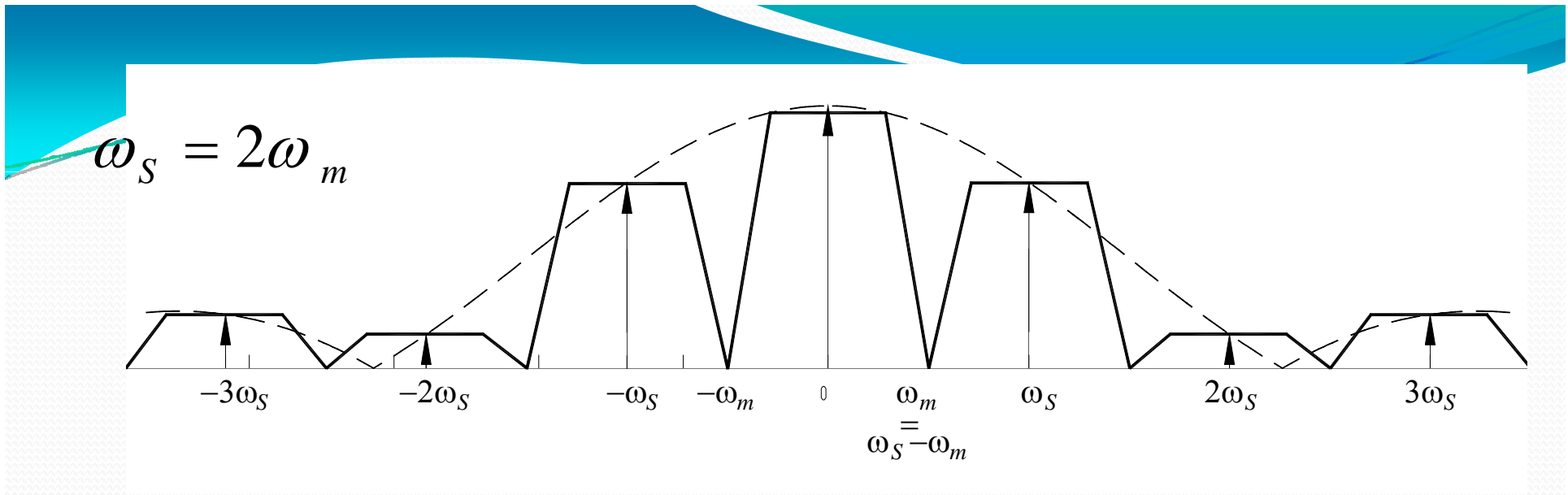
$$F\{m(t) e^{jn\omega_s t}\} = M(\omega - n\omega_s)$$

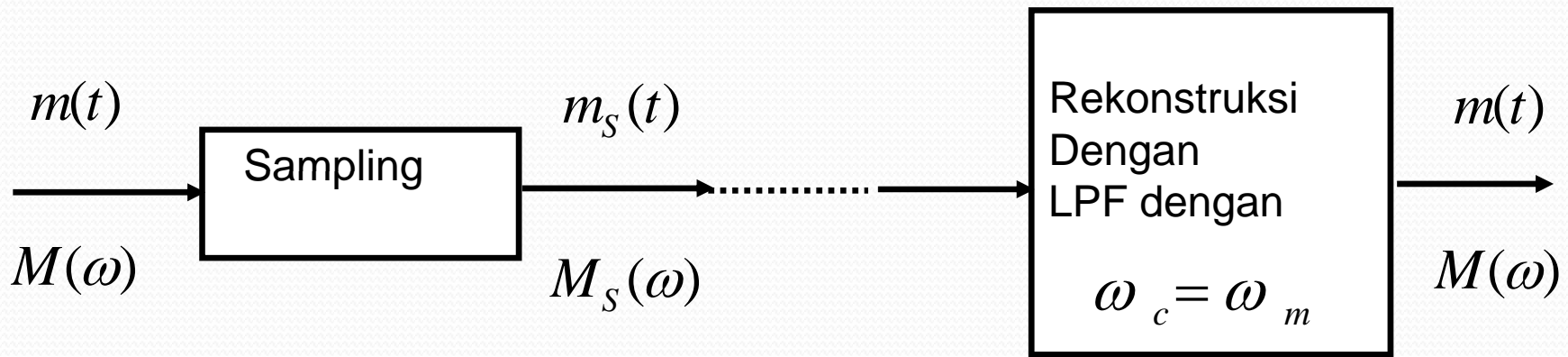
$M(\omega)$: spektrum dari sinyal kontinyu waktu $m(t)$

$$M_S(\omega) = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{\sin\left(n \frac{\omega_S d}{2}\right)}{\left(n \frac{\omega_S d}{2}\right)} e^{-jn \frac{\omega_S d}{2}} M(\omega - n\omega_S)$$



$$\omega_S - \omega_m > \omega_m \Rightarrow \omega_S > 2\omega_m$$





$$f_s \geq 2f_m$$

teorema sampling

Dan fenomena yang terjadi jika teorema sampling ini tidak dipenuhi adalah **aliasing**.



Sinyal

f_m

Frekuensi sampling
yang dipakai

Audio/Telefon

3,3 kHz

8 kHz

Musik/CD

20 kHz

44,1 kHz

TV

4 MHz

8,8 MHz

Quantizing dan Encoding

Quantizing adalah proses diskretisasi pada nilai dari sinyal itu

Nomor
code

Nilai kuantisasi

8

0,3

7

0,25

6

0,2

5

0,15

4

0,1

3

0,05

2

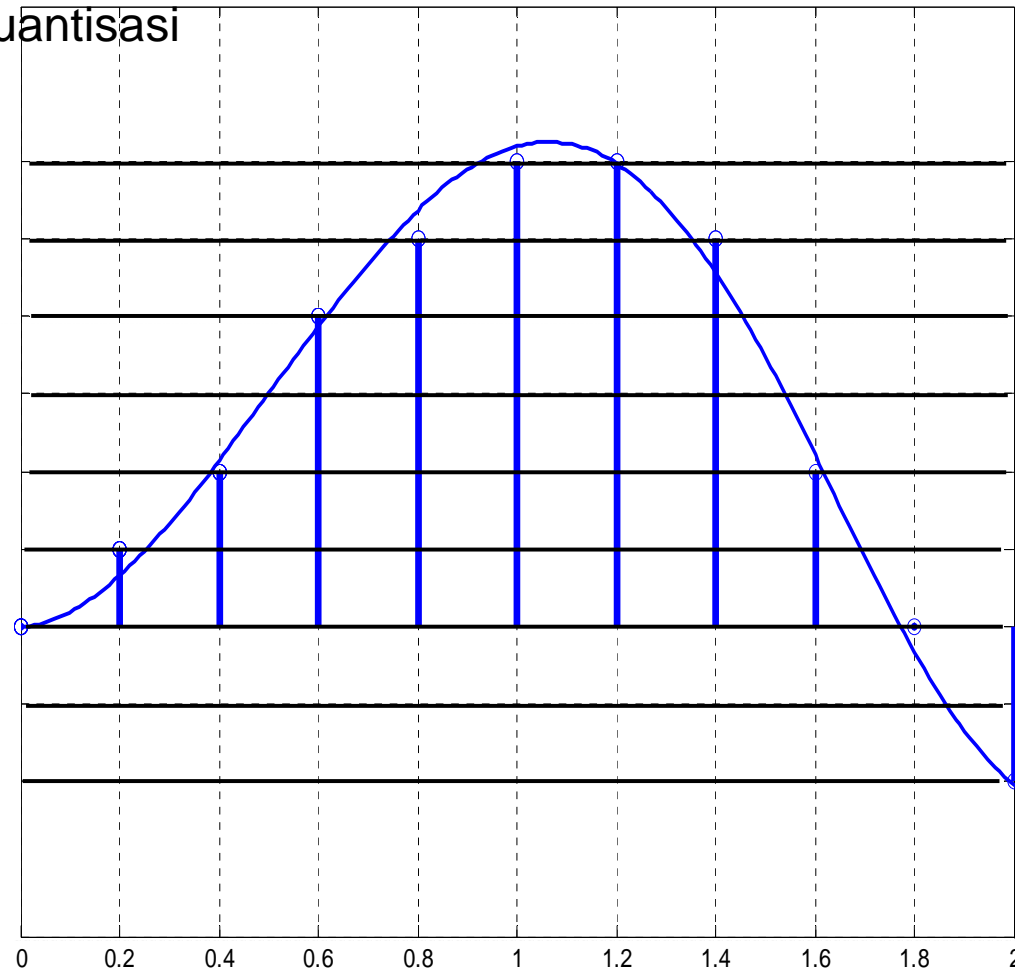
0

1

-0,05

0

-0,1



Encoding adalah proses pemberian code level pada sinyal ter-kuantisasi.
Pengkodean yang paling sering menggunakan penulisan biner, yaitu penggunaan simbol-simbol 0 dan 1

Jika kode yang digunakan mempunyai jumlah digit 1, pengkodean ini hanya bisa digunakan untuk dua level nilai, yaitu 0 dan 1.
Kode dengan dua digit bisa digunakan untuk empat level: 00, 01, 10 dan 11.

Kode tiga digit bisa untuk 8 level.

Atau secara umum:

$$L = 2^n$$

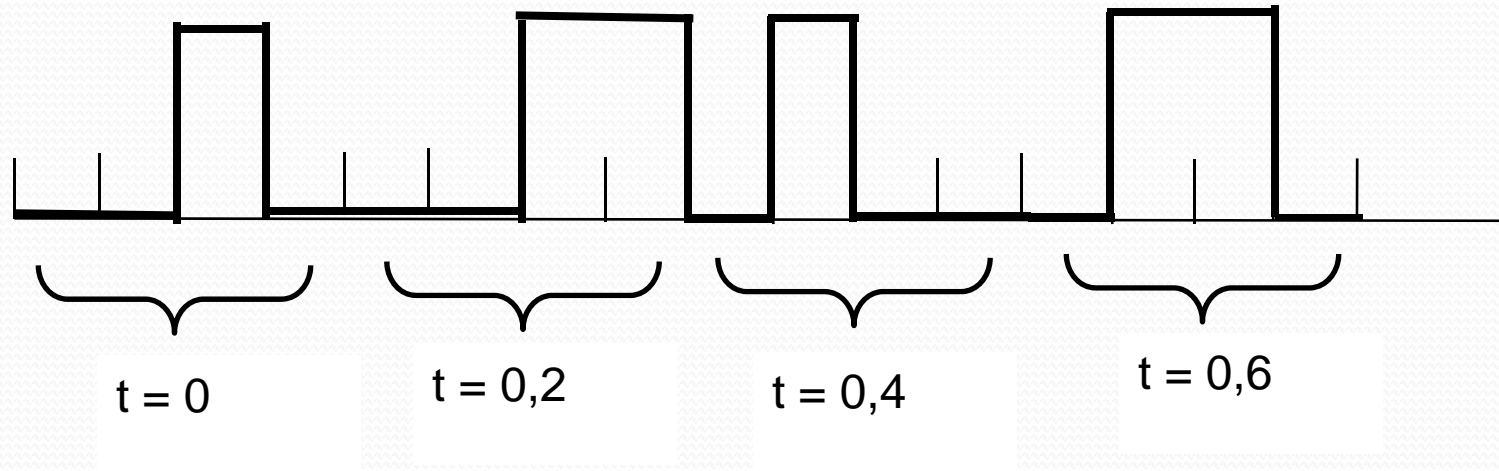
Untuk contoh kita di atas, kita memiliki 9 buah level, berarti kita harus menggunakan 4 digit

Jika nomor-nomor kode itu dituliskan secara digital, maka kita dapat tabel berikut

Nilai kuantisasi	Nomor code	code
-0,1	0	0000
-0,05	1	0001
0	2	0010
0,05	3	0011
0,1	4	0100
0,15	5	0101
0,2	6	0110
0,25	7	0111
0,3	8	1000

iT	Nilai kuantisasi	Nomor Kode	Kode Biner
0	0	2	0010
0,2	0,05	3	0011
0,4	0,1	4	0100
0,6	0,2	6	0110
0,8	0,25	7	0111
1,0	0,3	8	1000
1,2	0,3	8	1000
1,4	0,25	7	0111
1,6	0,1	4	0100
1,8	0	2	0010
2,0	-0.1	0	0000

Jika ditranmisikan, akan didapati bentuk (hanya empat nilai pertama):



Pada proses quantizing terlihat : jika jumlah digit/ jumlah nilai kuantisasi bertambah, maka kesalahan kuantisasi akan mengecil.

Tidak seperti dalam melakukan sampling, yang mana dengan dipenuhinya teorema sampling, maka proses sampling tadi tidak mengubah sinyal.

Pada proses quantizing, selalu terjadi kesalahan. Seberapa kesalahan bisa ditolerir, tergantung dari macam aplikasi yang diamati.

Dalam prakteknya, ada batasan-batasan untuk jumlah nilai kuantisasi (level) untuk mendapatkan sinyal digital, tanpa mengganggu sinyal aslinya secara substansial, untuk itu diberikan tabel di bawah ini

Sinyal	jumlah kuantisasi	digit
Suara	$16 = 2^4$	4
Telefon digital	$256 = 2^8$	8
CD	$65536 = 2^{16}$	16

Aplikasi CD:

Sampling setiap detiknya 44100 kali (dengan 44,1 kHz) dan

Quantizing dengan jumlah digit sebanyak 16 buah untuk satu nilai pada setiap nilai sampel, maka kapasitas dari sistim CD adalah

$$n f_s = 16 \cdot 44100 \text{ bits/detik} = 705600 \text{ bits/detik} = 0,7056 \text{ Mbits/detik}$$

\Rightarrow pulse code modulation / **PCM**.

Contoh perhitungan:

Sebuah sistim PCM yang mempunyai kapasitas pengiriman sebesar $R_b=36000$ Bits/s. Akan dikirimkan data yang mempunyai frekuensi maksimum sebesar $f_m = 3,2$ kHz melalui sistim PCM tersebut.

Hitunglah frekuensi sampling f_s , jumlah digit n dan jumlah level kuantisasi L yang cocok untuk sistim PCM ini

Jawab:

Kita mendapat dua buah batasan dari informasi di atas, yaitu

$$f_s \geq 2f_m = 6400 \text{ Hz}$$

Dan

$$n \cdot f_s \leq R_b = 36000 \text{ bits/s} \quad \Rightarrow \quad n \leq \frac{R_b}{f_s} \leq \frac{36000}{6400} = 5,625$$

Karena n harus bulat, diambil $n = 5$.

Sehingga jumlah level kuantisasi menjadi $L = 2^n = 32$

Dan frekuensi sampling menjadi

$$f_s = \frac{R_b}{n} = \frac{36000 \text{ Hz}}{5} = 7,2 \text{ kHz}$$

Time Division Multiplexing (TDM)

Pengiriman bermacam-macam sinyal melalui sebuah medium (saluran/ channel). Yaitu secara bergantian berdasarkan urutan waktu

