BUTTERWORTH i BILINEARNA $\boxed{s = \frac{2}{T}\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}}$ ⇒ IZRAZ ZA BILINEARNU TRANSF.

digitalna

analogna

$\boxed{\Omega_g = \frac{2}{T}\, tg\left(\frac{\omega_g}{2}\right)}$ ⇒ IZRAZ ZA VEZU ANALOGNE I DIGITALNE FREKVENCIJE

* hint: $H(j\Omega)H^*(j\Omega) = H(s)H(-s)$

samo zamijeni $\Omega \to s$ i ostavi Ω_g jer je to konstanta

1) Prijenosna fja Butterworthovog filtra

$H(s)H(-s) = \{$ zadan je njen oblik u zadatku $\}$

⇒ izračunati do kraja (ne ostavljati nazivnik u obliku umnoška) — da ima takav oblik da se mogu polovi izračunati

polovi su ovijeh oblika $\boxed{s_k = \Omega_g \exp\left(j\frac{\pi + 2k\pi}{2n}\right)}$ red filtra

2) → Izračunati polove (oni ovijeh ispadnu antisimetrični)

→ odabrati polove lijeve poluravnine

(pri odabiru koristimo samo ono što je u exp tj. onaj minus ne igra ulogu)

3) Napisati prijenosnu fju oblika $H(s) = \frac{\text{brojnik } H(s)\cdot H(-s)}{(s-s_1)(s-s_2)\cdots(s-s_n)}$

H(s) rastaviti na $H(s) = H_1(s)\cdot H_2(s)$ → u brojniku je obično s^n pa uzmemo za svaki brojnik $s^{n/2}$

u nazivnik staviti odabrane polove

u nazivnik staviti preostale polove

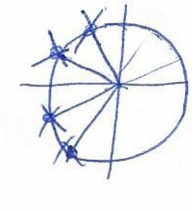
4) $H_1(s)$ ⇒ sredimo oblik

! Korisno je polove ostaviti u obliku s e i Ω_g (ne uvrštavati)

5) koristimo izraz za bilinearnu transformaciju $s = \frac{2}{T}\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}$ i dobijemo H(z)

6) sredimo H(z)

* hint za računanje polova ... s obzirom da su parovi antisimetrični, možemo se sjetiti napraviti kvadrat razlike npr...



DIREKTNA II REALIZACIJA

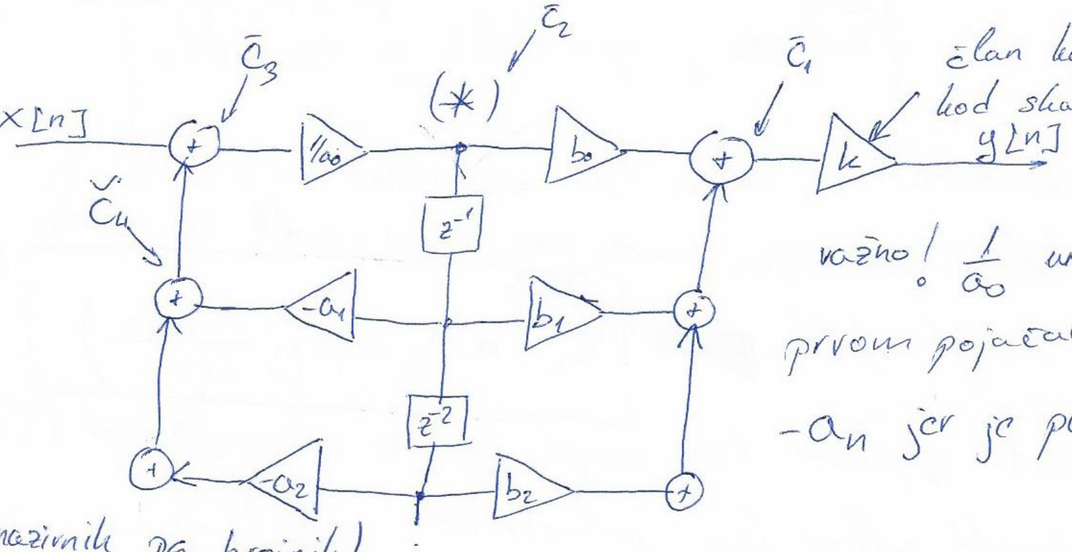
$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \dots}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots}$$

1) Skaliranje ⇒ svi članovi moraju biti manji ili jednako 1

⇒ a_0 mora biti potencija od 2 (zbog shifta)

2) Frakciona aritmetika

3)



(nazivnik pa brojnik)

važno! $\frac{1}{a_0}$ umjesto a_0 u prvom pojačalu

$-a_n$ jer je povratna veza

4) Kritični čvorovi ⇒ sva mjesta iza zbrajala i središnja račva (*)

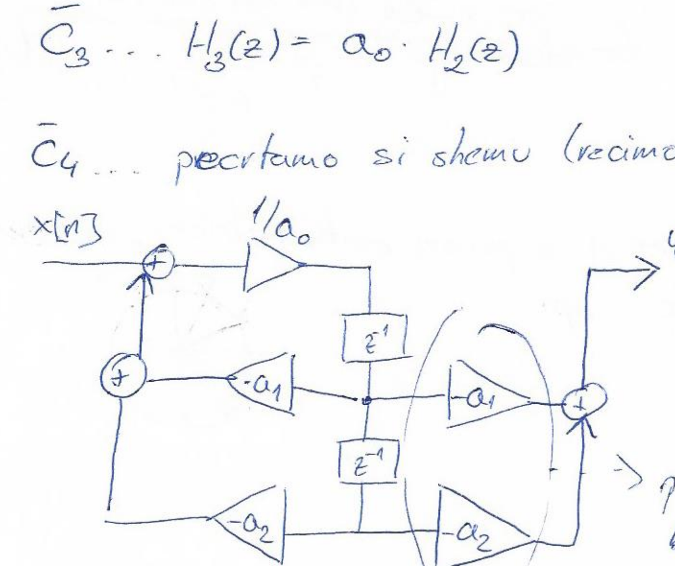
5) Prijenosna funkcija kritičnih čvorova

$\bar{C}_1$ ... uvijek cijela $H(z)$, ALI bez faktora skaliranja.

$\bar{C}_2$ ... $H_2(z) = \frac{1}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} \dots}$ cijeli nazivnik

$\bar{C}_3$ ... $H_3(z) = a_0 \cdot H_2(z)$

$\bar{C}_4$ ... precrtamo si shemu (recimo da sad imamo do z^{-2})



$$H_4 = \frac{-a_1 z^{-1} + (-a_2) z^{-2}}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}$$

> preslikano s lijeve strane i postaje brojnik!

$\Sigma\alpha 1$ – $H(z)$ čvora uz ulaz
$\Sigma\alpha 0$ – $H(z)$ čvora na račvanju
$\Sigma\beta 1$ – $H(z)$ čvora uz izlaz

SKALIRANJE UZ OGRADU $\mathcal{L}_\infty$

1) Odabrani $H(z)$ zapišemo kao $H(e^{j\omega})$

2) Računamo $B(\omega) = H(e^{j\omega}) \cdot H^*(e^{j\omega}) = |H(e^{j\omega})|^2$

3) Deriviramo $\frac{dB(\omega)}{d\omega}$

4) Derivaciju izjednačimo s $\emptyset$ i tražimo za koji ω je ona $\emptyset$ (ω_0)
(ako se pojavi neki $\sin(\omega)$ koji množi sve, tada je $\omega = k\pi$)

5) Amplituda

AKO TRAŽI SKICU S PRAVILNO ~~SKALIRANIM~~ koef. SKALIRANIM KOEF. onda pomnožimo s k odmah na ulazu i s $\frac{1}{k}$ prije izlaza

$A(\omega=\omega_0) = |H(e^{j\omega_0})| \Rightarrow$ uzmemo max od toga $= k$
$\Rightarrow$ taj max je naše rješenje !

SKALIRANJE UZ ~~OGRADU~~ APSOLUTNU OGRADU

1) $H(z)$ pretvorimo u $h[n]$ (po potrebi rastaviti na parcijalne razlomke)

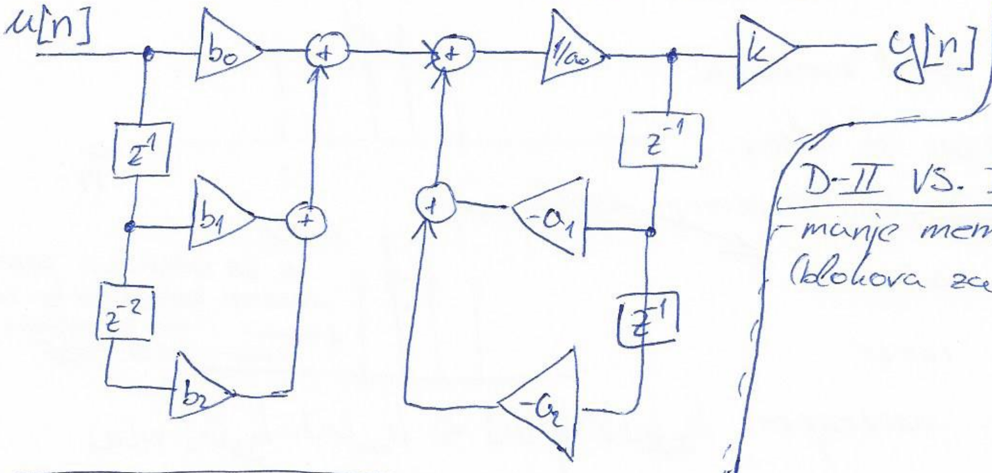
2) $k = \sum_{n=0}^{\infty} |h[n]|$ ... najčešće je to nekakva geometrijska suma

$$\sum_{n=0}^{\infty} x^n = \frac{1}{1-x}$$

KASKADA → više DIREKTNIH-II za redom

KASKADA VS. D-II
- kvantizacija utječe samo na nule unutar pojedine sekcije
- lakše kontroliramo dinamike pojedine sekcije

DIREKTNA-I $\quad H(z) = k \cdot \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}$



D-II VS. D-I
- manje memorijskih lokacija (blokova za kašnjenje)

TRANSPONIRANJE

① zamijeni ulaz i izlaz → ② okreni sve smjerove signala → ③ zamijeni račvanja i zbrajala

METODA VREMENSKIH OTVORA - PROJEKTIRANJE FIR FILTARA

1) Zapisemo red filtra (N) i granično frekvenciju (ω_g)

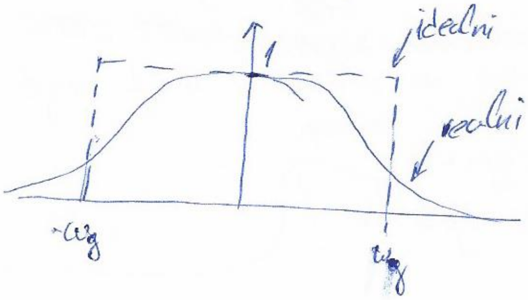
2) Računamo impulsni odziv - granice integrala ovisne su o tipu filtra

* ako pita da li je filtar ostvariv...
ako je imp. odziv ograničen onda je
ali ako nije ograničen onda je svevremenski, što se kosi s FIR!

VREMENSKI OTVOR
- utječe na gušenje

RED FILTRA
- utječe na širinu prijelaznog područja - veći red manje prijelazno područje

NISKOPROPUSNI

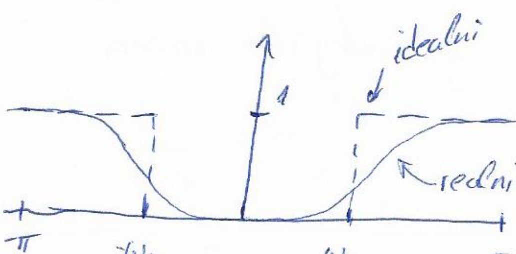


$$\underset{\text{idealno}}{h_{ID}} = \frac{1}{2\pi}\int_{-\omega_g}^{\omega_g} 1\cdot e^{j\omega n}\,d\omega$$

(VP/NP)

* ZA SVAKI FILTAR POSEBNO RAČUNAMO $h_{ID}[0]$ JER JE TO GRANIČNI SLUČAJ!! (uvrstimo 0 umjesto ω u integral)

VISOKO PROPUSNI



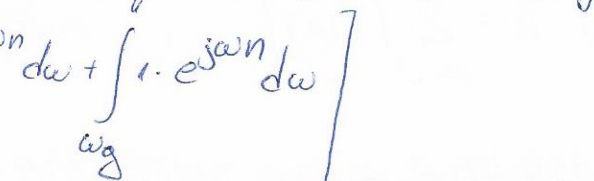
$$h_{ID} = \frac{1}{2\pi}\left[\int_{-\pi}^{-\omega_g} 1\cdot e^{j\omega n}\,d\omega + \int_{\omega_g}^{\pi} 1\cdot e^{j\omega n}\,d\omega\right]$$

* ZA POJASNU BRANU I POJASNI PROPUST SAMO INTEGRIRAMO PO PODRUČJU DJELOVANJA

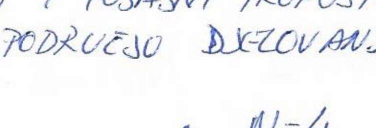
3) Definiramo vremenski otvor (w[n])

filtar reda N ima N+1 uzoraka

VP i NP filtri su simetrični pa filtar mora imati paran red, PP i PB nemaju ograničenje



definicija: $w[n] = \begin{cases} 1, & -2 \le n \le 2 \\ 0, & \text{inače} \end{cases}$



* ZA NEPARNE REDOVE MORAMO POMAKNUTI h_I ZA $\frac{1}{2}$ UZORKA KAKO BI SAČUVALI LINEARNOST FAZE

4) Tražimo odziv filtra - množenjem $h_{ID}[n]$ i $w[n] \Rightarrow h_{FIR}[n] = h_{ID}[n]\cdot w[n]$

$h_{FIR}[n] \circ\!\!-\!\!\bullet\ H_{FIR}(z)$

5) Skiciramo amplitudno i faznu karakteristiku $|H(z)|$

zamijenimo s $e^{j\omega}$

* paziti na premotavanje faze!

6) POJAČANJE - uvrstimo traženu frekvenciju u $|H(e^{j\omega})| \Rightarrow 20\log_{10} A(\omega_{traženo})$

METODA JEDNAKIH IMPULSNIH ODZIVA (IIR)

- dobijemo zadan period (T) i impulsni odziv analognog filtra ($h(t)$)

1) Laplace-om pretvorimo $h(t) \circ\!\!-\!\!\bullet H(s)$

   *hint: Laplace je isti kao CTFT, samo zamjeni $j\omega \Rightarrow s$

2) Tip filtra — prijenosnu fju $H(s)$ pretvorimo u $H(\Omega)$ (zamjenim $s \Rightarrow j\Omega$)

Izračunamo $|H(\Omega)|$ pa tražimo $\lim\limits_{\Omega \to 0} |H(\Omega)|$ i $\lim\limits_{\Omega \to \infty} |H(\Omega)|$

1) NP $\lim\limits_{\Omega \to 0} |H(\Omega)| = konst$

   $\lim\limits_{\Omega \to \infty} |H(\Omega)| = 0$

2) VP $\lim\limits_{\Omega \to 0} |H(\Omega)| = 0$

   $\lim\limits_{\Omega \to \infty} |H(\Omega)| = konst$

3) METODA ČUVA STABILNOST — sustav je stabilan za uvjete za koje je stabilan i analogni sustav ($H(s)$)

POLOVI MORAJU BITI U LIJEVOJ POLURAVNINI DA BI FILTAR BIO STABILAN

4) IMPULSNI ODZIV DIGITALNOG FILTRA

u impulsni odziv analognog filtra ($h(t)$) uvrstimo $t = n \cdot T$

$h[n] = h(t = nT)$

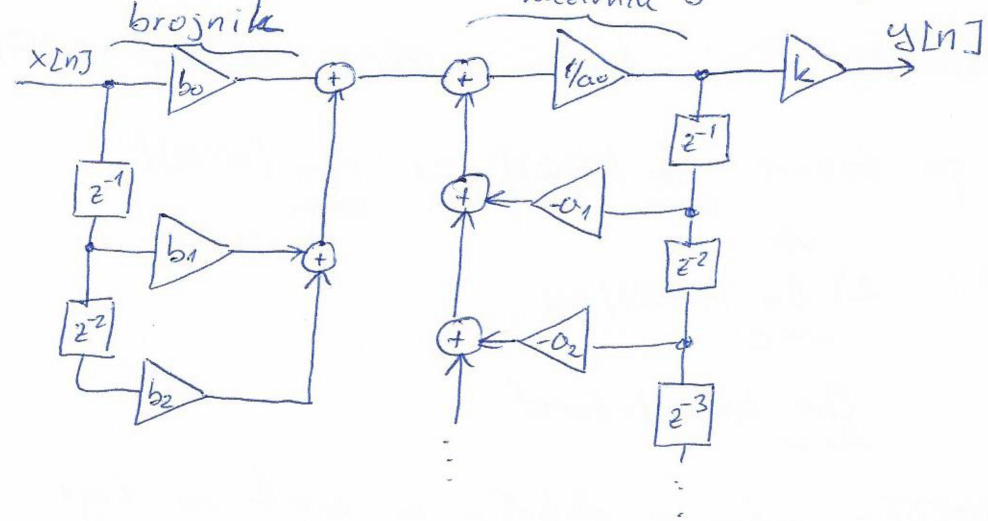
REALIZACIJE S REALNIM KOEFICIJENTIMA

- zadana je često neka ogromna prijenosna fja $H(z)$ koja može imati umnožak u nazivniku

DIREKTNA - I

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + a_3 z^{-3} + a_4 z^{-4}} \cdot k$$

- skaliramo tako da svi budu manji od 1, a a_0 potencija od 2



KASKADNA

1) $H(z)$ rastavimo na umnožak dvije prijenosne fje
$$H(z) = H_1(z) \cdot H_2(z)$$

2) Izračunamo polove za H_1 i H_2

3) Odredimo absolutne vrijednosti dobivenih polova (Q faktor)

4) crtamo 1) po padajućoj vrijednosti Q faktora
   → prvo $H(z)$ s većim Q faktorom, a onda manja
   2) po rastućim vrijednostima Q faktora
   → prvo $H(z)$ s manjim Q faktorom, a onda veća

⇒ crtamo 2 DIREKTNE-II realizacije jednu za drugom

DIJAGRAM TIJEKA SIGNALA PARALELNE REALIZACIJE

1) $H(z)$ rastavimo na zbroj dvije $H(z)$ $\quad H(z) = H_1(z) + H_2(z)$

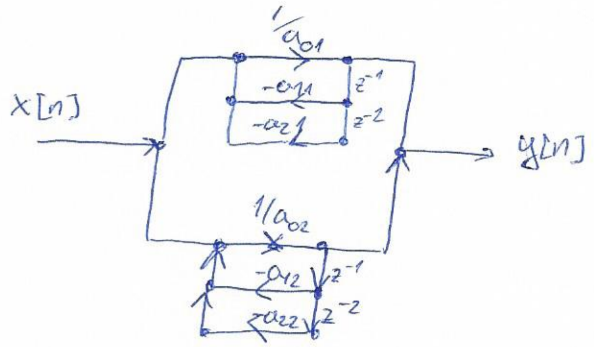
* paziti na parcijalne razlomke – ne zaboraviti dodati koef $\cdot z^{-1}$ ako je polinom 2. stupnja ... npr $\dfrac{Az^{-1}+B}{1+2z^{-1}+3z^{-2}}$

2) Odrediti absolutne vrijednosti polova (Q faktor)

3) Nacrtati shemu D-II ali tijek! ne blokovski

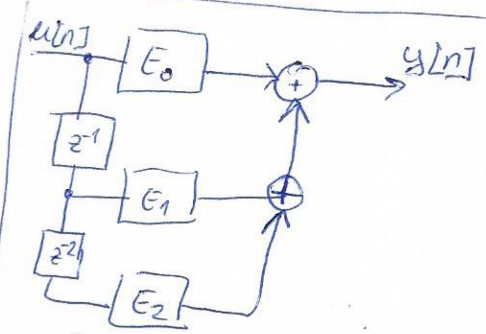
→ paralelno → najgornja ima najveći Q-faktor

* obavezno ucrtavati strelice



POLIFAZNA DEKOMPOZICIJA (super objasnjeno 11. prez slide 32-...

Pobijemo zadan diskretan impulsni odziv ili prijenosnu čiji je red N potencija broja 2 $\quad \boxed{z^{-8} \xrightarrow{\leftarrow N} 2^{-3} = 2^{-k}}$!



$H(z)$ možemo rastaviti u 1 do k dijelova

$$H(z) = 1+2z^{-1}+3z^{-2}+4z^{-3}+5z^{-4}+6z^{-5}+7z^{-6}+8z^{-7}+9z^{-8}$$
$a_0 \; a_1 \; a_2 \; a_3 \; \dots \; a_8$

Rastav za dvije grane $n=2$

uzimamo

$E_0(z) = 1+3z^{-2}+5z^{-4}+7z^{-6}+9z^{-8}$ (svaki drugi)

$E_1(z) = 2z^{-1}+4z^{-3}+6z^{-5}+8z^{-7} = z^{-1}(2+4z^{-2}+6z^{-4}+8z^{-6})$ → (svaki drugi + 1)

$H(z) = E_0(z^2) + z^{-1}E_1(z^2)$

rastav za tri grane

svaki treći, svaki treći+1, svaki treći+2

$H(z) = E_0(z^3) + z^{-1}E_1(z^3) + z^{-2}E_2(z^3)$