

1 Pretipkavanje signala

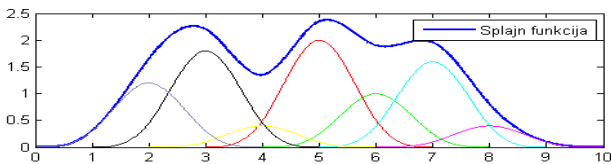
Pretipkavanje signala (*eng. upsampling, downsampling*) je promjena broja uzoraka vremenski diskretnog signala. Postupak pretipkavanja uključuje izgradnju vremenski kontinuiranog modela ulaznog signala, a zatim otipkavanje kontinuiranog modela u proizvoljnom broju točaka (postupak interpolacije).

2 Opis sustava

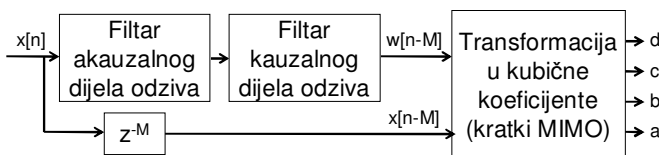
Zadatak je izgradnja sustava za pretipkavanje digitalnih signala u stvarnom vremenu, koji omogućava pretipkavanje ulaznog signala otipkanog proizvoljnom frekvencijom otipkavanja na proizvoljnu izlaznu frekvenciju otipkavanja. Omjer frekvencija može varirati kroz vrijeme.
Ciljna platforma za implementaciju sustava je Xilinx FPGA.

3 Implementacija sustava

Korištena metoda interpolacije je B-splajn (*eng. spline*) interpolacija, koja omogućava jednostavnu filtarsku formulaciju problema pogodnu za implementaciju u sklopovlju. Interpolacijska B-splajn funkcija se sastoji od ekvidistantnih osnovnih B-splajn funkcija, skaliranih B-splajn koeficijentima $w[n]$, izračunatim iz ulaznog signala $x[n]$.

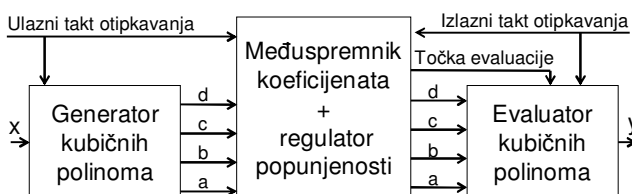


Idealni B-splajn filter ima impulsni odziv beskonačan na kauzalnu i antikauzalnu stranu. Filter se pretvara u kauzalan sustav rastavljanjem na kaskadu kauzalnog i antikauzalnog filtra, skraćivanjem impulsnog odziva antikauzalnog filtra na M uzoraka, i uvođenjem kašnjenja od M uzoraka u generirane B-splajn koeficijente. B-splajn koeficijenti $w[n-M]$ se transformiraju u koeficijente kubičnih polinoma (pogodne za evaluaciju) kratkim izlaznim MIMO sustavom.



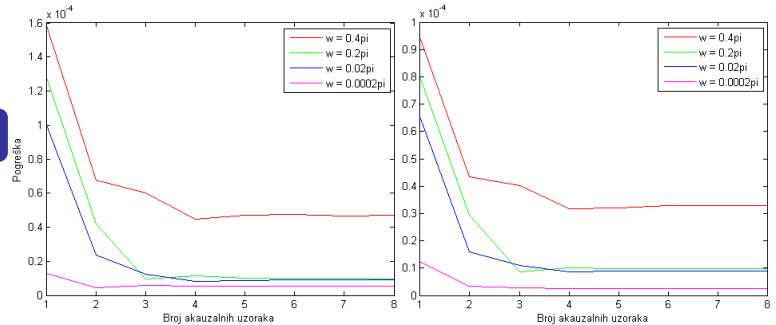
Koeficijenti kubičnih polinoma se pohranjuju u međuspremnik, a zatim evaluiraju u broju točaka ovisnom o omjeru izlazne i ulazne frekvencije otipkavanja. Varijacija frekvencija otipkavanja kompenzira ugrađeni regulator.

Potreban oprez
Više asinkronih signala takta



4 Rezultati

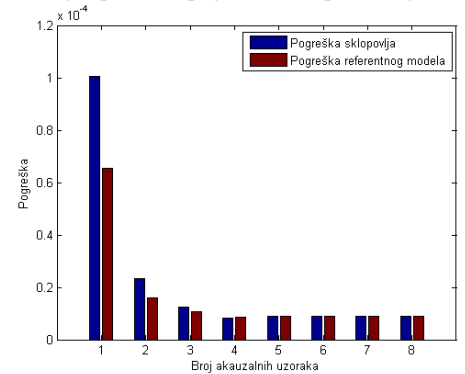
Za potrebe ispitivanja sustava implementiran je referentni model u aritmetici pomičnog zarezove dvostruke preciznosti.



Pogreška sklopovlja (lijevo) i referentnog modela (desno) u odnosu na idealni signal ovisno o broju akauzalnih uzoraka M

Pogreška je definirana kao srednja apsolutna pogreška interpoliranog signala u odnosu na idealni sinusni signal. Pri nižim frekvencijama ulaznog signala je prisutna manja pogreška interpolacije.

Također je vidljiv nagli pad pogreške povećanjem broja akauzalnih uzoraka B-splajn filtra, no samo do granice od približno 4 akauzalna uzorka.



Pogreška sklopovlja i referentnog modela na $\omega = 0.02\pi$ ovisno o M

Pogreška na $\omega = 0.02\pi$ ovisno o M				
M	1	2	3	4
Sklopovlje	1.0044e-004	2.3478e-005	1.2305e-005	8.4073e-006
Ref. model	6.5274e-005	1.5822e-005	1.0847e-005	8.6569e-006
M	5	6	7	8
Sklopovlje	8.8165e-006	8.9286e-006	8.9326e-006	9.0125e-006
Ref. model	8.7728e-006	8.7786e-006	8.8354e-006	8.8675e-006

5 Zaključak

Točnost interpolacije sustava na niskim frekvencijama je u izravnoj vezi sa brojem antikauzalnih uzoraka M , što potvrđuju i teorijska razmatranja. Uvođenjem aritmetike konačne širine, povećanje broja budućih uzoraka M nakon približno četiri uzorka više ne dovodi do daljnjeg povećanja točnosti interpolacije, a blago narušavanje točnosti se može javiti zbog povećanja broja nepotrebnih operacija u aritmetici konačne širine. Opisano ponašanje je izraženo kod sklopovske implementacije, dok referentni model uz veliki M i nisku ulaznu frekvenciju može pokazati dodatno smanjenje pogreške.