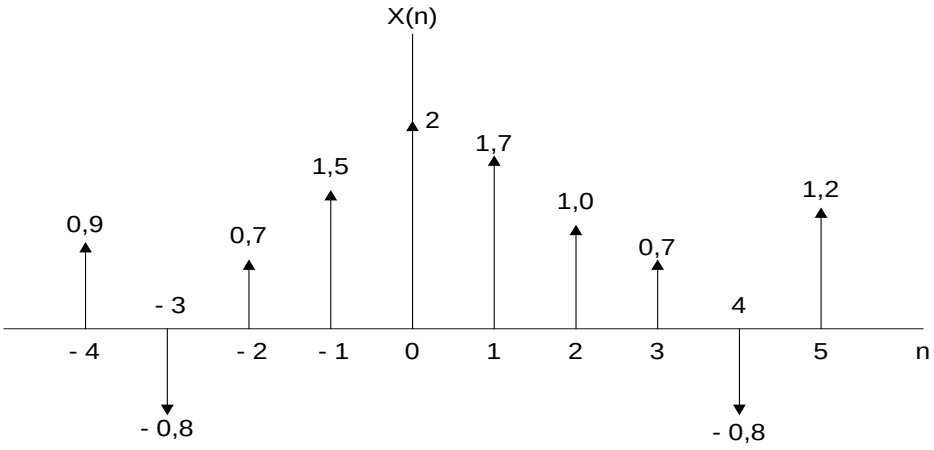
MODUL I
SINYAL WAKTU DISKRIT

1.1 Dasar Teori

Sinyal waktu diskrit x(n) adalah fungsi dari variabel bebas yaitu suatu integer. secara grafis digambarkan paga gambar dibawah ini. Penting untuk diperhatikan bahwa sinyal waktu diskrit tidak didefinisikan pada saat antara dua cuplikan yang berurutan. Juga hal ini tidak benar bahwa pemikiran x(n) sama dengan nol jika n bukan integer. Secara absolut, sinyal x(n) tidak didefinisikan untuk nilai n bukan integer.



Selanjutnya kita akan mengasumsikan bahwa sinyal waktu diskrit didefinisikan untuk setiap nilai n integer untuk $-\infty < n < \infty$. Menurut tradisi, kita menunjukkan x(n) sebagai cuplikan ke n dari sinyal walaupun sinyal x(n) adalah waktu diskrit (dengan kata lain, tidak diperboleh dengan pencuplikan sinyal analog). Jika sesungguhnya, x(n) diperoleh dari pencuplikan sinyal analog x_a (t), maka x(n) $\int X_a(nT)$, dengan T adalah periode cuplikan dengan kata lain, waktu antara pencuplikan yang berurutan.

Disamping tampilan grafik sinyal waktu diskrit atau deret seperti yang digambarkan dalam gambar diatas, terdapat beberapa tampilan alternatif yang sering lebih cocok untuk digunakan , yaitu :

- Tampilan dalam bentuk fungsional
- Tampilan dalam bentuk table

- Tampilan dalam bentuk barisan

Suatu sinyal atau barisan durasi tak berhingga dengan waktu awal (n = 0) yang ditunjukan dengan simbol $\uparrow$ disajikan sebagai :

$$X(n) = \{\ldots 0, 0, \underset{\uparrow}{1}, 4, 1, 0, 0, \ldots\}$$

Waktu awal barisan X(n), yang mempunyai nol untuk n<0 dianggap sebagai titik awal (paling kiri) dalam barisan.

Beberapa Sinyal Waktu Diskrit Elementer

1. *Deret cuplikan unit* ditunjukkan sebagai δ(n) dan didefinisikan sebagai :

$$\delta(n) \equiv \begin{cases} 1, & \text{untuk } n = 0 \\ 0, & \text{untuk } n \neq 0 \end{cases}$$

2. *Sinyal step unit* ditunjukkan dengan *u(n)* dan didefinisikan sebagai :

$$u(n) \equiv \begin{cases} 1, & \text{untuk } n \geq 0 \\ 0, & \text{untuk } n < 0 \end{cases}$$

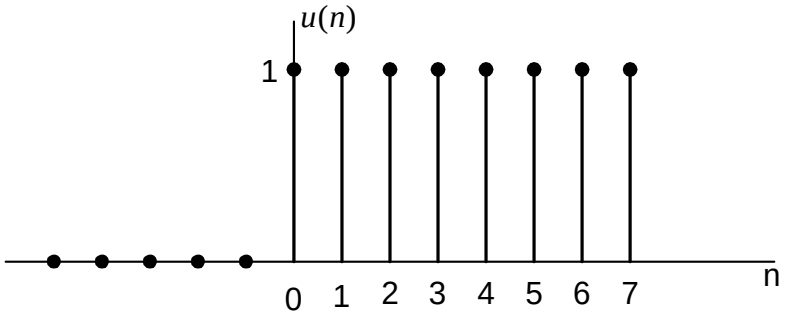
3. *Sinyal ramp unit* ditunjukkan sebagai *u(n)* dan didefinisikan sebagai :

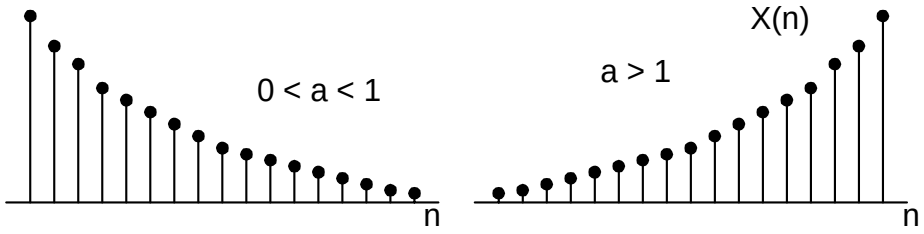
$$un \equiv \begin{cases} 1, & \text{untuk } n \geq 0 \\ 0, & \text{untuk } n < 0 \end{cases}$$

1. *Sinyal eksponensial* adalah suatu barisan dengan bentuk sebagai berikut :

   $X(n) = a^n$ untuk seluruh n

Jika parameter a bilangan real, maka X(n) adalah sinyal real. Gambar berikut menunjukkan X(n) untuk berbagasi nilai parameter a.





Jika parameter a bernilai kompleks, dapat dinyatakan sebagai :

$$a \equiv re^{j\theta}$$

dengan r dan e adalah parameter sekarang. Karena itu kita dapat menyatakan X(n) sebagai :

$$X(n) = I^n e^{j\theta n}$$
$$= I^n \left(Cos\theta n + jSin\theta n\right)$$

Referensi:

1. Lonnie C, Ludeman *Fundamental of Digital Signal Processing*, John Wiley &Son
2. J. G. Proakis and D. G. Manolakis, *Digital signal processing*. (Third Edition), Prentice Hall, 1996.

1.2 Tujuan Percobaan

- Mengetahui dan mensimulasikan fungsi sinyal waktu diskrit
- Mengetahui prinsip dasar sinyal waktu diskrit,model matematisnya, karakteristik dan implementasinya
- Membuat suatu fungsi sinyal diskrit dan mengetahui fungsi responnya
- Menganalisis fungsi sinyal yang telah dibuat.

1.3 Peralatan Percobaan

- Komputer PC + Matlab versi 6 (atau versi yang lebih baru).
- Petunjuk paraktikum
- Buku Teks

1.4 Prosedur Percobaan

Mensimulasikan Sinyal Diskrit

1. Diberikan sinyal diskrit dengan persamaan seperti dibawah ini

   $x_2(n) = 3 \sin(0{,}2\,\pi n)\, u(n)$

   Sinyal diskrit diatas dapat disimulasikan dengan mengunakan Matlab

n= 20, nilai i mulai nol

Ketika i = 0, X(1) = 3*sin (0,2 π *0) = 3*sin (0)

ketika i = 1, X(2) = 3*sin (0,2 π *1) = 3*sin (0,2π) dan seterusnya.

2. Tulislah script Matlab untuk sinyal diatas

```
n = -10:1:10;
for i = 1:1:21
hasil(i)=3*sin(0.2*pi*n(i));
end; stem(n,hasil)
```

3. Simulasikan untuk sinyal diskrit dengan persamaan seperti dibawah ini

$x_5(n) = (1/2)^n u(n)$

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

Menghitung respon suatu fungsi

4. Suatu system memiliki unit sample respon h(n) seperti dibawah ini :

$$h(n) = -\frac{1}{4}\delta(n+1) + \frac{1}{2}\delta(n) - \frac{1}{4}\delta(n-1)$$

5. Hitunglah frequency response $H(e^{j\omega})$

Analisis matematis

6. Setelah didapat analisa matematis, simulasikan dalam Matlab respon frekuensi system tersebut

Script

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

7. Apakah system diatas BIBO stabil ? berikan analisisnya

_____

_____

_____

_____

_____

_____

8. Termasuk sinyal diskrit jenis apa sinyal diatas ? jelaskan

_____

_____

_____

_____

_____

Menentukan konvolusi respon suatu sinyal

9. Diberikan suatu unit pulse respon h[n] = sin (0.5n) untuk n ≥ 0 dan input x[n] =sin (0.2n) n ≥ 0. Gambarkan fungsi h[n] dan x[n] kemudian simulasikan hasil komvolusi kedua fungsi sinyal tersebut
10. Script fungsi h[n]

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

11. Script fungsi x[n]

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

12. Script fungsi konvolusi y[n]

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

13. Berikan kesimpulan singkat dan jelas mengenai prinsip sinyal diskrit dan implenetasinya pada Pemrosesan Sinyal Digital!

MODUL II
TRANSFORMASI Z

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Definisi Transformasi Z

Transformasi Z untuk sinyal waktu diskrit atau sekuensial *x(n)* didefinisikan sebagai:

$$Z[x(n)] = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)z^{-n} = x(z)$$

dimana Z merupakan variable kompleks dan memiliki daerah kekonvergenan (Region Of Convergence / ROC) untuk interval

$$R_{x-} < |z| < R_{x+}$$

Batas yang paling rendah untuk R_{x-} adalah nol, dan R_{x+} bisa mencapai ∞. Perhitungan X(z) untuk bilangan kompleks $z = re^{j\omega}$ diberikan oleh

$$X(z)\Big|_{z=re^{j\omega}} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)(re^{j\omega})^{-n} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} [r^{-n}x(n)]e^{-j\omega n}$$

Oleh karena itu, jika r = 1, transformasi z diperkirakan akan menghasilkan transformasi Fourier *x(n)*. Perlu dicatat juga untuk sinyal positif, r^{-n} menghasilkan factor konvergen dan itu diharapkan pada transformasi z.

2.1.2 Transformasi z untuk fungsi eksponensial

Salah satu dasar sinyal kontinyu adalah fungsi eksponensial $e^{-\alpha t}$ dimana α berupa bilangan real, imajiner, maupun kompleks. Jika sinyal tersebut disampling maka akan didapat *x(n)* yaitu

$$X(n) = e^{-\alpha t}\Big|_{t=nT} = e^{-\alpha nT} = (e^{-\alpha T})^n$$

Contoh: Cari transformasi z dan daerah kekonvergenan untuk

$$x(n) = \begin{cases} a^n, & n \geq 0 \\ 0, & n < 0 \end{cases}$$

$$x(z) = Z[a^n u(n)] = \sum_{n=0}^{3\infty} a^n u(n) z^{-n} = \sum_{n=0}^{\infty} (az^{-1})^n$$

$= \frac{1}{1-az^{-1}} = \frac{z}{z-a}$ dan deret ini konvergen untuk nilai $|z| > |a|$

Beberapa peraturan penting tentang transformasi z adalah:

1. *Linearitas*

   Jika $z[f_1(n)] = F_1(z)$ dengan ROC $R_{1-} < |z| < R_{1+}$

   Dan $z[f_2(n)] = F_2(z)$ dengan ROC $R_{2-} < |z| < R_{2+}$

   Maka $Z[a_1f_1(n) + a_2f_2(n)] = a_1F_1(z) + a_2F_2(z)$

   Dengan ROC yang merupakan perpotongan dari nilai-nilai ROC diatas

2. *Translasi*

   Jika $z[x(n)] = x(z)$, ROC $R_{x-} < |z| < R_{x+}$ maka $Z[x(n-n_0)] = Z^{-no}\, x(z)$ dengan ROC $R_{x-} < |z| < R_{x+}$.

3. *Perkalian dengan eksponensial*

   Jika $z[x(n)] = x(z)$ dengan ROC $R_{x-} < |z| < R_{x+}$ maka $Z[a^n x(n)] = x(z)|_{z \to z/a}$ dengan ROC $(a)R_{x-} < |z| < (a)R_{x+}$.

4. *Perkalian dengan unit ramp*

   Jika $z[x(n)] = x(z)$ dengan ROC $R_{x-} < |z| < R_{x+}$ maka $z[nx(n)] = -z\frac{dx(z)}{dz}$ dengan ROC $R_{x-} < |z| < R_{x+}$.

5. *Convolution (kawasan waktu)*

   Diberikan fungsi $x(n)*J(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k) \to (n-k)\, x(k) \to (n-k)$ dan $z[x(n)]$ $= x(z)$ dengan ROC $z \epsilon R_x$ $z[y(n)] = y(z)$ dengan ROC $z \epsilon R_y$

   Maka $z[z(n) - y(n)] = \S x(v)\, J(z/v)\, v^{-1}\, dV$ dimana § adalah integral tertutup kompleks dan C_2 adalah garis tertutup pada daerah ROC dari X(v) dan Y(z/v), maka daerah hasil transformasi adalah $R_{x-}R_{y-} < |z| < R_{x+}R_{y+}$

6. *Convolution (kawasan z)*

   Jika $z[x(n)] = X9z)$ dengan ROC $R_{x-} < |z| < R_{x+}$ dan $z[y(n)] = y(z)$ dengan ROC $R_{x-} < |z| < R_{x+}$ maka $z[x(n) - y(n)] = \frac{1}{2\pi j} \oint_{c2} x(v)\, j(\frac{z}{v}) v^{-1} dV$ dimana adalah garis integral kompleks dan C2 adalah garis integral kompleksdan c2 adalah garis

tertutup pada daerah ROC dari x(v) dan y(z/v) maka daerah hasil transformasi $R_{x-} < |z| < R_{x+}$

7. *Teori nilai awal*

   Jika X(z) adalah transformasi z dari x(n) maka *x(0)* = $\lim_{z\to\infty} x(z)$

8. *Teori nilai akhir*

   Jika z[x(n)] = X(z) maka $\lim_{n\to\infty} x(n) = \lim_{z\to 1}[(\frac{z-1}{z})x(z)]$

2.1.3 ROC untuk fungsi special

Kawasan daerah konvergen (ROC) untuk transformasi z sangat penting. Daerah sebelah kanan x(n) adalah satu untuk x(n) = 0 untuk setiap $n < n_0$ dimana n_0 bisa positif atau negatif. Jika $n_0 \geq 0$, hasilnya kausal dan positif.

Daerah sebelah kiri x(n) adalah satu untuk x(n) = 0 untuk setiap $n \geq n_0$ dimana n_0 positif atau negatif. Jika $n_0 \leq 0$ hasilnya antikausal atau negatif.

Misalkan x(n) adalah sekuensial kausal yang dapat ditulis sebagai penjumlahan dari eksponensial kompleks.

$x(n) = \sum_{i=1}^{n} (a_i)^n u(n)$ transformasi z dari x(n) adalah

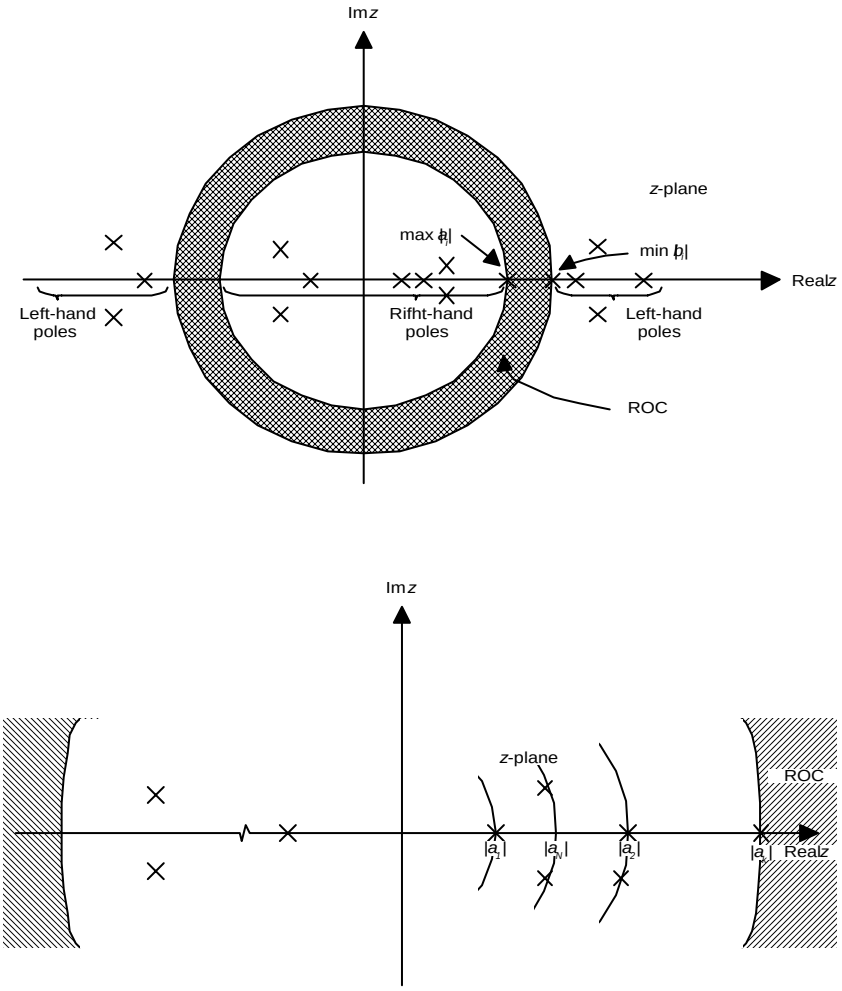
$$z[x(n)] = x(z) = \sum_{i=1}^{N} \frac{z}{z - a_i}$$

dengan ROC $R = \bigcap_{i=1}^{N} R_i$ dimana $R_i = (z : |z| > |a_i|$

Oleh karena itu R = Ez : | z | jauh lebih besar dari $|a_i|$. Diasumsikan bahwa h(n) adalah respon unit sample dari kausal atau non kausal system linear shift invariat. H(z) adalah transformasi z dari h(n). Stabilitas dari system dan kawasan konvergen H(z) dihubungkan dengan teori sebafai berikut:

Teori 1 : Sistem linear shift invariant dengan fungsi H(z) BIBO stabil jika ROC H(z) berada dalam lingkaran ROC.

Gambar ROC untuk Special Sequences adalah:



Gambar diatas adalah gambar ROC untuk transformasi z dengan jumlah kausal kompleks eksponensial sequences.

Referensi:

1. Lonnie C, Ludeman *Fundamental of Digital Signal Processing*, John Wiley &Son
2. J. G. Proakis and D. G. Manolakis, *Digital signal processin*g. (Third Edition), Prentice Hall, 1996.

2.2 Tujuan Percobaan

- Mengetahui prinsip dasar transformasi Z, model matematisnya, karakteristik dan implementasinya
- Menentukan posisi pole zero dari suatu sistem
- Mengetahui pengaruh posisi pole zero terhadap karakter suatu system

- Mengetahui analsis system terhadap kawasan Z
- Mengetahui dan mensimulasikan respon dari system dengan menggunakan transformasi Z

2.3 Peralatan Percobaan

- Komputer PC + Matlab versi 6 (atau versi yang lebih baru).
- Petunjuk paraktikum
- Buku Teks

2.4 Prosedur Percobaan

Menentukan fungsi kawasan Z

1. Diberikan suatu unit sample response $h(n) = (0.36788)^n$, $0 \le n \le 3$

   Tentukan persamaan fungsi kawasan z (H(z)) dan tentukan pole zero fungsi ini

2. Simulasikan hasil diatas dengan menggunakan Matlab

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

3. Bagaimana karakteristik system tersebut jika dilihat dari letak pole zero ? Jelaskan.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Menghitung magnitude dari system yang ada

4. Suatu system linear shift invariant dikarakteristikkan oleh unit sample responsenya :

$$h(n) = e^{-n}u(n)$$

5. Tunjukkan bahwa system tersebut linier

6. Apakah system stabil ? jelaskan

_____

_____

_____

_____

_____

7. Turunkan persamaan dalam kawasan z ,H(z),tentukan pole zero, dan simulasikan

Script

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

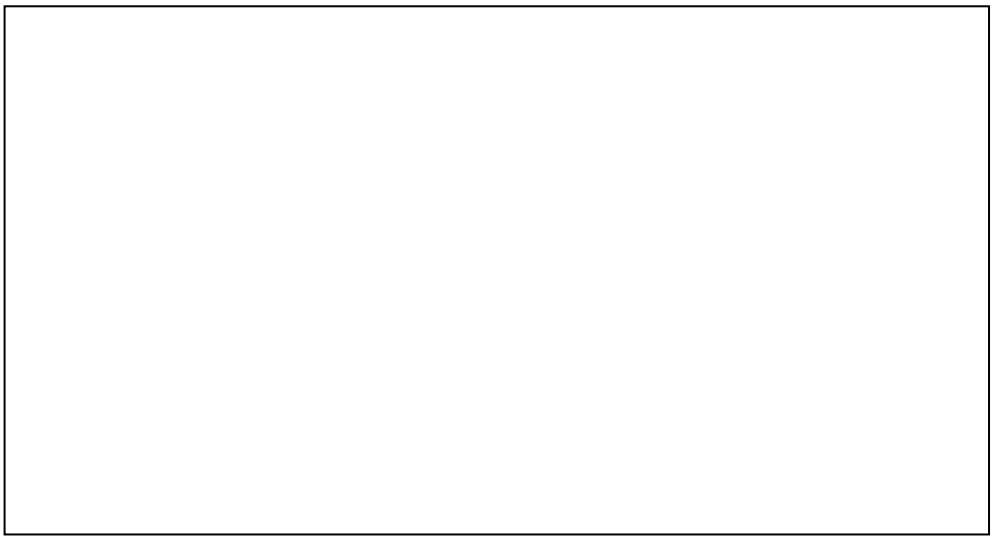
>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

8. Tentukan bentuk polar H(z) dan simulasikan magnitude $|H(e^{j\omega})|$



Script

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

9. Berikan kesimpulan secara jelas singkat mengenai prinsip transformasi z dan implenetasi transformasi z pada Pemrosesan Sinyal Digital

_____

_____

_____

_____

_____

_____

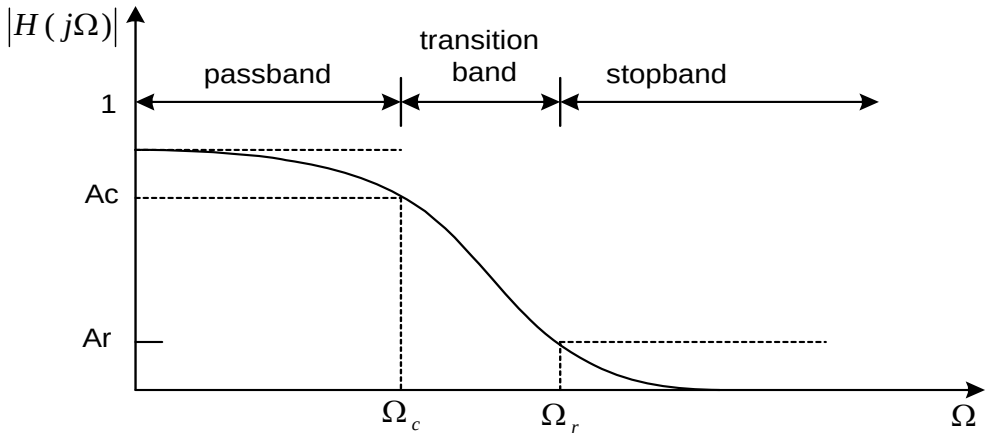
_____

MODUL III
PERANCANGAN FILTER ANALOG

3.1 Dasar Teori

3.1.1 Pendahuluan

Suatu pendekatan penting dalam perancangan filter digital adalah dalam menggunakan transformasi ke suatu filter analog. Untuk metode ini dijelaskan dalam bab IV (lihat buku *Fundamentals of Digital Signal Processing*, oleh Lonnie C. Ludeman) adalah penting untuk mempunyai dasar atau daftar filter-filter analog yang dapat berlaku sebagai prototip untuk transformasi tersebut. Dalam bab ini prosedur perancangan dan tabel untuk filter analog Butterworth, Chebyshev dan elips disajikan untuk membangun dasar tersebut.



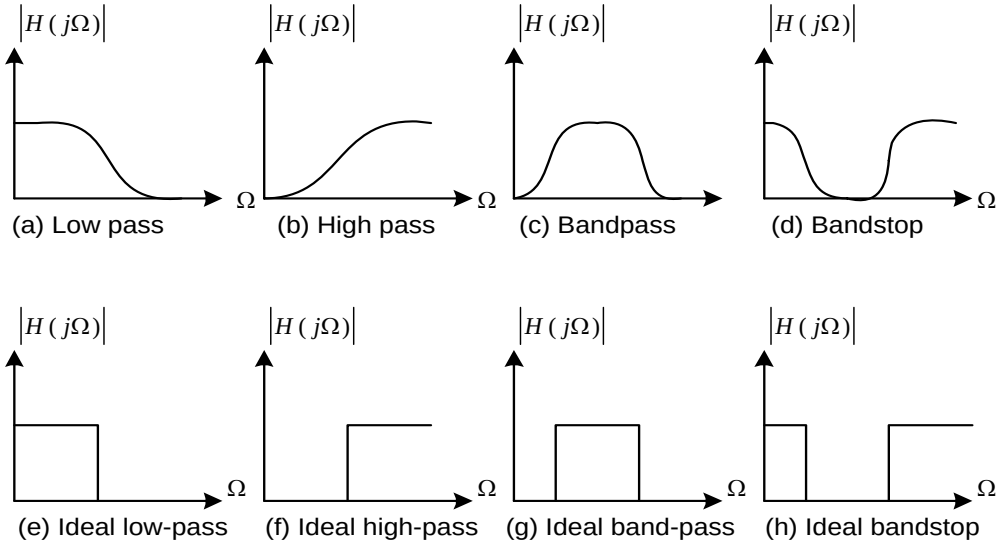
Gambar 3.1 Sebuah gambaran respons frekuensi untuk perancangan sebuah filter *low-pass*

Langkah-langkah untuk analog biasanya dimulai dengan merinci tanggapan frekuensi yang menggambarkan reaksi filter dalam input sinusoida keadaan mantap. Jika input sinusoida tidak terattenuasi lebih kecil dari toleransi yang telah ditentukan dalam sistem , merupakan *passband* filter, apabila terattenuasi lebih dari nilai yang ditentukan , dikatakan berhenti merupakan filter stopband. Input sinusoida dengan sedikit atau banyak attenuasi pada band transisi. Suatu tanggapan frekuensi tertentu dalam gambar 1 merupakan passband,

stopband, transision band, dan stop band. Suatu filter adalah low pass filter apabila tanggapan frekuensinya melewatkan semua frekuensi yang lebih kecil dari nilai Ω_c , disebut frekuensi cutoff , dan attenuasi atau menghentikan semua frekuensi lewat Ω_t , frekuensi *stopband* kritis . Filter dasar lain yang penting adalah filter high pass (HP) , bandpass (BP) dan bandstop (BS) yang tanggapan frekuensinya ditunjukkan pada gambar 2. Juga ditujukkan tanggapan frekuensi untuk filter HP, BP, LP, dan BS ideal yang menunjukkan tidak adanya transition band.

Filter-filter yang lebih rumit didapatkan dengan menempatkan empat tipe dasar dalam berbagai konfigurasi paralel dan kaskade.

Diketahui bahwa filter lowpass , highpass, bandpass, bandstop bisa didapatkan dari filter lowpass yang ternormalisasi dengan transformasi khusus dalam bidang-S . Sehiongga pertimbangan utama adalah adalah pada filter low pass. Khususnya bentuk dasar dan langkah langkah merancang filter analog Butterworth.



Gamar 3.2 Tipe respon frekuensi dasar

3.1.2 Filter Butterworth

Sebuah filter analog tak variant dengan waktu linier dapat dikarakterisasi oleh fungsi sistem H(s) atau respon frekuensi hubungannya H(jΩ). Filter Butterworth

dari orde n dideskripsikan oleh harga mutlak kuadrat dan respon frekuensinya , yang diberikan :

$$\left|H_n(j\Omega)\right| = I / \left[I + (\Omega + \Omega_c)^{2n}\right]$$

(1)

Dalam gambar 3 harga mutlak kuadrat respon frekuensi dari filter Butterworth ditunjukkan untuk beberapa nilai n yang berbeda.

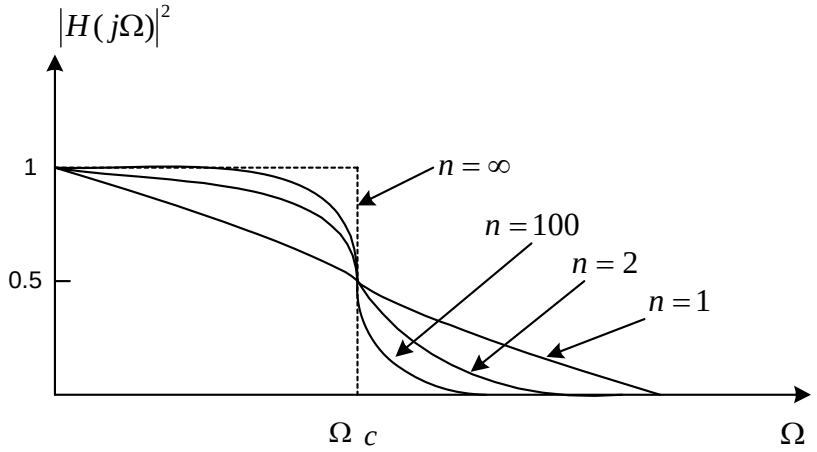
Sifat-sifat berikut dapat ditentukan dengan mudah :

1. $\left|H_n(j\Omega)\right|_{\Omega=0} = 1$ untuk semua n
2. $\left|H_n(j\Omega)\right|_{\Omega=\Omega_t} = \frac{1}{2}$ untuk semua n terbatas

   ini berarti bahwa

   $\left|H_n(j\Omega)\right|_{\Omega=0} = 0{,}707$

   dan $20 \log \left|H_n(j\Omega)\right|_{\Omega=0} = -3{,}0103$
3. $\left|H_n(j\Omega)\right|^2$ adalah sebuah fungsi pengurangan secara monoton dan Ω.
4. Jika n diperbesar , $\left|H_n(j\Omega)\right|^2$ mendekati sebuah respon frekuensi low pass ideal .
5. $\left|H_n(j\Omega)\right|^2$ desebut dataran maksimum pada bagian asalnya jika semua tingkat derivatifnya ada dan nol.



Gambar 3. Kuadrat harga mutlak respon frekuensi untuk filter Butterworth

Referensi:

1. Lonnie C, Ludeman *Fundamental of Digital Signal Processing*, John Wiley &Son
2. J. G. Proakis and D. G. Manolakis, *Digital signal processing*. (Third Edition), Prentice Hall, 1996.

3.2 Tujuan Percobaan

- Mengetahui prinsip dasar filter analog, model matematisnya, karakteristik dan implementasinya
- Mengetahui jenis-jenis filter analog
- Mensimulasikan fungsi alih filter analog dalam kawasan frekuensi
- Mendesain suatu filter analog dan mensimulasikan

3.3 Peralatan Percobaan

- Komputer PC + Matlab versi 6 (atau versi yang lebih baru).
- Petunjuk paraktikum
- Buku Teks

3.3 Prosedur Percobaan

Mensimulasikan Fungsi alih Butterworth

1. Carilah fungsi alih $H_9(s)$ untuk filter normalized Butterworth dengan orde 9 dalam bentuk factor kuadrat .



2. Simulasikan fungsi alih $H_9(s)$ dengan menggunakan Matlab dengan perintah script BODE

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

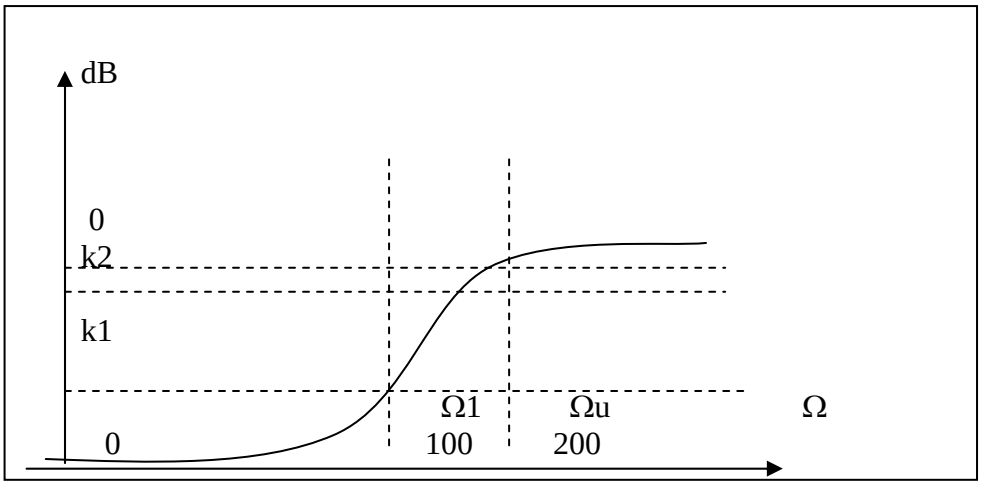
>>_____

>>_____

>>_____

Desain Filter Butterworth dan Chebyshev

1. Desainkan suatu high pass filter analog (a) Butterworth dan (b) Chebyshev yang akan meloloskan sinyal degan frekuensi lebih besar daripada 200 rad/sec dengan atenuasi kurang dari 2 dB dan atenuasi pada daerah stop band lebih besar daripada 20 dB untuk semua Ω kurang dari 100 rad/ sec dengan Gambar seperti dibawah ini



Gambar respon frekuensi

2. Keperluan Filter :

$0 \leq 20 \text{ Log } |H(j\Omega)| \leq k1$ $\quad\quad$ $\Omega \geq \Omega_2$

$20 \text{ Log } |H(j\Omega)| \leq k2$ $\quad\quad$ $\Omega \leq \Omega_1$

$H_{HP}(s) = H_{LP}(s) |s \rightarrow \Omega_u/s$

Untuk high pass filter agar memenuhi persyaratan k2 pada Ω1, kita harus memiliki equality dalam transformasinya, yaitu :

$$j\Omega r = [\Omega u / j\Omega 1]$$

maka, $\Omega r = \Omega u / \Omega 1$

$= \ldots\ldots/\ldots\ldots =$

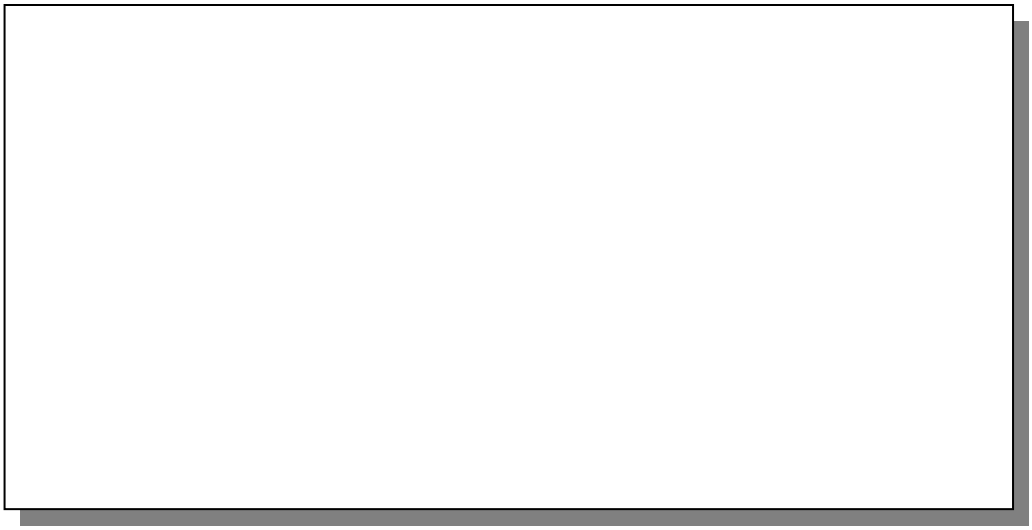
3. Tentukan tingkat orde untuk Low Pass Filter Butterworth



4. Tentukan Prototype untuk filter Low Pass Filter Butterworth



5. Tentukan fungsi alih $H_{HP}(j\omega)$ dan persamaan M



6. Apabila nilai ω=200 rad/s dan untuk initial frequency M_{dB} = -2 seperti pada point 1, tentukan nilai M



7. Simulasikan filter diatas dengan menggunakan Matlab

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

8. Berikan kesimpulan secara jelas singkat perancangan filter analog dan implenetasi filter analog pada Pemrosesan Sinyal Digital

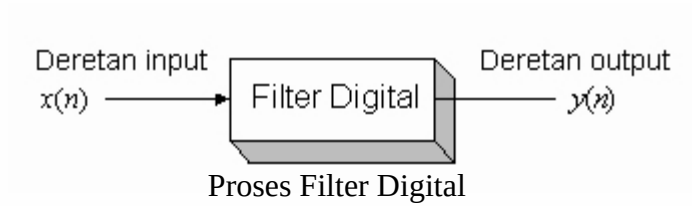
MODUL IV
PERANCANGAN FILTER DIGITAL

4.1 Dasar Teori

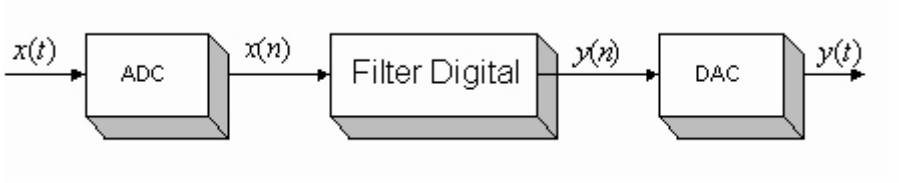
4.1.1 Pendahuluan

Berdasarkan pengaturan-pengaturan frekuensi yang diredam maka filter dapat dibedakan menjadi :

1. Low Pass Filter
2. High Pass Filter
3. Band Pass Filter
4. Band Stop Filter



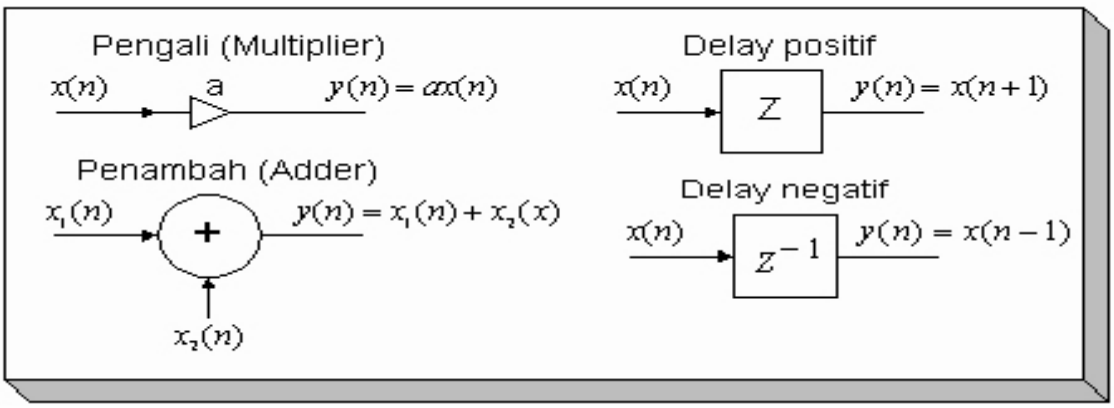
Proses Filter Digital



Proses Pembentukan Sinyal Digital

4.1.2 Anatomi Filter Digital

Filter digital terdiri dari interkoneksi tiga elemen-elemen sederhana : penambah (adder), pengali (multiplier) dan penunda (delay). Adder dan multiplier secara konseptual merupakan komponen yang diimplementasikan pada unit logika aritmatik komputer. Delay adalah komponen yang membolehkan mengakses nilai-nilai yang akan datang dan yang lalu dalam suatu deretan. Desain filter digital memperhatikan pemilihan dan penggabungan jumlah yang terbatas dari elemen-elemen tersebut dan penetapan nilai koefisien pengali.



Komponen untuk merealisasikan filter digital

4.1.3 Struktur Filter Digital

Berdasarkan hubungan antar deretan input x(n) dengan deretan keluaran y(n):

- Rekursif:

  y(n) = F{y(n-1), y(n-2),...; x(n), x(n-1), x(n-2),…}

- Non-Rekursif :

  y(n) = F{x(n), x(n-1), x(n-2),…}

Berdasarkan panjang deretan h(n) :

- Infinite Impulse Response (IIR) :

  Panjang deretan h(n) tak terbatas

- Finite Impulse Response (FIR) :

  Panjang deretan h(n) terbatas.

Struktur dari pemrosesan sinyal digital dapat diilustrasikan dengan beberapa operasi konfigurasi, yaitu :

- Filter tunggal dengan input tunggal
- Filter jamak dengan input tunggal
- Filter tunggal dengan input jamak
- Filter jamak dengan input jamak

4.1.4 Filter Digital FIR (Finite Impuls Respon)

Syarat/Sifat :

{h(n)}; n Ξ [0,M] merupakan deretan waktu terbatas yang kausal dan stabil

Diinginkan memiliki respon phasa linear

Transformasi Z :

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \sum_{n=0}^{M} h(n).z^{-n}$$; panjang deretan h(n) = M+1

$$= h(0) + h(1).z^{-1} + h(2).z^{-2} + ... + h(M).z^{-M}$$

Persamaan Differensial :

Dari bentuk umum : $\sum_{i-0}^{\infty} a_i y(n-i) = \sum_{i=0} b_i x(n-i)$

Syarat : seluruh a_i pada iE[1,N] adalah nol.

$a_0 = 1$, y(n) = $\sum_{i=0}^{M} b_i x(n-i)$

Sebagai sistem LTI –FIR :

y(n) = h(n)*x(n) = $\sum_{i=0}^{M} h(n).x(n-i)$

$H(e^{jw}) = \sum_{n=0} h(n).e^{-jw}$ periodik dengan periode 2π

$H(e^{jw}) = H(e^{j(\omega+2\pi m)})$; m = 0, ±1,±2, ...

Jika h(n) real, maka : $H(e^{jw}) = |H(e^{j\omega})|.e^{j\beta(\omega)}$

Transformasi Fourier

Respon Magnituda

$|H(e^{jw})| = |H(e^{-j\omega})|$; $-\pi \le \omega \le \pi$ (fungsi genap)

Respon Phasa

$\beta(\omega) = -\beta(-\omega)$; $-\pi \le \omega \le \pi$ (fungsi ganjil)

Ada 3 cara utama untuk mendesain filter FIR :

1. Metoda jendela
2. Metoda berbantuan komputer yang dikembangkan oleh Park & McClelland. Metoda ini menggunakan algoritma Remez exchange
3. Metoda Langsung (disebut juga metoda pencuplikan frekuensi)

4.1.5 Filter Digital IIR (Infinite Impuls Respon)

Ciri ciri persamaan beda yang menyatakan filter Infinite Impuls Respons (IIR) adalah tidak hanya menggunakan masukan sekarang (present state) sebagai sinyal masukan tetapi jugamenggunakan keluaran sebelumnya (yaitu y(n-1), y(n-2), dst) untuk menentukan keluaran saat ini. Oleh karena itu biasanya dipakai proses rekursif atau umpan balik. Dengan demikian filter IIR harus memiliki pole atau koefisien penyebut dari fungsi transfer. Koefisien pada IIR menentukan jenis/tipe filter yang dipakai.

Hal penting untuk persamaan beda

- Persamaan beda sangat mudah untuk diiplementasikan dengan barisan kode
- Jika koefisien b berharga nol kecuali bo maka filternya disebun t “alll pole filter”. Filter tersebut sangat populer dalam pengolahan sinyal bicara dan filter adaptif.
- Jika kofiisien a berharga nol kecuali ao maka filternya disebut filter all zero atau filer FIR.

Mengubah bentuk persamaan beda ke bentuk respons frekuensi

Untuk menentukan jenis respon frekuensi suatu persamaan beda, pertama tama tetukanlah dahulu transformasi-Z yang sesuai dengan persamaan bedanya, Kemudian lakukan penghitungan sbb:

$$H(z)\,|_{z=\exp(j\omega T)=\exp(j\,2\pi\,f/fs)}$$

Menentukan respons impulse dari persamaan beda

- Persamaan beda mengiplementasikan filter dengan umpan balik
- Filter ini ekuivalen untuk mengerjakan konvolusi konvensional dengan impuls respons khusus.
- Untuk memperoleh respons impulse hitunglah persaman beda secara rekursif dengan masukan unit Impuls.
- Gunakan persamaan beda untuk mendapatkan y(0), y(1), y(2) dst
- Pada umumnya respons impuls ini akan berlangsung terus sehingga filtyernya disebut IIR.

Delay sinyal yang dialami oleh filter IIR

- Untuk mendapatkan formula delay sinyal untuk filter IIR tidak semudah seperti filter FIR karena filter IIR tidak memiliki struktur simetrik regular seperti filter FIR.
- Praktisnya bahw delay tersebut besarnya adalah setengah dari orde filter

Kentungan Filter IIR

- Persamaan beda (IIR) yang digunakan untuk mengimplemenrtasikan filter IIR sangat mudah untuk digunakan.
- Dengan memilih koefisien-koefisien yang sesuai untuk persamaan beda, memungkinkan untuk memperoleh respon magnitude.
- Filter-filter IIR biasanya memiliki orde dan delay yang lebih kecil daripada filter FIR.

Kerugian Filter IIR

- Untuk memperoleh fasa linier dari filter IIR lebih sulit dibandingkan dengan filter FIR.
- Filter IIR menjadi labil bila pole-polem\nya dirancang terlalu dekat dengan lingkaran satuan.
- Proses kuantisasi sinyal dan parameter filter mempunyai pengaruh yang lebih serius pada pengoperasian filter IIR dibandingkan dengan filter FIR.

4.2 Tujuan Percobaan

- Mengetahui prinsip dasar filter digital, model matematisnya, karakteristik dan implementasinya
- Mengetahui jenis-jenis filter digital
- Mensimulasikan fungsi alih filter digital dalam kawasan frekuensi
- Mendesain suatu filter digital dan mensimulasikan
- Mendesain filter FIR dan IIR

4.3 Prosedur Percobaan

Desain Filter

1. Desain filter two-pole Butterworth dengan fungsi transfer sebagai berikut

$$H(s)=\frac{\omega_c^{\,2}}{s^2+\sqrt{2}\,\omega_c\,s+\omega_c^{\,2}}$$

2. Untuk mendapatkan nilai $H_d(z)$ maka perlu penurunan fungsi dari H(s) kedalam bentuk $H_d(z)$, dimana



3. Setelah mendapatkan fungsi $H_d(z)$, simulasikan dengan menggunakan Matlab dengan script *freqz*

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

Desain Filter IIR

4. Desain high pass filter Chebyshev dengan frekuensi cutoff ω_c = 2 rad/sec dan interval sampling T=0.2 serta ripple passband=3 dB
5. Untuk mengetahui fungsi respon filter tersebut maka dengan menggunakan Matlab maka dicari *numd* dan *dend*.(nilai konstanta pada fungsi respon)

   Script

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

6. Setelah mengetahui konstanta dari fungsi respon dengan menggunakan Matlab maka fungsi respon filter tersebut dapat disimulasikan sama dengan *script* point 3.

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

Desain Filter FIR

7. Desain filter FIR yang mempunyai fungsi respon h[n] untuk n<0 dan n>N-1=2m, yang diberikan seperti dibawah ini

$$h_d[n]=\begin{Bmatrix}\frac{\Omega_c}{\pi}\ \sin c\left[\frac{\Omega_c(n-m)}{\pi}\right]\\ 0\end{Bmatrix}$$

8. Karakteristik filter yang diberikan

   Ωc=0.4 dan N=21

   Simulasikan respon filter FIR tersebut

   Script

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

>>_____

9. Berikan kesimpulan secara jelas singkat perancangan filter digital dan implenetasi filter digital pada Pemrosesan Sinyal Digital

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____