



Univerzite u Novom Sadu  
Fakultet Tehničkih Nauka  
Katedra za računarsku tehniku i međuračunarske  
komunikacije

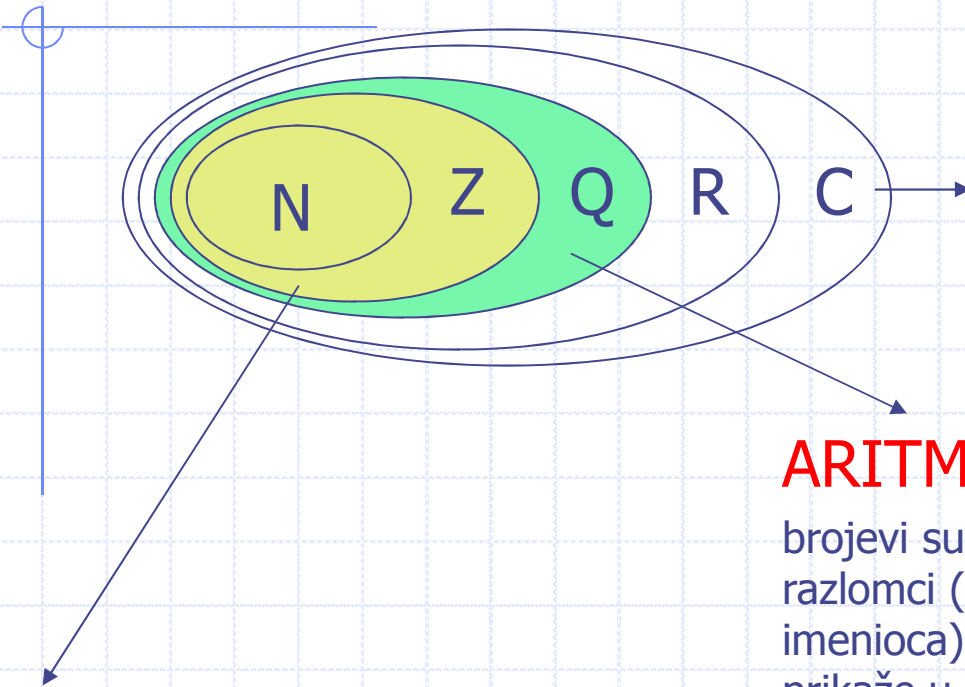


# Algoritmi i arhitekture DSP I

- ❖ NUMERIČKO PREDSTAVLJANJE  
PODATAKA I TIPOVI ARITMETIKE



# KAKO PREDSTAVITI BROJEVE ?



## KOMPLEKSNI BROJEVI

koristi se jedna od tri predstave brojeva ali postoji realni imaginarni deo u registru/mem. lokaciji

## ARITMETIKA SA FIKSNIM ZAREZOM

brojevi su elementi skupa  $Q$ , koriste se normirani razlomci (razlomci kod kojih je brojilac veći od imenioca), tako da je opseg brojeva koji može da se prikaže u intervalu  $-1/+1$ .

## CELOBROJNA ARITMETIKA

brojevi su elementi skupa  $Z$ , negativni brojevi se predstavljaju u drugom komplementu.

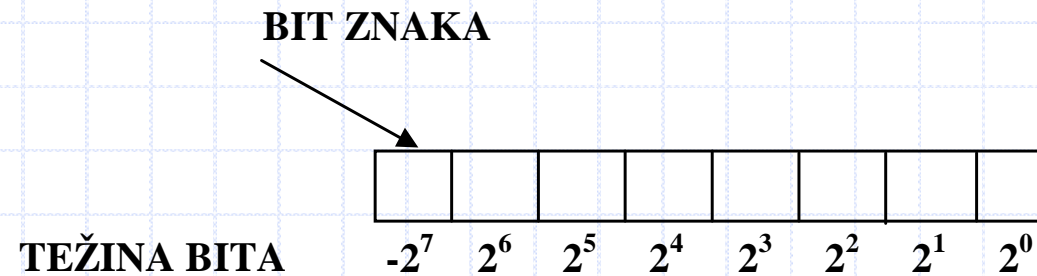
Opseg brojeva koji može da se prikaže zavisi od broja bita.

## ARITMETIKA SA POKRETNIM ZAREZOM

brojevi su elementi skupa  $Q$ , koriste se ne-normirani razlomci opseg brojeva koji može da se prikaže je mnogo veći.



# CELI BROJEVI



PRIMER:

0	1	0	1	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

$$= 2^6 + 2^4 + 2^1 + 2^0 = 83$$

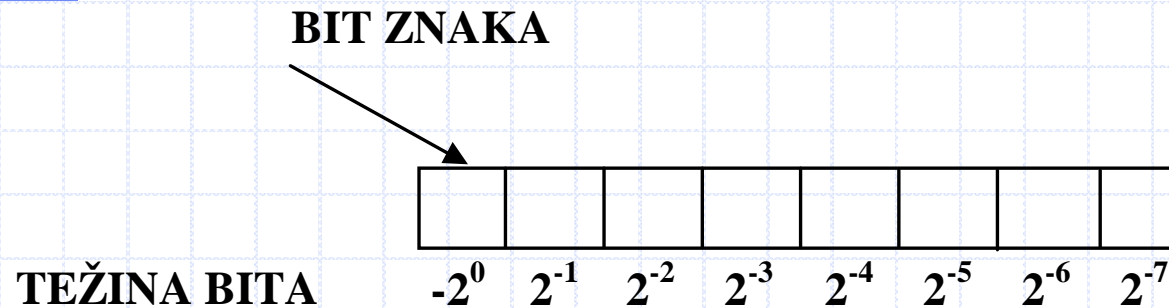
ILI

1	0	1	0	1	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

$$= -2^7 + 2^5 + 2^3 + 2^2 = -84$$



# BROJEVI U FIKSNOM ZAREZU



PRIMER:

0	1	0	1	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

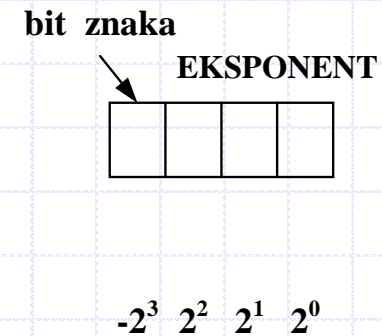
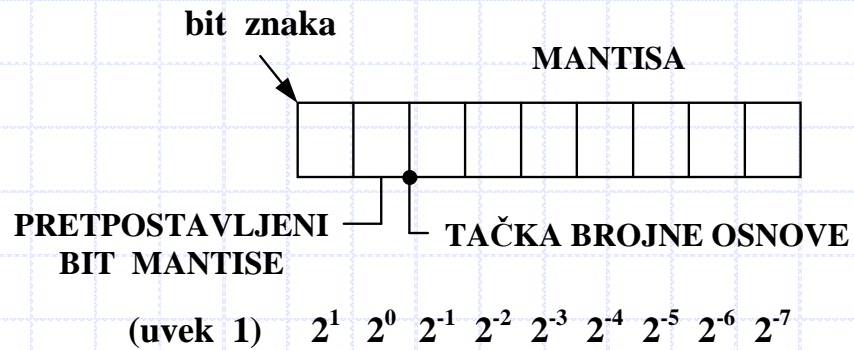
$$= 2^{-1} + 2^{-3} = 0.5 + 0.125 = 0.625$$

1	0	1	0	1	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

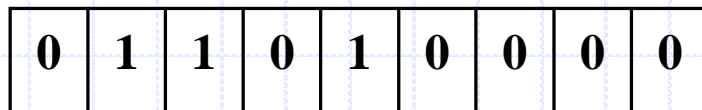
$$= -2^0 + 2^{-2} + 2^{-4} = -1.0 + 0.25 + 0.0625 = -0.6875$$



# BROJEVI U POKRETNOM ZAREZOM

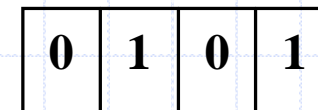


**PRIMER:**



$$\text{MANTISA} = 2^0 + 2^{-1} + 2^{-3} = 1 + 0,5 + 0,125 = 1,625$$

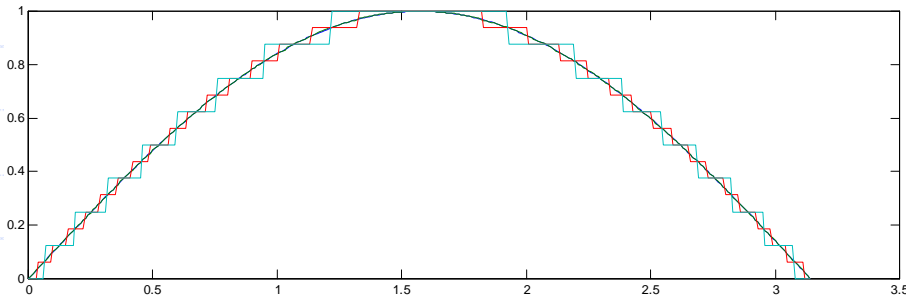
$$\text{DECIMALNA VREDNOST } 1,625 \times 2^5 = 52$$



$$\text{EKSPONENT} = 2^2 + 2^0 = 5$$

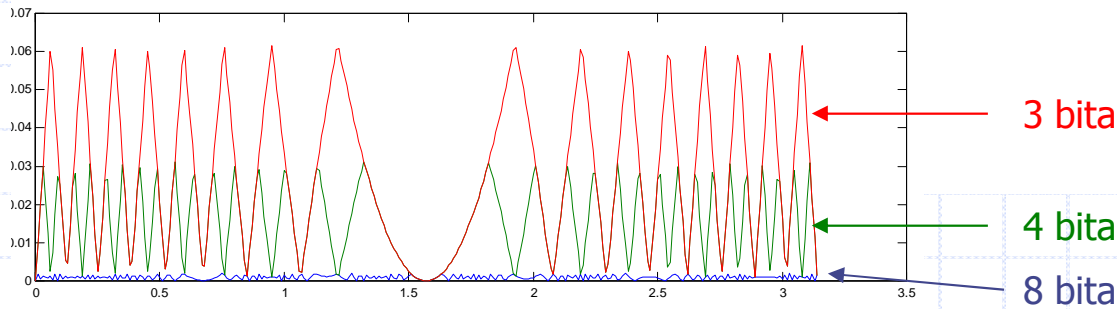
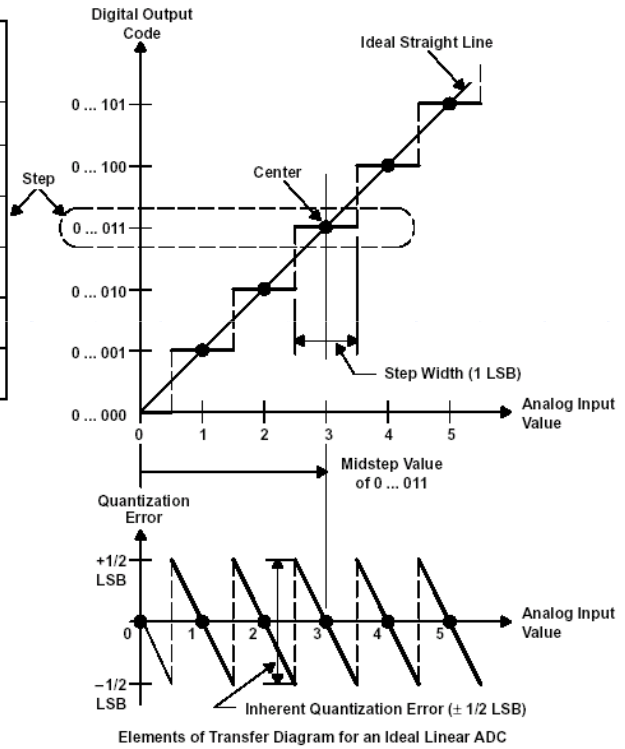


# GREŠKA KVANTIZACIJE 1/4



CONVERSION CODE

RANGE OF ANALOG INPUT VALUES	DIGITAL OUTPUT CODE
4.5 • 5.5	0 ... 101
3.5 • 4.5	0 ... 100
2.5 • 3.5	0 ... 011
1.5 • 2.5	0 ... 010
0.5 • 1.5	0 ... 001
0 • 0.5	0 ... 000





# GREŠKA KVANTIZACIJE 2/4

- ❖ Proces kvantovanja nelinearan i nepovratan, jer se više vrednosti ulaznog signala preslikavaju u istu vrednost izlaznog signala. Greška kvantovanja:

$$\varepsilon(n) = x_q(n) - x(n)$$

- ❖ Uz pretpostavku da je:

$$-1 \leq x(n) < +1$$

- ❖ U procesu kvantizacije koristimo  $B+1$  bit, tada je korak kvantovanja:

$$q = \frac{1}{2^B} = 2^{-B}$$

- ❖ Greška kvantovanja leži u opsegu

$$-\frac{q}{2} < \varepsilon(n) < \frac{q}{2}$$

- ❖ Uzimajući da je greška kvantovanja sekvenca slučajnih brojeva koja zadovoljava sledeće uslove:

- ❖ Greška kvantovanja ima uniformnu gustinu raspodele
- ❖ Greška kvantovanja predstavlja stacionarni beli šum
- ❖ Greška kvantovanja nije korelisana sa signalom  $x(n)$





# GREŠKA KVANTIZACIJE 3/4

- ❖ Na osnovu prethodnih pretpostavki može se smatrati da je *greška kvantovanja aditivni beli gausov šum*.
- ❖ Uticaj aditivnog šuma se obično izražava preko odnosa signal šum (eng. **S**ignal to **N**oise **R**ation - SNR), koji se definiše kao:

$$SNR(dB) = 10 \log \frac{P_x}{P_n}$$

gde je  $P_x$  snaga ulaznog signala a  $P_n$  snaga kvantizacionog šuma

- ❖ Snaga šuma kvantovanja (varijanse) je data izrazom:

$$P_n = \sigma_\varepsilon^2 = \int_{-q/2}^{q/2} \varepsilon^2 p(\varepsilon) d\varepsilon = \frac{1}{q} \int_{-q/2}^{q/2} \varepsilon^2 d\varepsilon = \frac{q}{12} = \frac{2^{-2B}}{12}$$

- ❖ Tako da je odnos signal/šum:

$$SNR(dB) = 10 \log \frac{P_x}{P_n} = 10 \log P_x + 10 \log(12 \cdot 2^{2B}) = 10 \log P_x + 10.8 + 6.02B$$





# GREŠKA KVANTIZACIJE 4/4

- ❖ Za sinusni signal punog opsega odnos signal je:

$$SNR(dB) = 1.76dB + 6.02B$$

- ❖ Svaki bit u A/D konverziji ulaznog signala povećava odnos signal/šum kvantovanja za 6dB.



# NEPOKRETNI ZAREZ NASUPROT POKRETNOM ZAREZU

❖ Posmatrajmo 32 bitnu reč i koliki dinamički opseg, SNR možemo obezbediti u:

❖ NEPOKRETNOM ZAREZU:

❖  $\min=2^{-31}$ ,  $\max=1-2^{-31}$

❖ dinamički opseg

$$SNR(dB) = 187dB \approx 31bit \times 6.02dB$$

❖ POKRETNOM ZAREZU:

❖  $\min= 5.88 \times 10^{-39}$ ,  $\max= 3.40 \times 10^{38}$

❖ dinamički opseg

$$SNR(dB) = 1535dB$$

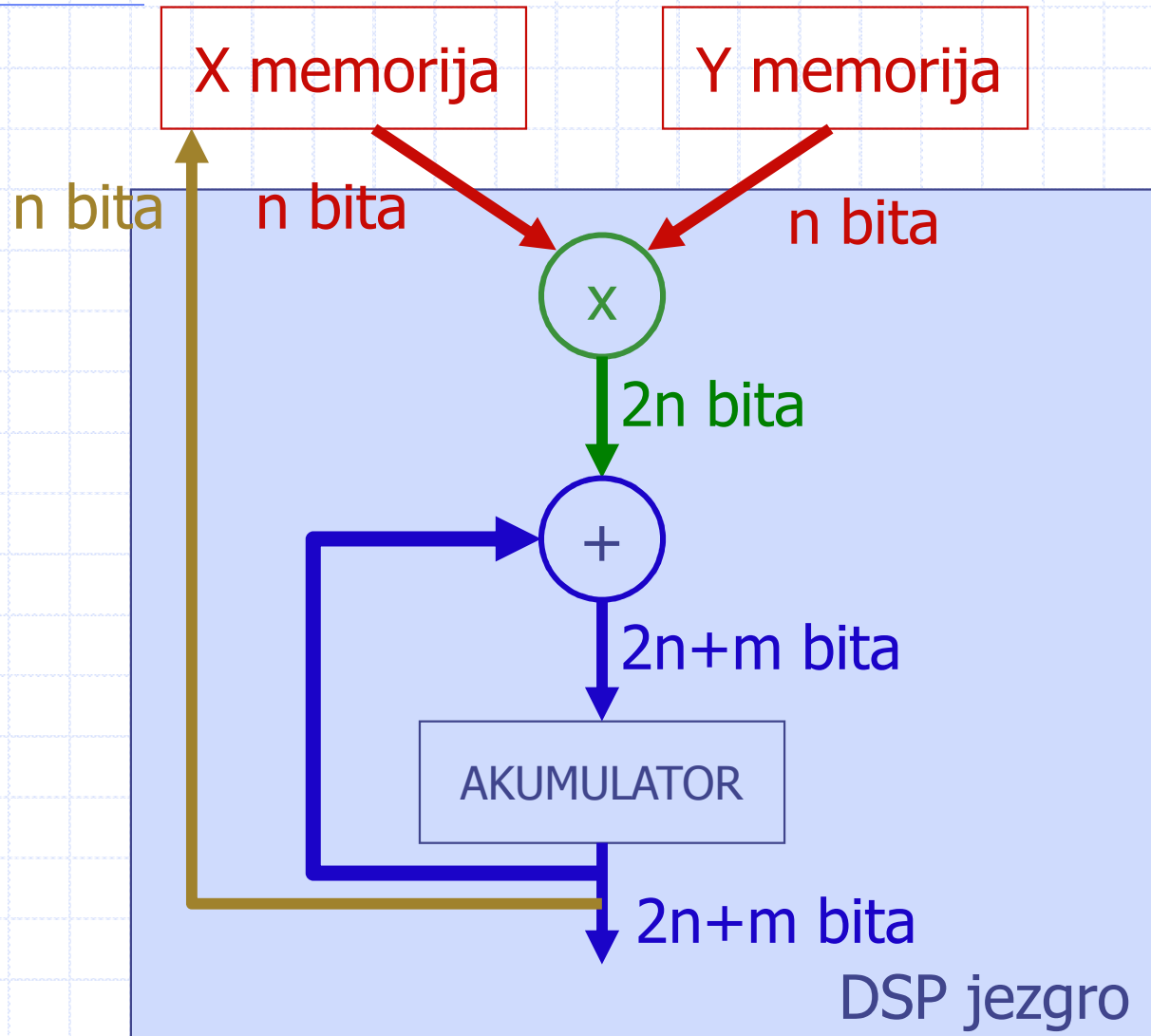


# KOLIKO BITA JE POTREBNO ZA KOJU APLIKACIJU?

Aplikacija	Opseg	Odmeravanje(fs)	AD/DA bita
Telefonija	300-3400 Hz	8 kHz	12-13
Široko pojasni	50-7000 Hz	16 kHz	14-15
<b>Hi-Fi</b>			
FM/TV	30-15000 Hz	32 kHz	16
CD	20-20000 Hz	44.1 kHz	16
profi audio	10-22000 Hz	48 kHz	24
<b>VIDEO</b>			

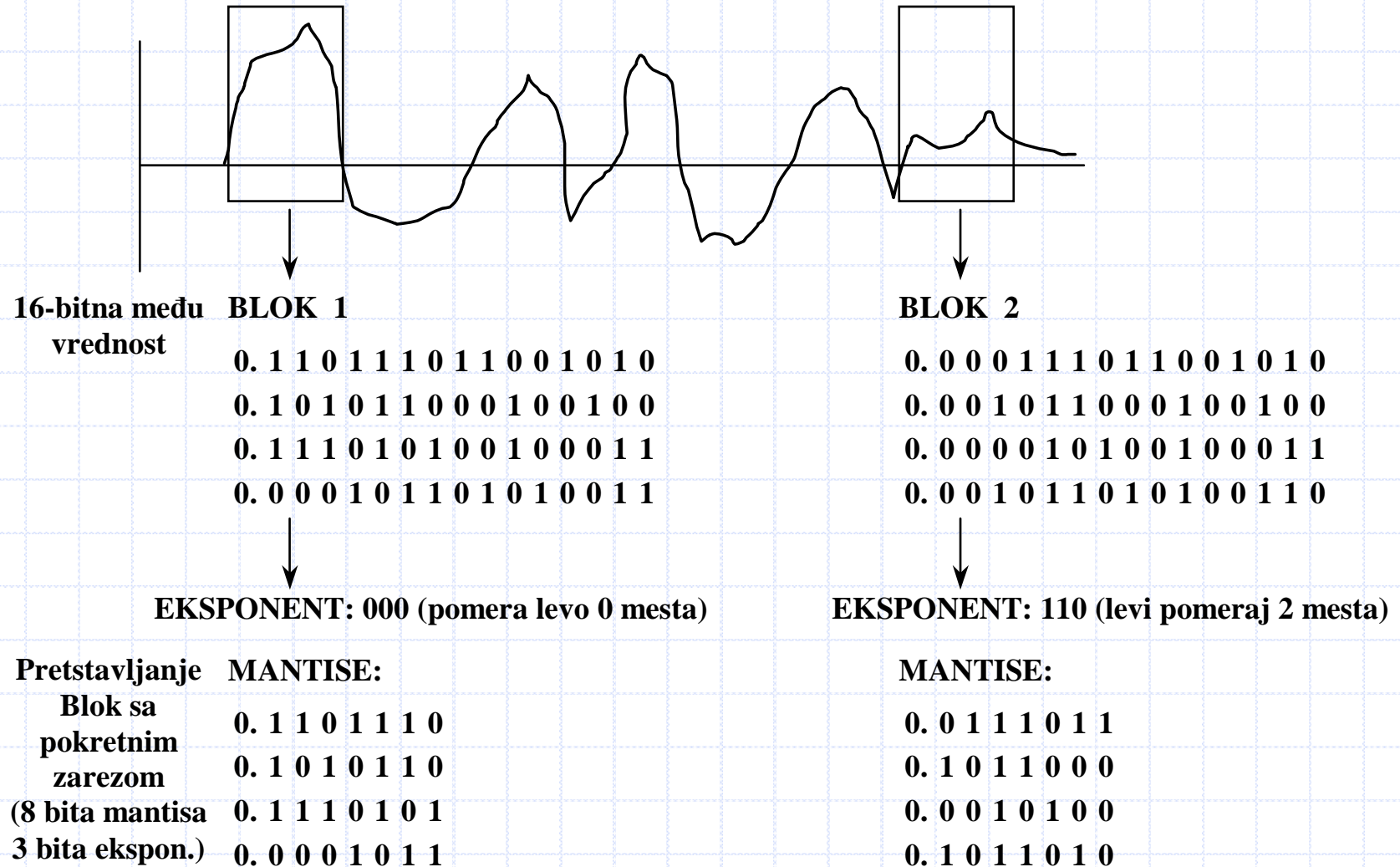


# PROŠIRENA PRECIZNOST



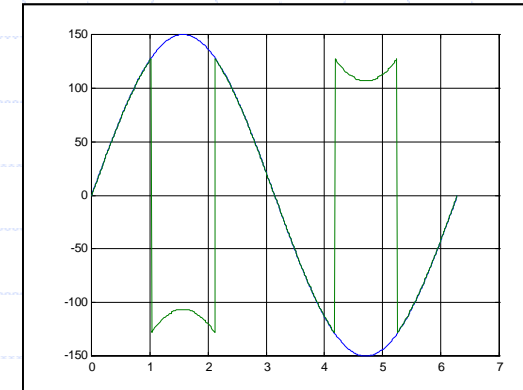
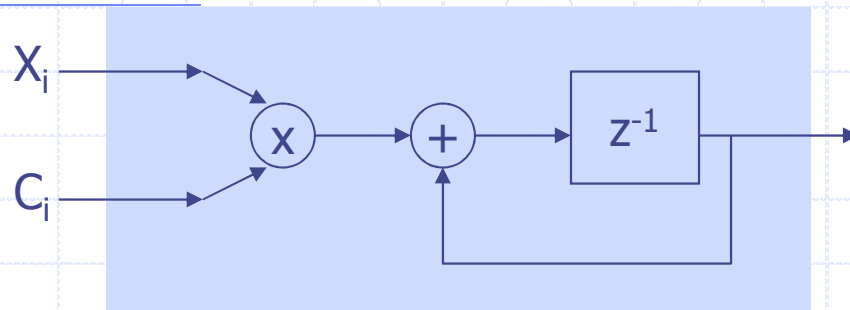


# EMULACIJA POKRETNOG ZAREZA I BLOK POKRETNOG ZAREZA

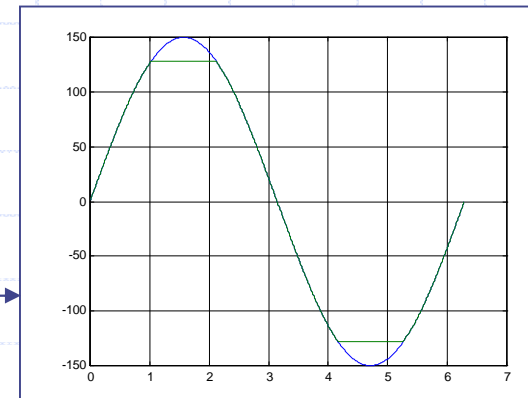
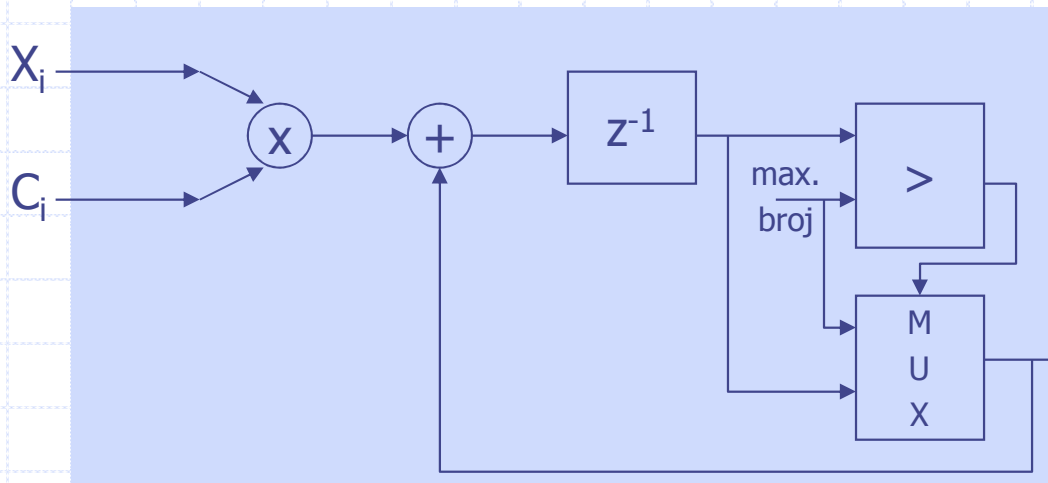




# PREKORAČENJE I LIMITER

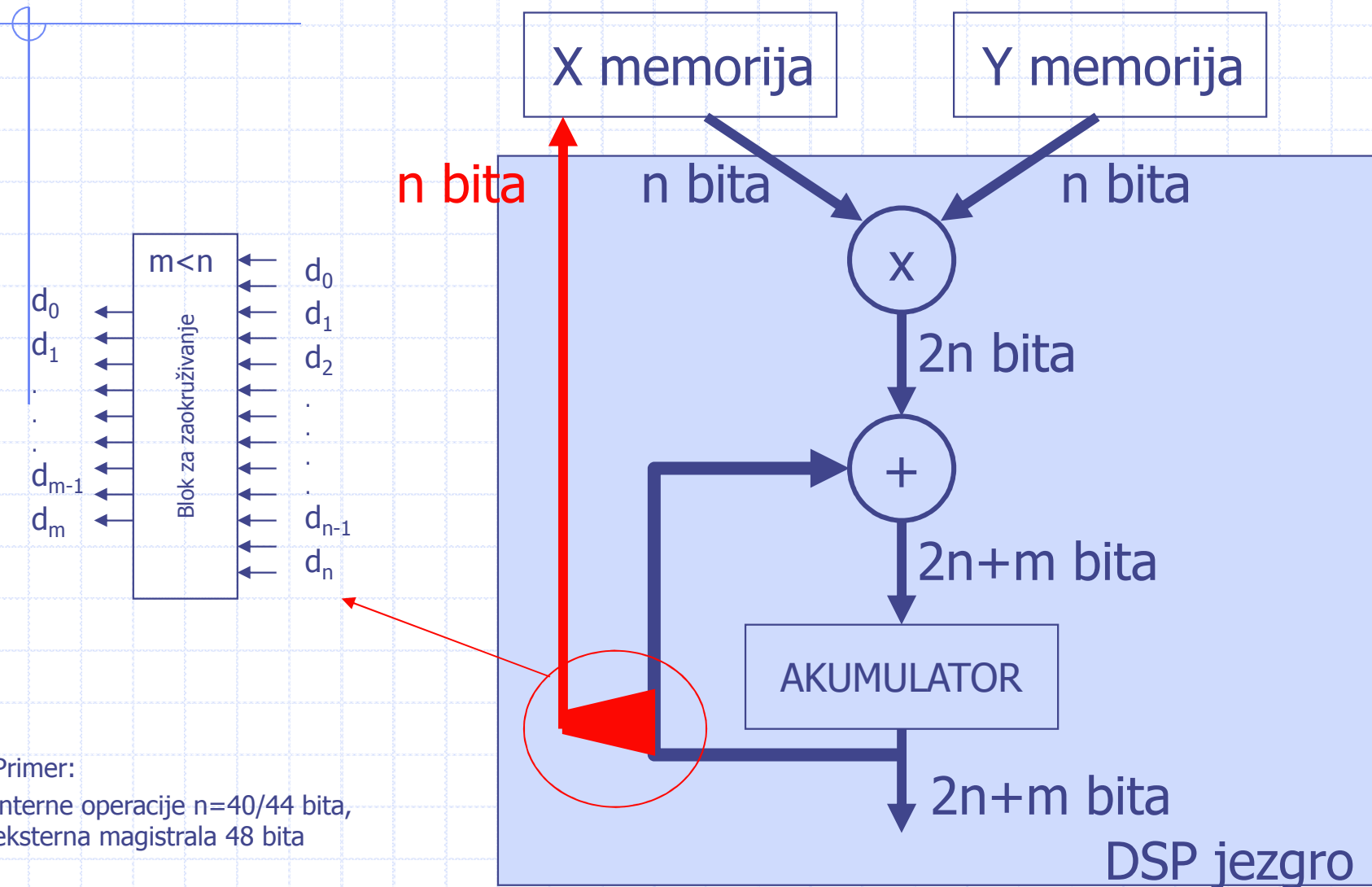


REŠENJE





# ZAOKRUŽIVANJE 1/2

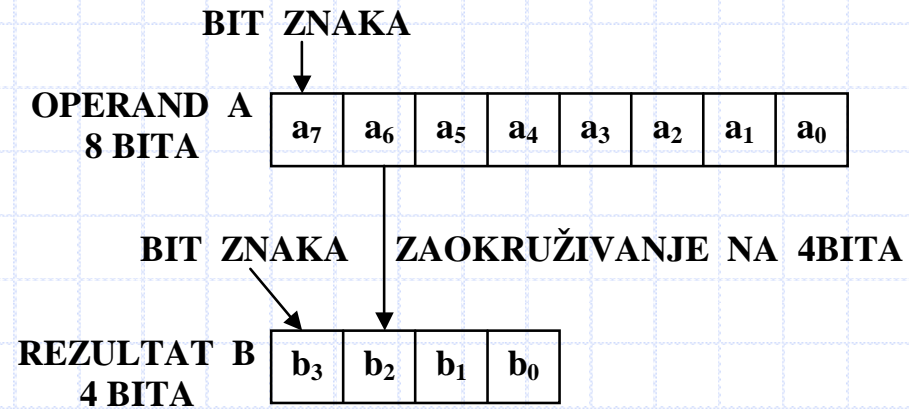


Primer:  
interne operacije  $n=40/44$  bita,  
eksterna magistrala 48 bita





# ZAOKRUŽIVANJE 2/2



## ZAOKRUŽIVANJE NA NAJBLIŽU VREDNOST

$$b_3 : b_0 = a_7 : a_4 + a_3$$

## KONVERGENTNO ZAOKRUŽIVANJE

- IF  $a_3 : a_0 > 1000$   
 $b_3 : b_0 = a_7 : a_4 + a_3$
- IF  $a_3 : a_0 < 1000$   
 $b_3 : b_0 = a_7 : a_4 + a_3$
- IF  $a_3 : a_0 = 1000$   
 $b_3 : b_0 = a_7 : a_4 + a_3$