

# **IV. Sampling dan Rekonstruksi Sinyal serta Efek Aliasing**

Oleh:

**Dr. Eng. Bima Sena Bayu Dewantara, S.ST., MT.**

**Politeknik Elektronika Negeri Surabaya**

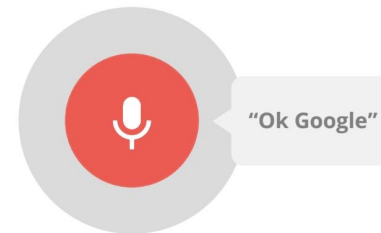
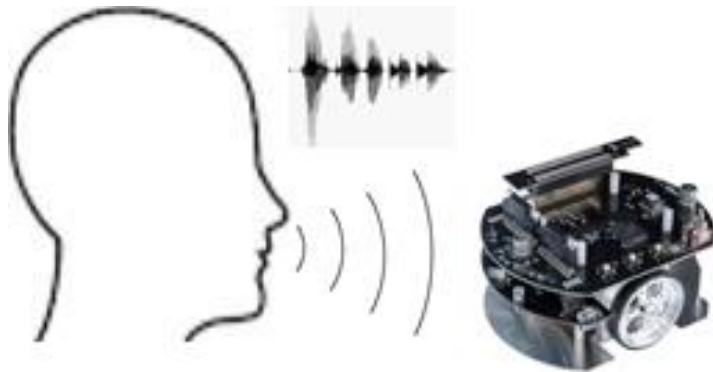
# Sub Bahasan

1. Tujuan
2. Pendahuluan
3. Blok Diagram Sistem Digital
4. Konversi Analog ke Digital dan Digital ke Analog
5. Proses Konversi Analog ke Digital
6. Soal/Tugas

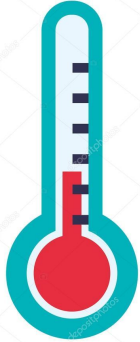
# 1. Tujuan

- Memberikan gambaran kepada mahasiswa tentang alasan pentingnya dilakukan konversi sinyal
- Memberikan pemahaman kepada mahasiswa tentang proses pencuplikan sinyal kontinyu menjadi sinyal diskrit
- Memberikan pemahaman kepada mahasiswa tentang efek yang ditimbulkan akibat kesalahan pencuplikan sinyal kontinyu
- Memberikan pemahaman kepada mahasiswa tentang proses pengembalian sinyal diskrit menjadi sinyal kontinyu

## 2. Pendahuluan

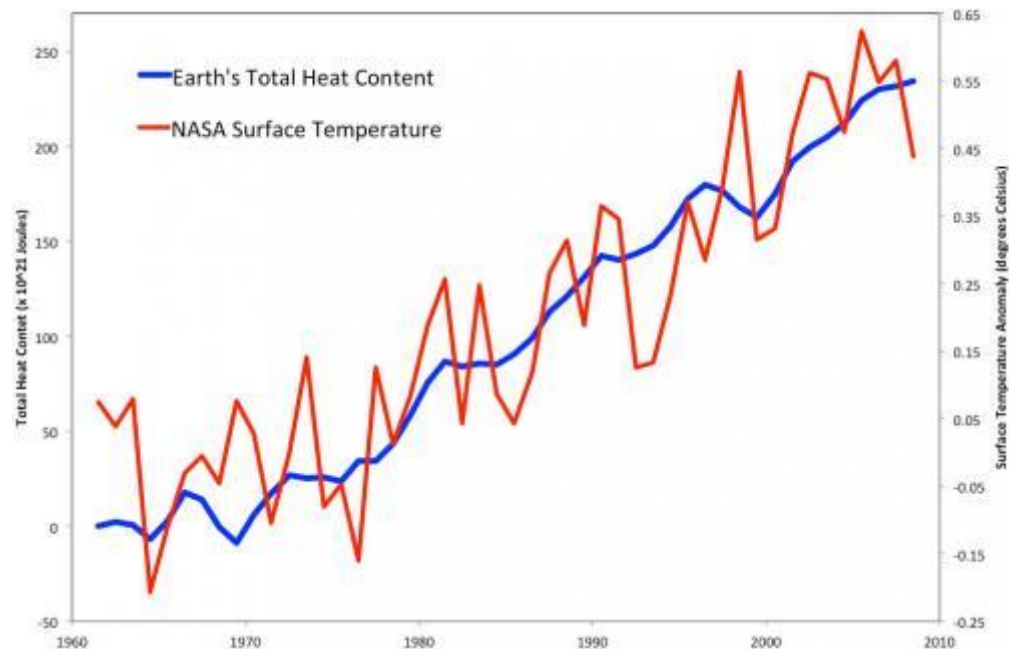


## 2. Pendahuluan



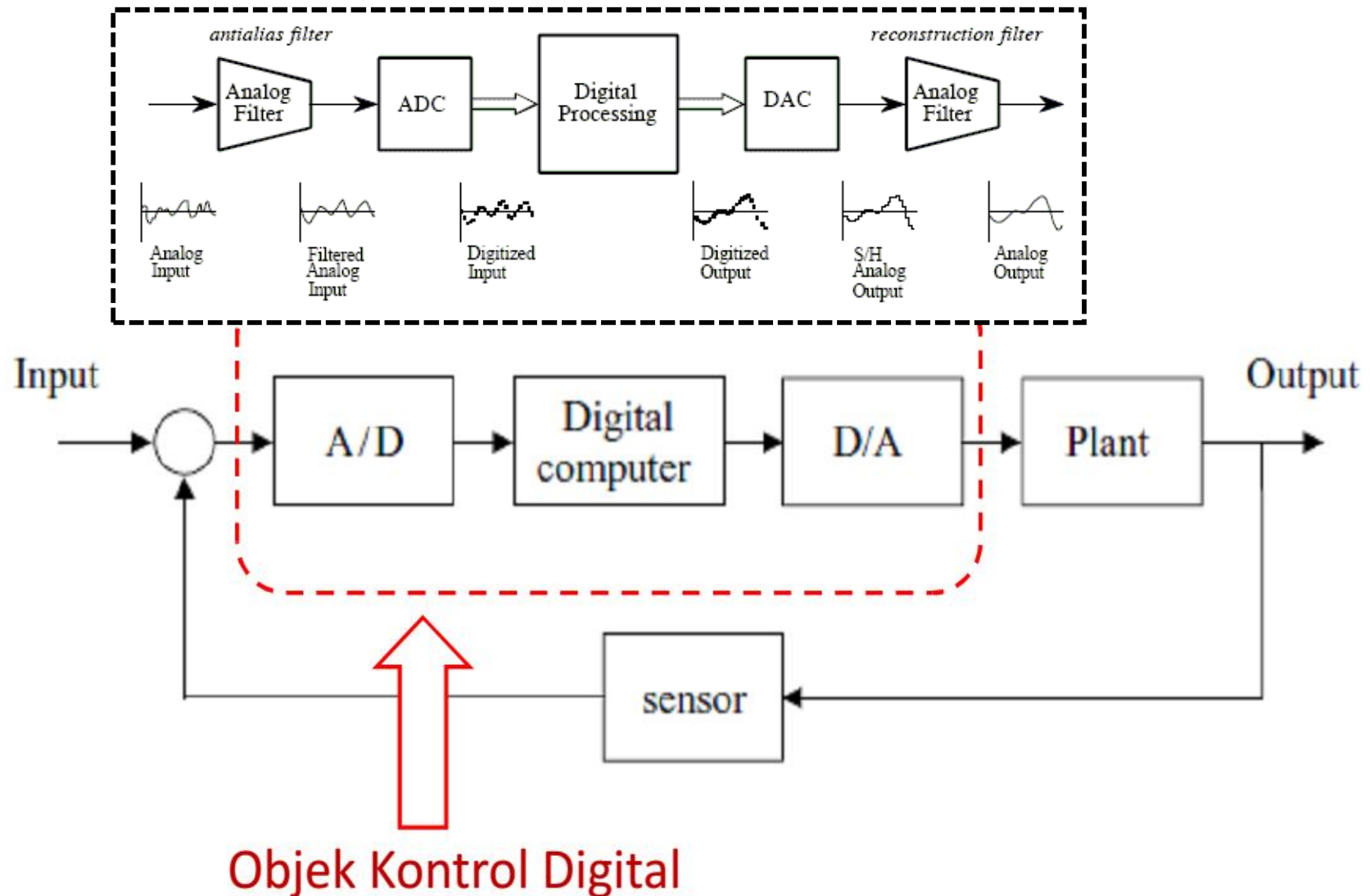
$$T(t) = mt + c$$

↓                      ↓  
Suhu                      Waktu



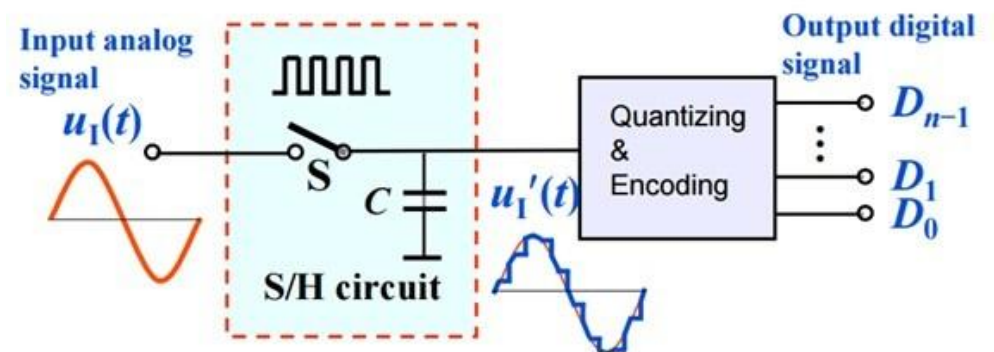
➡ Peramalan/  
Estimasi/  
Prediksi

### 3. Blok Diagram Sistem Digital

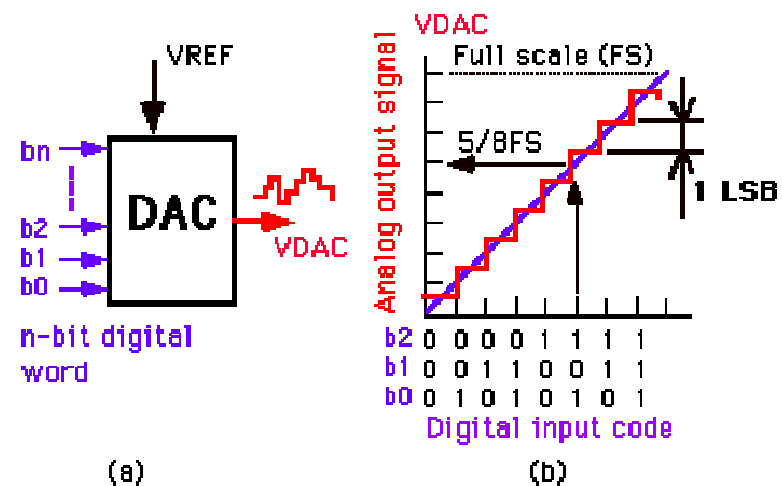


## 4. Konversi A/D dan D/A

- Analog  $\rightarrow$  Digital



- Digital  $\rightarrow$  Analog

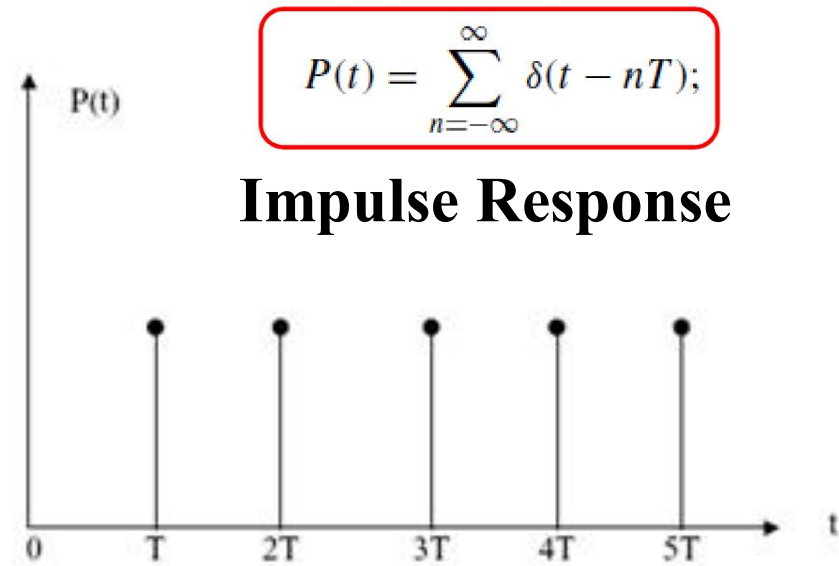
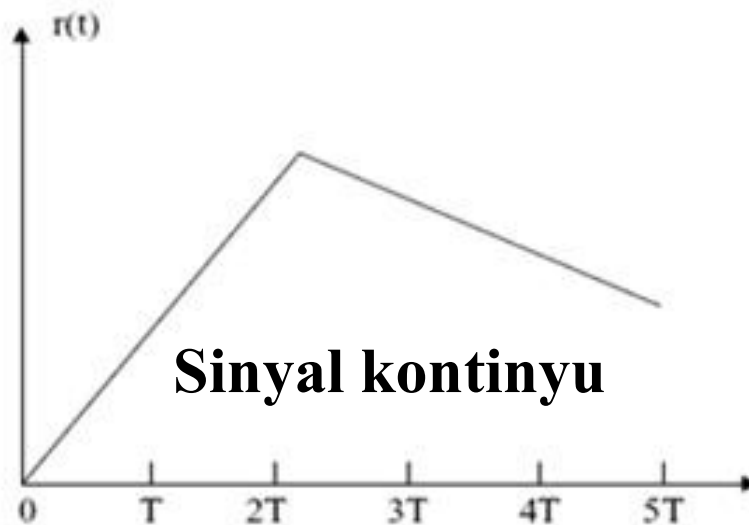
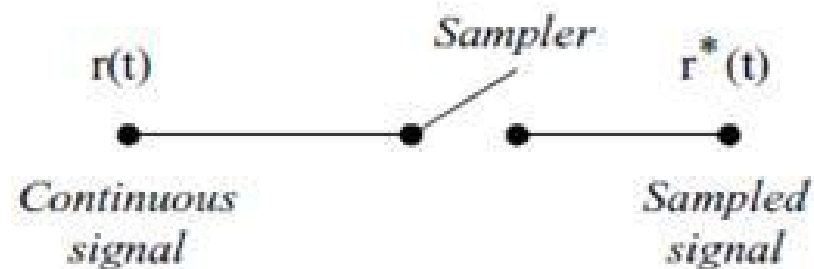


## 5. Proses Konversi A/D

- Sampling and Hold (S/H) : konversi sinyal waktu kontinyu ke sinyal waktu diskrit dengan cara mencuplik  $x(t)$  menjadi  $x(nT)$ , dimana  $T$  adalah interval sampling, disebut sebagai sampling. Sedangkan proses menjaga harga tegangan masukan pada saat proses konversi disebut hold.
- Quantization, Konversi sinyal waktu diskrit yang masih bernilai kontinyu menjadi sinyal waktu diskrit dengan nilai diskrit.
- Coding, Proses mengubah nilai diskrit menjadi x-bit urutan biner.

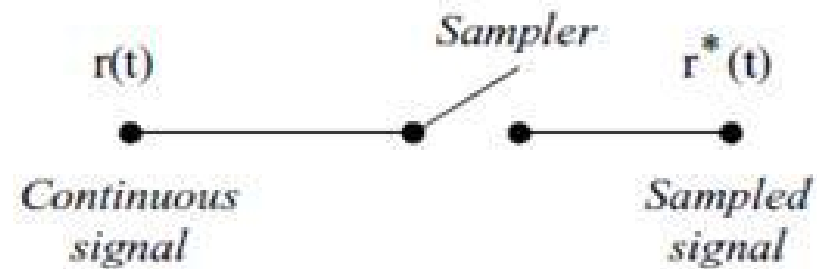
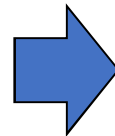
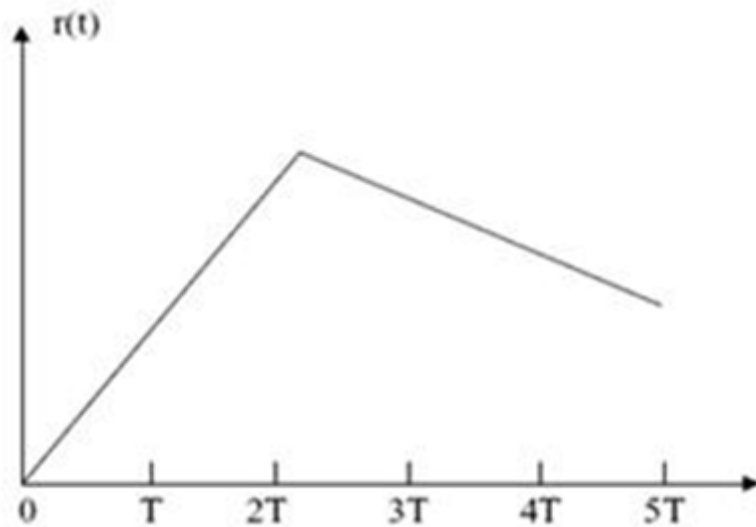


# 5.a Sampling



$$P(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT);$$

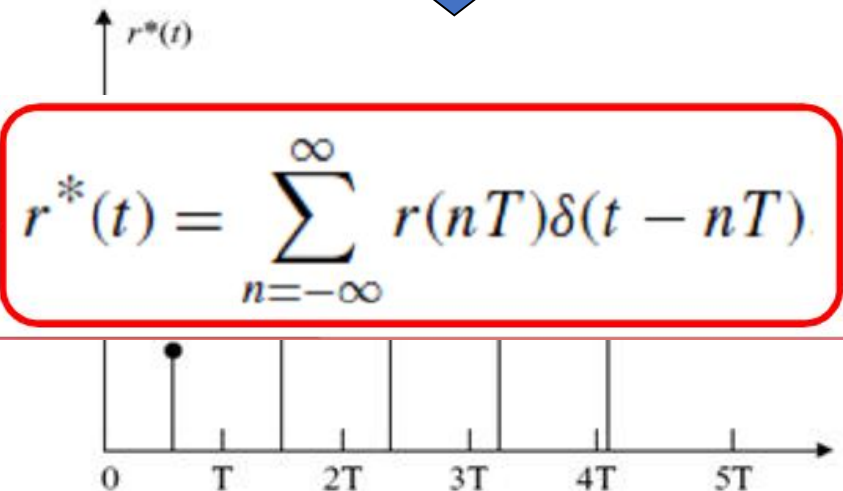
# 5.a Sampling



$$P(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT);$$

$$r^*(t) = P(t)r(t),$$

$$r^*(t) = r(t) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT)$$



## 5.a Sampling

$$r^*(t) = \sum_{n=0}^{\infty} r(nT)\delta(t - nT).$$

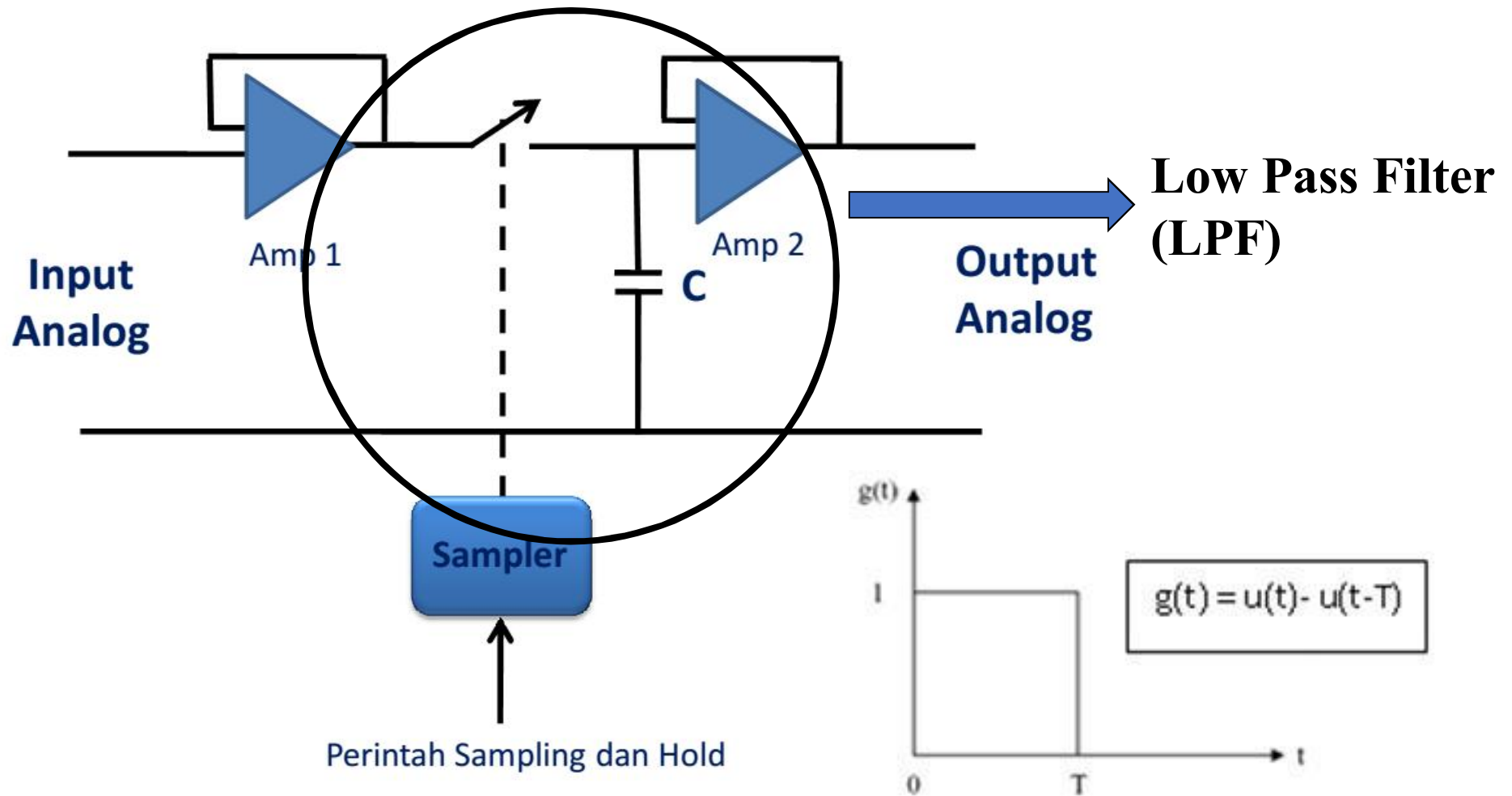


***Dengan Transformasi Laplace***

$$R^*(s) = \sum_{n=0}^{\infty} r(nT)e^{-snT}$$

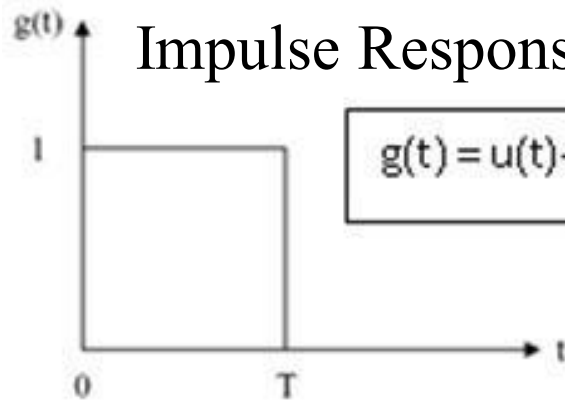
***Representasi sinyal kontinyu tercuplik  $r(t)$***

## 5.a Zero Order Hold



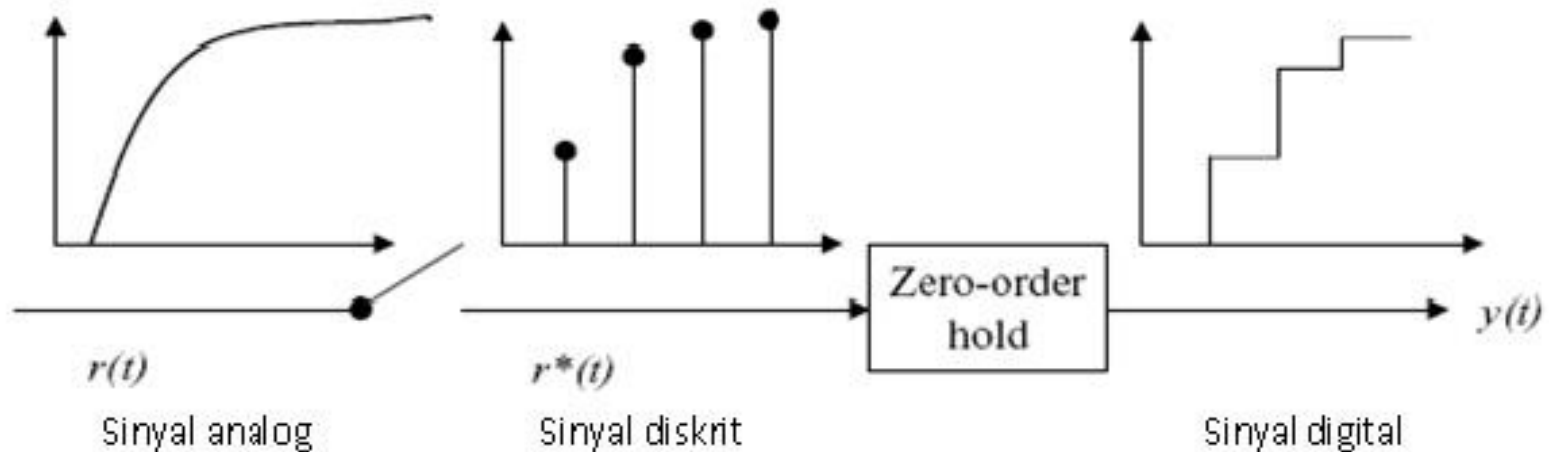
## 5.a Zero Order Hold

Impulse Response dari ZOH  $\rightarrow$  laplace



$$g(t) = u(t) - u(t-T)$$

$$G(s) = \frac{1}{s} - \frac{e^{-Ts}}{s} = \frac{1 - e^{-Ts}}{s}$$



# LAPLACE TRANSFORM TABLE

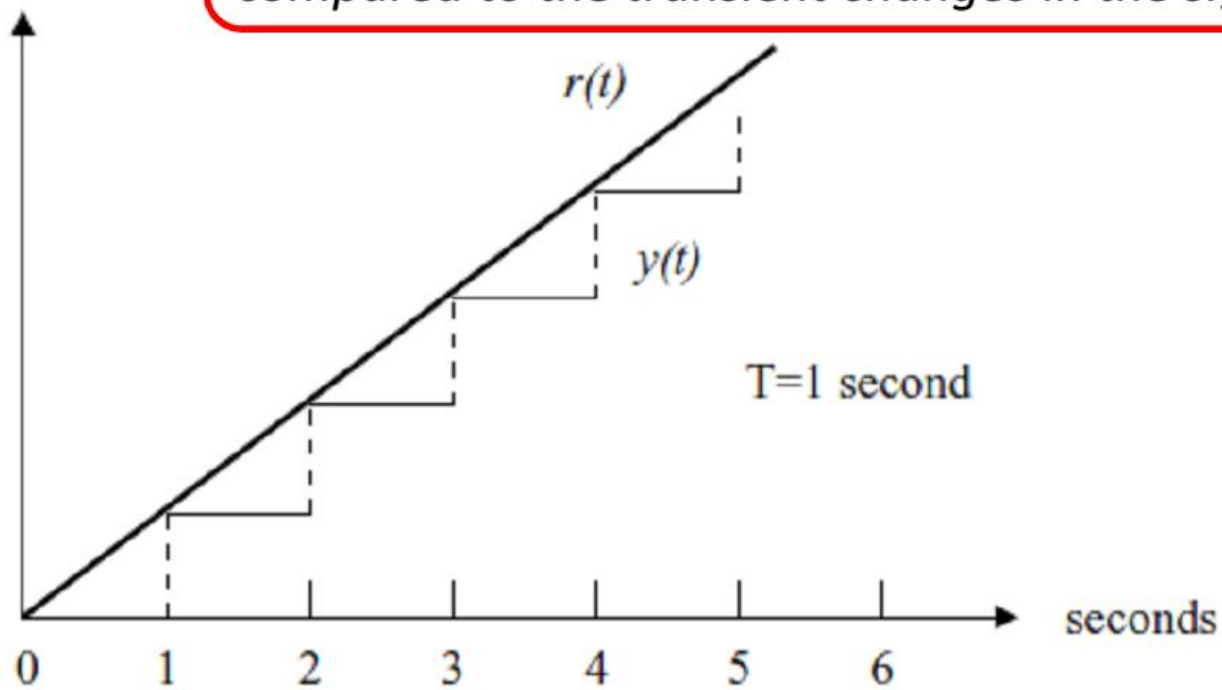
$$\mathcal{L}(f(t)) = F(s) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt$$

SPECIFIC FUNCTIONS		GENERAL RULES	
$F(s)$	$f(t)$	$F(s)$	$f(t)$
$\frac{1}{s}$	1	$\frac{e^{-as}}{s}$	$H(t-a)$
$\frac{1}{s^n}, \quad n \in \mathbb{Z}^+$	$\frac{t^{n-1}}{(n-1)!}$	$e^{-as}F(s)$	$f(t-a)H(t-a)$
$\frac{1}{s+a}$	$e^{-at}$	$F(s-a)$	$e^{at}f(t)$
$\frac{1}{(s+a)^n}, \quad n \in \mathbb{Z}^+$	$e^{-at} \frac{t^{n-1}}{(n-1)!}$	$sF(s) - f(0)$	$f'(t)$
$\frac{1}{s^2 + \omega^2}$	$\frac{\sin(\omega t)}{\omega}$	$s^2F(s) - sf(0) - f'(0)$	$f''(t)$
$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$	$\cos(\omega t)$	$F'(s)$	$-tf(t)$
$\frac{1}{(s+a)^2 + \omega^2}$	$\frac{e^{-at} \sin(\omega t)}{\omega}$	$F^{(n)}(s)$	$(-t)^n f(t)$
$\frac{s+a}{(s+a)^2 + \omega^2}$	$e^{-at} \cos(\omega t)$	$\frac{F(s)}{s}$	$\int_0^t f(u) du$
$\frac{1}{(s^2 + \omega^2)^2}$	$\frac{\sin(\omega t) - \omega t \cos(\omega t)}{2\omega^3}$	$F(s)G(s)$	$(f * g)(t)$
$\frac{s}{(s^2 + \omega^2)^2}$	$\frac{t \sin(\omega t)}{2\omega}$		

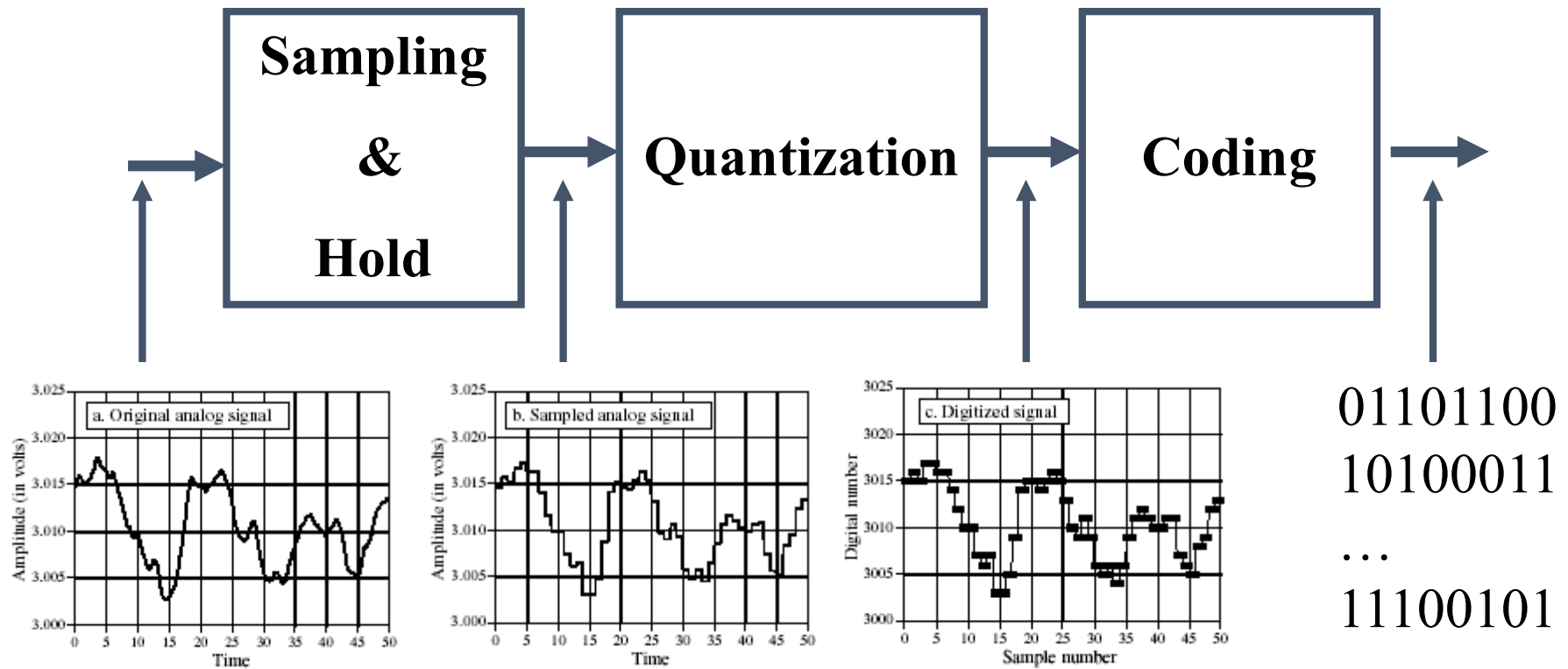
# Hasil Sampling dan Hold

A sampler and zero-order hold can accurately follow the input signal if the sampling time  $T$  is small compared to the transient changes in the signal.

$r(t)$  and  $y(t)$



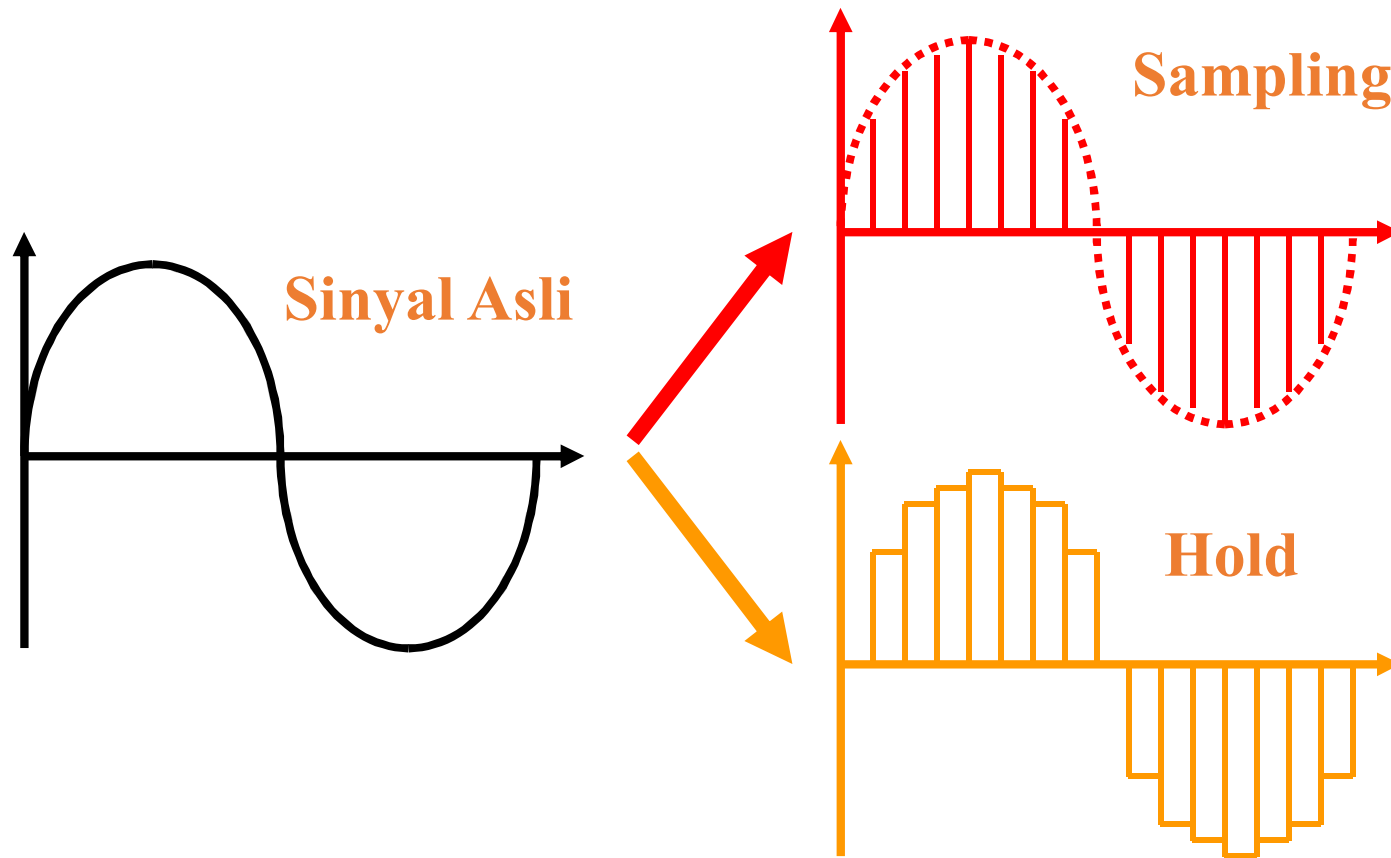
# Blok Diagram ADC



01101100  
10100011  
...  
11100101



## 5.a Sampling & Hold



## 5.b Quantization

Jika sebuah sinyal memiliki nilai amplitudo max 5,000 Volt, maka quantisasinya adalah 5000. Jika sebuah sinyal memiliki nilai amplitudo 3,050 Volt, maka quantisasinya adalah 3050.

## 5.c Coding

Untuk sebuah ADC 8 bit, maka max nilai dalam biner adalah  $2^8 - 1 = 255$ .

Jika sebuah ADC memiliki nilai referensi max 5,000 Volt, maka quantisasi maksimum adalah 5000.

$$kode = \frac{\text{hasil quantisasi}}{\text{maks quantisasi}} \times 255$$

# Contoh

Sebuah sinyal sinus memiliki amplitudo maksimum 5,000 Volt. Jika sebuah sampel tepat pada amplitudo 3,000 Volt, maka hitung kodenya dalam bentuk biner pada ADC 8 bit dengan maksimum referensi adalah 5 Volt !

Jawab:

amplitudo 5,000 Volt => quantisasi 5000

amplitudo 3,000 Volt => quantisasi 3000

ADC 8 bit => kode biner maks =  $2^8 - 1 = 255$

jadi kode =  $(3000 / 5000) \times 255 = 153$

dalam bentuk biner : 10011001B atau 99H

## 6. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam memilih ADC:

- **Kecepatan sampling**

Kecepatan mengubah sinyal analog kontinyu menjadi sinyal analog diskrit. Semakin tinggi kecepatan sampling berarti sinyal analog diskrit yang dihasilkan makin sempurna.

- **Waktu konversi**

Interval waktu antara sinyal masuk dideteksi hingga nilai digital dapat ditentukan.

- **Resolusi**

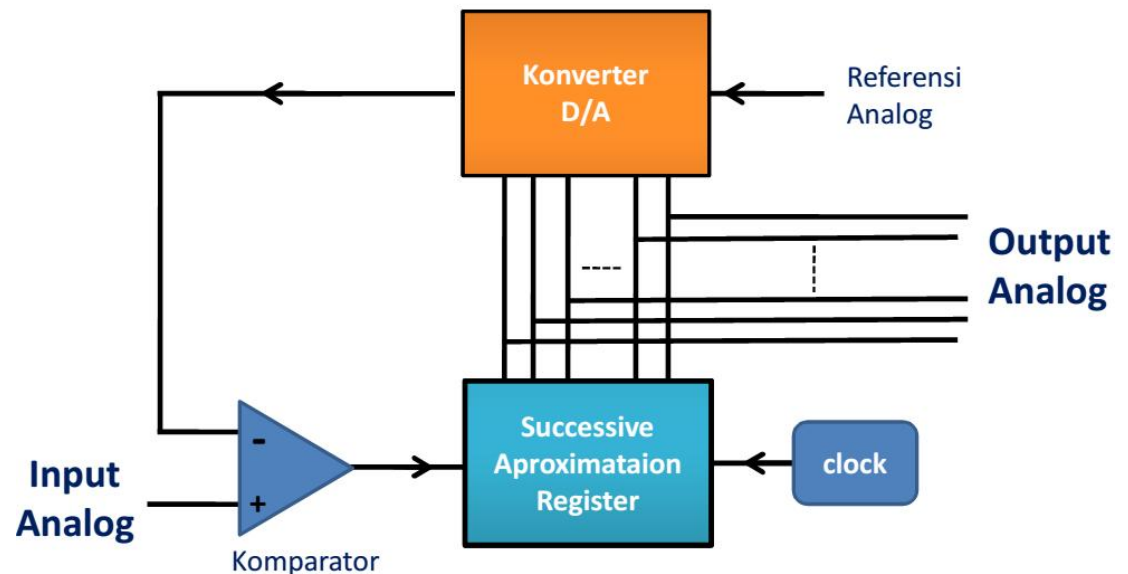
Tingkat kepresisian dimana sinyal digital dievaluasi. Karena sinyal direpresentasikan dalam bentuk biner yang ditentukan oleh kapasitas register.

- **Metode konversi**

metode yg umum digunakan adalah Metode Pendekatan berturut-turut. Dalam metode ini sinyal input dibandingkan secara berurutan dengan tegangan-tegangan percobaan. Tegangan percobaan pertama adalah setengah kali rentang skala penuh ADC dan tegangan percobaan berikutnya adalah setengah kali nilai tegangan percobaan sebelumnya.

# 7. Jenis-Jenis ADC

- Dalam melakukan proses konversi, ADC memiliki beberapa tipe metode
  - Tipe *Successive Approximation* (Pendekatan Berturut-turut)
  - Tipe Integrating
  - Tipe Counter
  - Tipe Paralel



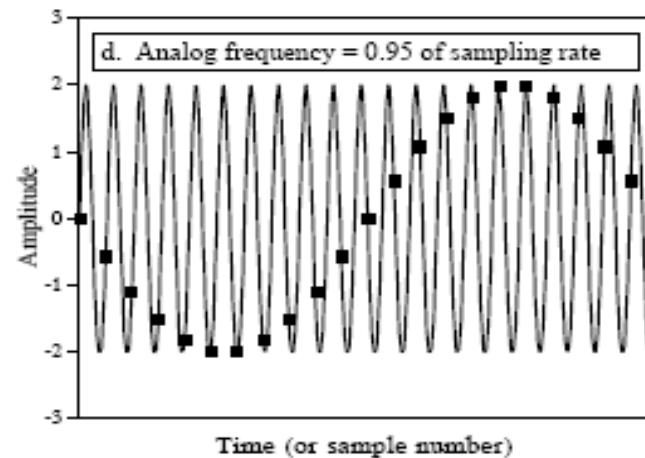
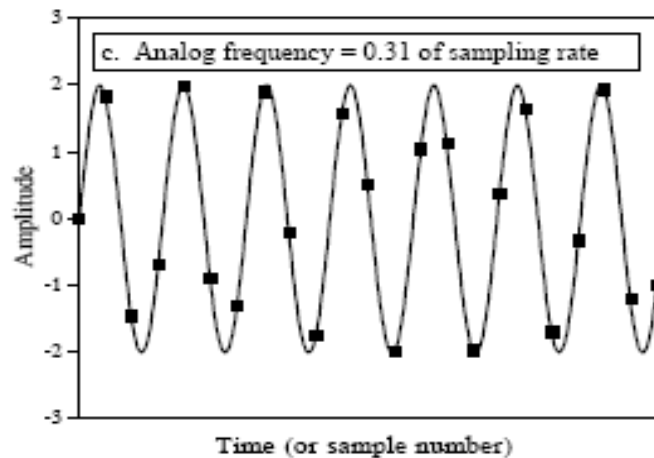
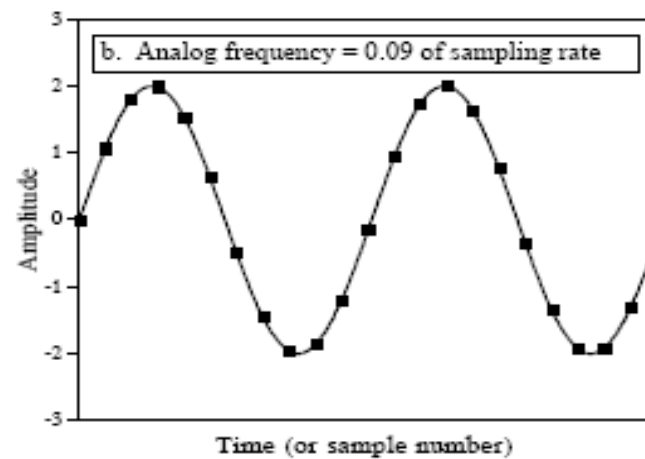
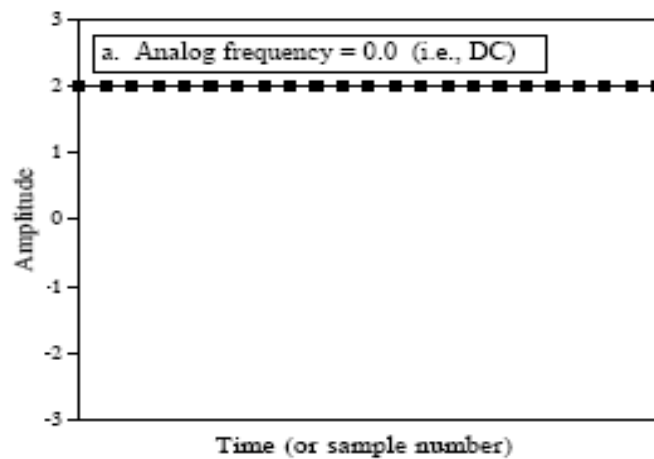
**Tugas: Cari dan Jelaskan Beberapa jenis ADC tsb!**

# 8. Theorema Sampling

Theorema sampling Shannon atau Theorema sampling Nyquist (1940). Teori sampling mengindikasikan bahwa sebuah sinyal kontinyu dapat disampel dan direkonstruksi kembali secara tepat, hanya jika sinyal tidak mengandung komponen frekuensi diatas 0,5 kecepatan / rate sampel. Sebuah kecepatan / rate sampel 2000 sampel/detik diperlukan oleh sinyal analog yang tersusun dari frekuensi 1000 siklus/detik. Jika frekuensi diatas batas ini terdapat pada sinyal, penyampelan akan mengalami alias terhadap frekuensi antara 0 sampai 1000 siklus/detik.

$$f_{\text{sampling}} \geq 2 \times f_{\text{sinyal}}$$

# 9. Efek Aliasing



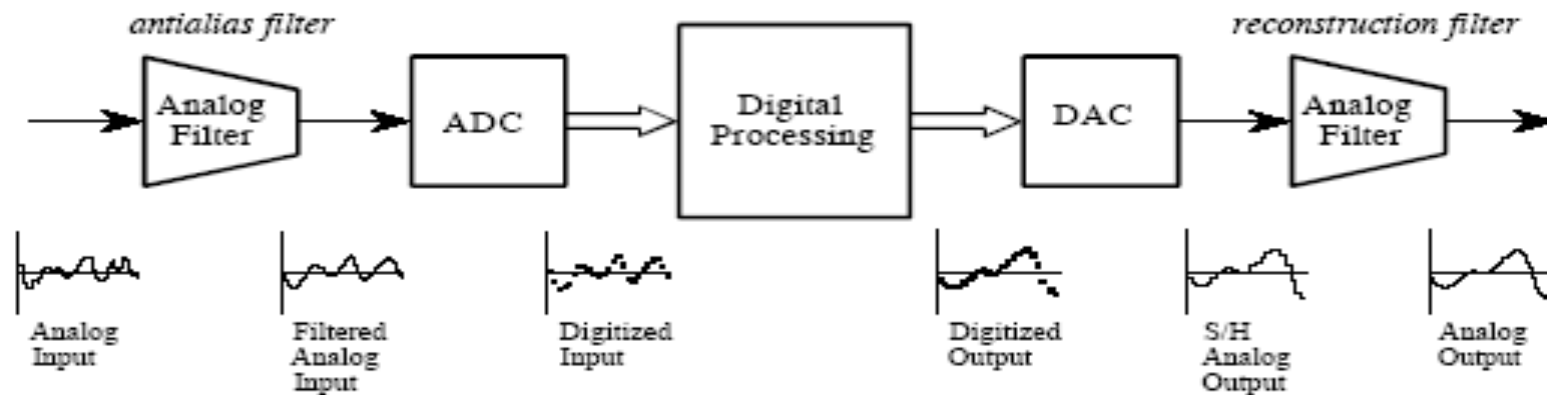
Demo



## 9. Efek Aliasing

- Adalah sebuah keadaan dimana titik-titik sampling dari sebuah sinyal tidak memenuhi syarat Nyquist / Shannon pada saat penyamplingan sehingga pada saat titik-titik tersebut direkonstruksi ulang dari bentuk diskrit ke kontinyu, tidak diperoleh sinyal aslinya.

# 10. Filter Anti Aliasing



Untuk menghilangkan / menghindari efek aliasing pada pemrosesan data digital, maka sebelum rangkaian ADC diberikan / dipasang sebuah rangkaian filter low pass analog untuk menghindari frekuensi diatas frekuensi Nyquist.

# 10. Filter Anti Aliasing

Rangkaian modifikasi Sallen Key - active filter design. Rangkaian disamping merupakan 2 pole low pass filter. Untuk orde filter yang lebih tinggi (banyak pole), maka rangkaian disamping dapat dikaskadekan.

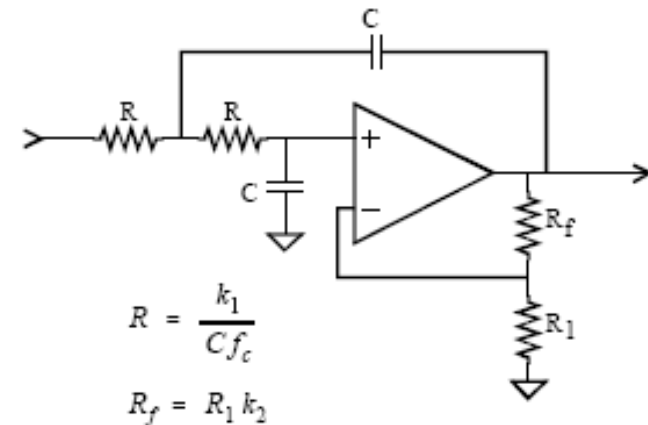


TABLE 3-1

Parameters for designing Bessel, Butterworth, and Chebyshev (6% ripple) filters.

# poles	Bessel		Butterworth		Chebyshev	
	$k_1$	$k_2$	$k_1$	$k_2$	$k_1$	$k_2$
2 stage 1	0.1251	0.268	0.1592	0.586	0.1293	0.842
4 stage 1	0.1111	0.084	0.1592	0.152	0.2666	0.582
stage 2	0.0991	0.759	0.1592	1.235	0.1544	1.660
6 stage 1	0.0990	0.040	0.1592	0.068	0.4019	0.537
stage 2	0.0941	0.364	0.1592	0.586	0.2072	1.448
stage 3	0.0834	1.023	0.1592	1.483	0.1574	1.846
8 stage 1	0.0894	0.024	0.1592	0.038	0.5359	0.522
stage 2	0.0867	0.213	0.1592	0.337	0.2657	1.379
stage 3	0.0814	0.593	0.1592	0.889	0.1848	1.711
stage 4	0.0726	1.184	0.1592	1.610	0.1582	1.913

# Contoh : 6 Pole Bessel Filter

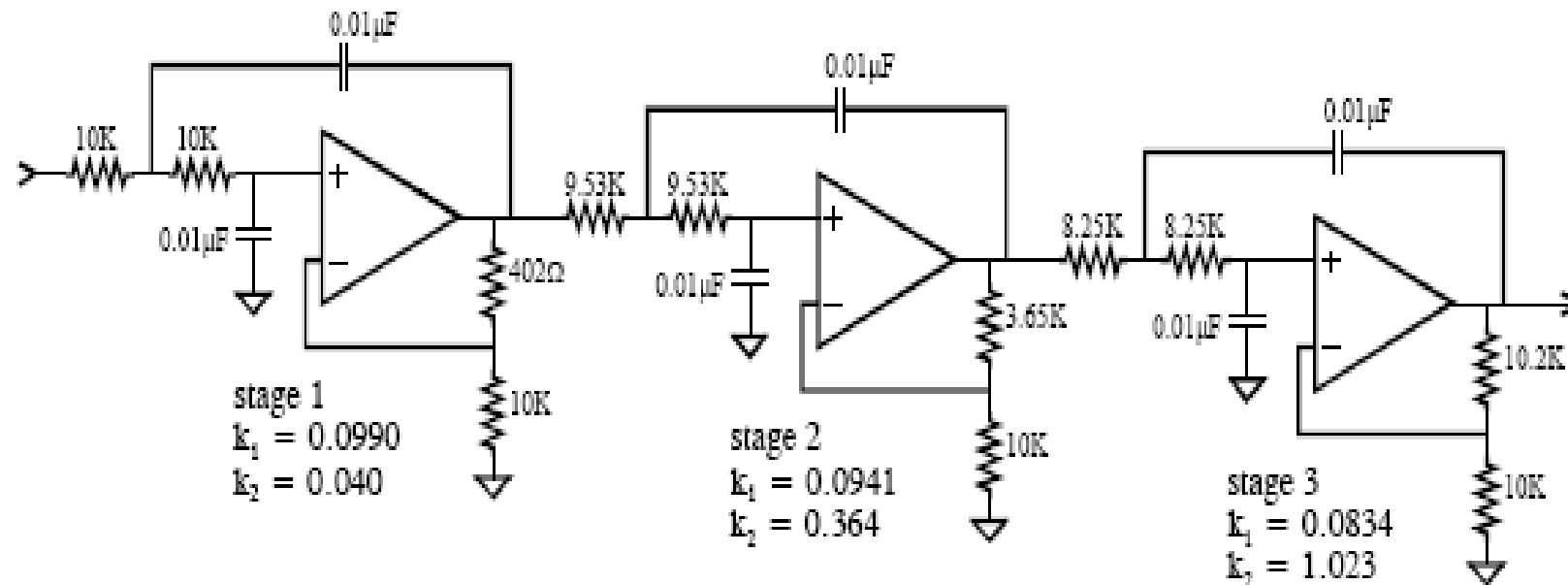


FIGURE 3-9

A six pole Bessel filter formed by cascading three Sallen-Key circuits. This is a low-pass filter with a cutoff frequency of 1 kHz.

# 11. Soal / Tugas

1. Sebuah sinyal sinus memiliki amplitudo maksimum 5,000 Volt. Jika sebuah sampel tepat pada amplitudo :

- 1,250 Volt
- 2,000 Volt
- 4,500 Volt

Tentukan kodenya dalam bentuk :

- biner
- hexadecimal

pada ADC 8 bit dengan referensi 5,000 Volt !

2. Jika sebuah analog to digital converter memiliki spesifikasi sebagai berikut : 8 bit, tegangan referensi 5 Volt. Maka hitung :

- berapakah tegangan analog yang terukur jika penunjukkan pada hasil digitalnya adalah 99H?
- berapakah tegangan analog yang terukur jika penunjukkan pada hasil digitalnya adalah 0F0H?

# Tugas / Soal Latihan

3. Jika diketahui sebuah sinyal sinus memiliki frekuensi 1500 Hz. Dan sinyal disampling dengan frekuensi sampling sebesar :

- 1500 Hz
- 3000 Hz
- 6000 Hz

Maka gambarkan pada kertas grafik titik-titik sampel hasil samplingnya ! (asumsi, titik sampel awal pada  $t = 0$ ).

4. Sebuah filter anti aliasing tipe besel 2 pole ingin digunakan untuk menghasilkan frekuensi cutoff sebesar 4kHz. Desainlah rangkaian beserta komponen-komponennya ! (Ambil koefisien  $k_1$  dan  $k_2$  dari tabel)