
KAPITOLA 5

FILTRE S KONEČNOU IMPULZOVOU ODPOVEĎOU

Pojem "filter" je veľmi všeobecný a predstavuje zariadenie, ktoré prepúšťa iba istú podmnožinu vstupného signálu na základe jeho istých definovaných vlastností. Z nášho hľadiska budeme pod pojmom "filter" rozumieť frekvenčný selektor vstupného signálu, t. j. zariadenie, cez ktoré môže prejsť len tá časť signálu, ktorej spektrálna funkcia sa skladá iba z istej podmnožiny frekvencií.

Výskum v oblasti digitálnych filtrov sa začal neskôr ako v oblasti analógových filtrov. Navyše digitálne filtre s konečnou impulzovou odpoveďou (**finite impulse response**, resp. FIR-filtre) sú známe kratšie ako digitálne filtre s nekonečnou impulzovou odpoveďou (**infinite impulse response**, resp. IIR-filtre). Prvý návrh digitálnych filtrov vychádzal, prirodzene, z predchádzajúcich vedomostí návrhárov o analógových filtroch. Táto skutočnosť viedla k návrhu IIR filtrov. V spojitej oblasti existujú v skutočnosti iba IIR filtre a FIR filtre sú vlastne výsledkom číslicového spracovania signálov. Napriek spomenutému historickému vývoju v oblasti návrhu filtrov začneme našu lekcii o filtroch práve najmladším členom z rodiny filtrov. Princíp FIR filtrov je z hľadiska pedagogického ďaleko názornejší a pochopiteľnejší ako pri IIR filtroch. Tiež návrh FIR filtrov je priamočiary a jednoduchý. To je podľa nás ďaleko dôležitejšie pre začiatok ako zachovávanie chronologického poradia.

Najprv zadefinujeme základné charakteristiky FIR filtrov a potom sa budeme venovať rôznym metódam návrhu.

5.1 Opis FIR filtrov v časovej a vo frekvenčnej oblasti

FIR filtre sú typické filtre bez spätnej väzby. Niekedy sa tiež nazývajú transverzálne, čo opisuje smer toku vstupného signálu. Výstupný signál závisí iba od N vzoriek vstupného signálu, pričom $N-1$ je rád alebo tiež dĺžka filtra, výstup však nie je závislý od predchádzajúcich vzoriek výstupného signálu. Aktuálna vzorka výstupného signálu je lineárna kombinácia posledných N vzoriek vstupného signálu.

Diferenčná rovnica opisujúca systém v časovej oblasti je

$$y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} a_k \cdot x(n-k) \quad \text{pre všetky } n \quad (5.1)$$

Rov.(5.1) je špeciálny prípad diferencnej rovnice (1.13), kde $b_k = 0$ pre všetky k . V rov.(5.1) by sme mohli, vo všeobecnosti, uvažovať aj $k < 0$, ale kauzalita sústavy je jednou zo základných vlastností technicky realizovateľných systémov.

Prenosová funkcia $H(z)$ predstavuje tiež špeciálny prípad rov.(2.24)

$$H(z) = \sum_{k=0}^{N-1} a_k \cdot z^{-k} \quad (5.2)$$

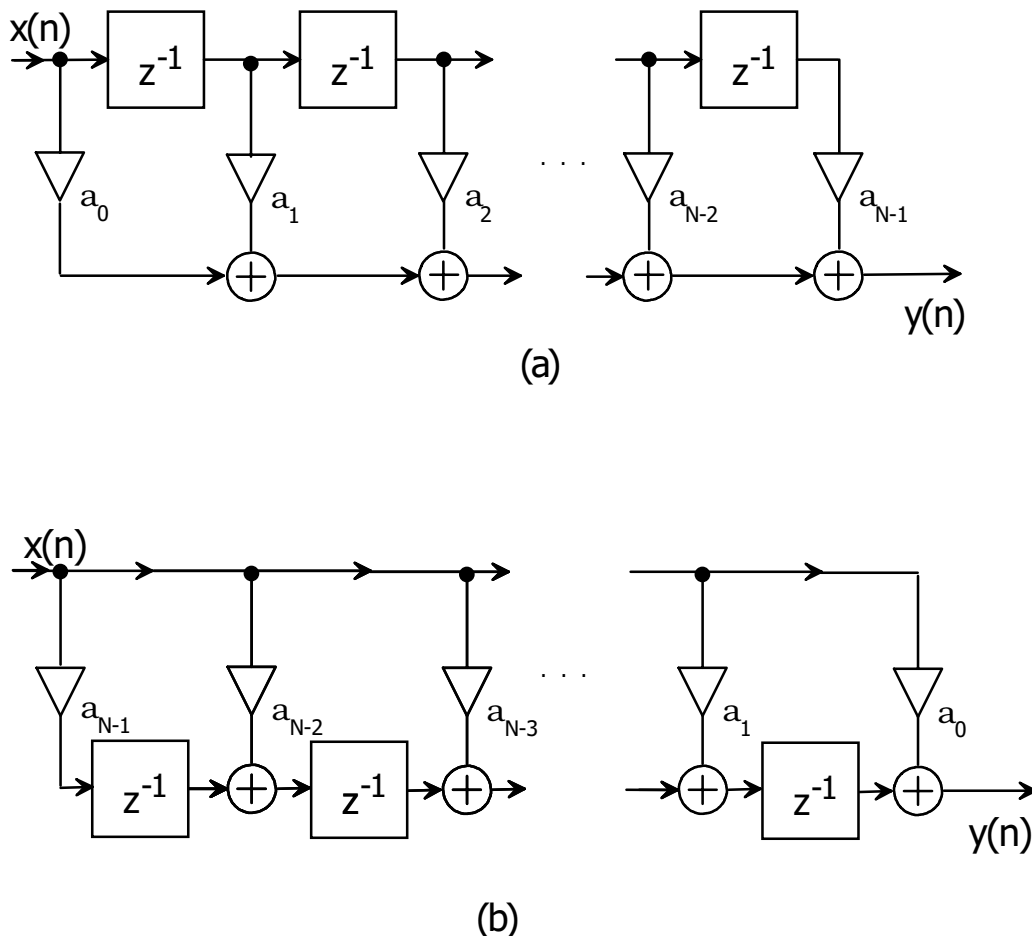
Frekvenčnú charakteristiku FIR filtra dostaneme z rov.(5.2) po substitúcii

$$z = e^{j\Omega} \quad (5.3)$$

ako

$$H(\Omega) = \sum_{k=0}^{N-1} a_k \cdot e^{-j\Omega k} \quad (5.4)$$

Model FIR filtra, vychádzajúci z rov.(5.1) a (5.2) a jeho transponovaná varianta sú na obr.5.1.



Obr. 5.1 a. Priamy model FIR filtra, b. Transponovaný model

Jednou z hlavných výhod FIR filtra je jeho zaručená stabilita. Dôkaz tohto tvrdenia je zrejmy ako v časovej tak i vo frekvenčnej oblasti. Nestabilitu sústavy z hľadiska frekvenčnej analýzy môžu spôsobiť iba póly prenosovej sústavy, ktoré ležia v rovine z mimo jednotkovej kružnice. Z rov.(5.2) vidíme,

že prenosová charakteristika filtra neobsahuje žiadne póly sústavy. V časovej oblasti je stabilita sústavy zaručená, ak impulzová odpoveď je ohraničená v čase a v hodnote. Samotný názov (konečná impulzová odpoveď) tejto kategórie filtrov zdôrazňuje ohraničenosť impulzovej charakteristiky v čase. Navyše je zrejmé z definície, že koeficienty a_k rov.(5.1) predstavujú vzorky $h(k)$ impulzovej charakteristiky $h(n)$.

Ďalšou výhodou FIR filtrov je možnosť návrhu filtra s ideálne lineárnou fázovou charakteristikou. Tejto vlastnosti sa ešte budeme venovať podrobnejšie neskôr. Treba však poznamenať, že digitálne FIR filtre sú jedinou kategóriou filtrov, kde sa dá navrhnuť sústava s lineárnou fázovou charakteristikou.