

PENGOLAHAN SINYAL DIGITAL (PSD)

- **Transformasi Fourier**
- **Respon Frekuensi**

Pengampu Matakuliah

- Anggunmeka (AGL)
- Ruangan: N203
- Email: anggunmeka@gmail.com
- No HP: 081221691337

- Ratna Astuti Nugrahaeni (NGE)
- Ruangan: N208
- Email: ratnaan@gmail.com
- No HP: 082119753906

Prodi S1-Sistem Komputer

Aturan Perkuliahan

- Keterlambatan kehadiran maksimal 15 menit setelah kehadiran dosen.
- Keterlambatan pengumpulan tugas akan mengurangi nilai tugas.
- Bobot penilaian:
 - Tugas 20%, Kuis 15%
 - UTS 30%, UAS 35%

Review Fungsi Transfer & Transformasi-Z

(Pembahasan singkat UTS)

Transformasi Fourier Waktu Diskrit

PROGRAM SARJANA FAKULTAS TEKNIK
(Undergraduate Program of Engineering School)



Transformasi Fourier

Cara untuk merepresentasikan sinyal periodik dan non-periodik ke domain frekuensi.

Berguna untuk menganalisis sinyal dan respon sistem ketika sinyal masukan sinusoidal.

Dapat diterapkan pada sinyal dan pada sistem.

- Diterapkan pada sinyal → spectrum frekuensi sinyal.
- Diterapkan pada sistem → respon frekuensi sistem.

Respon frekuensi adalah respon sistem terhadap sinyal sinusoidal.

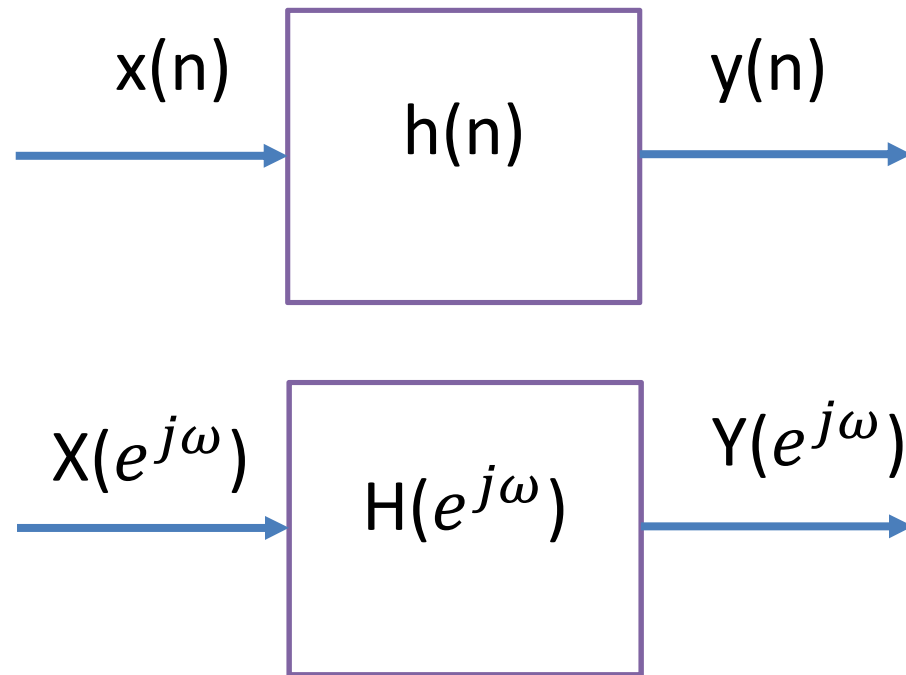
Transformasi Fourier Waktu Diskrit

- Transformasi Fourier dari $x(n)$ didefinisikan sebagai:

$$X(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n) \cdot e^{-nj\omega}$$

- $X(\omega)$ adalah dekomposisi $x(n)$ menjadi komponen-komponen frekuensinya.

Hubungan antara TFWD dan TZ



$$X(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n) \cdot e^{-nj\omega} = X(z) \Big|_{z=e^{j\omega}}$$

Contoh 1

$$1. x(n) = \delta(n) \rightarrow X(z) = 1 \rightarrow X(e^{j\omega}) = 1$$

$$2. x(n) = \delta(n - 2) \rightarrow X(z) = z^{-2} \rightarrow X(e^{j\omega}) = e^{-2j\omega}$$

$$3. x(n) = u(n) \rightarrow X(z) = \frac{z}{z-1} \rightarrow X(e^{j\omega}) = \frac{e^{j\omega}}{e^{j\omega}-1}$$

$$4. X(e^{j\omega}) = \frac{e^{j\omega}}{e^{j\omega}-2} \rightarrow x(n) = 2^n \cdot u(n)$$

$$5. X(e^{j\omega}) = \frac{e^{-j\omega}}{e^{j\omega}-2} \rightarrow X(z) = \frac{z^{-1}}{z-2} = \frac{z}{z-2} \cdot z^{-2} \\ \rightarrow x(n) = 2^{n-2} \cdot u(n-2)$$

Contoh 2

Diketahui $h(n) = \delta(n) + \delta(n - 1)$

Gambarkan Respon Frekuensi Sistem!

Jawab :

$$h(n) = \delta(n) + \delta(n - 1) \rightarrow H(e^{j\omega}) = 1 + e^{-j\omega}$$

$$e^{j\omega} = \cos\omega + j\sin\omega$$

$$H(e^{j\omega}) = 1 + \cos\omega - j\sin\omega$$

$$H(e^{j\omega}) = (1 + \cos\omega) + j(-\sin\omega)$$

$$|a| = \sqrt{\operatorname{Re}(a)^2 + \operatorname{Im}(a)^2}$$

$$|H(e^{j\omega})| = \sqrt{(1 + \cos\omega)^2 + (-\sin\omega)^2}$$

$$|H(e^{j\omega})| = \sqrt{1 + 2\cos\omega + \cos^2\omega + \sin^2\omega}$$

Contoh 2 (lanj.)

$$|H(e^{j\omega})| = \sqrt{1 + 2 \cos \omega + \cos^2 \omega + \sin^2 \omega}$$
$$\cos^2 \omega + \sin^2 \omega = 1$$

$$|H(e^{j\omega})| = \sqrt{2 + 2 \cos \omega} \rightarrow \text{Respon Magnitude}$$
$$\angle a = \tan^{-1} \frac{\text{Im}(a)}{\text{Re}(a)}$$

$$\angle H(e^{j\omega}) = \tan^{-1} \frac{-\sin \omega}{1 + \cos \omega} \rightarrow \text{Respon Fasa}$$

$$H(e^{j\omega}) = \sqrt{2 + 2 \cos \omega} \angle \tan^{-1} \frac{-\sin \omega}{1 + \cos \omega}$$

Selanjutnya buat tabel untuk membantu proses penggambaran respon magnituda dan respon fasa.

Contoh 2 (lanj.)

$$|H(e^{j\omega})| = \sqrt{2 + 2 \cos \omega}$$
$$\angle H(e^{j\omega}) = \tan^{-1} \frac{-\sin \omega}{1 + \cos \omega}$$

ω	0	$\pi/8$	$2\pi/8$	$3\pi/8$	$4\pi/8$	$5\pi/8$	$6\pi/8$	$7\pi/8$	π
$ H(e^{j\omega}) $	2	1.96	1.85	1.66	1.41	1.11	0.7	0.39	0
$\angle H(e^{j\omega})$	0	-0.19	-0.39	-0.58	-0.78	-0.98	-1.17	-1.37	-1.57

***perhitungan dilakukan dalam radian. $\pi = 180^\circ = 3.14 \text{ rad}$**

Kemudian digambar grafik Respon Magnitude dan Respon Fasanya terhadap ω

Contoh 3

- Untuk sistem dari contoh sebelumnya dengan respon impuls $h(n) = \delta(n) + \delta(n - 1)$, diperoleh:

$$|H(e^{j\omega})| = \sqrt{2 + 2 \cos \omega} \text{ dan } \angle H(e^{j\omega}) = \tan^{-1} \frac{-\sin \omega}{1 + \cos \omega}$$

- Jika sistem diberi input $x(n) = 5 \sin(0.25\pi n)$, output yang dihasilkan adalah ?

$$y(n) = |H(e^{j0.25\pi})| \cdot 5 \sin(0.25\pi n + \angle H(e^{j0.25\pi}))$$

***lihat nilai $H(e^{j\omega})$ dan $\angle H(e^{j\omega})$ dari tabel yang dicari sebelumnya**

$$y(n) = 1.85 \cdot 5 \sin(0.25\pi n - 0.39) = 9.25 \sin(0.25\pi n - 0.39)$$

Contoh 4

- Untuk sistem dari contoh sebelumnya dengan respon impuls $h(n) = \delta(n) + \delta(n - 1)$, diperoleh:

$$|H(e^{j\omega})| = \sqrt{2 + 2 \cos \omega} \text{ dan } \angle H(e^{j\omega}) = \tan^{-1} \frac{-\sin \omega}{1 + \cos \omega}$$

- Jika sistem diberi input $x(n) = 4 \cos\left(\frac{\pi}{2}n + \frac{\pi}{2}\right)$, output yang dihasilkan adalah ?

$$y(n) = |H(e^{j0.5\pi})| \cdot 4 \cos\left(\frac{\pi}{2}n + \frac{\pi}{2} + \angle H(e^{j0.5\pi})\right)$$

$$y(n) = 1.41 \cdot 4 \cos\left(\frac{\pi}{2}n + \frac{\pi}{2} - 0.78\right) = 5.64 \cos\left(\frac{\pi}{2}n + \frac{\pi}{2} - 0.78\right)$$

Contoh 5

- Untuk sistem dari contoh sebelumnya dengan respon impuls $h(n) = \delta(n) + \delta(n - 1)$, diperoleh:

$$|H(e^{j\omega})| = \sqrt{2 + 2 \cos \omega} \text{ dan } \angle H(e^{j\omega}) = \tan^{-1} \frac{-\sin \omega}{1 + \cos \omega}$$

- Jika sistem diberi input

$$x(n) = 3 + 2 \cos\left(\frac{\pi}{4}n\right) + 5 \sin\left(\frac{3\pi}{4}n + \frac{\pi}{2}\right)$$

- Berapa outputnya?

Contoh 5 (solusi)

$$|H(e^{j\omega})| = \sqrt{2 + 2 \cos \omega} \text{ dan } \angle H(e^{j\omega}) = \tan^{-1} \frac{-\sin \omega}{1 + \cos \omega}$$

- Sistem diberi input

$$x(n) = 3 + 2 \cos\left(\frac{\pi}{4}n\right) + 5 \sin\left(\frac{3\pi}{4}n + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$x(n) = 3 \cos(0n) + 2 \cos\left(\frac{\pi}{4}n\right) + 5 \sin\left(\frac{3\pi}{4}n + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$y(n) = 2 \cdot 3 \cos(0n + 0) + 1.85 \cdot 2 \cos\left(\frac{\pi}{4}n - 0.39\right) + 0.7 \cdot 5 \sin\left(\frac{3\pi}{4}n + \frac{\pi}{2} - 1.17\right)$$

$$y(n) = 6 + 3.7 \cos\left(\frac{\pi}{4}n - 0.39\right) + 3.5 \sin\left(\frac{3\pi}{4}n + \frac{\pi}{2} - 1.17\right)$$

Tugas (No. 1)

Diketahui fungsi transfer sistem adalah sebagai berikut.

$$H(z) = \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{2}z^{-1}\right)\left(1 - \frac{1}{4}z^{-1}\right)}$$

- Tentukan pole dan zero
- Gambarkan dalam lingkaran satuan, tentukan apakah sistem stabil
- Gambarkan struktur realisasi
- Tentukan persamaan selisihnya
- Tentukan respon frekuensi sistem

Tugas (No. 2)

Suatu sistem diwakili oleh persamaan selisih

$$y(n) = x(n) - x(n - 1)$$

- Tentukan fungsi transfer sistem $H(z)$! Apakah sistem stabil?
- Tentukan transformasi Fourier sistem $H(e^{j\omega})$!
- Tentukan respon magnitude dari sistem!
- Tentukan respon fasa dari sistem!
- Gambarkan respon manituda dan respon fasa!
- Tentukan keluaran sistem untuk input $\delta(n) + \delta(n - 1)$
- Tentukan keluaran sistem untuk input $2 \sin\left(\frac{\pi}{2}n\right) + 3 \cos\left(\frac{\pi}{4}n + 0.1\right)$