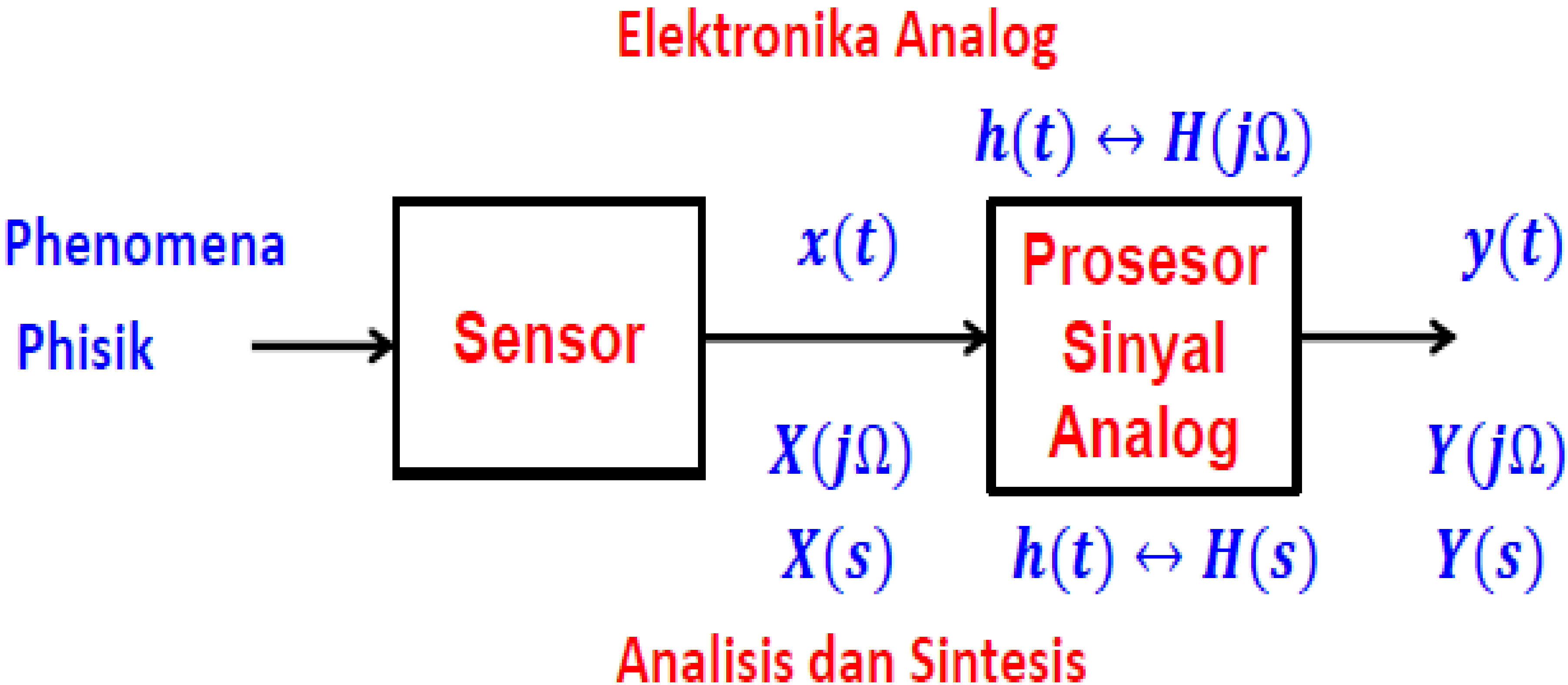
Pengolahan Sinyal Dalam Waktu Kontinyu

Bab 1. Sinyal Waktu Kontinyu



Dosen:

Dr. Suhartono Tjondronegoro

Isi Kuliah

- Bab 0. Pendahuluan.
- **Bab 1. Sinyal Waktu Kontinyu.**
- Bab 2. Sistem Waktu Kontinyu.
- Bab 3. Deret Fourier.
- Bab 4. Transformasi Fourier.
- Bab 5. Transformasi Laplace.
- Bab 6. Pengantar Filter Analog.
- Bab 7. Pengantar Sistem Umpan Balik Linier.

Bab 1. Sinyal Waktu Kontinyu

- Pendahuluan
- Sinyal dan Klasifikasi Sinyal.
  - Sinyal Waktu Kontinyu dan Sinyal Waktu Diskrit.
  - Sinyal Analog dan Sinyal Digital.
  - Sinyal Riil dan Sinyal Kompleks.
  - Sinyal Deterministik dan Sinyal Acak.
  - Sinyal Genap dan Sinyal Ganjil.
  - Sinyal Periodik dan Tidak Periodik.
- Sinyal Waktu Kontinyu Elementer.
- Sinyal Enerji dan Sinyal Daya.
- Operasi Dasar Terhadap Sinyal.

Pendahuluan

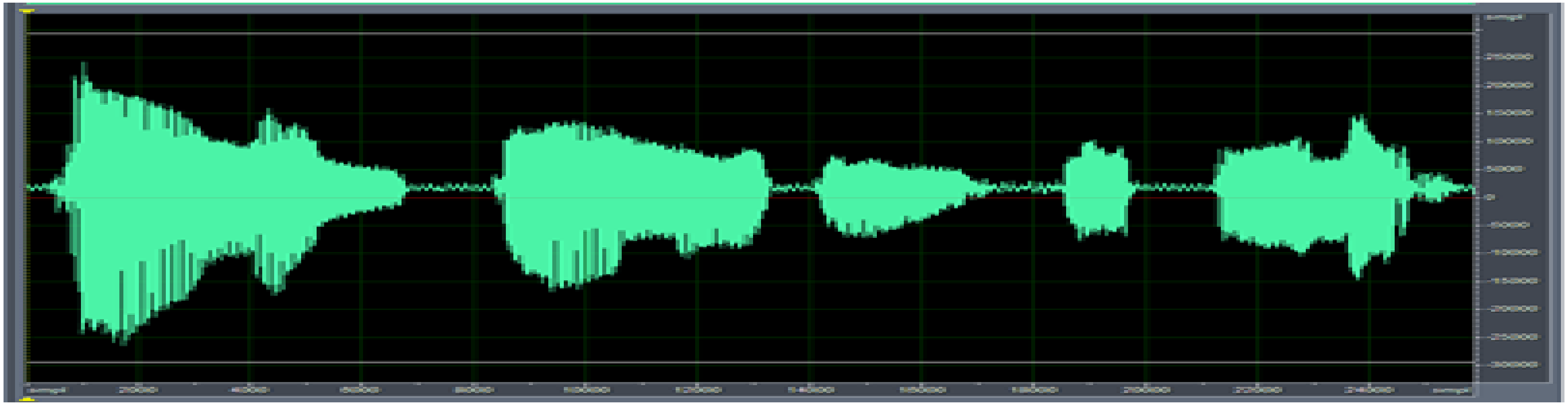
- Konsep dan teori tentang sinyal diperlukan di bidang teknik telekomunikasi.
- Akan diperkenalkan deskripsi matematik dan representasi sinyal.
- Diperkenalkan tentang klasifikasi sinyal.
- Definisi sinyal elementer.

Sinyal

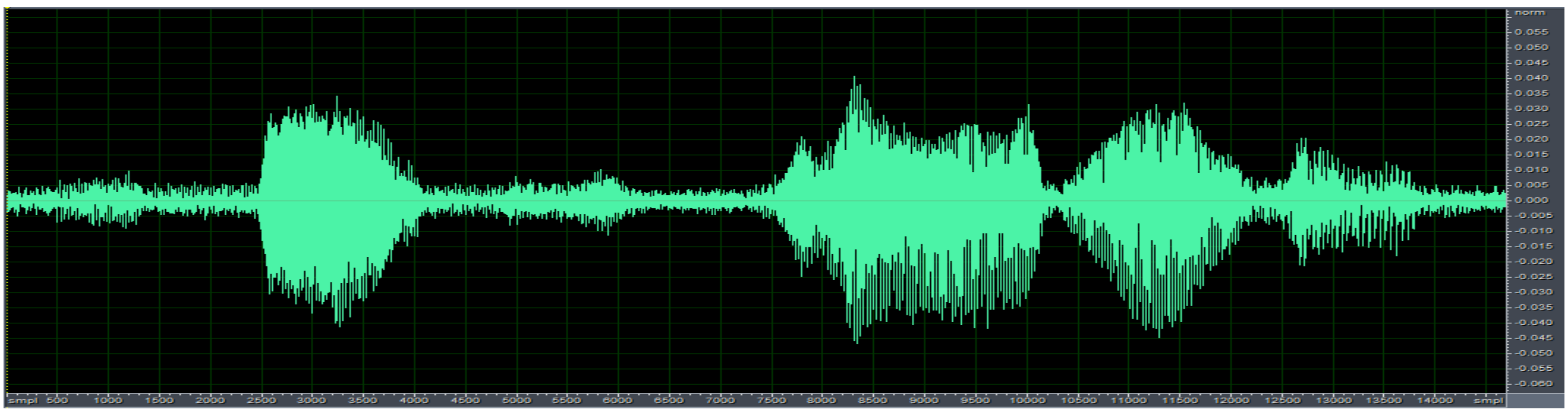
- Sebuah sinyal didefinisikan sebagai sebuah fungsi dari satu variabel bebas atau beberapa variabel bebas yang membawa informasi yang terkait dengan phenomena fisik.
- Bila fungsi tergantung kepada satu peubah (variabel) bebas, sinyal disebut sinyal satu dimensi, contoh **sinyal suara**.
- Bila fungsi tergantung kepada dua atau lebih peubah (variabel) bebas, sinyal disebut sinyal multidimensi, contoh **sebuah gambar** adalah sebuah sinyal dua dimensi.

Contoh Sinyal Suara

- Bentuk gelombang sinyal suara: Jalan Ganesha Sepuluh



- Bentuk gelombang sinyal suara: Indonesia Raya



Alat Musik

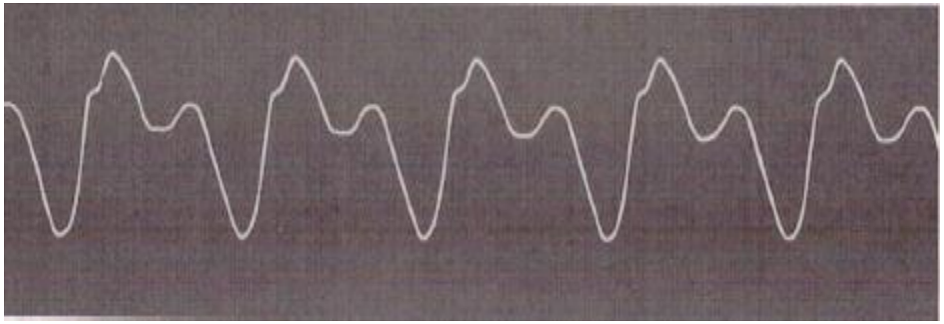
Flute

Saxophone

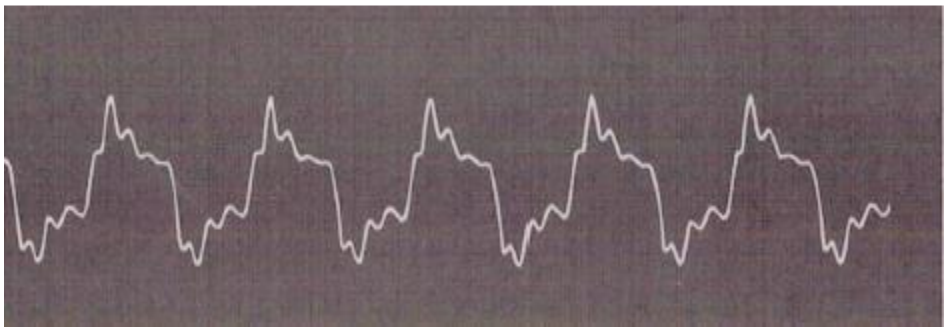
Clarinet

Contoh bentuk gelombang suara

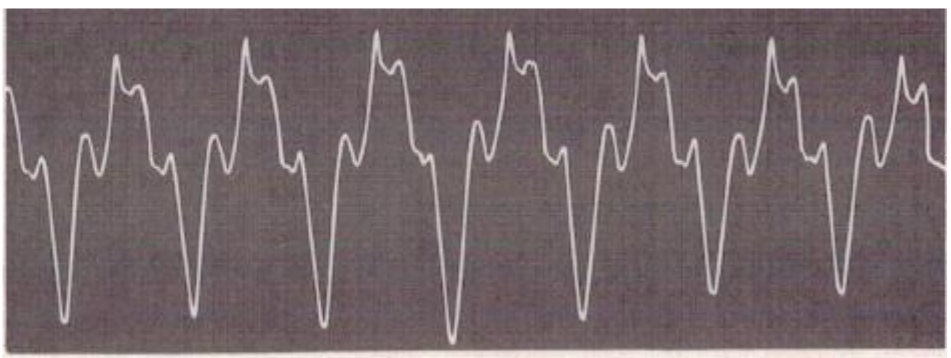
- **Flute**



- **Clarinet**



- **Saxophone**



Referensi:

Signals and Systems,

2nd Edition;

A. D. Poularikas,

S. Seely;

PWS-Kent Publishing

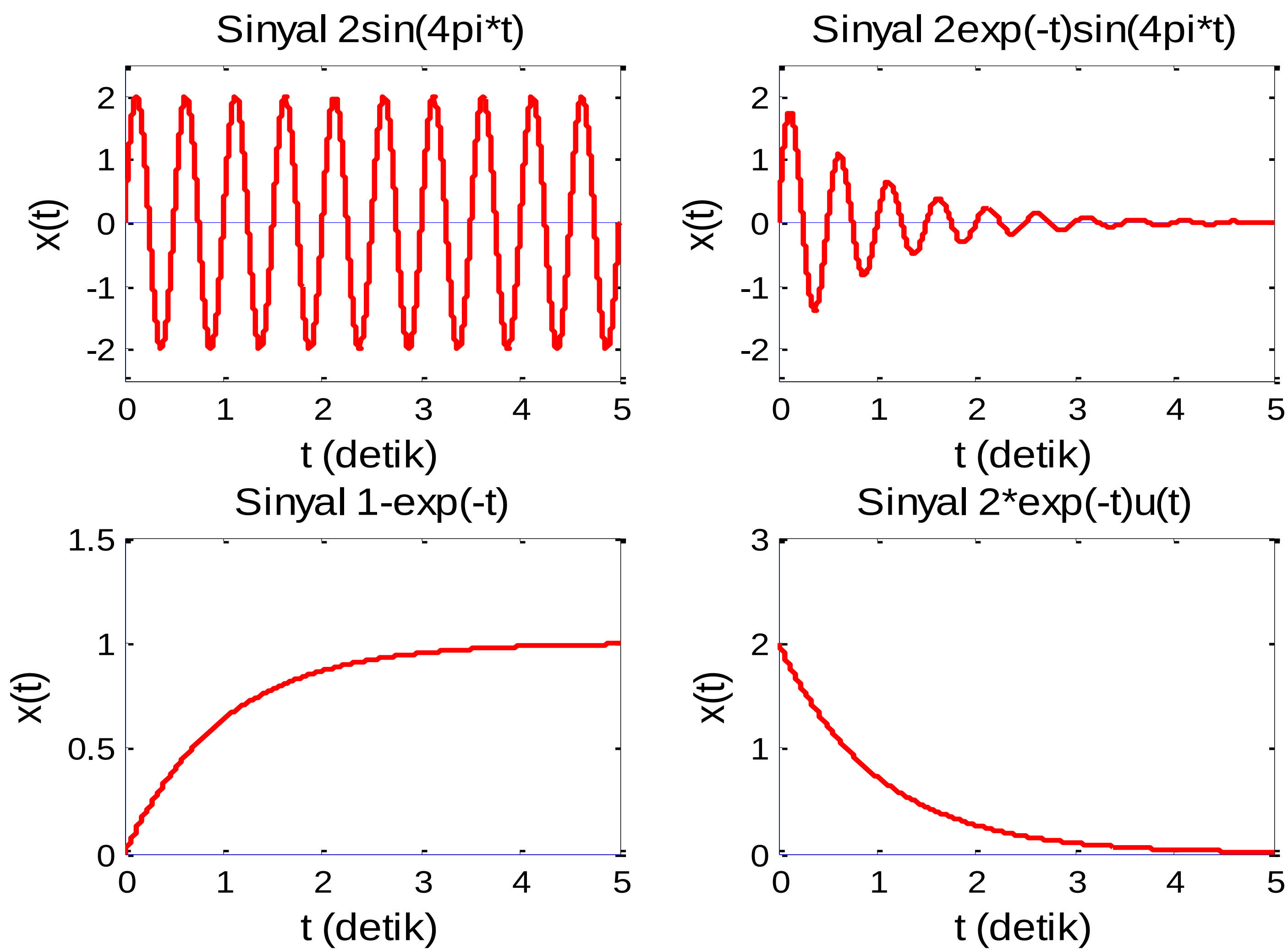
Company, 1991.

Sinyal waktu kontinyu

- **Contoh:**

Simulasi sinyal

Dengan Matlab



Klasifikasi Sinyal

- Sinyal waktu kontinyu dan sinyal waktu diskrit.
- **Subyek kuliah ini adalah sinyal waktu kontinyu.**

- Sinyal genap dan sinyal ganjil.
- Sinyal periodik dan sinyal tidak periodik.
- Sinyal deterministik dan sinyal acak.
- **Subyek kuliah ini adalah sinyal deterministik.**

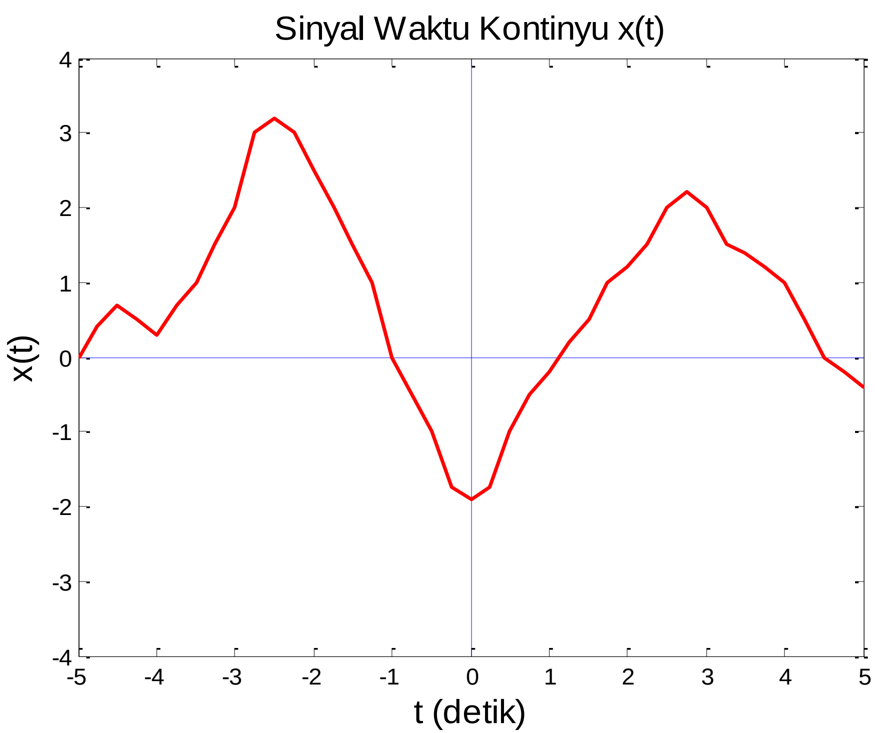
- Sinyal energi dan sinyal daya.

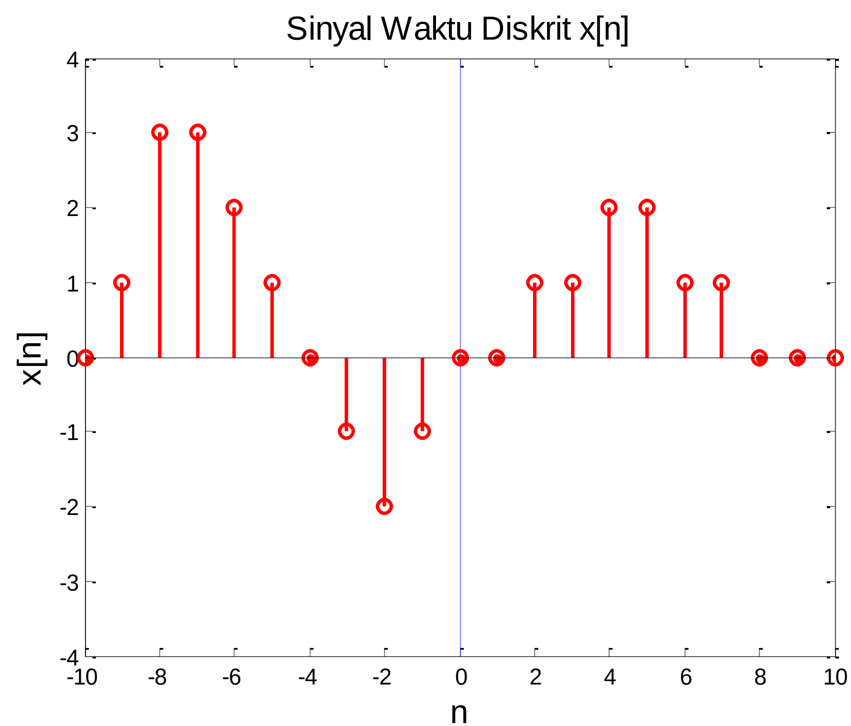
Representasi Grafik

- **Sinyal waktu kontinyu**
- $x(t)$ adalah sinyal waktu kontinyu bila t adalah variabel kontinyu.

Sinyal waktu diskrit

$x[n]$ adalah sinyal waktu diskrit bila n adalah variabel diskrit.

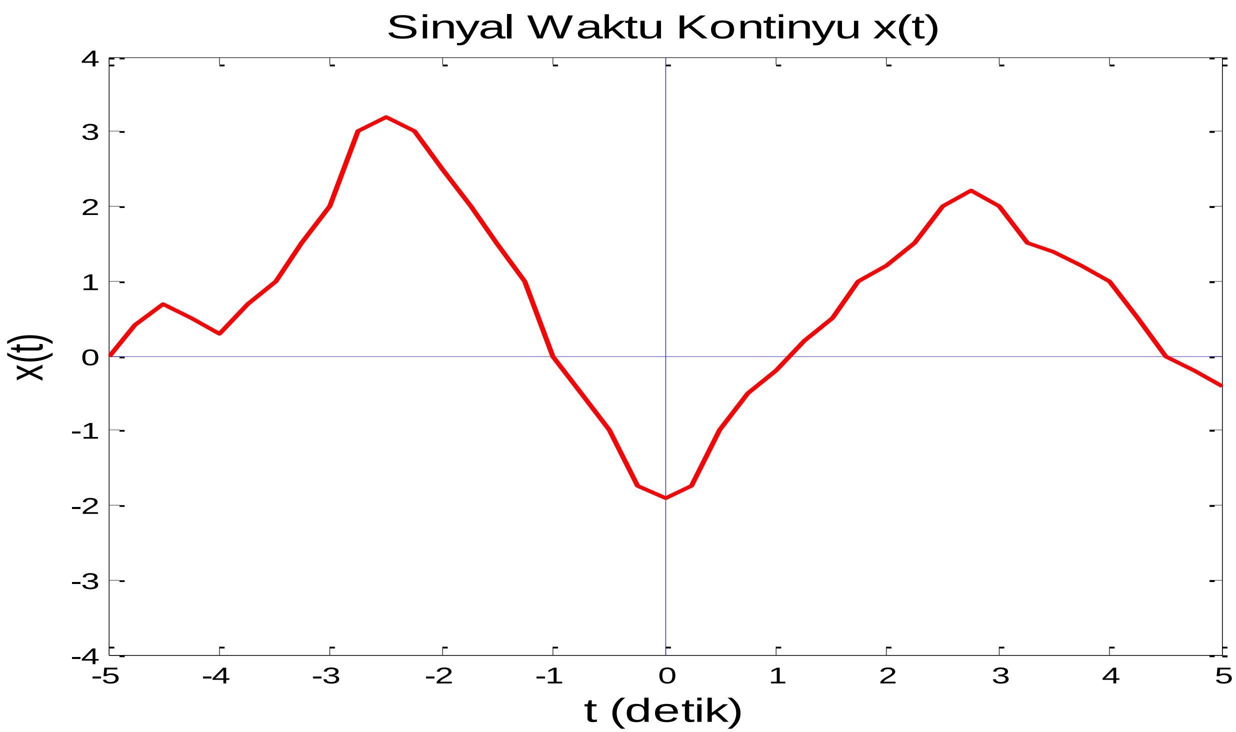




Subyek kuliah ini adalah sinyal waktu kontinyu.

Sinyal waktu kontinyu

- Sinyal $x(t)$ disebut sebuah sinyal waktu kontinyu bila t adalah variabel kontinyu.
- Sinyal waktu kontinyu secara alamiah muncul bila phenomena phisik (akustik, cahaya) mengeluarkan gelombang (waveform), gelombang tersebut diubah menjadi sinyal listrik.



- Pengubahan tersebut dilakukan oleh sebuah transducer.

Transducer

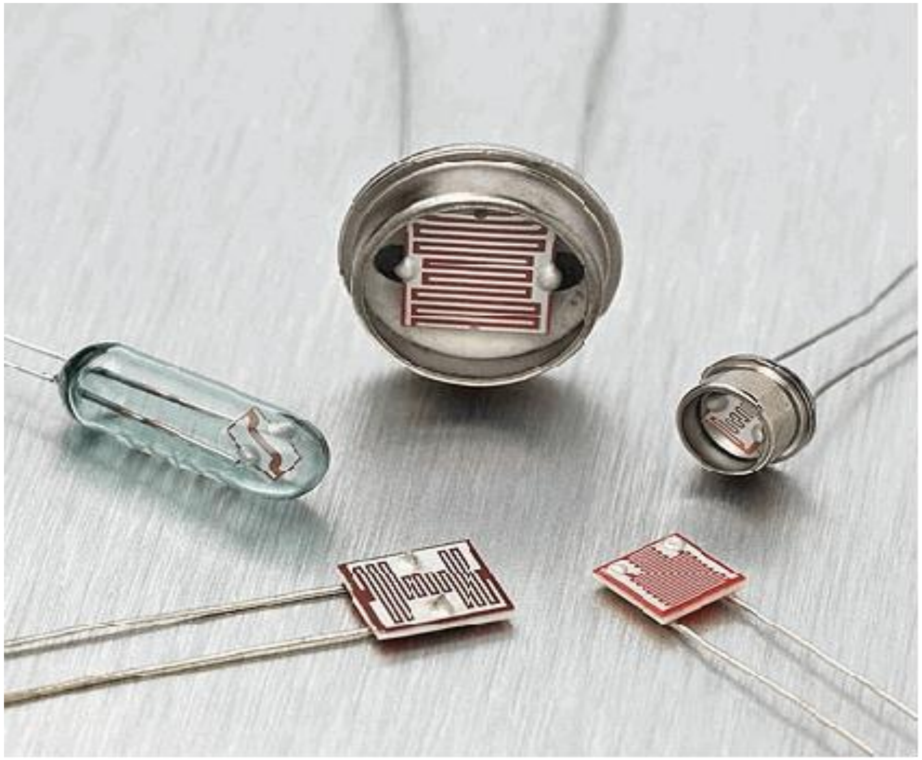
- Microphone adalah peralatan yang mengubah variasi tekanan bunyi menjadi variasi tegangan atau arus listrik.
- Microphone “Condenser”

Microphone “Sennheiser”

Yang ada didalam Microphone “Condenser” Oktava 319

Transducer

- Photocell adalah peralatan yang mengubah variasi intensitas cahaya menjadi variasi tegangan atau arus listrik.



- Juga disebut "photodetector," "photoresistor" dan "light dependent resistor" (LDR).

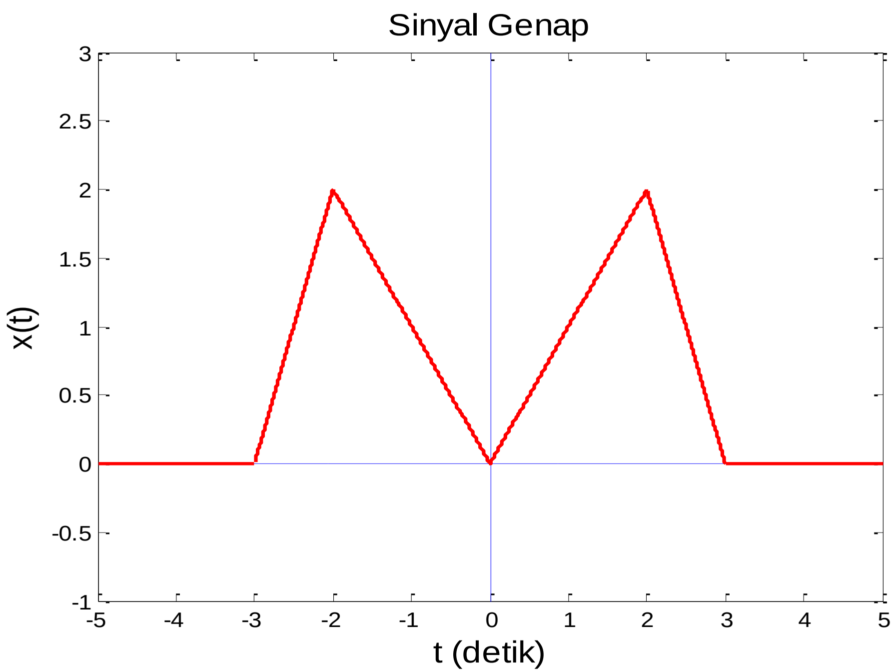
Sinyal Genap

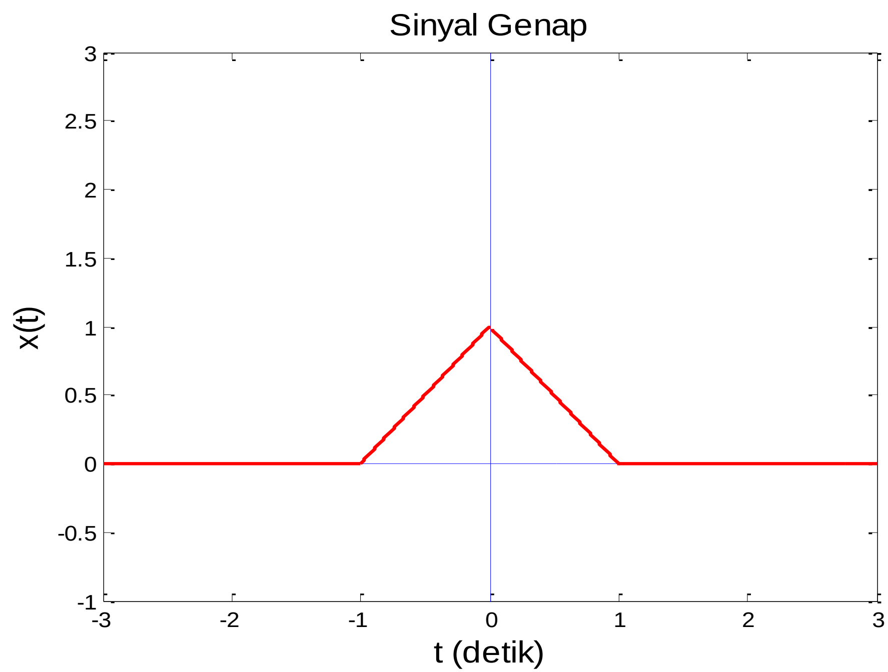
- Sinyal $x(t)$ disebut sinyal genap

  bila $x(-t) = x(t), \ \forall \ t$

Contoh:

$$x(t) = \begin{cases} 1 - |t| & |t| < 1 \\ 0 & |t| \geq 1 \end{cases}$$





- Simetris terhadap $t = 0$

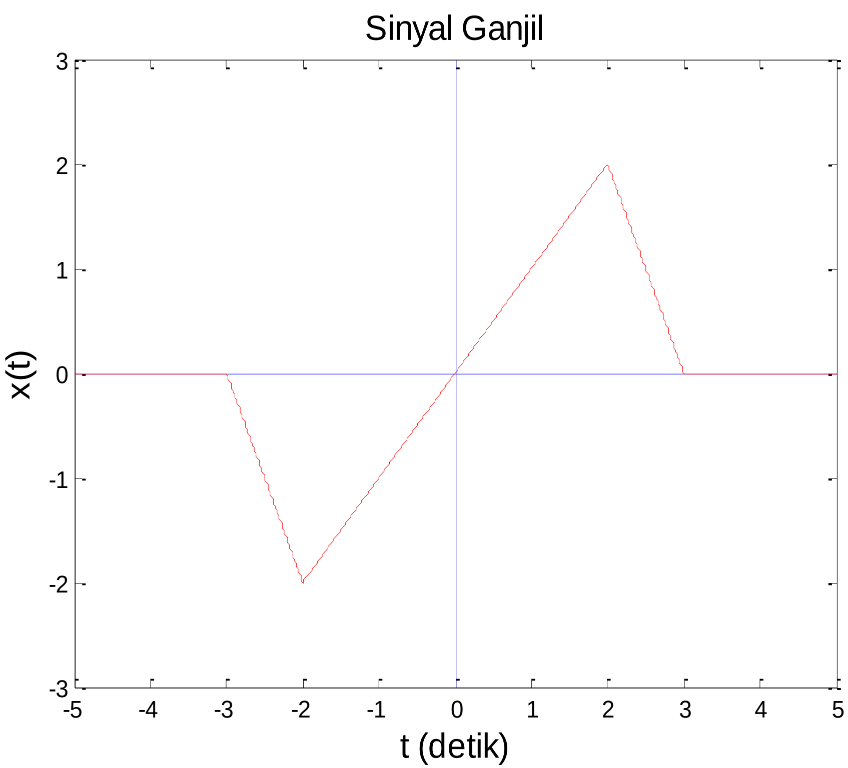
Sinyal Ganjil

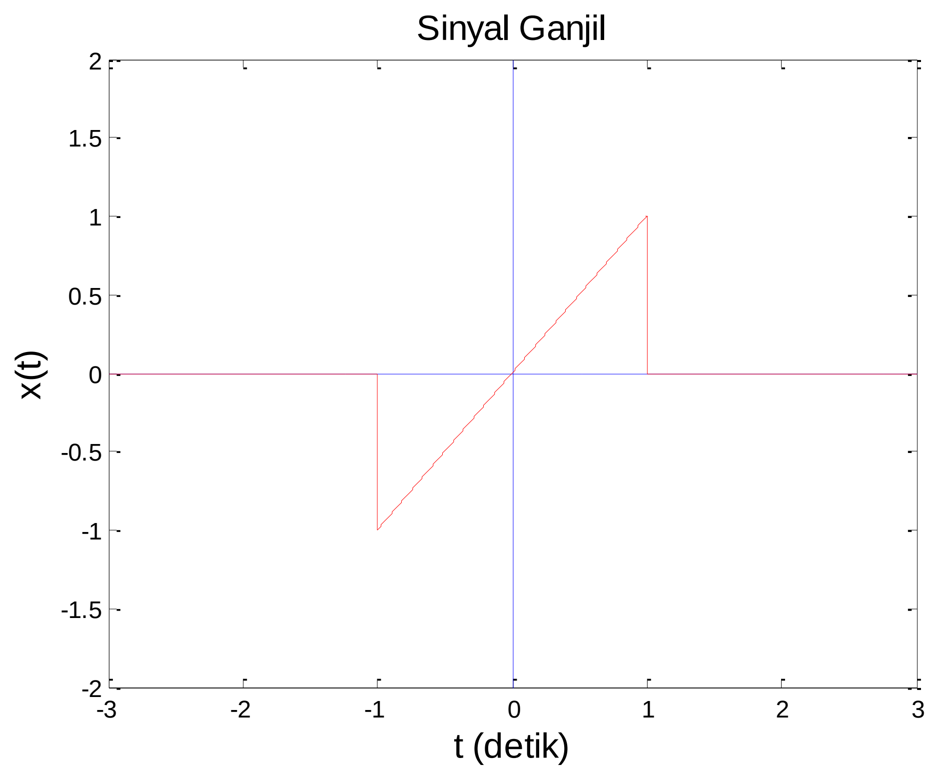
- Sinyal $x(t)$ disebut sinyal ganjil

bila $x(-t) = -x(t),\ \forall\ t$

Contoh:

$$x(t) = \begin{cases} t & |t| < 1 \\ 0 & |t| \geq 1 \end{cases}$$





- Anti-simetris terhadap $t = 0$

Dekomposisi Sinyal = Sinyal Genap + Sinyal Ganjil

- $x(t)$ adalah sinyal sembarang.
- Ingin dilakukan dekomposisi sinyal:

$$x(t) = x_{gn}(t) + x_{gj}(t)$$

- Maka:

$$x_{gn}(t) = \frac{1}{2}\{x(t) + x(-t)\}$$
$$x_{gj}(t) = \frac{1}{2}\{x(t) - x(-t)\}$$

Contoh:

- $x(t) = e^{-2t}\cos t$
- $x(-t) = e^{2t}\cos(-t) = e^{2t}\cos t$
- $x_{gn}(t) = \frac{1}{2}[e^{-2t}\cos t + e^{2t}\cos t] = \cosh(2t)\cos t$
- $x_{gj}(t) = \frac{1}{2}[e^{-2t}\cos t - e^{2t}\cos t] = -\sinh(2t)\cos t$

Sinyal Riil dan Sinyal Kompleks Waktu Kontinyu

- Sinyal $x(t)$ adalah sinyal riil bila nilainya adalah bilangan riil.
- Sinyal $x(t)$ adalah sinyal kompleks bila nilainya adalah bilangan kompleks.
- Sinyal kompleks: $x(t) = x_1(t) + jx_2(t)$
- dimana $x_1(t)$ adalah bagian riil dari $x(t)$, $x_2(t)$ adalah bagian imajiner-nya, dan $j = \sqrt{-1}$.
- Contoh: $x(t) = \cos(\Omega t) + j\sin(\Omega t)$

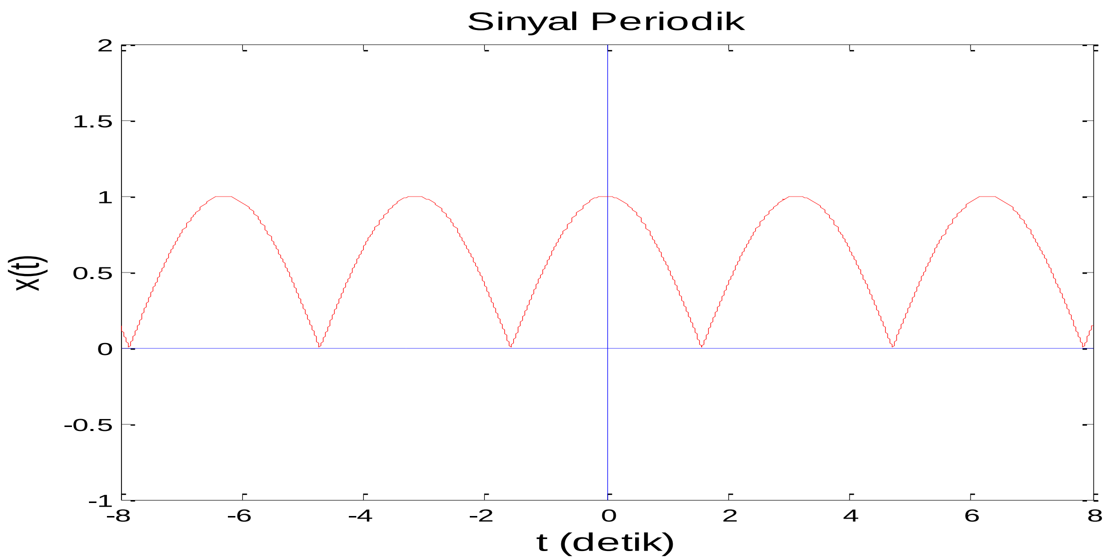
- Konjugate dari $x(t)$ adalah $x^*(t) = x_1(t) - jx_2(t)$.
- Sinyal kompleks $x(t)$ disebut simetris konjugate bila $x(-t) = x^*(t)$.
- $x(-t) = x_1(-t) + jx_2(-t) = x^*(t) = x_1(t) - jx_2(t)$
- Bagian riilnya fungsi genap dan bagian imajinernya fungsi ganjil.

Sinyal Periodik (1)

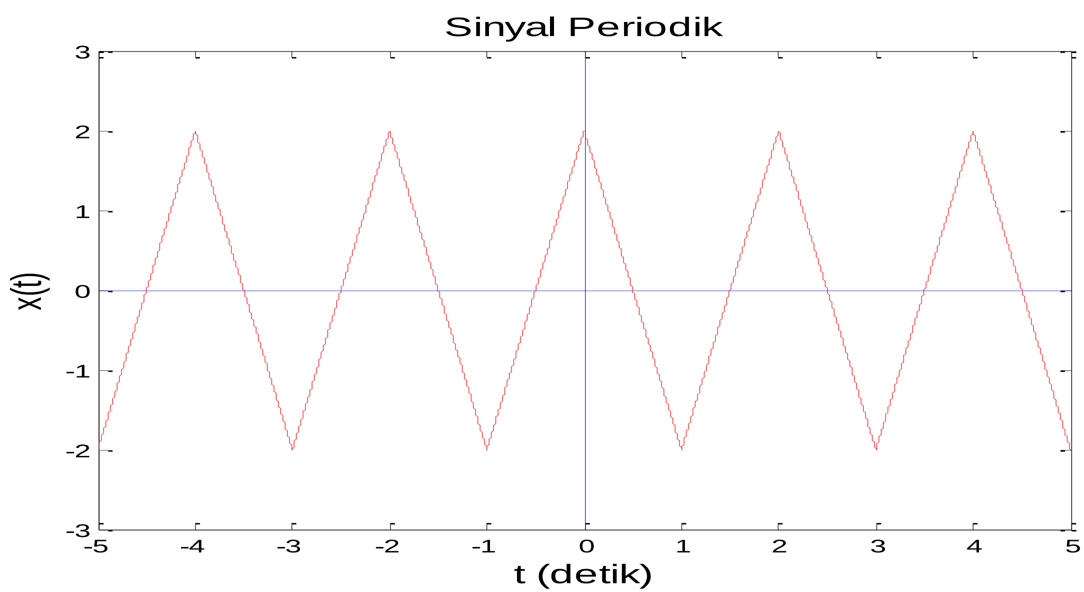
- Sinyal periodik $x(t)$ adalah sebuah fungsi waktu t yang memenuhi kondisi $x(t) = x(t+T)$ untuk semua t, dimana T adalah konstanta positif.
- Bila kondisi tersebut dipenuhi oleh $T = T_0$, maka hal tersebut juga dipenuhi oleh $T = 2T_0, 3T_0, 4T_0, \ldots$.
- Nilai terkecil T yang memenuhi $x(t) = x(t+T)$ disebut perioda dasar sinyal $x(t)$.
- Perioda dasar T mendefinisikan durasi satu siklus penuh sinyal $x(t)$.
- Frekuensi dasar $f = \frac{1}{T}$ dalam hertz (Hz) (1.7)
- Frekuensi sudut $\Omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ dalam radians per detik (1.8)

Sinyal Periodik (2)

- Gelombang $abs(\cos t)$
- $x(t) = x(t+T)$
- $x(t) = \text{abs}(\cos(t))$
- Diselang: $0 \leq t \leq T$.
- $T = 4$ detik.

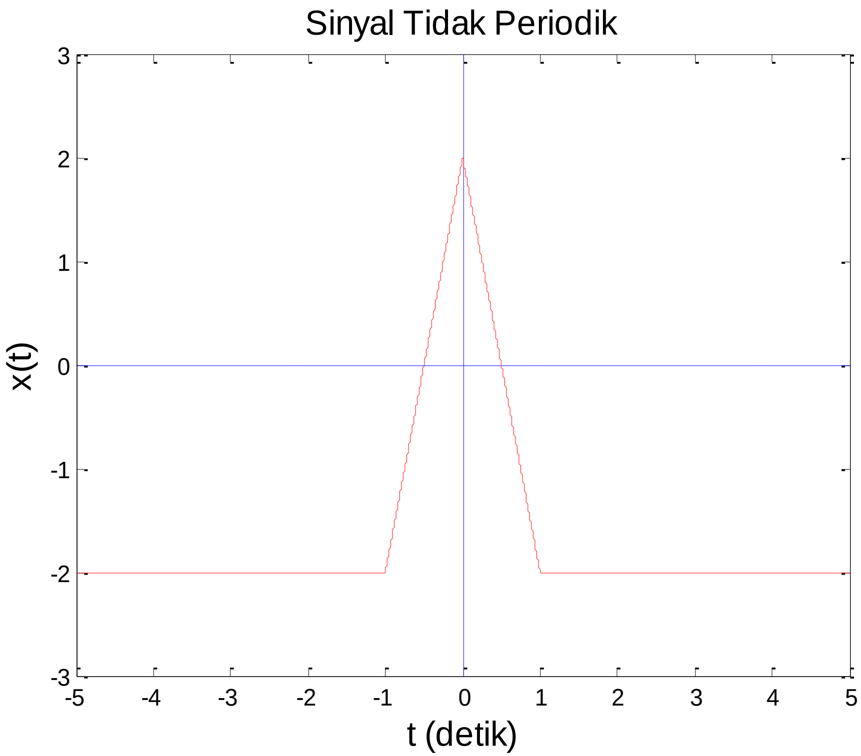


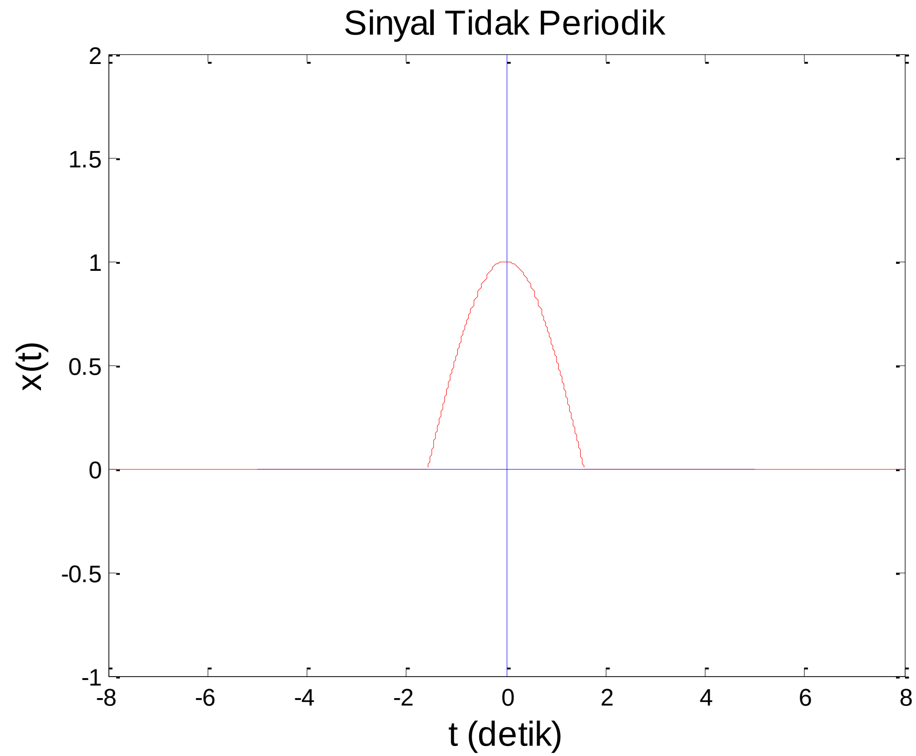
- Gelombang segitiga
- $x(t) = x(t+T)$
- $x(t) = \text{segitiga}(t)$
- Diselang: $0 \leq t \leq T$.
- $T = 2$ detik.



Sinyal Aperiodik atau Sinyal Nonperiodik

- Sinyal sembarang $x(t)$, tidak ada ada nilai T yang memenuhi kondisi $x(t) = x(t + T)$ untuk semua t, maka $x(t)$ disebut sinyal aperiodik atau sinyal nonperiodik.
- Contoh:

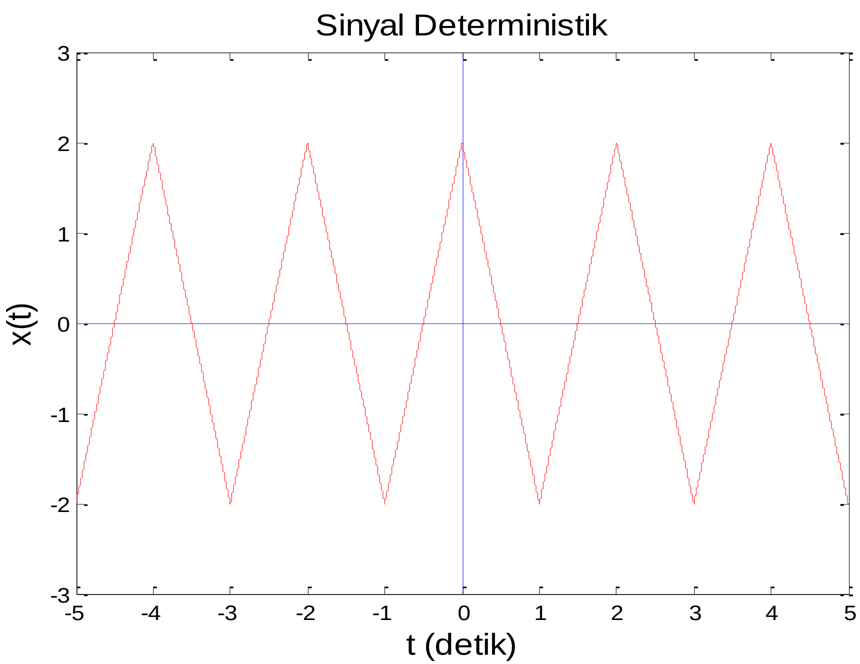


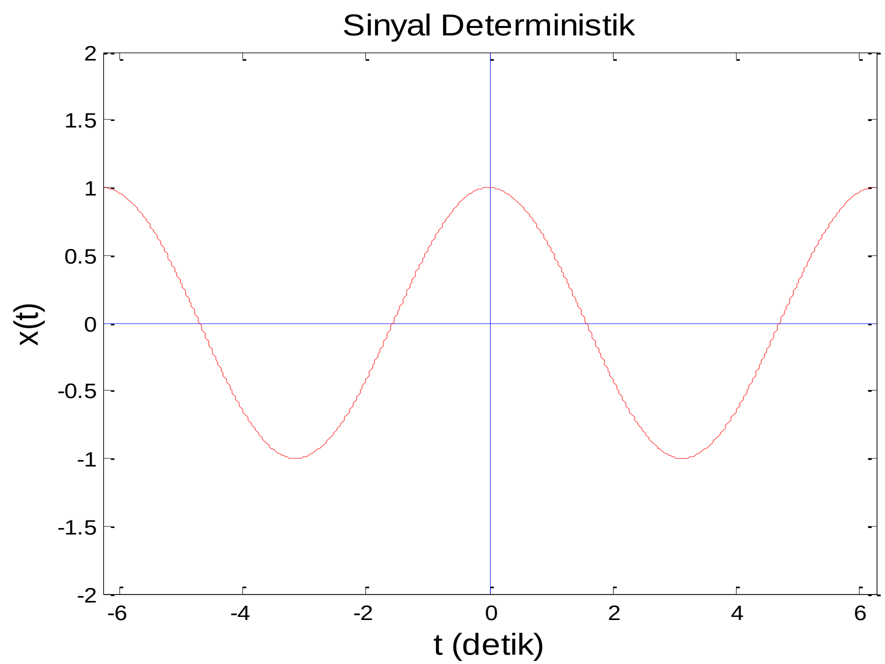


Sinyal Deterministik

- Sinyal deterministik adalah sinyal yang pada setiap saat nilainya dapat ditentukan.
- Sinyal deterministik dapat dimodelkan dengan sebuah fungsi waktu.
- Contoh:
- $x(t) = x(t + T)$

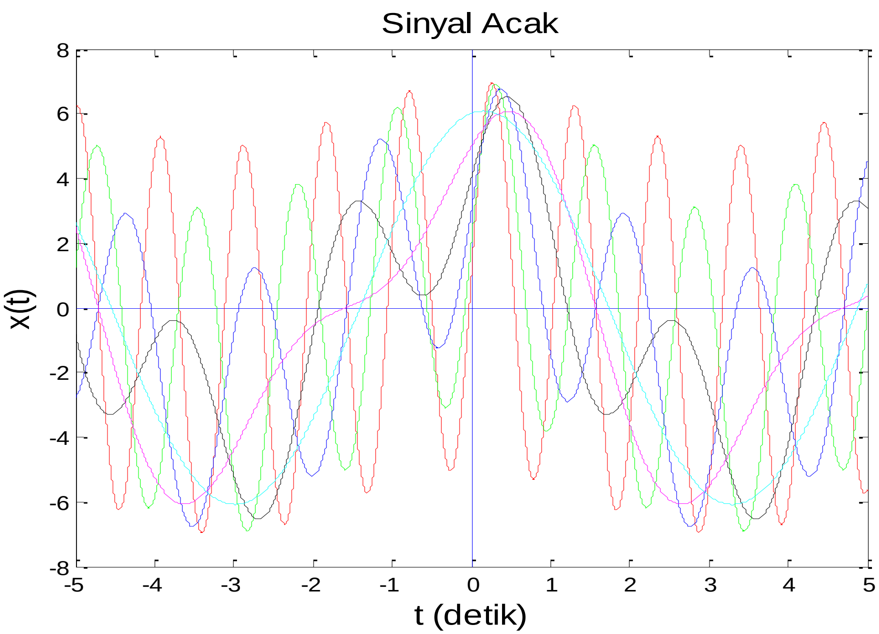
$x(t) = \cos(t)$

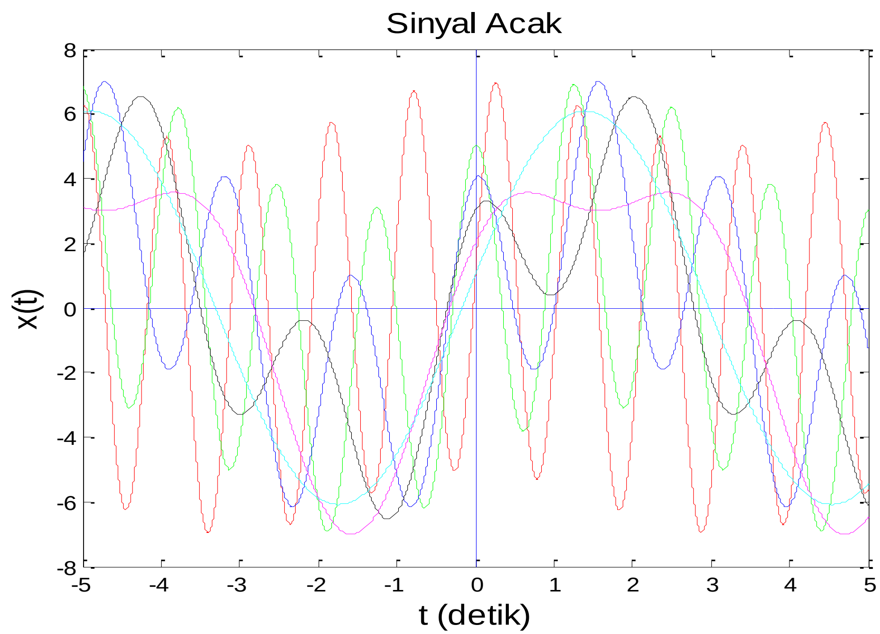




Sinyal Acak (Random Signals)

- Sinyal acak adalah sebuah sinyal yang pada setiap waktu, nilainya mempunyai ketidak-pastian sebelum nilai tersebut ada.
- Sinyal acak dapat dipandang sebagai salah satu anggauta grup sinyal, dimana setiap sinyal dalam grup tersebut mempunyai bentuk gelombang yang berbeda.
- Contoh:





- **Subyek kuliah ini adalah sinyal deterministik.**

Sinyal Elementer Waktu Kontinyu

- Fungsi Step Satuan
- Sinyal Eksponensial.
- Sinyal Sinusoidal.
- Relasi antara sinusoidal dengan sinyal eksponensial kompleks.
- Sinyal Sinusoidal teredam secara eksponensial.
- Fungsi Impuls.
- Fungsi Ramp.
- Fungsi sinc(u).

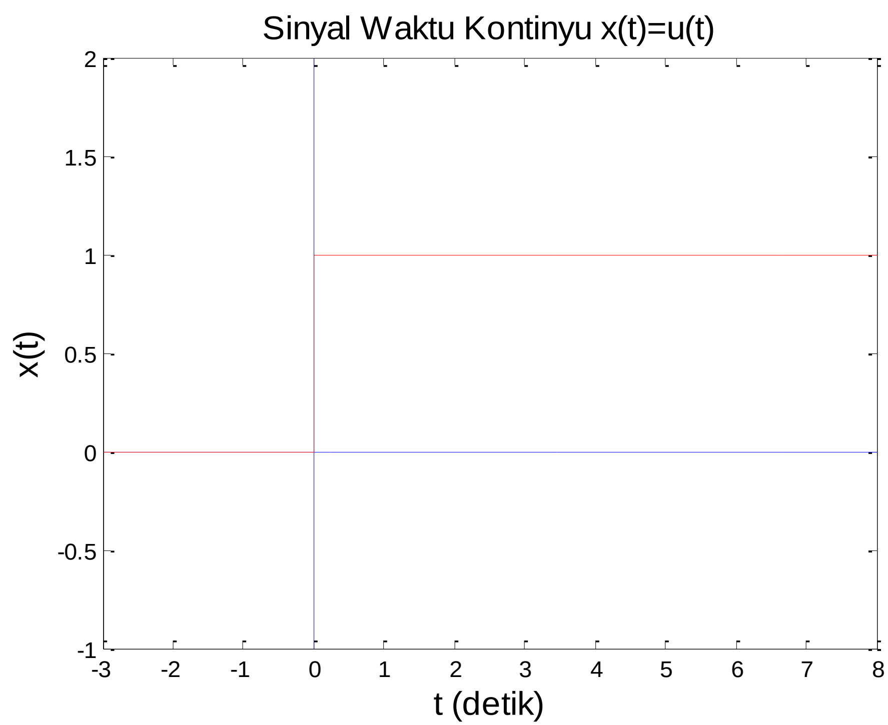
Fungsi Step Satuan $u(t)$

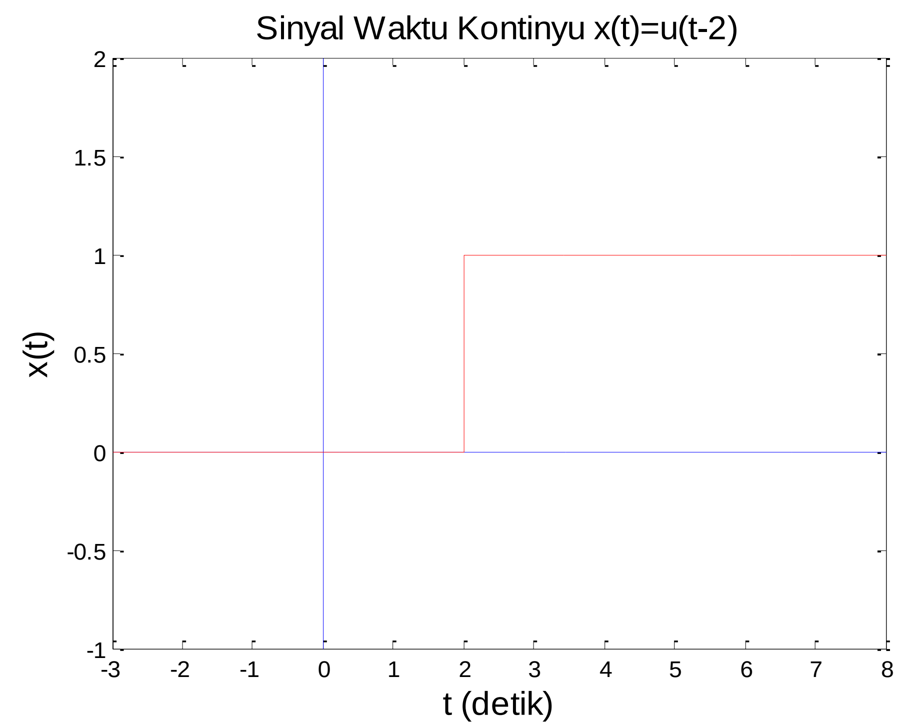
- Fungsi step satuan $u(t)$, juga dikenal sebagai fungsi satuan "Heaviside", didefinisikan dengan:

$$u(t) = \begin{cases} 1, & t > 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}$$

$$u(t - t_0) = \begin{cases} 1, & t > t_0 \\ 0, & t < t_0 \end{cases}$$

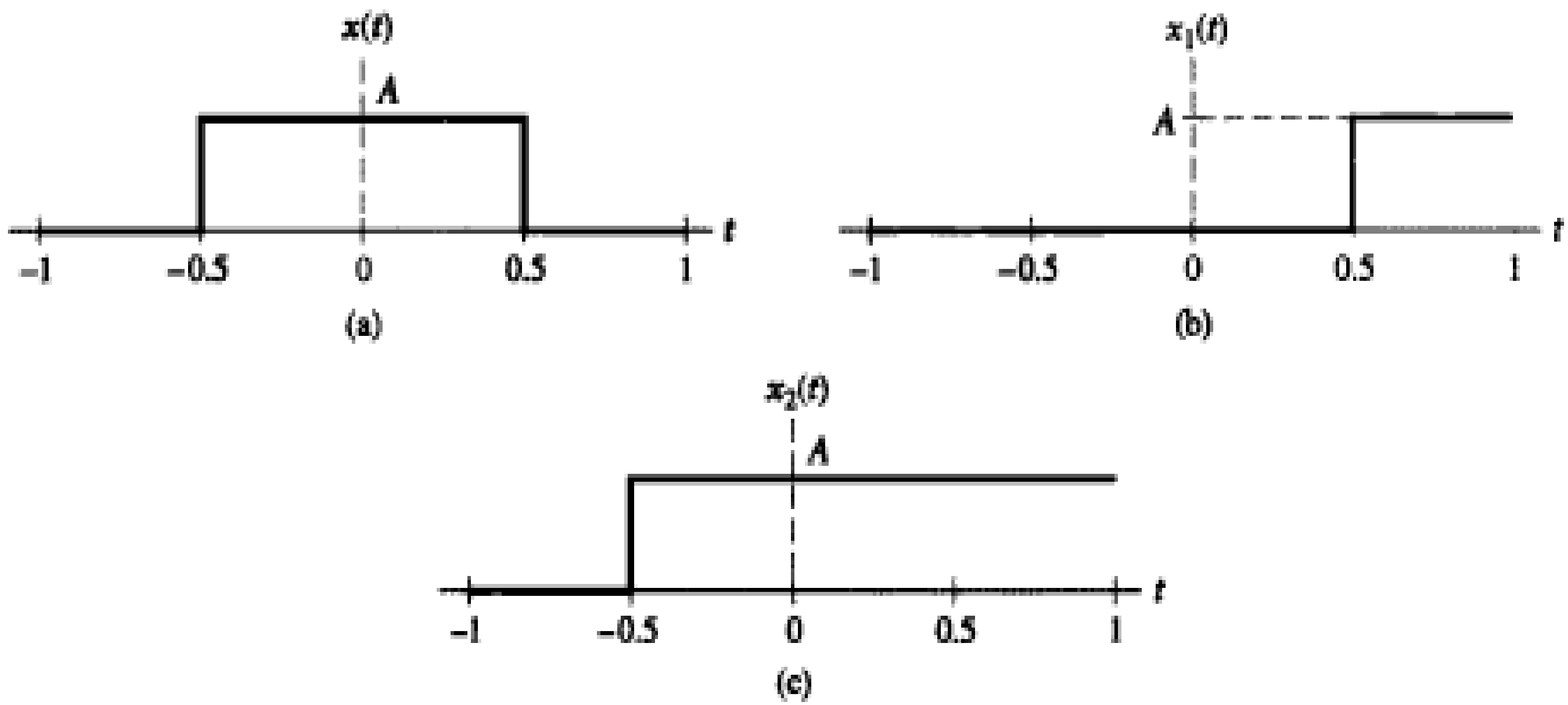
contoh: $t_0 = 2$.





Fungsi Step Satuan $u(t)$

- **Contoh:**
- $x(t) = \begin{cases} 0, & -\infty < t < -0{,}5 \\ A, & -0{,}5 \leq t \leq 0{,}5 \\ 0, & 0{,}5 < t < \infty \end{cases}$
- atau $x(t) = Au(t + 0{,}5) - Au(t - 0{,}5) = x_2(t) - x_1(t)$

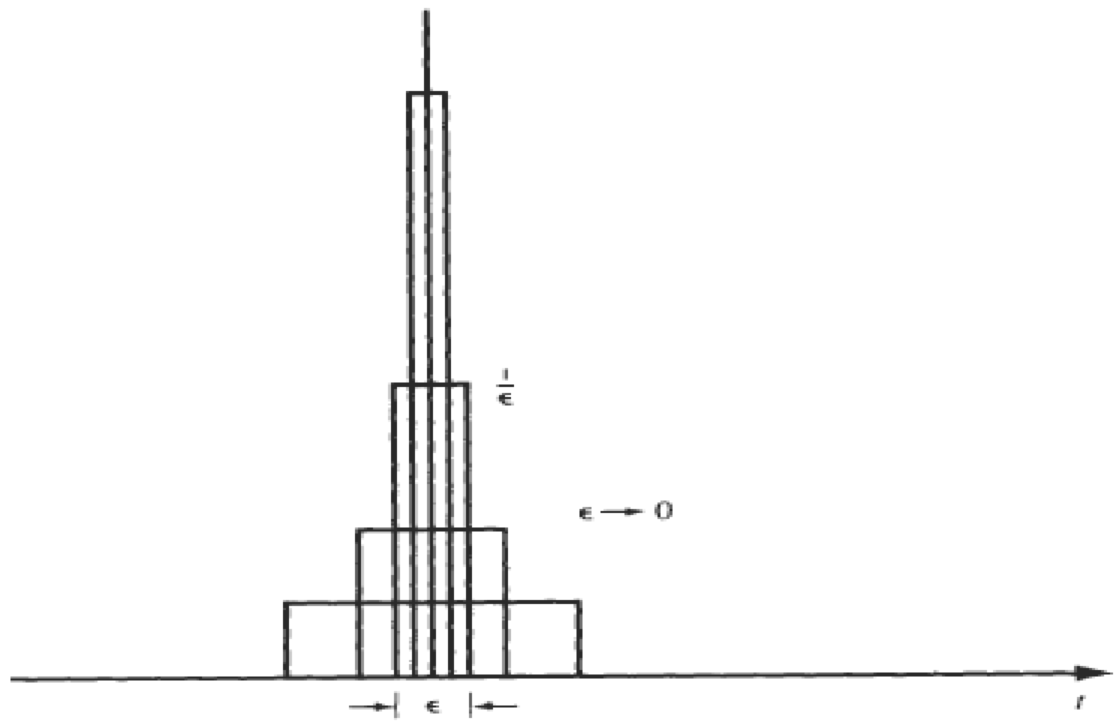


Fungsi Impuls Satuan (1)

- Fungsi impuls satuan $\delta(t)$, juga dikenal sebagai fungsi "Dirac Delta"
- $\delta(t) = \begin{cases} 0, & t \neq 0 \\ \infty, & t = 0 \end{cases}$
- $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t)dt = 1$
- $\int_{-\infty}^{\infty} \Phi(t)\delta(t)dt = \Phi(0)$
- $\delta(t)$ disebut

  fungsi "Generalized"
- $\Phi(t)$ disebut

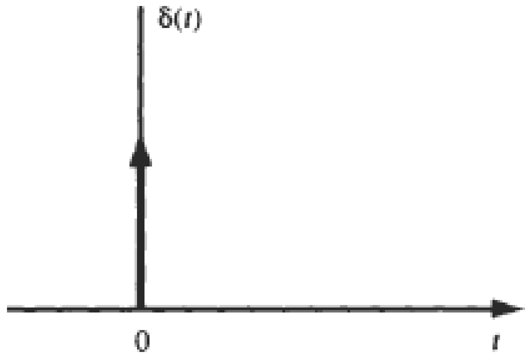
  fungsi "Testing"

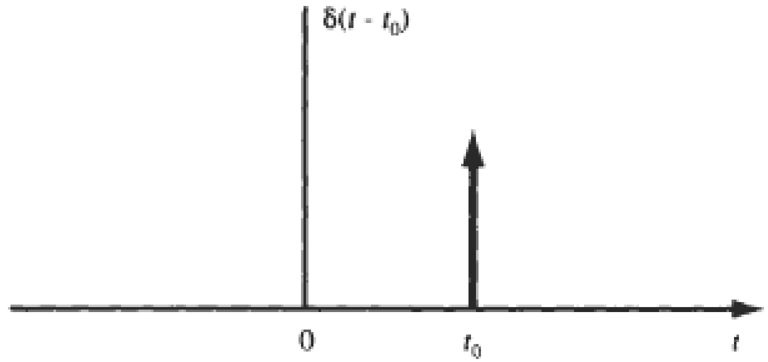


- $\int_{-\infty}^{\infty} \Phi(t)\delta(t - t_0)dt = \Phi(t_0)$

Fungsi Impuls Satuan (2)

- Fungsi $\delta(t)$ Fungsi $\delta(t - t_0)$





- Sifat-sifat: $\delta(at) = \frac{1}{|a|}\delta(t)$

  $\delta(-t) = \delta(t)$

  $x(t)\delta(t) = x(0)\delta(t)$ bila $x(t)$ kontinyu di $t = 0$.

  $x(t)\delta(t - t_0) = x(t_0)\delta(t - t_0)$ bila $x(t)$ kontinyu di $t = t_0$.

- Setiap sinyal kontinyu $x(t)$ dapat dinyatakan sebagai:

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)\delta(t - \tau)d\tau$$

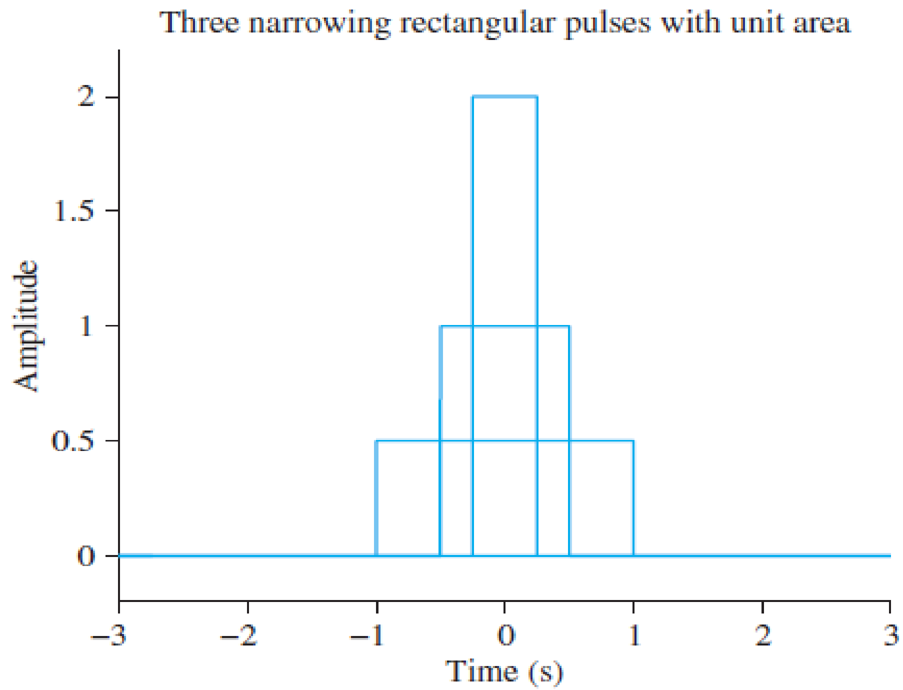
$\delta(t)$ didefinisikan sebagai limit pulsa yang disempitkan dengan luas =1

$$x_1(t) = \begin{cases} \frac{1}{T}, & -\frac{T}{2} < t < \frac{T}{2} \\ 0, & nilai\ lain \end{cases}, \quad -\infty < t < \infty$$

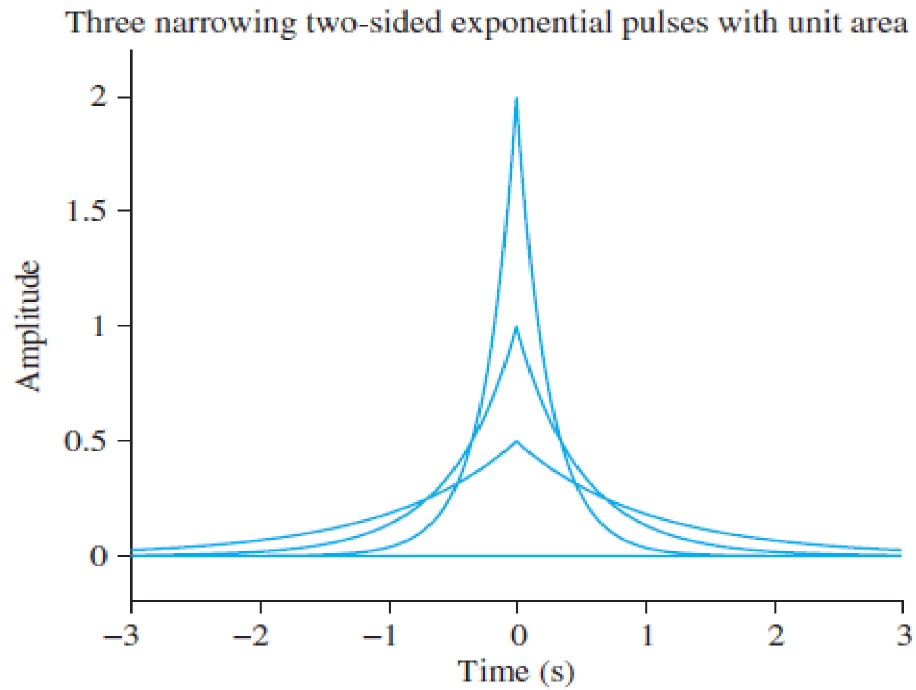
$$\lim_{T\to 0} x_1(t) = \delta(t)$$

$$x_2(t) = \frac{1}{2\tau} e^{-\frac{|t|}{\tau}}, \quad -\infty < t < \infty$$

$$\lim_{\tau\to 0} x_2(t) = \delta(t)$$



(a) Rectangular pulses



(b) Exponential pulses

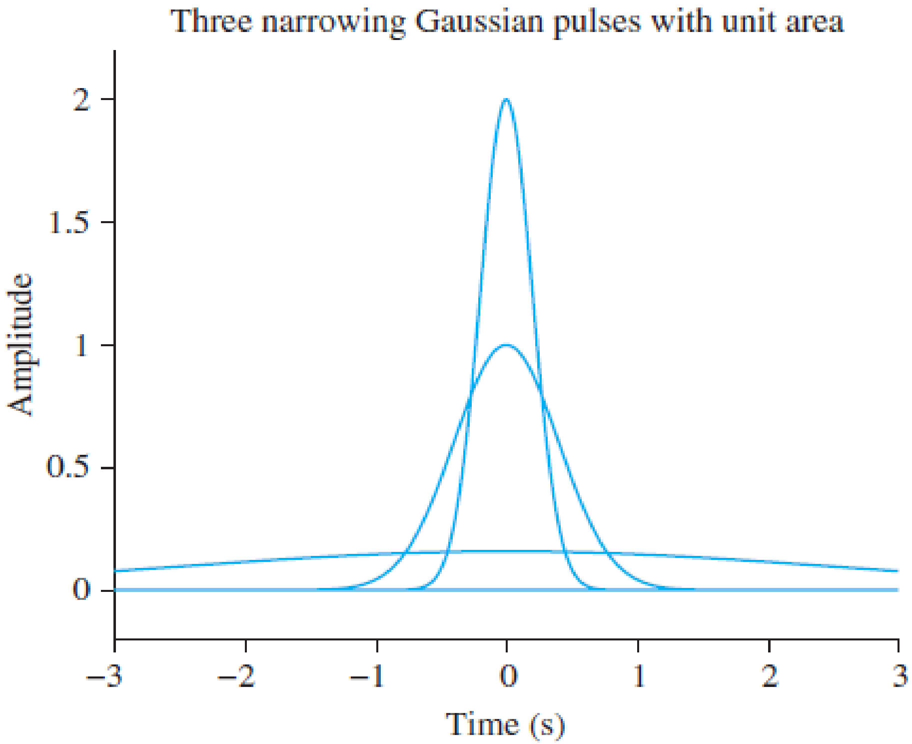
$\delta(t)$ didefinisikan sebagai limit pulsa yang disempitkan dengan luas =1

$$x_3(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}, \ -\infty < t < \infty$$

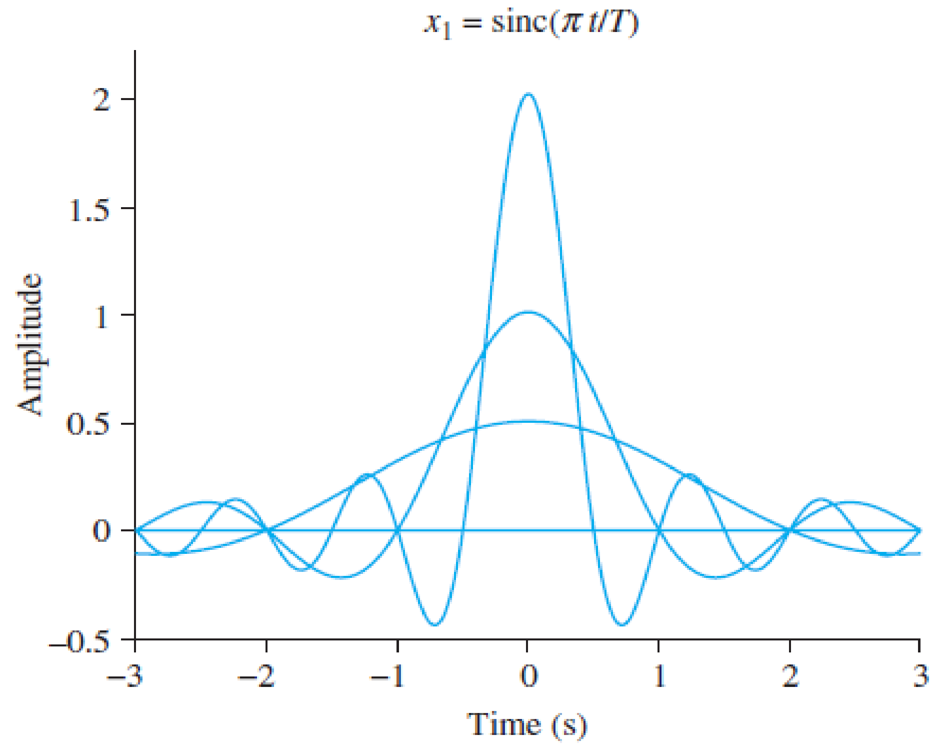
$$\lim_{\sigma \to 0} x_3(t) = \delta(t)$$

$$x_4(t) = \frac{\sin\left(\frac{\pi t}{T}\right)}{\frac{\pi t}{T}}, \ -\infty < t < \infty$$

$$\lim_{T \to 0} x_4(t) = \delta(t)$$



(*c*) Gaussian pulses



(*d*) Sinc pulses

Turunan Fungsi "Generalized"

- Bila $g(t)$ adalah fungsi "Generalized"
- Maka

$$g^{(n)}(t) = \frac{d^n g(t)}{dt^n} = \int_{-\infty}^{\infty} \Phi\,(t) g^{(n)}(t) dt = (-1)^n \int_{-\infty}^{\infty} \Phi^{(n)}(t) g(t) dt$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \Phi(t)\delta'(t)dt = -\Phi'(0)$$

- $\delta(t)$ adalah turunan dari $u(t)$: $\delta(t) = \frac{d}{dt}u(t)$
- $u(t)$ adalah integral dari $\delta(t)$: $u(t) = \int_{-\infty}^{t} \delta(\tau)d\tau$

Sinyal Eksponensial Kompleks

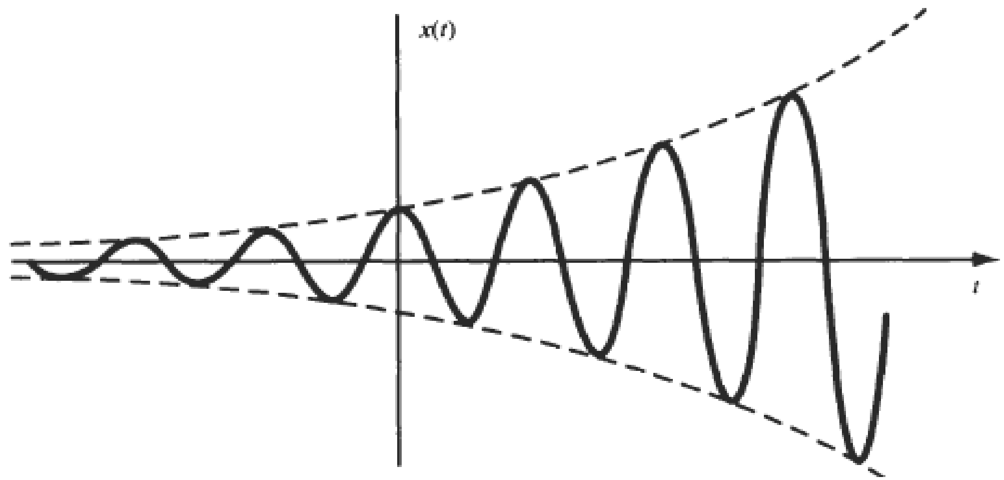
- Sinyal eksponensial kompleks $x(t) = e^{j\Omega_0 t}$,
- Dengan rumus Euler: $x(t) = e^{j\Omega t} = \cos\Omega_0 t + j\sin\Omega_0 t$
- $x(t)$ adalah sinyal kompleks, dimana $\cos\Omega_0 t$ adalah bagian riil dan $\sin\Omega_0 t$ adalah bagian imajiner.
- $x(t) = e^{j\Omega_0 t}$ adalah sinyal periodik, perioda dasar T_0, dimana $T_0 = \frac{2\pi}{\Omega_0}$ detik
- $x(t) = e^{j\Omega_0 t}$ adalah sinyal periodik untuk nilai Ω_0 sembarang,

  $\Omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = 2\pi f_0$ adalah frekuensi sudut [radian/detik].

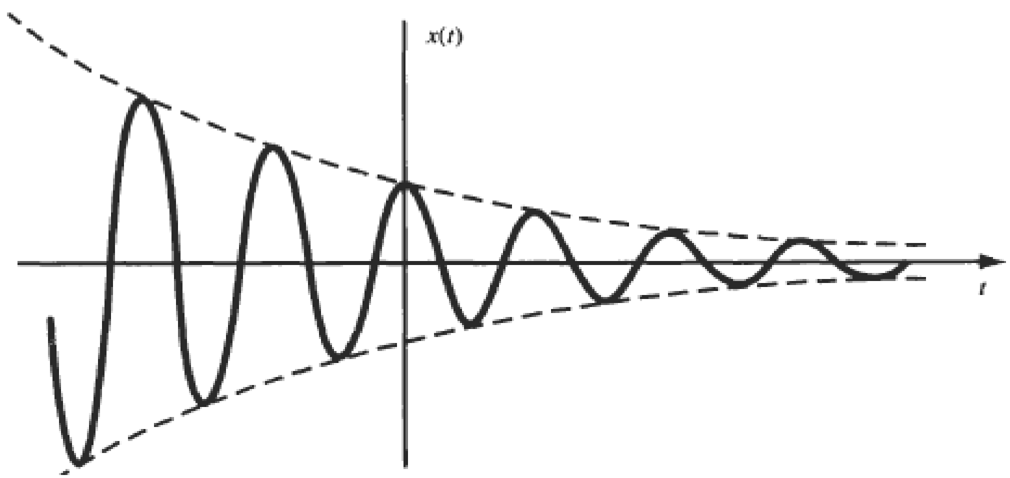
- **Sinyal eksponensial kompleks umum:**
- Bila $s = \sigma + j\Omega$ adalah bilangan kompleks, definisikan:
- $x(t) = e^{st} = e^{(\sigma + j\Omega t)} = e^{\sigma t}(\cos\Omega t + j\sin\Omega t)$
- $e^{\sigma t}\cos\Omega t$ adalah bagian riil.
- $e^{\sigma t}\sin\Omega t$ adalah bagian imajiner.

Sinyal Eksponensial Kompleks Umum

- $x(t) = e^{st} = e^{(\sigma + j\Omega t)} = e^{\sigma t}(\cos \Omega t + j \sin \Omega t)$
- $\Omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ radian/detik
- $\sigma > 0$



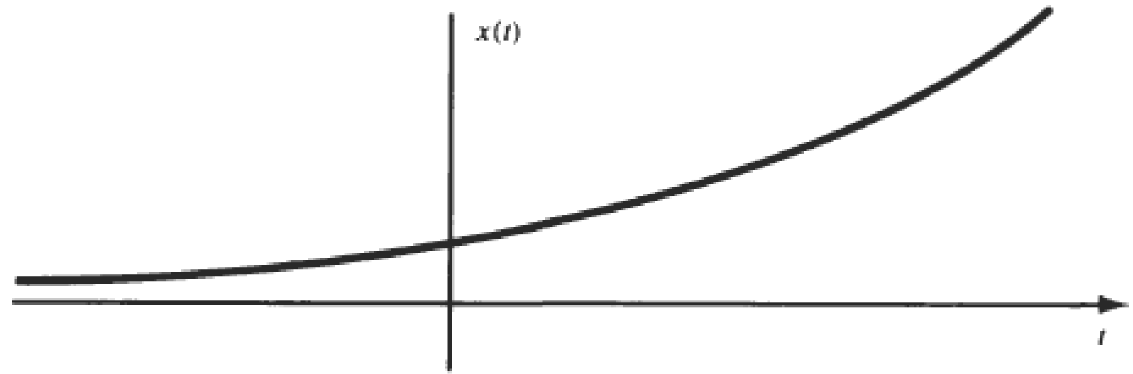
- $\sigma < 0$



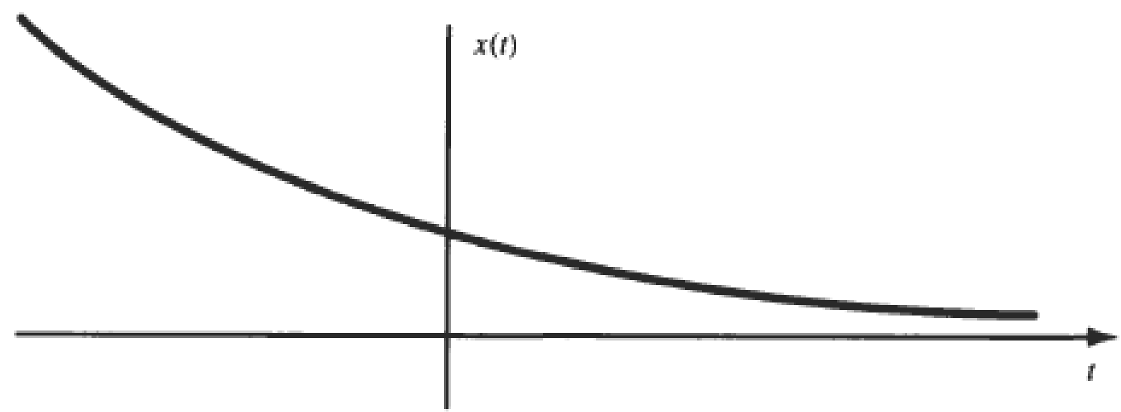
Sinyal Eksponensial Riil

- Sinyal eksponensial riil $x(t) = Be^{\sigma t}$, dimana B dan σ adalah parameter riil.

- $\sigma > 0$

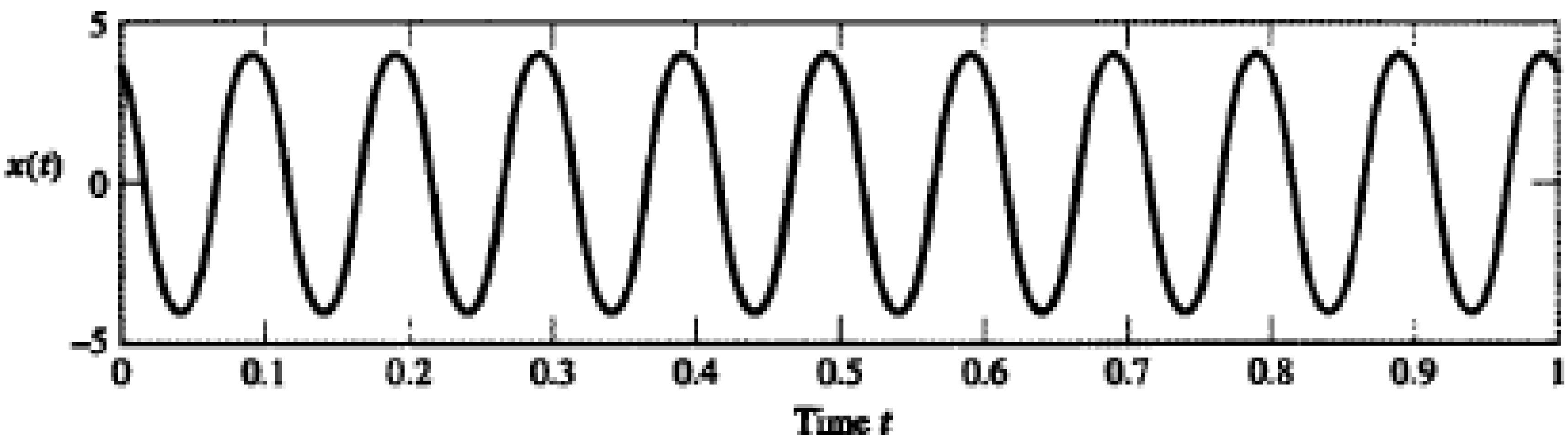


- $\sigma < 0$



Sinyal Sinusoidal

- Sinyal waktu kontinyu $x(t) = A\cos(\Omega t + \emptyset)$
- Sinyal sinusoidal adalah sinyal periodik, periodanya $T = \frac{2\pi}{\Omega}$ detik.
- $x(t+T) = A\cos(\Omega(t+T) + \emptyset) = A\cos(\Omega t + \Omega T + \emptyset)$
  $= A\cos(\Omega t + 2\pi + \emptyset) = A\cos(\Omega t + \emptyset) = x(t)$
- Contoh: $x(t) = 4\cos(\Omega t + \pi/6)$



Relasi antara sinusoidal dan complex exponential Signals

- Sinyal eksponensial riil $x(t) = Be^{at}$, dimana B dan a adalah parameter-parameter riil.
- Sinyal eksponensial kompleks $x(t) = Be^{at}$, dimana $B = Ae^{j\emptyset}$ adalah parameter kompleks dan $a = j\Omega$.

Eksponensial kompleks $e^{j\emptyset} = \cos\emptyset + j\sin\emptyset$

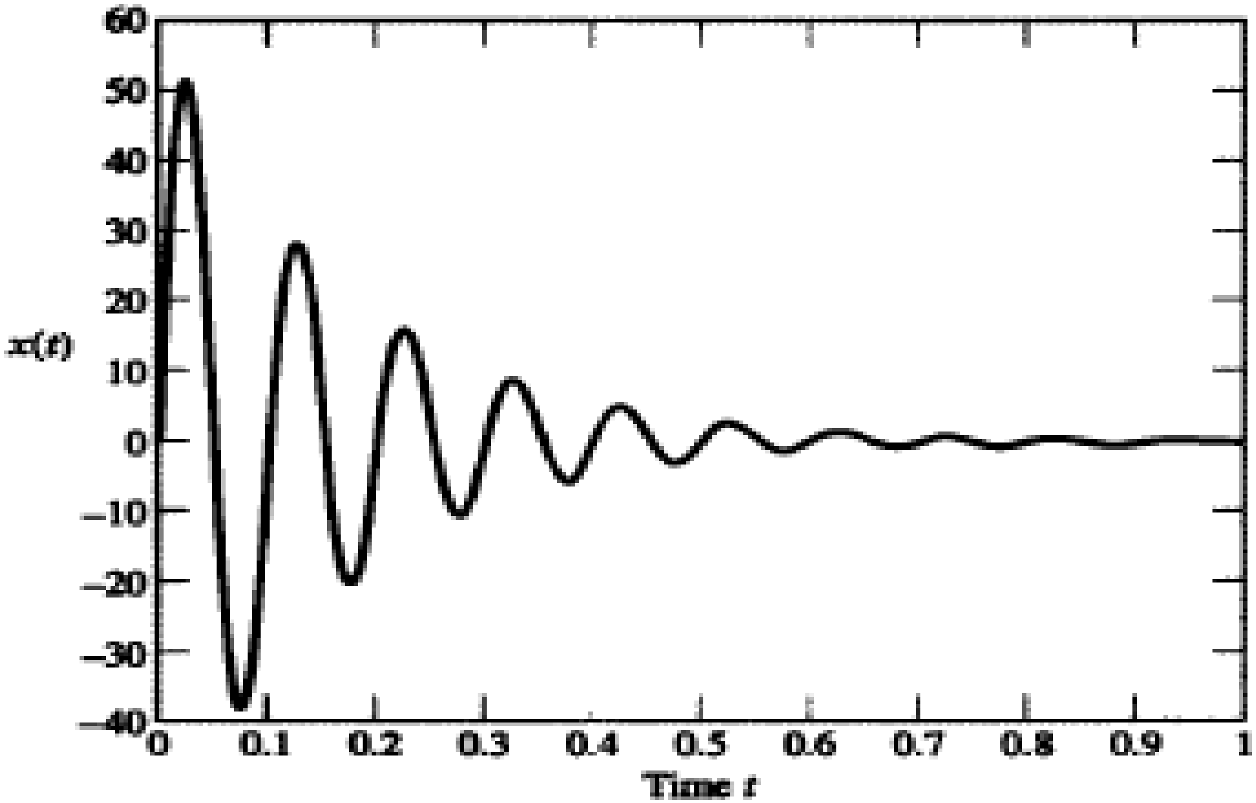
Sinyal eksponensial kompleks $x(t) = Ae^{j\emptyset}e^{j\Omega t} = Ae^{j(\Omega t+\emptyset)}$

Bagian riil dari $x(t)$: $\mathrm{Re}\{x(t)\} = A\cos(\Omega t + \emptyset)$

Bagian imajiner dari $x(t)$: $\mathrm{Im}\{x(t)\} = A\sin(\Omega t + \emptyset)$

Sinyal Sinusoidal Teredam Eksponensial

- $x(t) = Ae^{-\alpha t}\sin(\Omega t + \emptyset)$
- Contoh: $x(t) = 60e^{-6t}\sin(\Omega t)$

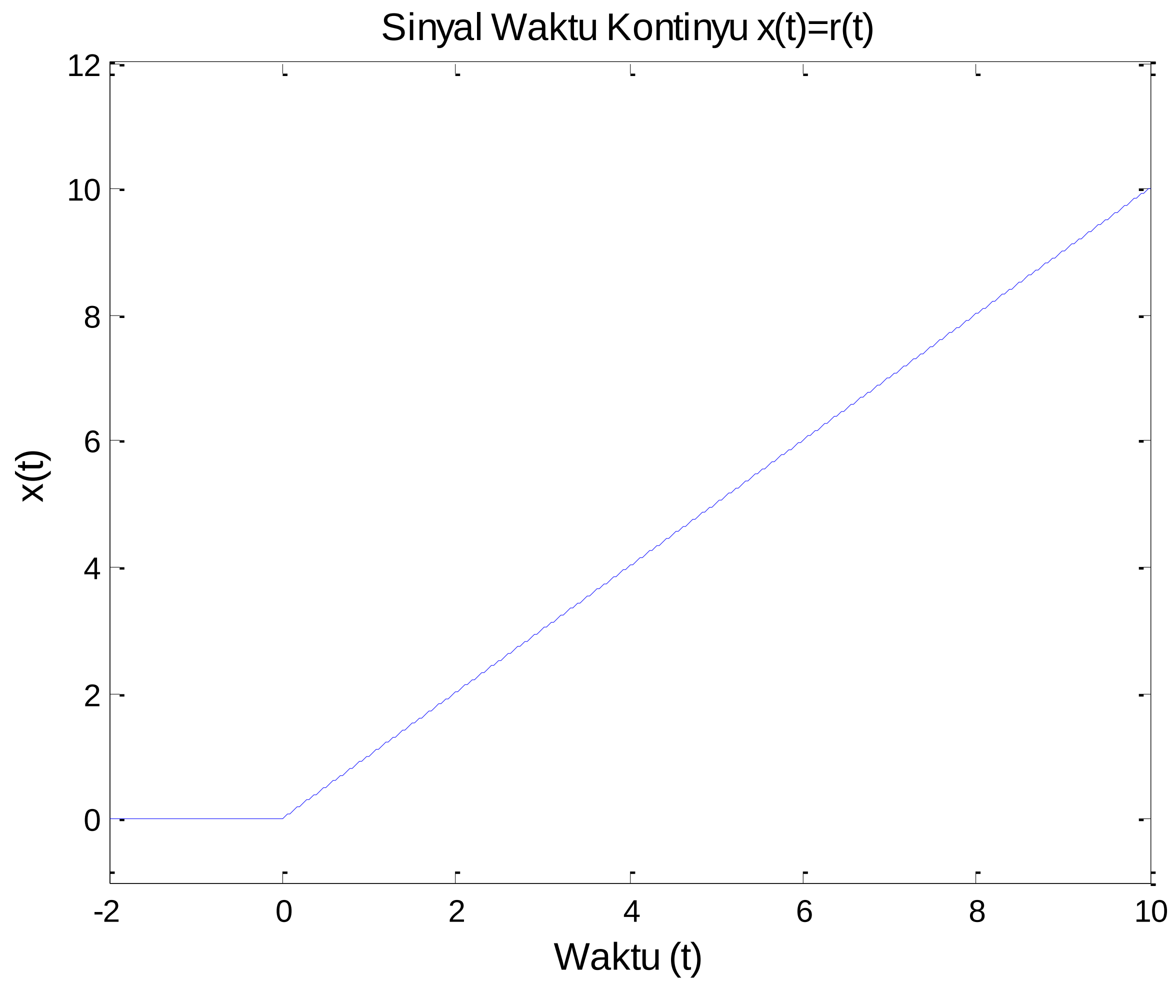


Fungsi Ramp $r(t)$

- Fungsi ramp didefinisikan dengan persamaan

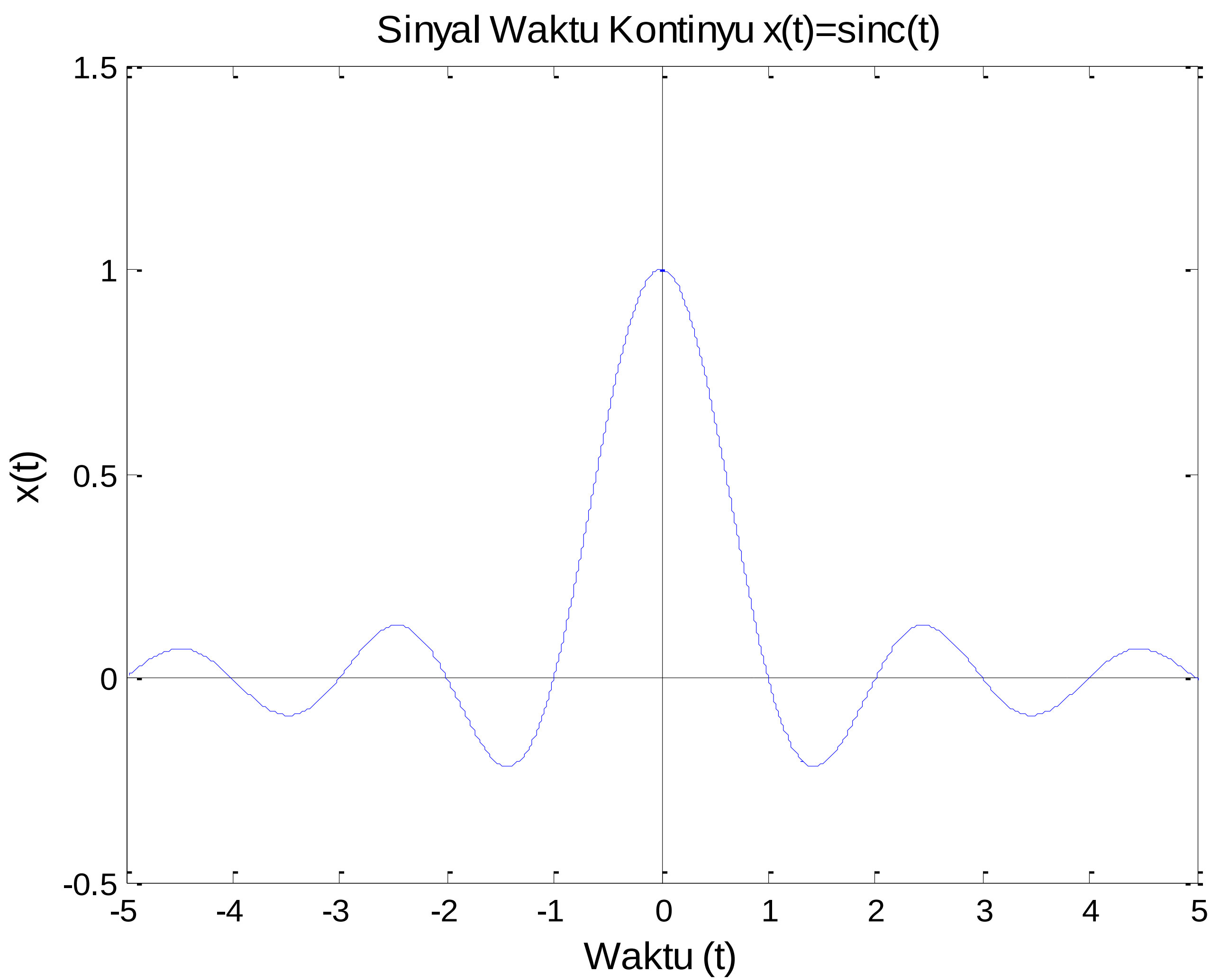
$$r(t) = \begin{cases} t, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}$$

atau $r(t) = tu(t)$

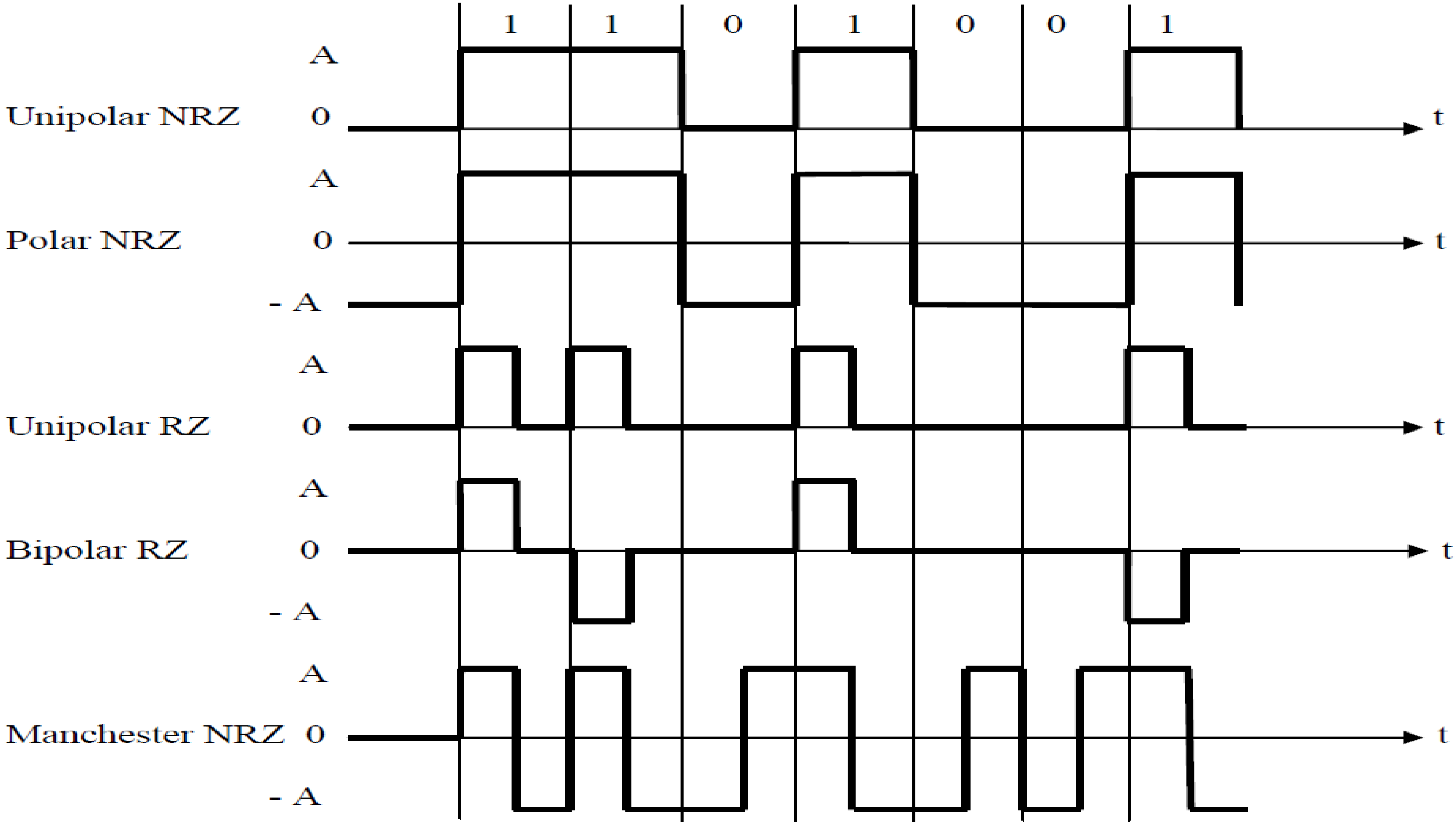


Fungsi $\mathrm{sinc}(t) = \dfrac{\sin(\pi t)}{\pi t}$

- $x(t) = \dfrac{\sin(\pi t)}{\pi t}$

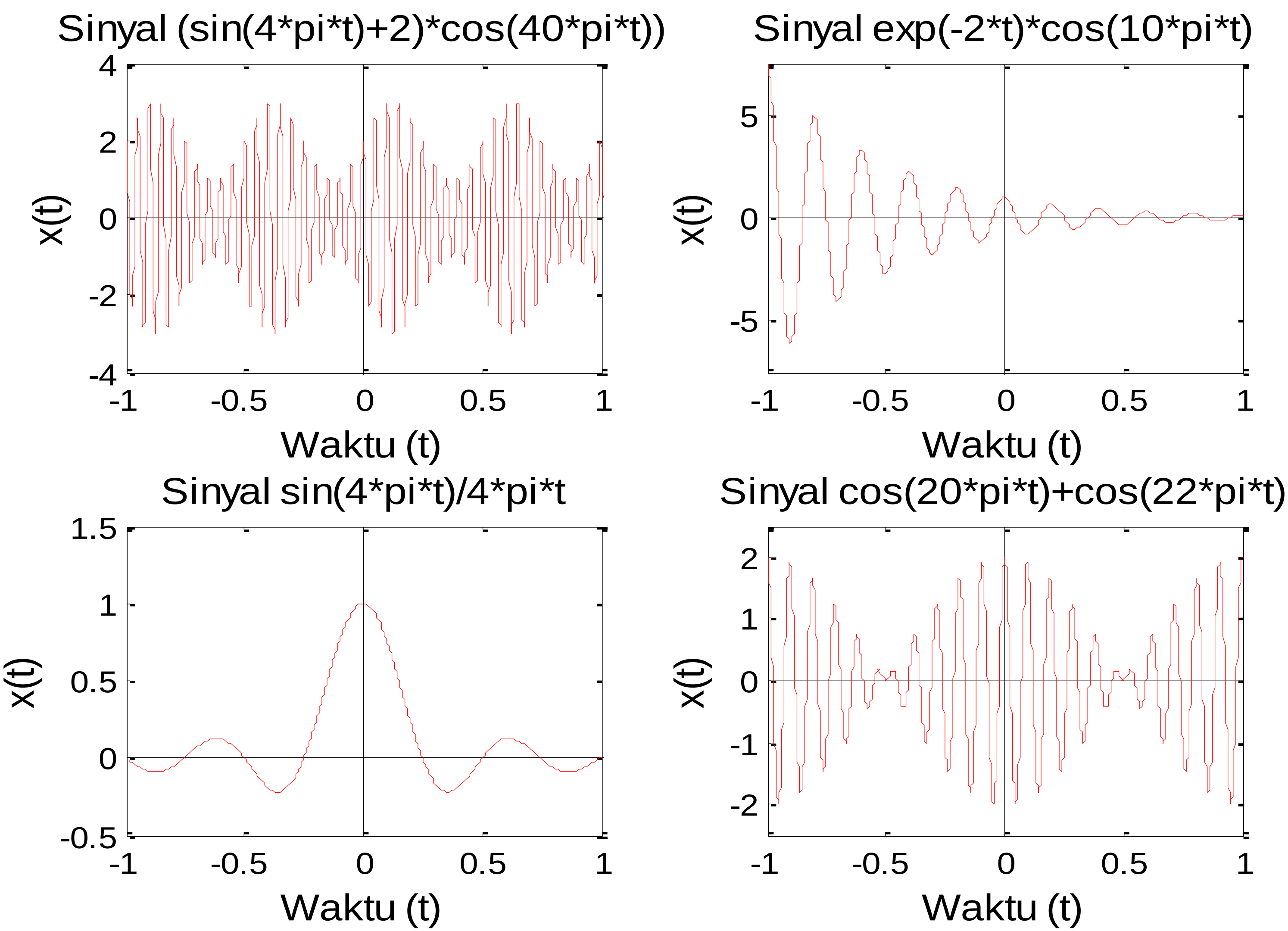


Format pensinyalan Binary



Sinyal-Sinyal

- **Contoh**



Sinyal Energy dan Sinyal Power (1)

- Perhatikan tegangan $v(t)$ diterminal sebuah resistor R, tegangan tersebut menghasilkan arus $i(t)$.
- Power sesaat yang didisipasikan diresistor ini adalah

$$p(t) = \frac{v^2(t)}{R} \quad atau \quad p(t) = Ri^2(t)$$

- Didefinisikan power di resistor 1-ohm:

$$p(t) = v^2(t) = i^2(t) = x^2(t)$$

- Berdasarkan konvensi ini, kita definisikan **total energy** sinyal waktu kontinyu $x(t)$ sebagai:

$$E = \lim_{T\to\infty} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x^2(t)dt = \int_{-\infty}^{\infty} x^2(t)dt$$

Energy Signals and Power Signals (2)

- Kita definisikan power rata-rata diwaktu atau **power rata-rata** sebagai

$$P = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x^2(t)dt$$

- Power rata-rata sebuah sinyal periodik $x(t)$ dengan perioda fundamental T dinyatakan oleh persamaan:

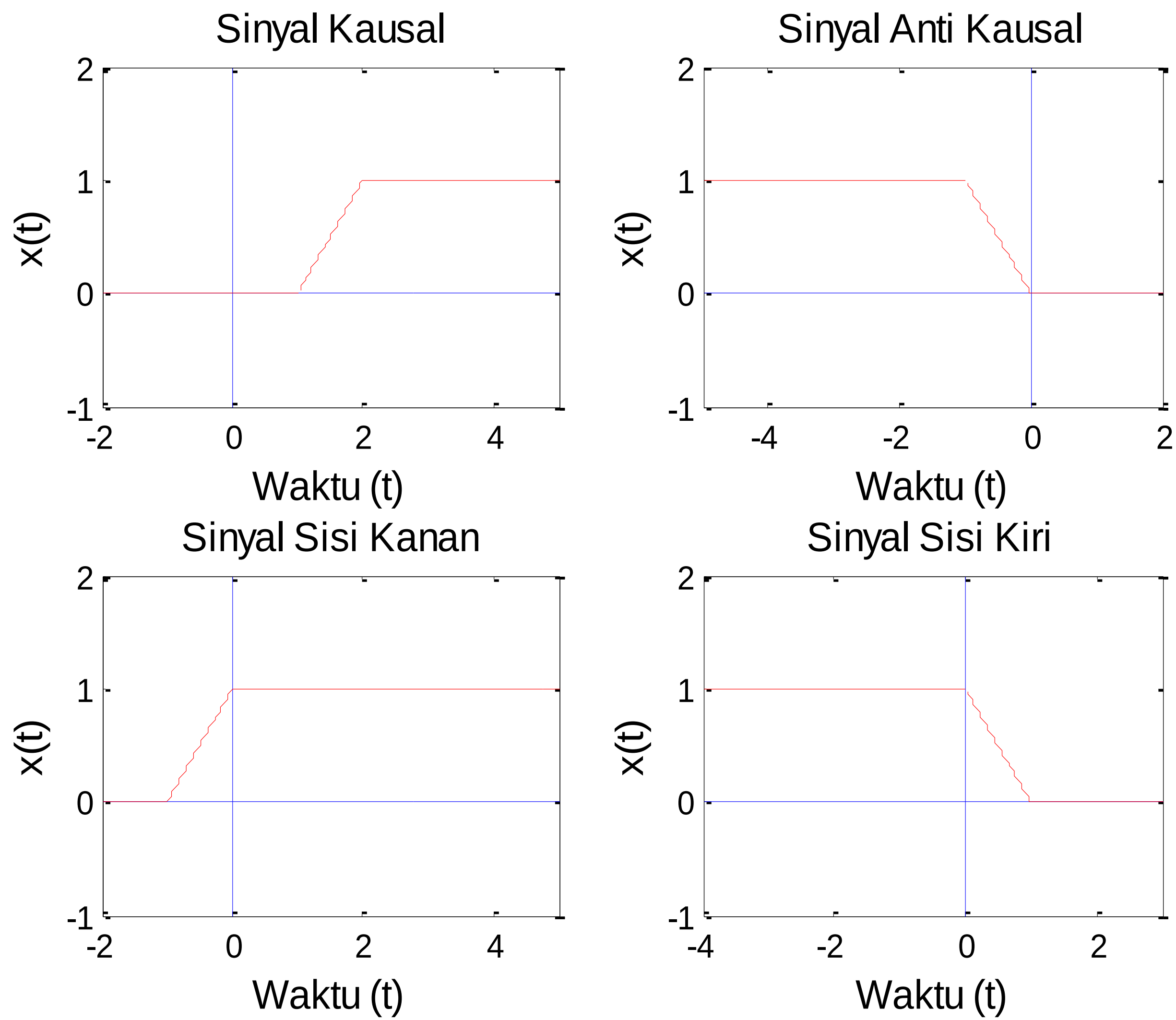
$$P = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x^2(t)dt$$

- Sebuah sinyal disebut sebagai **sinyal energy** jika dan hanya jika total energy: $0 < E < \infty$
- Sebuah sinyal disebut sebagai **sinyal power** jika dan hanya power rata-rata: $0 < P < \infty$

Klasifikasi sinyal berdasarkan durasi

- Sinyal Kausal
- Sinyal Anti Kausal

- Sinyal Sisi Kanan
- Sinyal Sisi Kiri

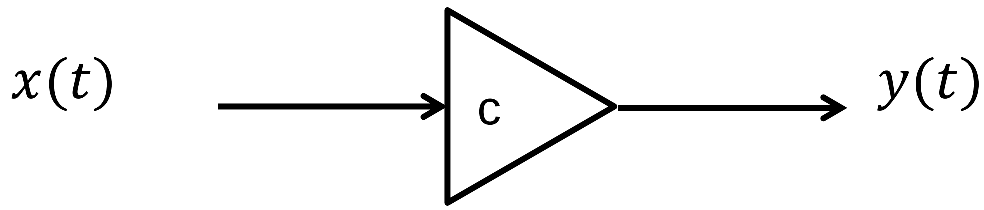


Dasar-Dasar Operasi terhadap Sinyal

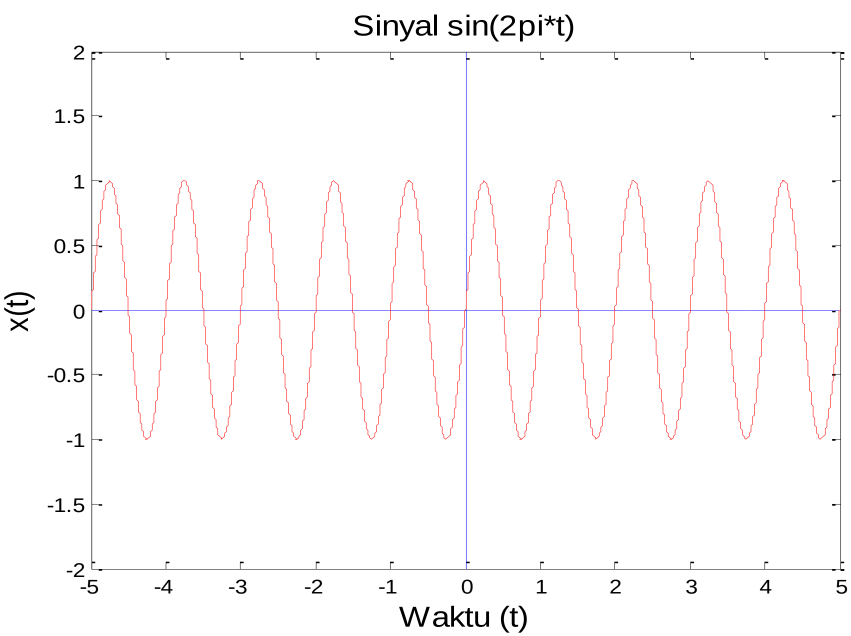
- **Operasi terhadap variabel tidak bebas.**
  - Penskalaan amplitudo.
  - Penjumlahan.
  - Perkalian.
  - Differensiasi.
  - Integrasi.
- **Operasi terhadap variabel bebas.**
  - Penskalaan waktu.
  - Refleksi.
  - Pergeseran waktu.

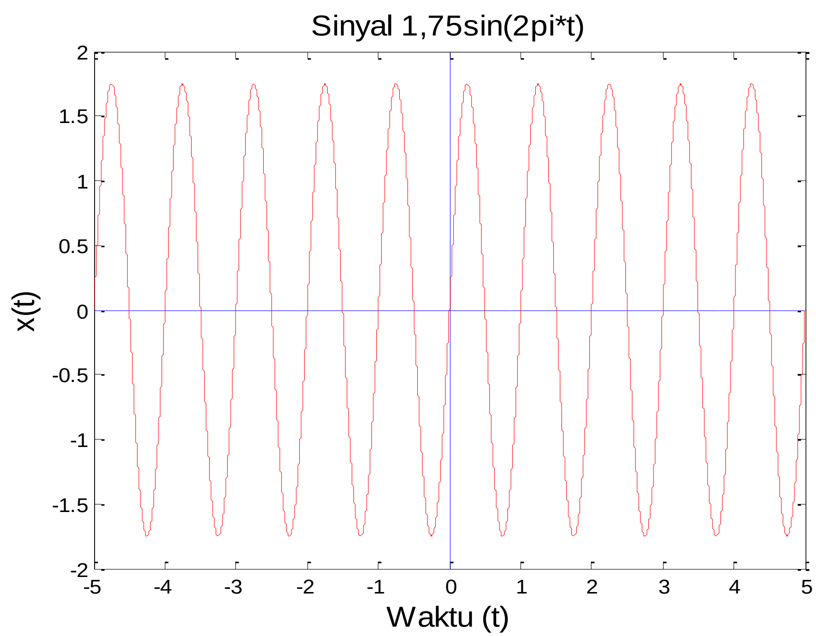
Operasi terhadap Variabel Tidak Bebas (1)

- **Penskalaan Amplitudo**: $y(t) = cx(t)$



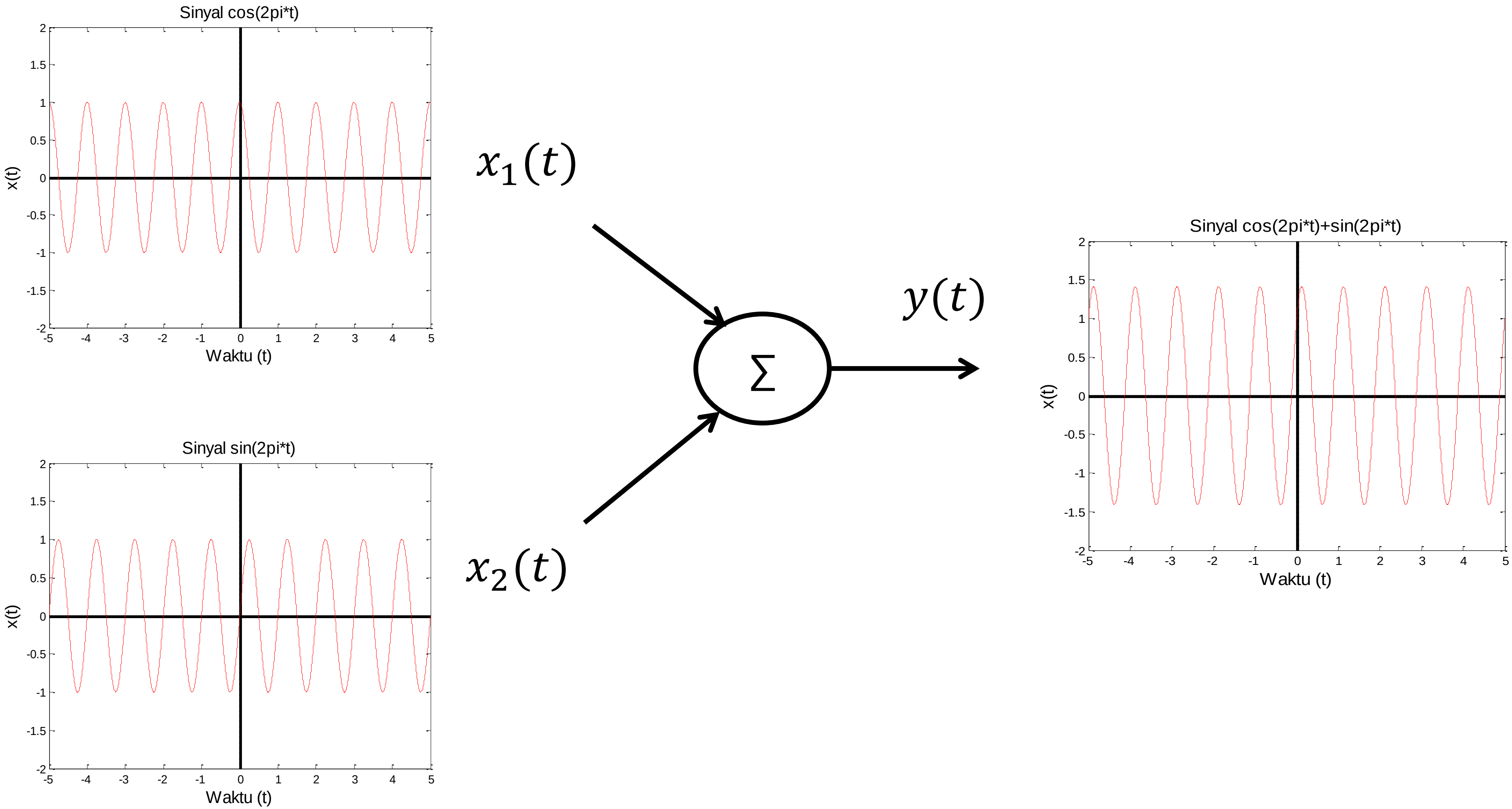
$$c = 1{,}75$$





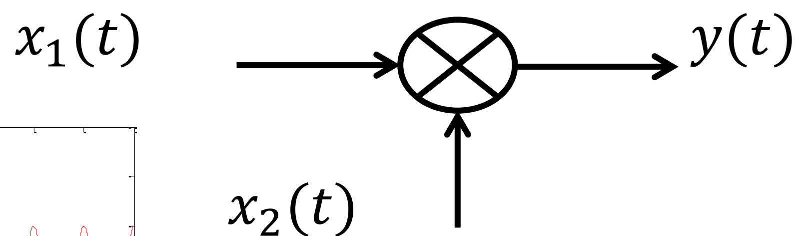
Operasi terhadap Variabel Tidak Bebas (2)

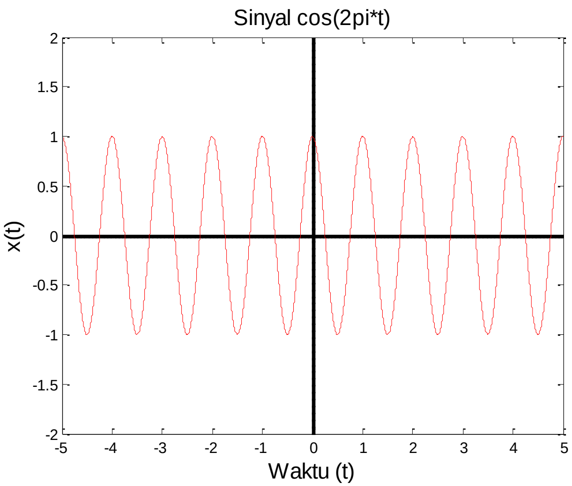
- **Penjumlahan**: $y(t) = x_1(t) + x_2(t)$

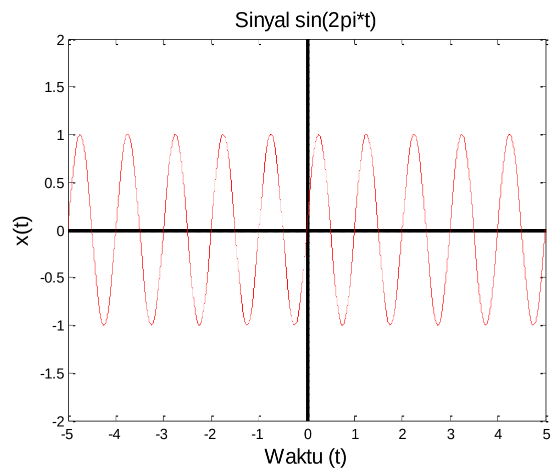


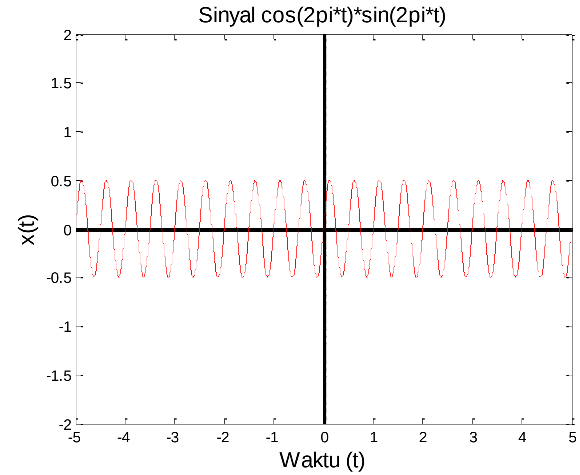
Operasi terhadap Variabel Tidak Bebas (3)

- **Perkalian**: $y(t) = x_1(t)x_2(t)$



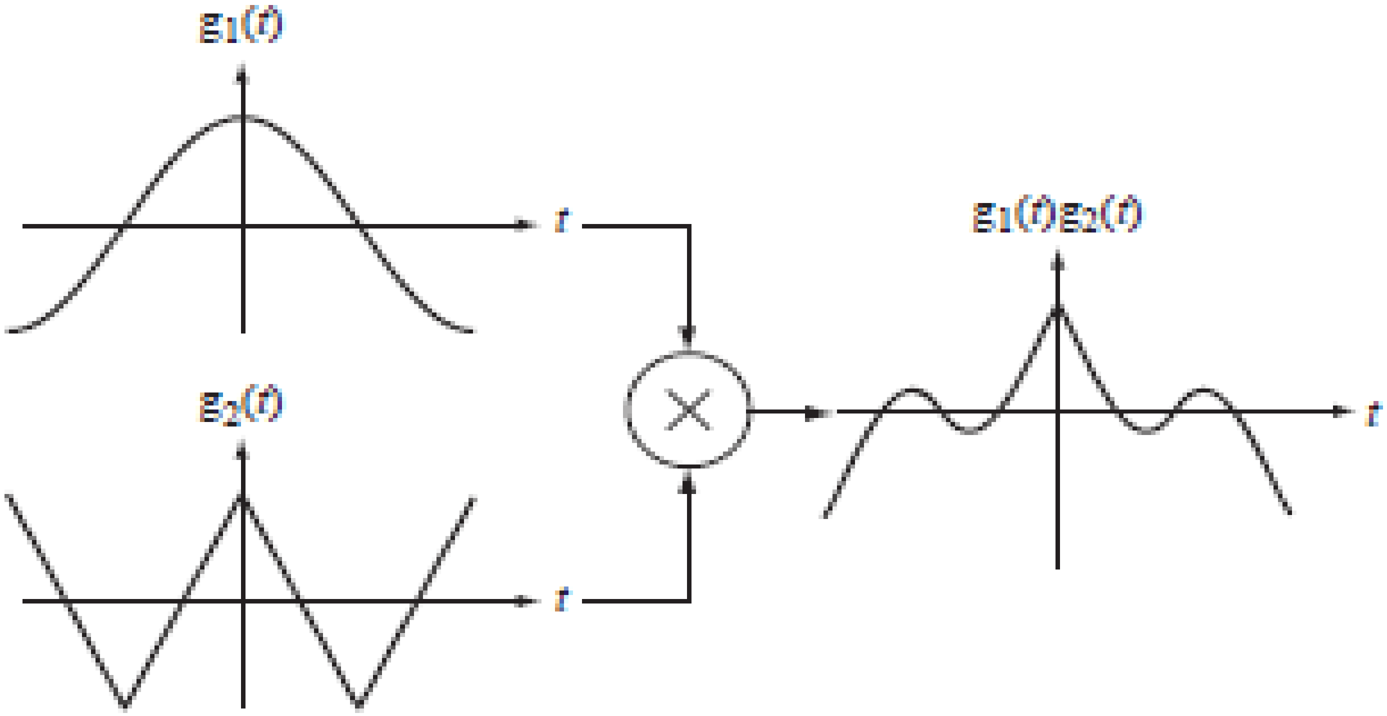






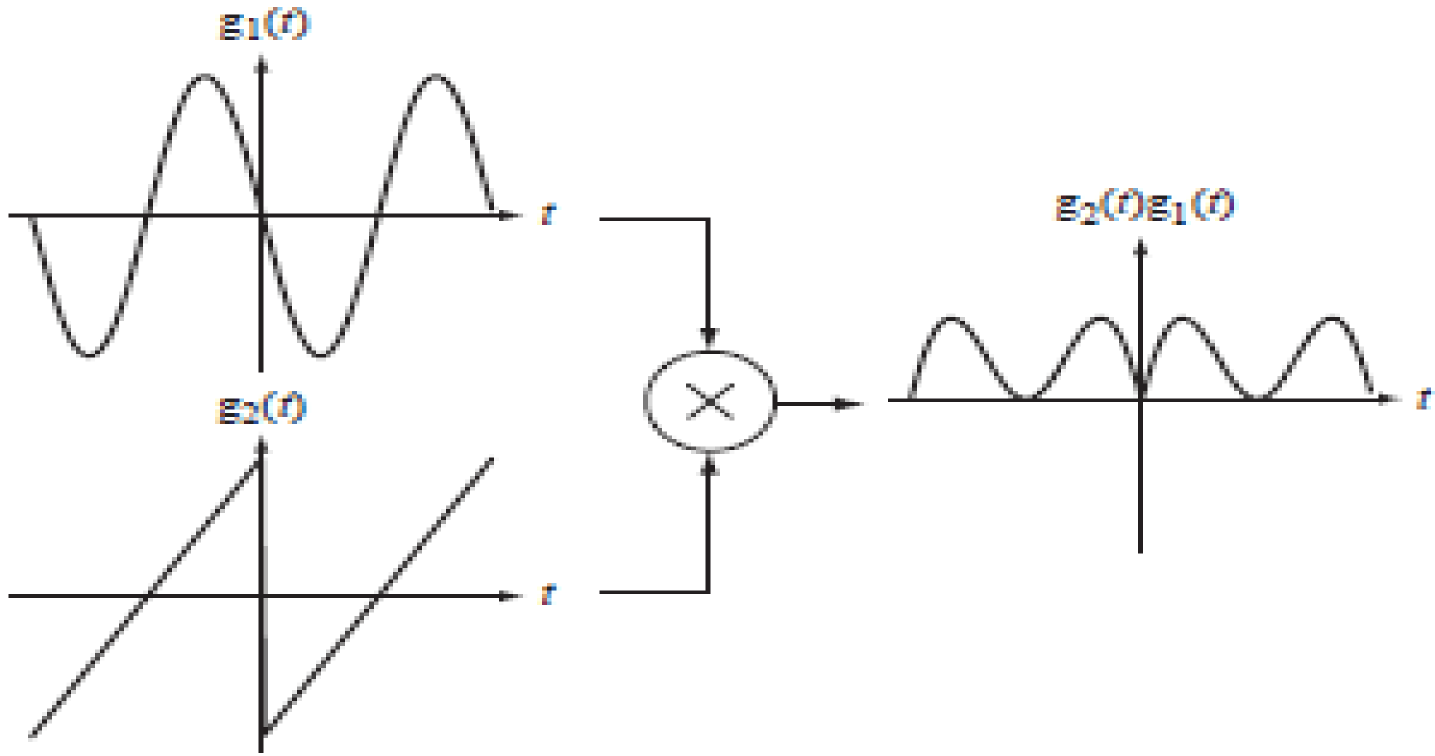
Contoh Perkalian Amplituda Sinyal (1)

- **Perkalian dua sinyal genap**



Contoh Perkalian Amplituda Sinyal (2)

- **Perkalian dua sinyal ganjil**

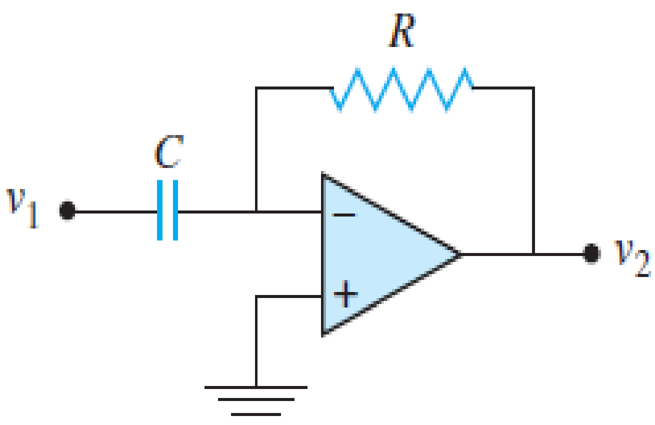


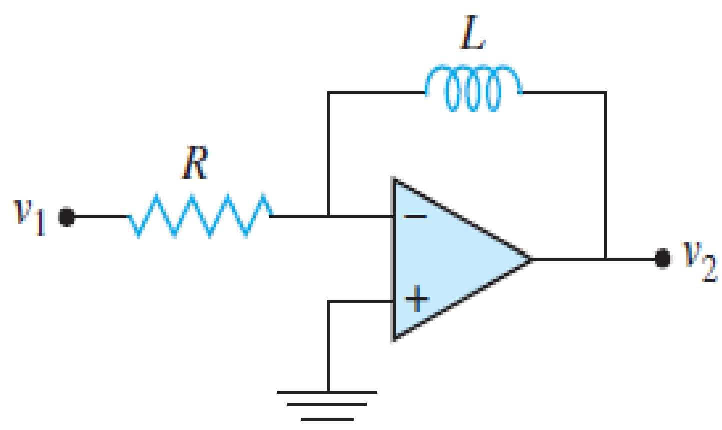
Operasi terhadap Variabel Tidak Bebas (4)

- **Differensiasi**: $y(t) = \frac{d}{dt}x(t)$

$$x(t) \longrightarrow \boxed{\frac{d}{dt}} \longrightarrow y(t)$$

- **Differensiator CR** **Differensiator RL**

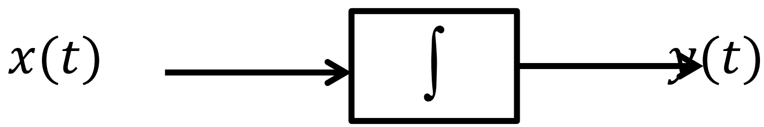




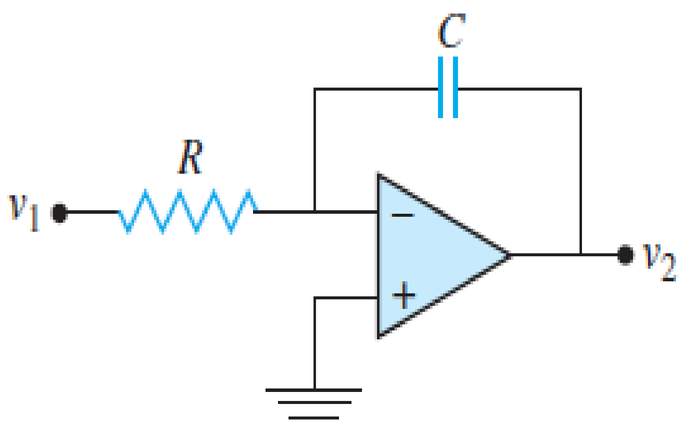
- $v_2(t) = -RC\frac{d}{dt}v_1(t)$ $v_2(t) = -\frac{L}{R}\frac{d}{dt}v_1(t)$

Operasi terhadap Variabel Tidak Bebas (5)

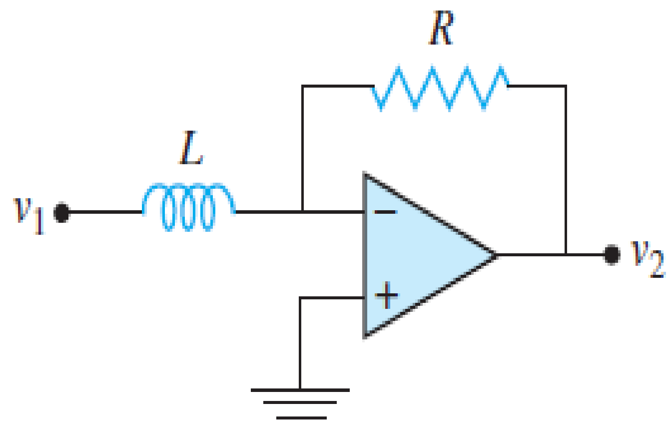
- **Integrasi**: $y(t) = \int_{-\infty}^{t} x(\tau)d\tau$



- **Integrator RC**



Integrator LR



- $v_2(t) = -\frac{1}{RC}\int_{-\infty}^{t} v_1(\tau)d\tau$

$v_1(t) = -\frac{R}{L}\int_{-\infty}^{t} v_1(\tau)\,d\tau$

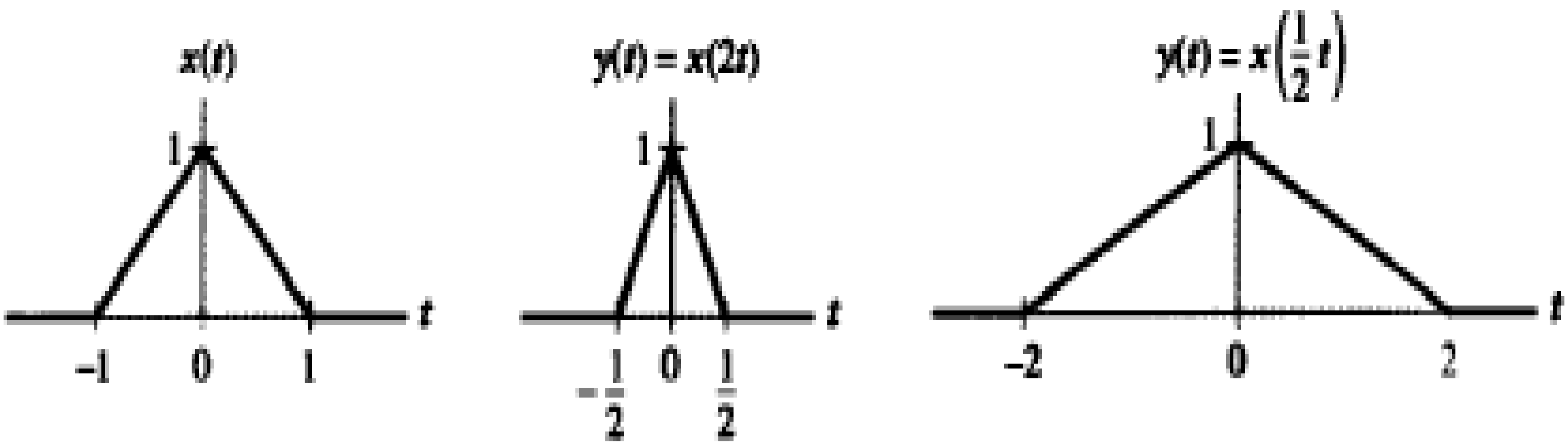
Operasi terhadap variabel bebas (1)

- **Pengskalaan Waktu**: $y(t) = x(at)$
  - Bila $a > 1$, sinyal $y(t)$ adalah versi kompresi dari $x(t)$.
  - Bila $0 < a < 1$, sinyal $y(t)$ adalah versi ekspansi dari $x(t)$.

Sinyal asli

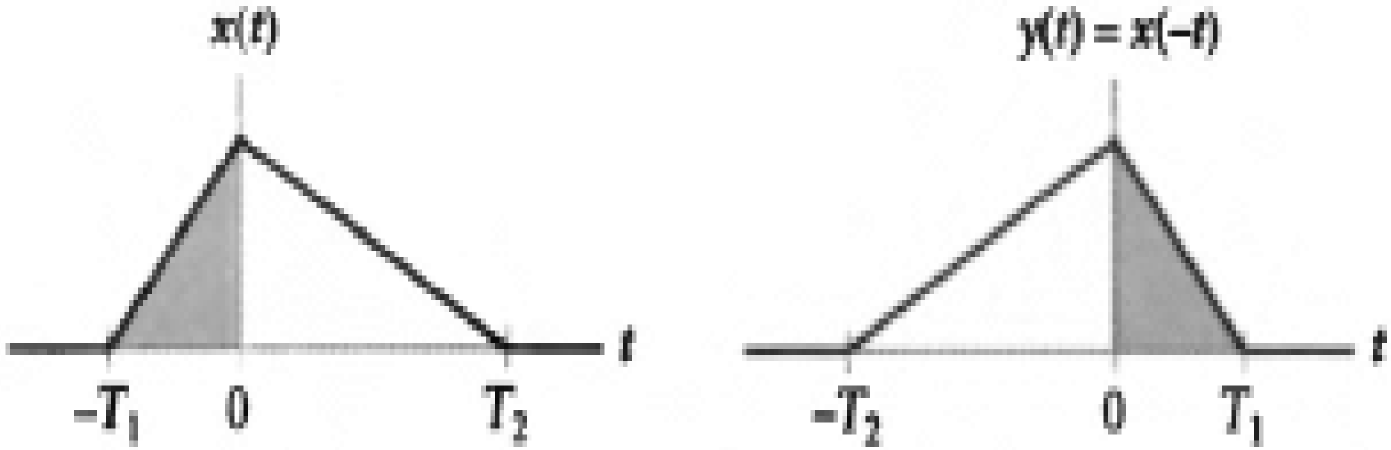
kompresi dengan faktor 2

Ekspansi dengan faktor 2



Operasi terhadap variabel bebas (2)

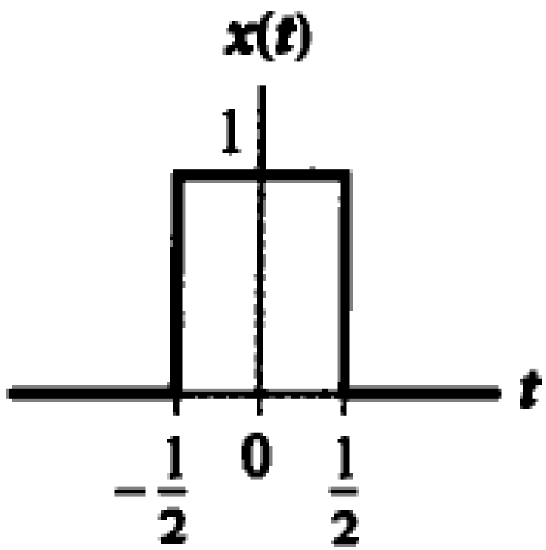
- **Refleksi**: $y(t) = x(-t)$

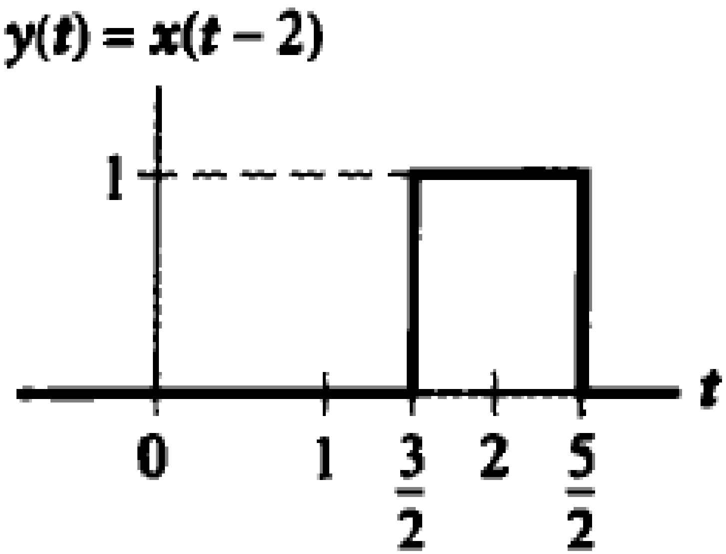


- Sinyal genap: $x(-t) = x(t)$
- Sinyal ganjil: $x(-t) = -x(t)$

Operasi terhadap variabel bebas (3)

- **Pergeseran Waktu**: $y(t) = x(t - t_0)$
  - Bila $t_0 > 0$, sinyal $y(t)$ diperoleh dengan menggeser $x(t)$ kearah kanan.
  - Bila $t_0 < 0$, sinyal $x(t)$ digeser kekiri.
- Contoh:





Aturan untuk Pergeseran Waktu dan Penskalaan Waktu (1)

- Bila $y(t) = x(at - b)$

  Memenuhi kondisi-kondisi $y(0) = x(-b)$ dan $y\left(\frac{b}{a}\right) = x(0)$

  Dipakai untuk pemeriksaan terhadap $y(t)$ sebagai fungsi $x(t)$.
- Operasi pergeseran waktu dan operasi pengskalaan waktu harus dilakukan dengan urutan yang benar.
- Pertama, **operasi pergeseran waktu** dilakukan terhadap $x(t)$:

$$v(t) = x(t - b).$$

- Berikutnya, **operasi pengskalaan waktu** dilakukan terhadap $v(t)$:

$$y(t) = v(at) = x(at - b).$$

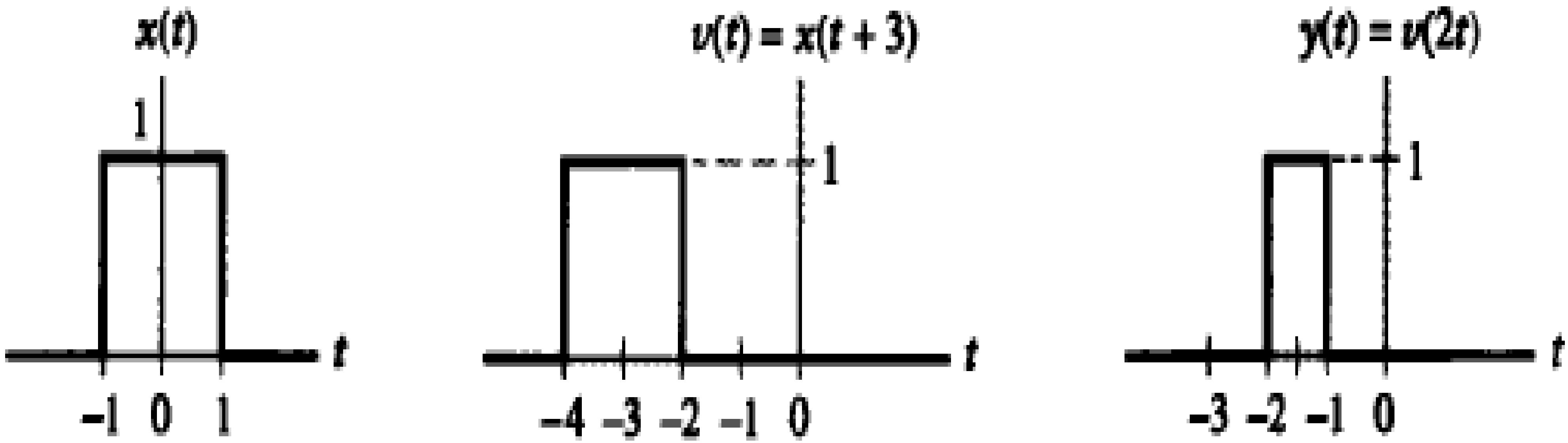
Aturan untuk Pergeseran Waktu dan Penskalaan Waktu (2)

- **Contoh:** $x(t) = u(t+1) - u(t-1)$

  Tentukan $y(t) = x(2t+3)$

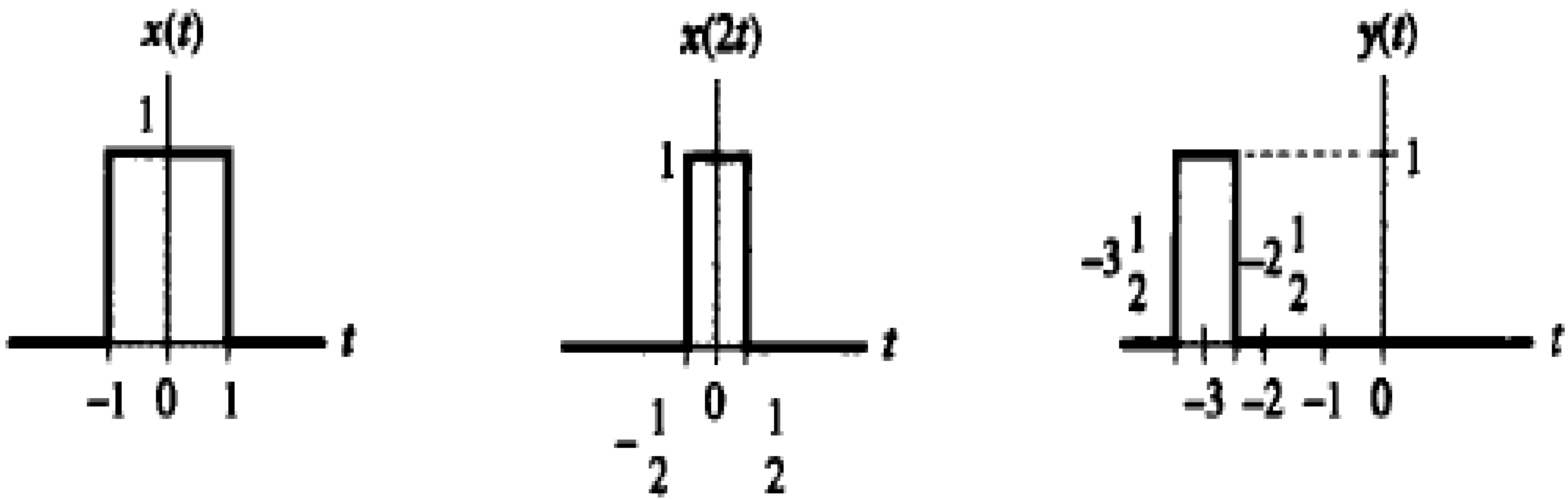
- **Solusi:** kita mempunyai $a = 2$ and $b = -3$.

  1: $v(t) = x(t+3)$ dan 2: $y(t) = v(2t) = x(2t+3)$.



Aturan untuk Pergeseran Waktu dan Penskalaan Waktu (3)

- Bila aturan dibalik: $v(t) = x(2t)$ dan
- $y(t) = v(t+3) = x(2(t+3)) = x(2t+6) \neq x(2t+3)$.



Derau (Noise)

- Sebutan **derau(noise)** dipakai untuk menyatakan sinyal-sinyal yang tidak diinginkan, yang akan mengganggu bekerjanya suatu sistem.
- Didalam sebuah sistem komunikasi, terdapat banyak sumber derau yang dapat mempengaruhi cara kerja sistem.
- Kategori derau :
  - Sumber derau dari luar sistem: derau atmospheric, derau galactic, dan derau buatan manusia.
  - Sumber derau dari dalam sistem: derau yang muncul akibat fluktuasi arus atau tegangan di rangkaian listrik (electrical circuits). Derau ini disebut derau listrik (electrical noise).
- **Derau Termal (Thermal noise)**.

Thermal Noise

- Satu bentuk derau listrik (electrical noise) adalah derau termal (thermal noise), muncul dari pergerakan acak (random motion) elektron-elektron didalam sebuah konduktor.
- Bila $v(t)$ menyatakan tegangan derau termal yang diukur diterminal sebuah resistor.
- Nilai rata-rata (dalam waktu): $\bar{v} = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{2T}\int_{-T}^{T} v(t)dt.$

  $2T$ adalah selang waktu saat nilai $v(t)$ diamati.

  $\bar{v} \to 0$ as $T \to \infty$.
- Nilai rata-rata kuadrat (dalam waktu): $\overline{v^2} = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{2T}\int_{-T}^{T} v^2(t)dt.$

  $\overline{v^2} = 4kT_{abs}RB$ volts^2 as $T \to \infty$.

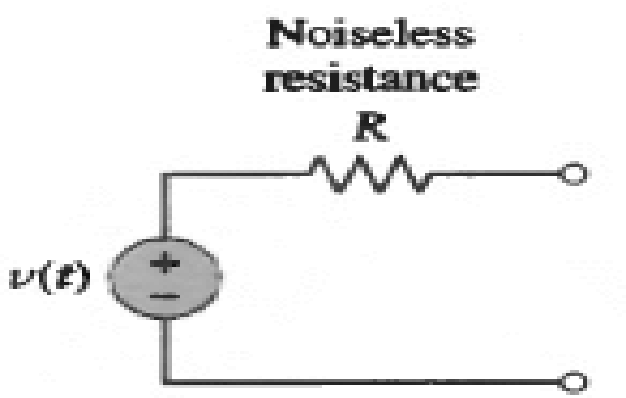
k adalah konstanta Boltzmann $\approx$ 1,3x10^{-23} joule per derajat kelvin,

T_{abs} adalah temperatur absolut dalam derajat kelvin,

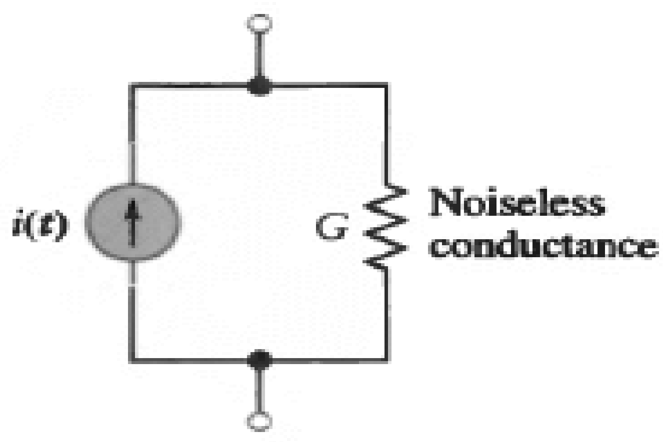
R adalah nilai tahanan dalam ohms, B adalah bandwith dalam hertz.

Model sebuah resistor berderau (noisy resistor)

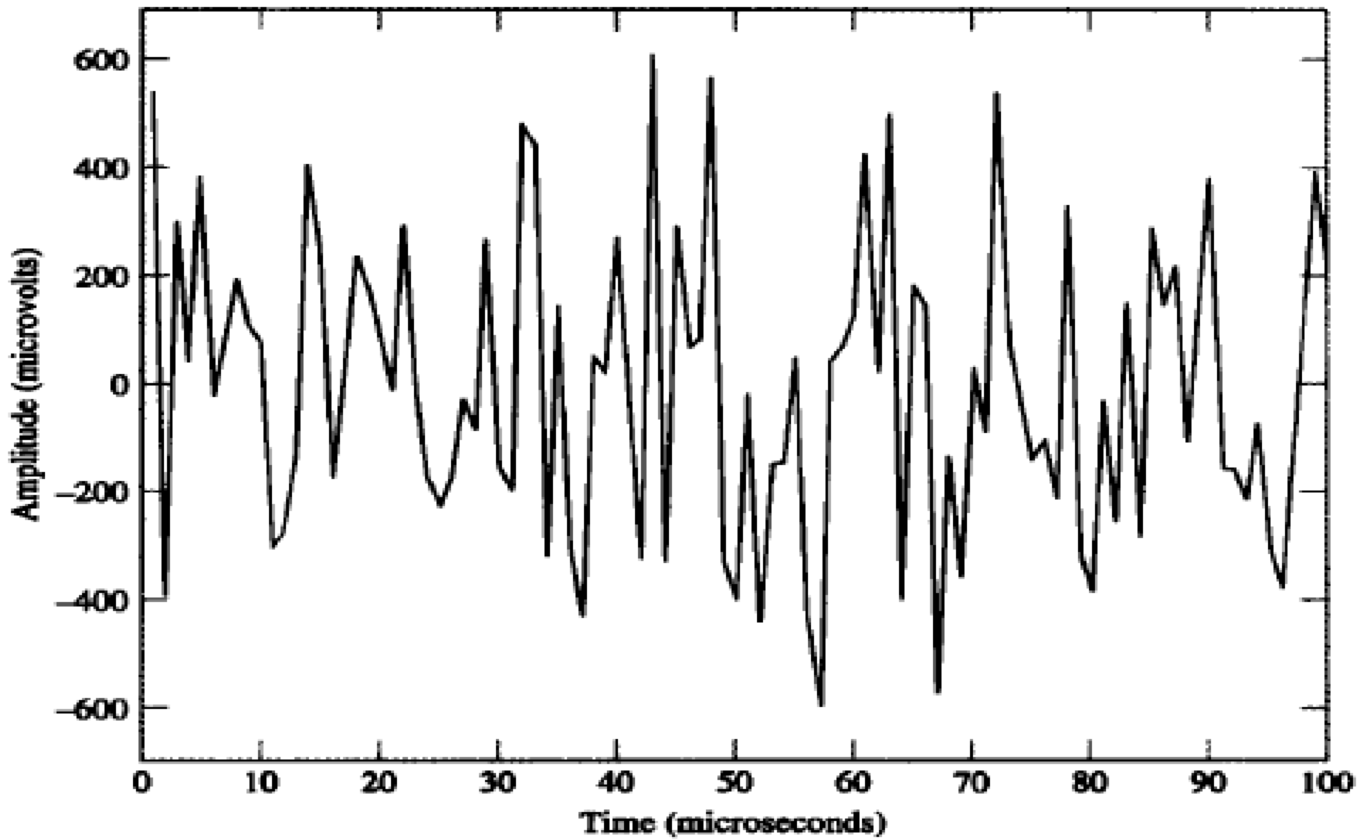
- Rangkaian ekivalen Thevenin:



- Rangkaian ekivalen Norton:



Contoh bentuk gelombang (waveform) dari electrical noise yang dihasilkan oleh sebuah thermionic diode dengan heated cathode

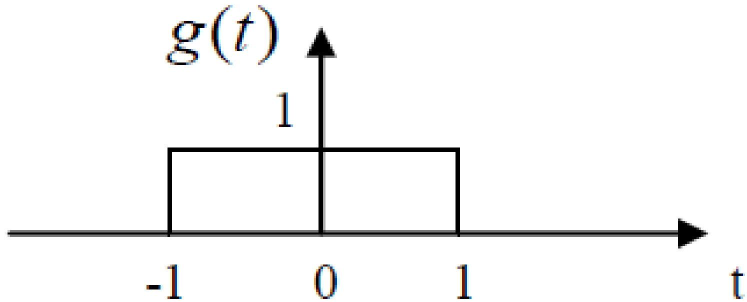


- Nilai rata-rata (dalam waktu): $\bar{v} \approx 0$

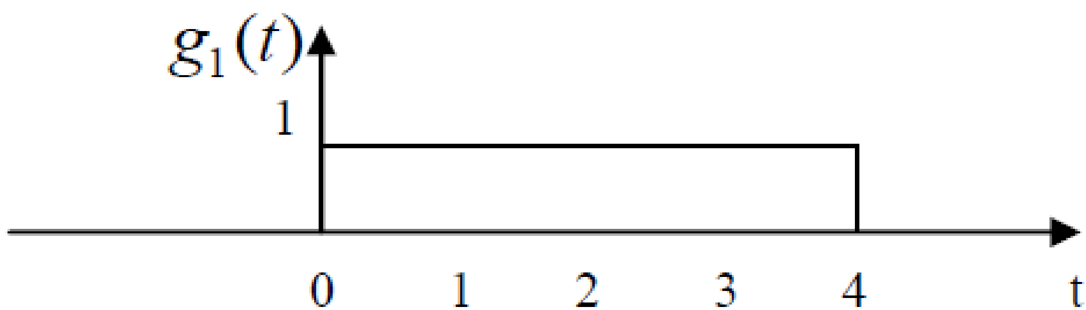
UTS Sem 2 2013/2014 (1)

- **Soal no 1.**

Sinyal $g(t)$



Sinyal $g_1(t)$



Tuliskan sinyal $g_1(t)$ sebagai fungsi $g(t)$.

UTS Sem 2 2013/2014 (2)

- **Soal no 1.**

Jawab:

$g_1(t) = g(at - b)$, nilai a dan b harus ditentukan.

Dengan hubungan: $g_1(0) = g(-b)$ dan $g_1\left(\dfrac{b}{a}\right) = g(0)$

Lebar sinyal $g(t)$ adalah 2, sedangkan lebar sinyal $g_1(t)$ adalah 4, maka $a = 0{,}5$.

Titik tengah sinyal $g(t)$ di $t = 0$, sedangkan titik tengah sinyal $g_1(t)$ di $t = 2$, maka nilai b harus dipilih untuk memenuhi persamaan $at - b = 0$, dimana $a = 0{,}5$ dan $t = 2$, sehingga $0{,}5(2) - b = 0 \rightarrow b = 1$.

Diperoleh: $g_1(t) = g(0{,}5t - 1)$

Harap Membaca

1. Signals and Systems, 2nd edition; A. D. Poularikas, S. Seely; PWS-Kent Publishing Company, 1991.
2. Signals and Systems, 2^{nd} edition; Simon Haykin, Barry Van Veen; John Wiley & Sons, Inc. 2004. Chapter 1.
3. Signals and Systems, 2^{nd} edition; Alan V. Oppenheim, Alan S. Willsky, S. Hamid Nawab; Prentice-Hall, 1997.
4. Signals and Systems; Hwei P. Hsu; McGraw-Hill, 1995.

- **Bab 1. Sinyal Waktu Kontinyu.**
- **Selesai.**