

UNIVERZITET U BIHAĆU
TEHNIČKI FAKULTET
Odsjek: *Elektrotehnika*
Smjer: *Informatika*

ZADAĆA IZ PREDMETA
RAČUNARSKO VOĐENJE PROCESA

ZADAĆA br. 7

**Efekat pojačanja senzorskog signala na prigušenje djelovanja
smetnje**

Predmetni nastavnik: *Red. prof. dr Petar Marić*
Predmetni asistent: *mr Toroman Amel, dipl.ing.el.*

Student: Hirkić Amir
Broj indeksa: 1079

Akadska godina: 2021/2022

1. SPECIFIKACIJA ZADATKA

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 *idealizovani A/D konvertor* sa 12 bita i ulaznim područjem od 0 do 10 [V], potrebno je:

- a) *Izračunati grešku sa kojom će biti u računaru memorisana vrijednost temperature ako se senzorski signal vodi direktno na ulaz AD konvertora i na njega u prenosu ne djeluje smetnja.*
- b) *Izračunati grešku sa kojom će biti u računaru memorisana vrijednost temperature ako se senzorski signal vodi direktno na ulaz AD konvertora i na njega u prenosu povremeno djeluje smetnja od 10[mV].*
- c) *Izračunati grešku sa kojom će biti u računaru memorisana vrijednost temperature ako se senzorski signal prije prenosa pojačava pojačanjem $K_p=10^k$, pri čemu je $k=1,2,3$ i na njega u prenosu djeluje smetnja kao pod b).*
- d) *Odrediti potrebne transformacije i parametre analognog ulaznog sistema za koje komponenta greške pri registraciji temperature i pored djelovanja smetnje kao pod b), nije veća od 0.5 [°C].*

Rad u laboratoriji (Matlab Simulink)

ZADAĆA

1. *Rezultate u tačkama a), b) i c) provjeriti u programskom okruženju Matlab/Simulink..*
2. *U programskom okruženju Matlab/Simulink verifikovati rješenje predloženo u tački d)*
3. *Analitički i programski koristeći programsko okruženje Matlab/Simulink odraditi tačku pod d) za slučaj da smetnja nije veća od 11 [°C].*
4. *Dati analizu i objašnjenje dobivenih rezultata.*

2. 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) Greška sa kojom će biti u računaru memorisana vrijednost temperature ako se senzorski signal vodi direktno na ulaz AD konvertora i na njega u prenosu ne djeluje smetnja

Apsolutna greška:

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

Pri čemu je:

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

$$UO_s = 800 \quad | \quad IO_s = 50 \cdot 10^{-3} = 0.05 \quad | \quad \Delta U_{max} = 10 \quad | \quad n = 12$$

$$\Delta X = \frac{UO_s}{IO_s} \cdot \frac{\Delta U_{max}}{2^n} = \frac{800}{0.05} \cdot \frac{10}{2^{12}} = 16000 \cdot \frac{10}{4096} = 16000 \cdot 0.002441 = \mathbf{39.0625 \text{ [}^\circ\text{C]}}$$

$$e_{max} = \frac{\Delta X}{2} = \frac{39.0625}{2} = \mathbf{19.53 \text{ [}^\circ\text{C]}}$$

Relativna greška:

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

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

Pri čemu je:

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

$$\Delta X = 39.0625 \quad | \quad U_{O_s} = 800$$

$$\Delta X_r = \frac{\Delta X}{U_{O_s}} \cdot 100 = \frac{39.0625}{800} \cdot 100 = 0.0488 \cdot 100 = \mathbf{4.883 \text{ [\%]}}$$

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

b) Greška sa kojom će biti u računar memorisana vrijednost temperature ako se senzorski signal vodi direktno na ulaz AD konvertora i na njega u prenosu djeluje smetnja od 10 [mV]

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

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

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

Dakle, ako se senzorski signal ne pojačava, onda je osjetljivost senzora 0.0000625[V/°C], pa će smetnja reda 10 [mV] dati dodatnu grešku u kontinualnom signalu:

$$e_s = \frac{\text{smetnja}}{\text{osjetljivost_senzora}} [^{\circ}C]$$

$$e_s = \frac{0.01}{0.0000625} = 160 [^{\circ}C]$$

Apsolutna greška:

$$e_{max} = \frac{\Delta X}{2} = \frac{39.0625}{2} = \mathbf{19.53 \text{ [}^{\circ}C\text{]}}$$

Relativna greška:

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

c) Greška sa kojom će biti u računar memorisana vrijednost temperature ako se senzorski signal prije prenosa pojačava pojačanjem $K_p=10^k$, pri čemu je $k=1,2,3$ i na njega u prenosu djeluje smetnja kao pod b).

Osjetljivost J termopara sa pojačanjem iznosi:

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

U ovom slučaju, pojačanje iznosi $K_p=10^k$, pri čemu je $k=1,2,3$, pa je osjetljivost senzora:

$$a = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot K_p}{800} = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 10^k}{800} \left[\frac{V}{^{\circ}C} \right], \quad k = 1,2,3.$$

- $K_p=10^1$ ($k = 1$)

$$a = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot K_p}{800} = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 10^1}{800} = \frac{50 \cdot 10^{-2}}{800} = \frac{0.5}{800} = 0.000625 \left[\frac{V}{^{\circ}C} \right]$$

$$e_s = \frac{\text{smetnja}}{\text{osjetljivost_senzora}} = \frac{0.01}{0.000625} = 16 [^{\circ}C]$$

Apsolutna greška:

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

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

$$UO_s = 800 \quad | \quad IO_s = 50 \cdot 10^{-3} = 0.05 \quad | \quad \Delta U_{max} = 10 \quad | \quad K_p = 10 \quad | \quad n = 12$$

$$\Delta X = \frac{UO_s}{IO_s \cdot K_p} \cdot \frac{\Delta U_{max}}{2^n} = \frac{800}{0.05 \cdot 10} \cdot \frac{10}{2^{12}} = 1600 \cdot \frac{10}{4096} = 1600 \cdot 0.002441 = 3.90625 [^{\circ}C]$$

$$e_{max} = \frac{\Delta X}{2} = \frac{3.90625}{2} = 1.953125 [^{\circ}C]$$

Relativna greška:

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

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

$$\Delta X_r = \frac{\Delta X}{UO_s} \cdot 100 = \frac{3.90625}{800} \cdot 100 = 0.004883 \cdot 100 = \mathbf{0.4883 \text{ [\%]}}$$

$$e_{r,max} = \frac{\Delta X_r}{2} = \frac{\mathbf{0.4883}}{2} = \mathbf{0.24414 \text{ [\%]}}$$

- $K_p = 10^2$ ($k = 2$)

$$a = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot K_p}{800} = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2}{800} = \frac{50 \cdot 10^{-1}}{800} = \frac{5}{800} = \mathbf{0.00625 \left[\frac{V}{^\circ C} \right]}$$

$$e_s = \frac{\text{smetnja}}{\text{osjetljivost_senzora}} = \frac{0.01}{0.00625} = \mathbf{1.6 \text{ [}^\circ\text{C]}}$$

Apsolutna greška:

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

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

$$UO_s = 800 \quad | \quad IO_s = 50 \cdot 10^{-3} = 0.05 \quad | \quad \Delta U_{max} = 10 \quad | \quad K_p = 100 \quad | \quad n = 12$$

$$\Delta X = \frac{UO_s}{IO_s \cdot K_p} \cdot \frac{\Delta U_{max}}{2^n} = \frac{800}{0.05 \cdot 100} \cdot \frac{10}{2^{12}} = 160 \cdot \frac{10}{4096} = 160 \cdot 0.0024414 = \mathbf{0.390625 \text{ [}^\circ\text{C]}}$$

$$e_{max} = \frac{\Delta X}{2} = \frac{0.390625}{2} = \mathbf{0.1953125 \text{ [}^\circ\text{C]}}$$

Relativna greška:

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

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

$$\Delta X_r = \frac{\Delta X}{UO_s} \cdot 100 = \frac{0.390625}{800} \cdot 100 = 0.0004883 \cdot 100 = \mathbf{0.04883 \text{ [\%]}}$$

$$e_{r,max} = \frac{\Delta X_r}{2} = \frac{\mathbf{0.04883}}{2} = \mathbf{0.024414 \text{ [\%]}}$$

- $K_p = 10^3$ ($k = 3$)

$$a = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot K_p}{800} = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3}{800} = \frac{50 \cdot 10^0}{800} = \frac{50}{800} = \mathbf{0.0625 \left[\frac{V}{^\circ C} \right]}$$

$$e_s = \frac{\text{smetnja}}{\text{osjetljivost_senzora}} = \frac{0.01}{0.0625} = \mathbf{0.16 \text{ [}^\circ\text{C]}}$$

Apsolutna greška:

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

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

$$UO_s = 800 \quad | \quad IO_s = 50 \cdot 10^{-3} = 0.05 \quad | \quad \Delta U_{max} = 10 \quad | \quad K_p = 1000 \quad | \quad n = 12$$

$$\Delta X = \frac{UO_s}{IO_s \cdot K_p} \cdot \frac{\Delta U_{max}}{2^n} = \frac{800}{0.05 \cdot 1000} \cdot \frac{10}{2^{12}} = 160 \cdot \frac{10}{4096} = 16 \cdot 0.0024414 = \mathbf{0.0390625 \text{ [}^\circ\text{C]}}$$

$$e_{max} = \frac{\Delta X}{2} = \frac{0.0390625}{2} = \mathbf{0.01953125 \text{ [}^\circ\text{C]}}$$

Relativna greška:

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

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

$$\Delta X_r = \frac{\Delta X}{UO_s} \cdot 100 = \frac{0.0390625}{800} \cdot 100 = 0.00004883 \cdot 100 = \mathbf{0.004883 \text{ [\%]}}$$

$$e_{r,max} = \frac{\Delta X_r}{2} = \frac{\mathbf{0.004883}}{2} = \mathbf{0.0024414 \text{ [\%]}}$$

d) Transformacije za postavljanje da greška ne bude veća od 0.5 [°C] pri smetnji 10[mV], isto odrediti slučaj da smetnja nije veća od 11 [°C].

Ukoliko se uzme pojačanje $K_p=400$, pri smetnji od 10 [mV], tada se dobije osjetljivost i greška manja od 0.5[°C]:

$$K_p = 400$$

$$a = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot K_p}{800} = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 400}{800} = \frac{0.05 \cdot 400}{800} = \frac{20}{800} = \mathbf{0.025 \left[\frac{V}{^\circ C} \right]}$$

$$e_s = \frac{\text{smetnja}}{\text{osjetljivost_senzora}} = \frac{0.01}{0.025} = \mathbf{0.4 \text{ [}^\circ\text{C]}}$$

Apsolutna greška:

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

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

$$UO_s = 800 \quad | \quad IO_s = 50 \cdot 10^{-3} = 0.05 \quad | \quad \Delta U_{max} = 10 \quad | \quad K_p = 400 \quad | \quad n = 12$$

$$\Delta X = \frac{UO_s}{IO_s \cdot K_p} \cdot \frac{\Delta U_{max}}{2^n} = \frac{800}{0.05 \cdot 400} \cdot \frac{10}{2^{12}} = 40 \cdot \frac{10}{4096} = 40 \cdot 0.0024414 = \mathbf{0.097656} \text{ } [^{\circ}\text{C}]$$

$$e_{max} = \frac{\Delta X}{2} = \frac{0.097656}{2} = \mathbf{0.048828} \text{ } [^{\circ}\text{C}]$$

Relativna greška:

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

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

$$\Delta X_r = \frac{\Delta X}{UO_s} \cdot 100 = \frac{0.097656}{800} \cdot 100 = 0.00012207 \cdot 100 = \mathbf{0.012207} [\%]$$

$$e_{r,max} = \frac{\Delta X_r}{2} = \frac{0.012207}{2} = \mathbf{0.0061035} [\%]$$

- *Odrediti pojačanje takvo da smetnja nije veća od 11 °C*

U prethodnom slučaju kada je uslov bio da greška bude manja od 0.5 °C uzeto je pojačanje $K_p = 400$, te je dobiveno da je greška 0.4 °C, odnosno ispod granice, pa je uslov zadovoljen.

Pošto je u ovom slučaju traženo da greška ili smetnja mora biti manja od 11 °C, što je puno veće od prethodne granice, 0.5 °C, može se zaključiti da će i minimalno pojačanje koje zadovoljava ovaj uslov biti puno manje od $K_p = 400$.

Ako se uzme u obzir da je u zadatku pod b) za vrijednost pojačanja $K_p = 10$ dobiveno da je $e_s = 16 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ i $e_{max} = 1.953125 \text{ } ^{\circ}\text{C}$, može se uzeti zaljučak da će za duplo pojačanje doći do prepolovljenja vrijednosti e_s i e_{max} što će zadovoljiti uslov u ovom slučaju . Dakle uzet će se pojačanje **$K_p = 20$** .

$$K_p = 20$$

$$a = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot K_p}{800} = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 20}{800} = \mathbf{0.00125} \left[\frac{\text{V}}{^{\circ}\text{C}} \right]$$

$$e_s = \frac{\text{smetnja}}{\text{osjetljivost}_{\text{senzora}}} = \frac{0.01}{0.00125} = 8 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Dobivena vrijednost je ispod granice od 11 $^\circ\text{C}$.

Apsolutna greška:

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

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

$$UO_s = 800 \mid IO_s = 50 \cdot 10^{-3} \mid \Delta U_{\max} = 10 \mid K_p = 20 \mid n = 12$$

$$\Delta X = \frac{UO_s}{IO_s \cdot K_p} \cdot \frac{\Delta U_{\max}}{2^n} = \frac{800}{0.05 \cdot 20} \cdot \frac{10}{2^{12}} = 800 \cdot 0.002441406 = 1.953125 [^\circ\text{C}]$$

$$e_{\max} = \frac{\Delta X}{2} = \frac{1.953125}{2} = 0.9765625 [^\circ\text{C}]$$

Relativna greška:

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

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

$$\Delta X = 1.953125 \mid UO_s = 800$$

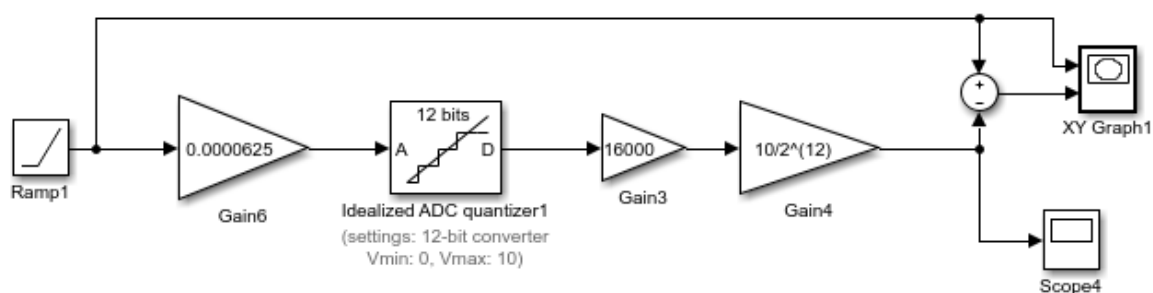
$$\Delta X_r = \frac{\Delta X}{UO_s} \cdot 100 = \frac{1.953125}{800} \cdot 100 = 0.244140625 [\%]$$

$$e_{r,max} = \frac{\Delta X_r}{2} = \frac{0.244140625}{2} = 0.122070312 \text{ [\%]}$$

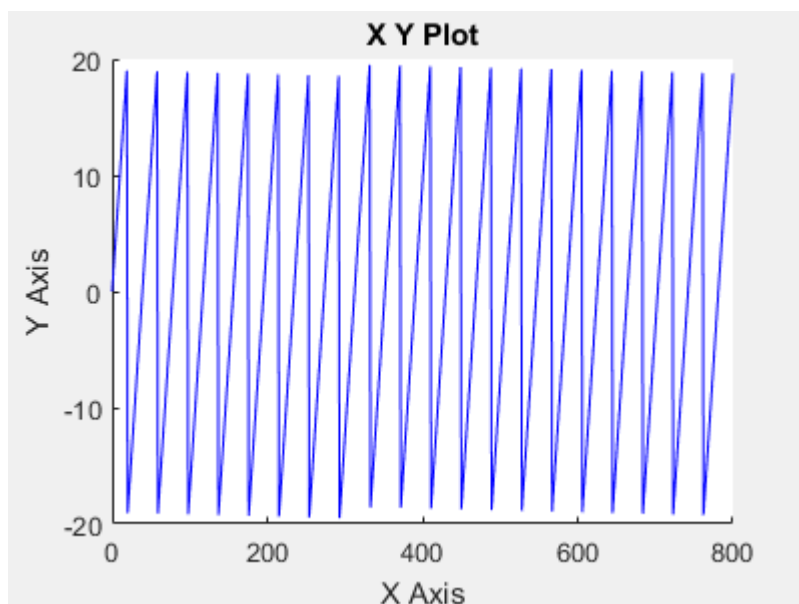
Rad u laboratoriji (MATLAB Simulink) - ZADAĆA

1. Rezultate u tačkama a), b) i c) provjeriti u programskom okruženju Matlab/Simulink

a) Senzorski signal se vodi direktno na ulaz A/D konvertora



Slika 1. Simulink model kada se senzorski signal dovodi direktno na ulaz A/D konvertora



Slika 2. Izgled promjene greške kada se senzorski signal dovodi direktno na ulaz A/D konvertora

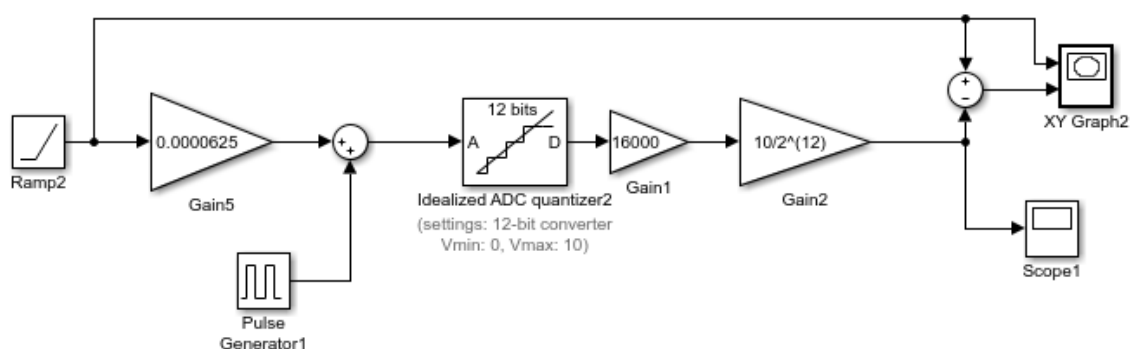
Tabela 1. Podešavanje parametara

Naziv bloka	Naziv parametra	Vrijednost
Ramp	Slope	1
	Start time	0
	Initial output	0
Gain	Gain	0.0000625
Idealized ADC qunatizer	Number of convert bits	12
	Min input voltage at low output	0

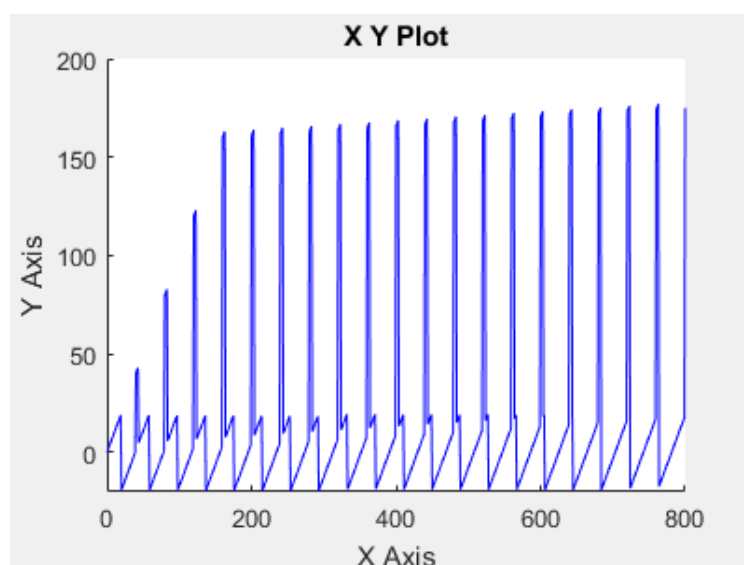
	Max input voltage at 2^n output (unreachable)	10
Gain	Gain	16000
Gain	Gain	$10/(2^{12})$
Sum	List of signs	+ -
XY Graph	x-min	0
	x-max	800
	y-min	-20
	y-max	20
	Sample time	1
Scope	/	/

Vrijeme simulacije se postavlja na 800.

b) Na senzorski signal se dovodi greška od 10 mV – bez pojačanja



Slika 3. Simulink model kada se na senzorski signal dovede greška od 10 mV



Slika 4. Izgled promjene greške kada se na senzorski signal dovede greška od 10 mV

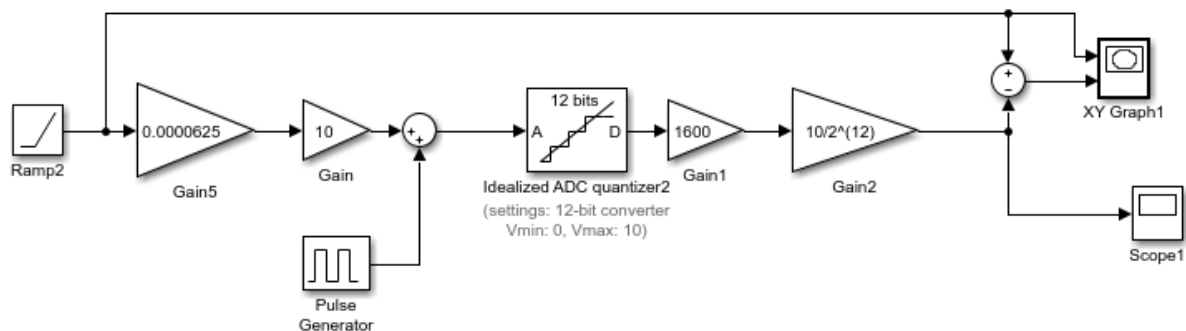
Tabela 2. Podešavanje parametara

Naziv bloka	Naziv parametra	Vrijednost
Ramp	Slope	1
	Start time	0
	Initial output	0
Gain	Gain	0.0000625
Sum	List of signs	++
Pulse Generator	Amplitude	-0.01
	Period (secs)	40
	Pulse Width (% of period)	10
Idealized ADC qunatizer	Number of convert bits	12
	Min input voltage at low output	0
	Max input voltage at 2 ⁿ output (unreachable)	10
Gain	Gain	16000
Gain	Gain	10/(2 ¹²)
Sum	List of signs	+ -
XY Graph	x-min	0
	x-max	800
	y-min	0
	y-max	200
	Sample time	1
Scope	/	/

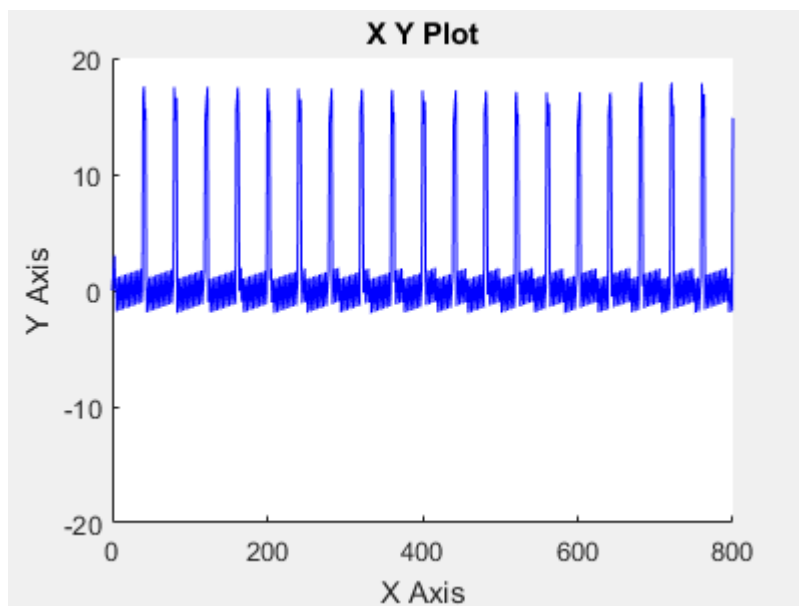
Vrijeme simulacije se postavlja na 800.

c) Na senzorski signal se dovodi greška od 10 mV, kada je signal pojačan sa $K_p = 10^k$, ($k = 1, 2, 3$)

- $K_p = 10^1$, ($k = 1$)



Slika 5. Simulink model kada se na senzorski signal dovede greška od 10 mV i pojačanje $K_p = 10^1$



Slika 6. Izgled promjene greške kada se na senzorski signal dovede greška od 10 mV i pojačanje $K_p = 10^1$

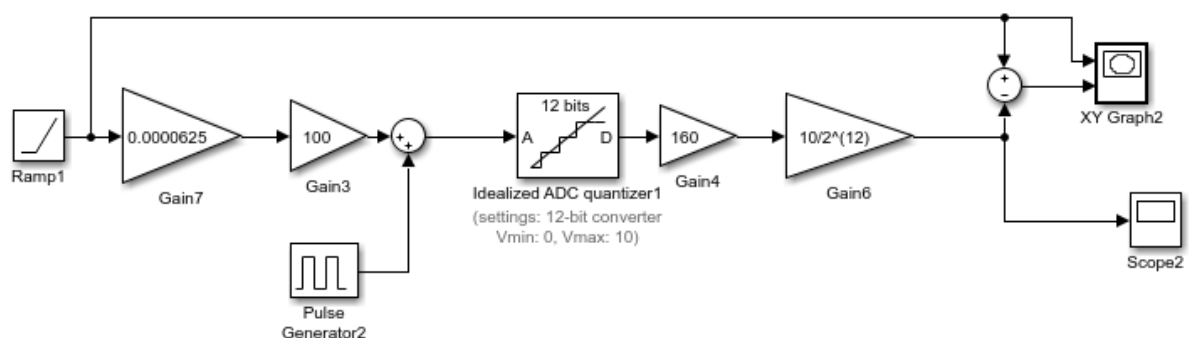
Tabela 3. Podešavanje parametara

Naziv bloka	Naziv parametra	Vrijednost
Ramp	Slope	1
	Start time	0
	Initial output	0
Gain	Gain	0.0000625

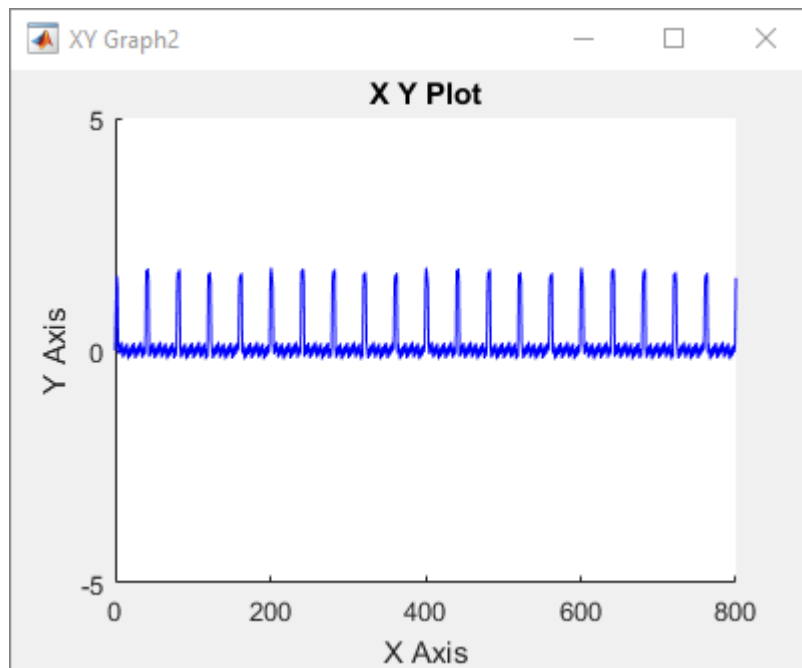
Gain	Gain	10
Sum	List of signs	++
Pulse Generator	Amplitude Period (secs) Pulse Width (% of period)	-0.01 40 10
Idealized ADC qunatizer	Number of convert bits Min input voltage at low output Max input voltage at 2^n output (unreachable)	12 0 10
Gain	Gain	1600
Gain	Gain	10/(2^12)
Sum	List of signs	+ -
XY Graph	x-min x-max y-min y-max Sample time	0 800 -20 20 1
Scope	/	/

Vrijeme simulacije se postavlja na 800.

- $K_p = 10^2$, ($k = 2$)



Slika 7. Simulink model kada se na senzorski signal dovede greška od 10 mV i pojačanje $K_p = 10^2$



Slika 8. Izgled promjene greške kada se na senzorski signal dovede greška od 10 mV i pojačanje $K_p = 10^2$

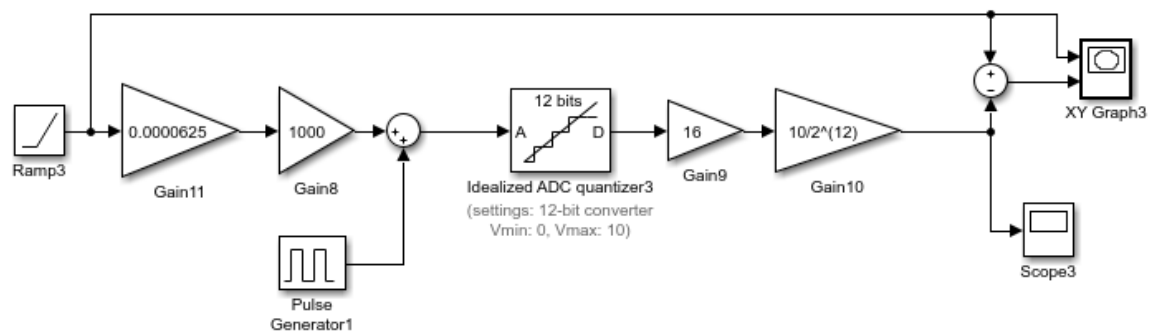
Tabela 4. Podešavanje parametara

<i>Naziv bloka</i>	<i>Naziv parametra</i>	<i>Vrijednost</i>
Ramp	Slope	1
	Start time	0
	Initial output	0
Gain	Gain	0.0000625
Gain	Gain	100
Sum	List of signs	++
Pulse Generator	Amplitude	-0.01
	Period (secs)	40
	Pulse Width (% of period)	10
Idealized ADC quatizer	Number of convert bits	12
	Min input voltage at low output	0
	Max input voltage at 2^n output (unreachable)	10
Gain	Gain	160
Gain	Gain	$10/(2^{12})$
Sum	List of signs	+ -
XY Graph	x-min	0
	x-max	800
	y-min	-5

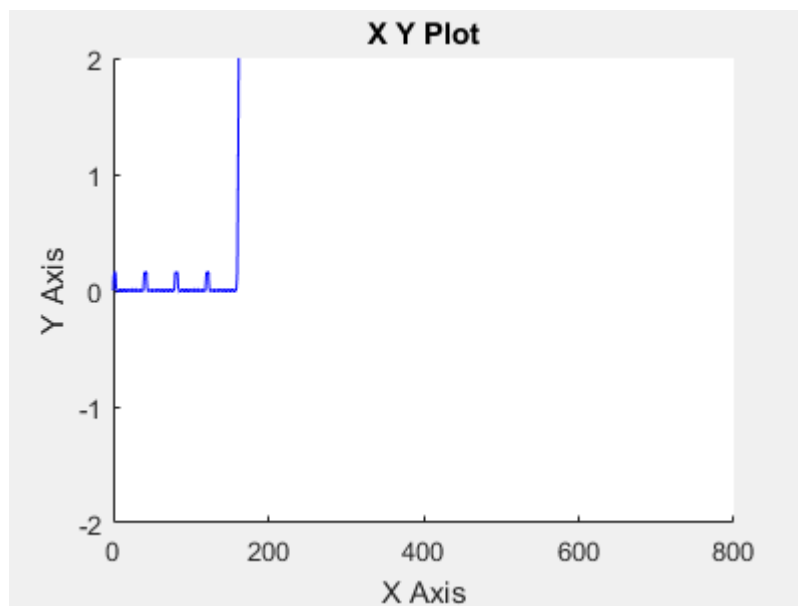
	y-max	5
	Sample time	1
Scope	/	/

Vrijeme simulacije se postavlja na 800.

- $K_p = 10^3$, ($k = 3$)



Slika 9. Simulink model kada se na senzorski signal dovede greška od 10 mV i pojačanje $K_p = 10^3$



Slika 10. Izgled promjene greške kada se na senzorski signal dovede greška od 10 mV i pojačanje $K_p = 10^3$

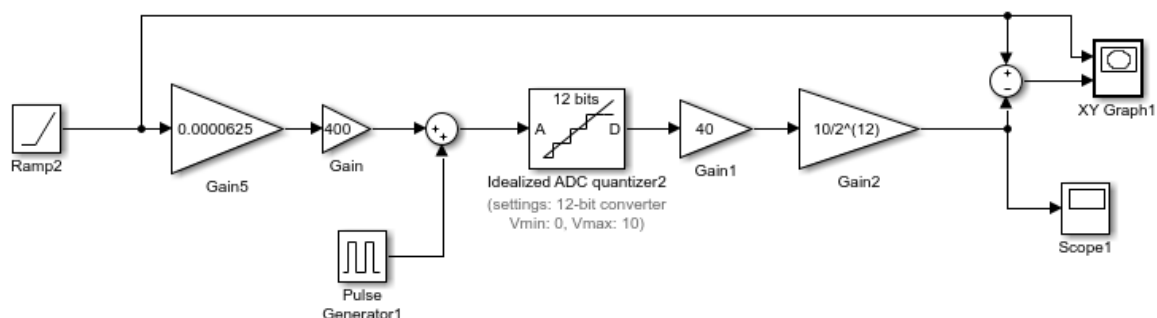
Tabela 5. Podešavanje parametara

Naziv bloka	Naziv parametra	Vrijednost
Ramp	Slope	1

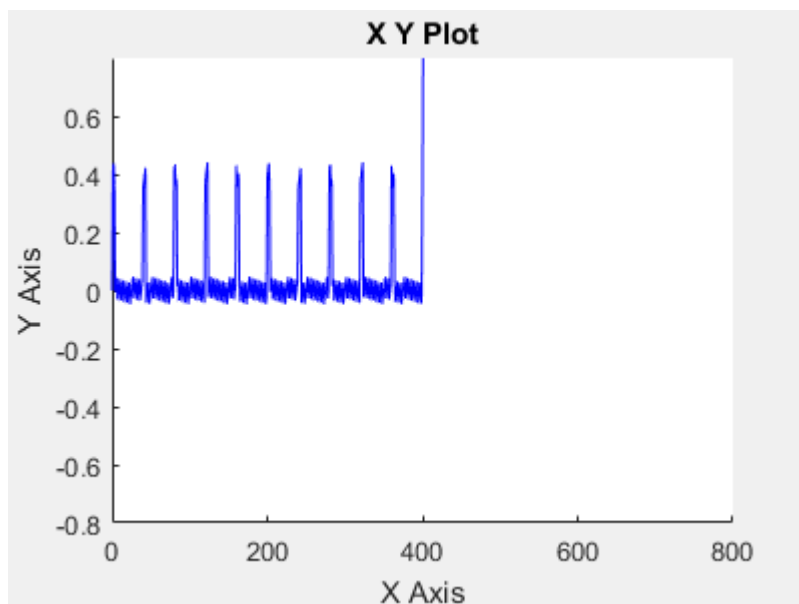
	Start time	0
	Initial output	0
Gain	Gain	0.0000625
Gain	Gain	1000
Sum	List of signs	++
Pulse Generator	Amplitude	-0.01
	Period (secs)	40
	Pulse Width (% of period)	10
Idealized ADC qunatizer	Number of convert bits	12
	Min input voltage at low output	0
	Max input voltage at 2^n output (unreachable)	10
Gain	Gain	16
Gain	Gain	10/(2^12)
Sum	List of signs	+-
XY Graph	x-min	0
	x-max	800
	y-min	-2
	y-max	2
	Sample time	1
Scope	/	/

Vrijeme simulacije se postavlja na 800.

2. U programskom okruženju Matlab/Simulink verifikovati rješenje predloženo u tački d)



Slika 11. Simulink model kada se na senzorski signal dovede greška od 10 mV i kada pojačanje mora spustiti grešku ispod 0.5 °C



Slika 12. Izgled promjene greške kada se na senzorski signal dovede greška od 10 mV i kada pojačanje mora spustiti grešku ispod 0.5 °C

Sa grafa se vidi da je greška ispod 0.5.

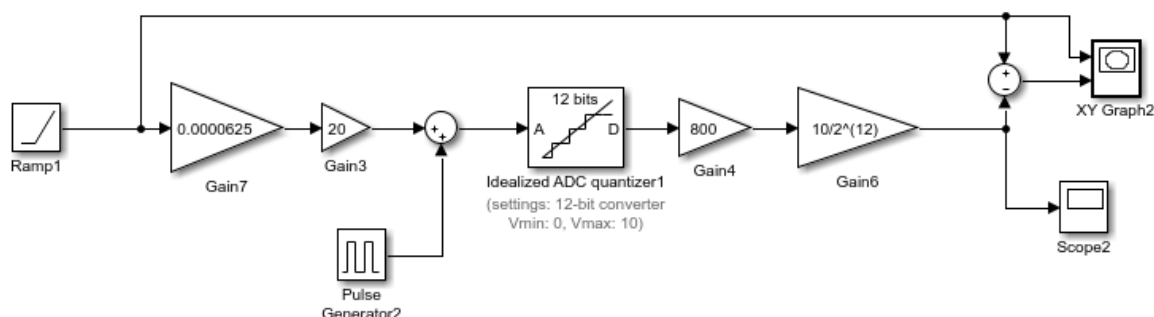
Tabela 6. Podešavanje parametara

Naziv bloka	Naziv parametra	Vrijednost
Ramp	Slope	1
	Start time	0
	Initial output	0
Gain	Gain	0.0000625
Gain	Gain	400
Sum	List of signs	++
Pulse Generator	Amplitude	-0.01

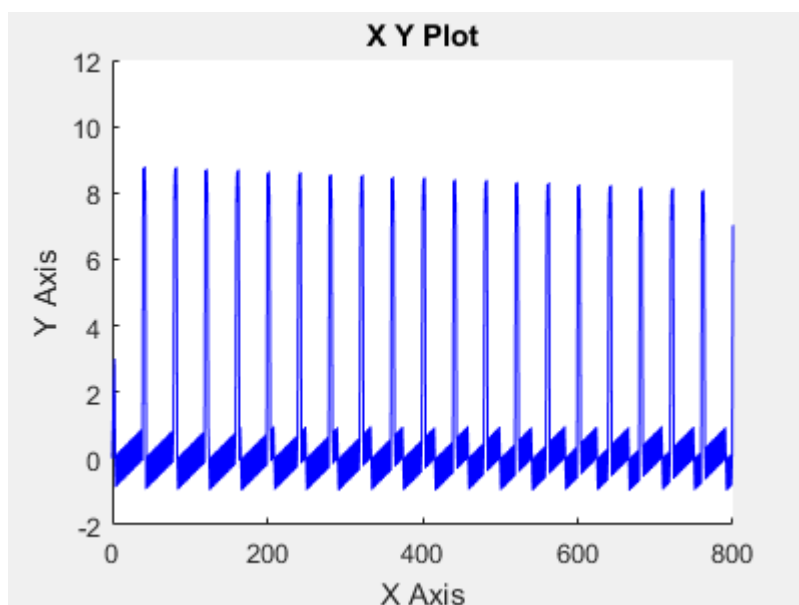
	Period (secs)	40
	Pulse Width (% of period)	10
Idealized ADC qunatizer	Number of convert bits	12
	Min input voltage at low output	0
	Max input voltage at 2 ⁿ output (unreachable)	10
Gain	Gain	40
Gain	Gain	$10/(2^{12})$
Sum	List of signs	+ -
XY Graph	x-min	0
	x-max	800
	y-min	-0.8
	y-max	0.8
	Sample time	1
Scope	/	/

Vrijeme simulacije se postavlja na 800.

3. Koristeći programsko okruženje Matlab/Simulink odraditi tačku pod d) za slučaj da smetnja nije veća od 11 [°C].



Slika 13. Simulink model kada se na senzorski signal dovede greška od 10 mV i kada pojačanje mora spustiti grešku ispod 11 °C



Slika 14. Izgled promjene greške kada se na senzorski signal dovede greška od 10 mV i kada pojačanje mora spustiti grešku ispod 11 °C

Tabela 7. Podešavanje parametara

Naziv bloka	Naziv parametra	Vrijednost
Ramp	Slope	1
	Start time	0
	Initial output	0
Gain	Gain	0.0000625
Gain	Gain	20
Sum	List of signs	++
Pulse Generator	Amplitude	-0.01

	Period (secs)	40
	Pulse Width (% of period)	10
Idealized ADC qunatizer	Number of convert bits	12
	Min input voltage at low output	0
	Max input voltage at 2^n output (unreachable)	10
Gain	Gain	800
Gain	Gain	$10/(2^{12})$
Sum	List of signs	+ -
XY Graph	x-min	0
	x-max	800
	y-min	-2
	y-max	12
	Sample time	1
Scope	/	/

Vrijeme simulacije se postavlja na 800.

Sa grafa se vidi da je greška ispod 11 °C.

4. Dati analizu i objašnjenje dobijenih rezultata

U analitičkom dijelu zadaće je bilo potrebno pronaći pojačanje K_p takvo da rezultujuća osjetljivost senzora bude manja od 11 stepeni Celzijusa. Za pronalaženje odgovarajuće vrijednosti pojačanja iskorišteni su zaključci izvučeni iz prethodnih rezultata u vježbi. U prethodnom slučaju kada je uslov bio da greška bude manja od $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ uzeto je pojačanje $K_p = 400$, te je dobiveno da je greška $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$, odnosno ispod granice, pa je uslov zadovoljen.

Pošto je u ovom slučaju traženo da greška ili smetnja mora biti manja od $11\text{ }^{\circ}\text{C}$, što je puno veće od prethodne granice, $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, može se zaključiti da će i minimalno pojačanje koje zadovoljava ovaj uslov biti puno manje od $K_p = 400$.

Ako se uzme u obzir da je u zadatku pod b) za vrijednost pojačanja $K_p = 10$ dobiveno da je $e_s = 16\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $e_{\max} = 1.953125\text{ }^{\circ}\text{C}$, može se uzeti zaljučak da će za duplo pojačanje doći do prepolovljenja vrijednosti e_s i e_{\max} što će zadovoljiti uslov u ovom slučaju. Iz tog razloga je uzeto pojačanje $K_p = 20$, te je dobiveno da je $e_s = 8$ stepeni Celzijusa, što zadovoljava postavljeni uslov.

U Matlab/Simulink dijelu zadaće prvo je predstavljen model koji daje grešku u diskretizaciji signala koji nije pomiješan sa smetnjom, nakon toga je prikazan model za slučaj da signal jeste pomiješan sa smetnjom rezultujući graf je pokazao mnogo veću grešku nego u slučaju kada nema smetnje. U sljedećem koraku su predstavljeni modeli sa djelovanjem smetnje ali koja je kompenzovana pojačanjem od 10, 100 i 1000. Sa grafova se vidi da što je pojačanje veće to je rezultujuća greška manja. U zadnjem koraku bilo je potrebno provjeriti da li će vrijednosti greške biti manje od 0.5 stepeni Celzijusa, u slučaju kada je $K_p = 400$, i od 11 stepeni Celzijusa, u slučaju kada je $K_p = 20$. U prvom slučaju se sa grafa vidi da se greška kreće maksimalno oko vrijednosti 0.4 i da ne prelazi 0.5, u drugom slučaju se vidi da se greška kreće maksimalno oko vrijednost 8, odnosno ne dostiže 11, pa su obje vrijednosti pojačanja zadovoljavajuće.

3. ZAKLJUČAK

U ovoj zadaći su testirani efekti miješanja analognog signala sa smetnjom na grešku diskretizacije, u slučajevima kada na signal ne djeluje pojačanje i u slučajevima kada na signal djeluje pojačanje.

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. 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 definiše tačnost konverzije, te utiče na tačnost obrade koja će uslijediti. Dužina se definiše 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.

U analitičkom dijelu zadaće su izračunate vrijednosti greški u slučaju da ne postoji smetnja, a zatim sami efekat smetnje te greška u slučaju postojanja smetnje, te su potom izračunate greške kada se ta smetnja kompenzuje sa rastućim vrijednostima pojačanja. U zadnjem analitičkom dijelu bilo je potrebno procijeniti pojačanje koje je dovoljno da se efekat smetnje, odnosno greška spusti ispod određenih zadanih nivoa. U Matlab/Simulink dijelu zadaće prvo je predstavljen model koji daje grešku u diskretizaciji signala koji nije pomiješan sa smetnjom, nakon toga je prikazan model za slučaj da signal jeste pomiješan sa smetnjom rezultujući graf je pokazao mnogo veću grešku nego u slučaju kada nema smetnje. U sljedećem koraku su predstavljeni modeli sa dijelovanjem smetnje ali koja je kompenzovana pojačanjem od 10, 100 i 1000. Sa grafova se vidi da što je pojačanje veće to je rezultujuća greška manja. U zadnjem koraku bilo je potrebno provjeriti da li će vrijednosti greške biti manje od 0.5 stepeni Celzijusa, u slučaju kada je $K_p = 400$, i od 11 stepeni Celzijusa, u slučaju kada je $K_p = 20$. U prvom slučaju se sa grafa vidi da se greška kreće maksimalno oko vrijednosti 0.4 i da ne prelazi 0.5, u drugom slučaju se vidi da se greška kreće maksimalno oko vrijednost 8, odnosno ne dostiže 11, što je bilo i potrebno dokazati.