

UNIVERZITET U BIHAĆU
TEHNIČKI FAKULTET
BIHAĆ

RAČUNARSKO VOĐENJE PROCESA

Auditorne/Laboratorijske vježbe

**Efekat izbora ulaznog područja AD konvertora na grešku diskretizacije
senzorskog signala
(Vježba 5)**

mr. Amel Toroman, dipl.ing.el.
Viši asistent

Ak. 2022/2023

SPECIFIKACIJA

Vježba br: 5. *Efekat izbora ulaznog područja AD konvertora na grešku diskretizacije senzorskog signala*

Analitički dio zadatka

Posmatra se idealizovani termopar J tipa, sa mjernim područjem od 0 do 800 [°C] kojem odgovara promjena napona od 0 do 50 [mV]. Neka se za diskretizaciju senzorskog signala koristi idealizovan A/D konvertor sa 12 bita i ulaznim područjima od 0 do 1 [V], a zatim od 0 do 10[V].

- a) *Napisati i objasniti izraz za apsolutnu i relativnu grešku ako se posmatra idealni senzor i A/D konvertor za ulazno područje od 0 do 1 [V] i od 0 do 10 [V].*
- b) *Napisati i objasniti izraz za kvantitativno iskazivanje rezolucije mjerene veličine u apsolutnom iznosu i relativno u postotcima u odnosu na ulazno područje od 0 do 1 [V] i od 0 do 10 [V].*
- c) *Kvantitativno iskazati grešku zbog A/D konverzije za podatke date u tekstu zadatka.*

RJEŠENJE

Ulazni dio analognih veličina u digitalni sistem uvijek je *analogno-digitalni konvertor* (A/D). On vrši *pretvaranje analognog* signala sa ulaza u *digitalni* signal pogodan za obradu u digitalnim strukturama. Pretvaranje se vrši u određenim vremenskim trenucima (kT , $k=1,2,\dots$) kada se uzima trenutna vrijednost sa ulaza kolima za zadržku (S/H), izvrši njeno pretvaranje u odgovarajući binarni broj, te stavi na raspolaganje digitalnom sistemu. Vremenski razmaci između dvije uzastopne konverzije mogu biti jednaki (T), ali ne moraju.

Da bi digitalni sistem mogao da obavlja funkciju obrade analognog ulaznog signala u realnom vremenu ovaj razmak treba da je veći od vremena potrebnog za izvršenje odgovarajućeg programskog kôda korištenog algoritma plus vrijeme potrebno za jednu konverziju. Ukoliko je vrijeme između dvije uzastopne konverzije T konstantno, onda se govori o *frekvenciji uzorkovanja* (sempliranja) $f_s = 1/T_s$, ($T_s = T$).

Pored frekvencije sempliranja koja se za dati konvertor definiše kao maksimalna koju on može da podržaje, bitan parametar A/D konvertora je dužina riječi na izlazu iz A/D konvertora. Ova dužina definira tačnost konverzije, te utiče na tačnost obrade koja će uslijediti. Dužina se definira brojem bita konvertovanog podatka i u primjeni su 8-bitne, 10-bitne, **12-bitne**, 16-bitne, itd., A/D konverzije. Treći parametar koji određuje A/D konvertor je vrijeme trajanja jedne A/D konverzije (T_{ad}). Ovo vrijeme je u vezi sa maksimalnom frekvencijom sempliranja i poželjno je da je što kraće.

Sljedeći parametar vezan za A/D konverziju je broj analognih ulaza. Taj broj treba da bude veći ili jednak broju analognih ulaza koji se u digitalnom sistemu obrađuju. Ako je broj ulaznih analognih kanala, nedovoljan postoji mogućnost multipleksiranja analognih ulaza tako da se dodatnim kolima sa manjim brojem analognih ulaza vrši obrada potrebnog broja ulaznih analognih veličina. A/D konvertor može biti realiziran kao zaseban sklop (čip), ili u sastavu složenijeg sistema na jednom čipu (mikrokontroler, DSP). A/D konvertor ima mogućnost programskog upravljanja početkom konverzije, kao i mogućnost programskog izbora analognog ulaza prilikom multipleksiranja.

a) *Apsolutna i relativna greška za idealni senzor i A/D konvertor*

Idealizovanom termoparu J tipa promjena mjerene veličine 0 – 800 [°C] odgovara promjena napona od 0 do 50 [mV].

Osjetljivost ovog termopara u apsolutnom iznosu je vrlo malena i iznosi:

$$\frac{50 \cdot 10^{-3}}{800} = 0.0000625 \left[\frac{V}{^{\circ}C} \right].$$

Apsolutna greška:

$$e_{max} = \frac{\Delta X}{2} = \frac{UO_s}{2^{n+1}}$$

Pri čemu je:

- ΔX – rezolucija mjerene veličine u apsolutnom iznosu
- UO_s – ulazni opseg senzora
- n – broj bitova

$$UO_s = 800$$

$$n = 12$$

$$e_{max} = \frac{\Delta X}{2} = \frac{UO_s}{2^{n+1}} = \frac{800}{2^{12+1}} = \frac{800}{2^{13}} = \frac{800}{8192} = 0.09765625 \approx \mathbf{0.1} \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

Relativna greška:

$$e_{r,max} = \frac{\Delta X_r}{2} = \frac{100}{2^{n+1}}$$

Pri čemu je:

- ΔX_r – rezolucija mjerene veličine u relativnom iznosu
- n – broj bitova

$$\Delta X_r = 100$$

$$n = 12$$

$$e_{r,max} = \frac{\Delta X_r}{2} = \frac{100}{2^{n+1}} = \frac{100}{2^{12+1}} = \frac{100}{2^{13}} = \frac{100}{8192} = \mathbf{0.01221} \text{ [%]}$$

- b) *Kvantitativno iskazivanje rezolucije u apsolutnom iznosu i relativno u postotcima za ulazno područje A/D konvertora od 0 do 1 [V] i od 0 do 10 [V]*

Apsolutna rezolucija:

$$\Delta X = \frac{UO_s}{IO_s} \cdot \frac{\Delta U_{max}}{2^n}$$

Pri čemu je:

- ΔX – rezolucija mjerene veličine u apsolutnom iznosu
- UO_s – ulazni opseg senzora
- IO_s – izlazni opseg senzora (promjena napona)
- ΔU_{max} – ulazno područje A/D konvertora (maksimalno)
- n – broj bitova

Relativna rezolucija:

$$\Delta X_r = \frac{\Delta X}{UO_s} * 100$$

Pri čemu je:

- ΔX_r – rezolucija mjerene veličine u relativnom iznosu
- ΔX – rezolucija mjerene veličine u apsolutnom iznosu
- UO_s – ulazni opseg senzora

1. Ulazno područje od 0 do 1 [V]:

Apsolutna rezolucija:

$$\Delta X = \frac{UO_s}{IO_s} \cdot \frac{\Delta U_{max}}{2^n}$$

Poznate vrijednosti: $UO_s = 800$ [°C], $IO_s = 50$ [mV], $\Delta U_{max} = 1$ [V], $n = 12$

$$\Delta X = \frac{UO_s}{IO_s} \cdot \frac{\Delta U_{max}}{2^n} = \frac{800}{0.05} \cdot \frac{1}{2^{12}} = 16\,000 \cdot \frac{1}{4096} = 16\,000 \cdot 0.000244 = \mathbf{3.90625} \text{ [°C]}$$

Relativna rezolucija:

$$\Delta X_r = \frac{\Delta X}{UO_s} * 100$$

Poznate vrijednosti: $\Delta X = 3.90625$ [°C], $UO_s = 800$ [°C]

$$\Delta X_r = \frac{\Delta X}{UO_s} * 100 = \frac{3.90625}{800} \cdot 100 = \frac{390.625}{800} = \mathbf{0.4883} \text{ [%]}$$

2. Ulazno područje od 0 do 10 [V]:

Apsolutna rezolucija:

$$\Delta X = \frac{UO_s}{IO_s} \cdot \frac{\Delta U_{max}}{2^n}$$

Poznate vrijednosti: $UO_s = 800$ [°C], $IO_s = 50$ [mV], $\Delta U_{max} = 10$ [V], $n = 12$

$$\Delta X = \frac{UO_s}{IO_s} \cdot \frac{\Delta U_{max}}{2^n} = \frac{800}{0.05} \cdot \frac{10}{2^{12}} = 16\,000 \cdot \frac{10}{4096} = 16\,000 \cdot 0.00244 = \mathbf{39.0625} \text{ [°C]}$$

Relativna rezolucija:

$$\Delta X_r = \frac{\Delta X}{UO_s} * 100$$

Poznate vrijednosti: $\Delta X = 39.0625$ [°C], $UO_s = 800$ [°C]

$$\Delta X_r = \frac{\Delta X}{UO_s} * 100 = \frac{39.0625}{800} \cdot 100 = \frac{3906.25}{800} = \mathbf{4.883} \text{ [%]}$$

c) *Kvantitativno iskazivanje greške u apsolutnom iznosu i relativno u postotcima za ulazno područje A/D konvertora od 0 do 1 [V] i od 0 do 10 [V]*

Apsolutna greška:

$$e_{max} = \frac{\Delta X}{2}$$

Pri čemu je:

- e_{max} – apsolutna greška
- ΔX – rezolucija mjerene veličine u apsolutnom iznosu

Relativna greška:

$$e_{r,max} = \frac{\Delta X_r}{2}$$

Pri čemu je:

- $e_{r,max}$ – relativna greška
- ΔX_r – rezolucija mjerene veličine u relativnom iznosu

1. Ulazno područje od 0 do 1 [V]:

Apsolutna greška:

$$e_{max} = \frac{\Delta X}{2}$$

Poznate vrijednosti: $\Delta X = 3.90625$ [°C]

$$e_{max} = \frac{\Delta X}{2} = \frac{3.90625}{2} = \mathbf{1.95313} \text{ [°C]}$$

Relativna greška:

$$e_{r,max} = \frac{\Delta X_r}{2}$$

Poznate vrijednosti: $\Delta X_r = 0.4883$ [%]

$$e_{r,max} = \frac{\Delta X_r}{2} = \frac{0.4883}{2} = \mathbf{0.2442} \text{ [%]}$$

2. Ulazno područje od 0 do 10 [V]:

Apsolutna greška:

$$e_{max} = \frac{\Delta X}{2}$$

Poznate vrijednosti: $\Delta X = 39.0625$ [°C]

$$e_{max} = \frac{\Delta X}{2} = \frac{39.0625}{2} = \mathbf{19.5313} \text{ [°C]}$$

Relativna greška:

$$e_{r,max} = \frac{\Delta X_r}{2}$$

Poznate vrijednosti: $\Delta X_r = 4.883$ [%]

$$e_{r,max} = \frac{\Delta X_r}{2} = \frac{4.883}{2} = \mathbf{2.4414} \text{ [%]}$$