

# Projektni Zadatak

Predmet: Digitalni Upravljački Sistemi

Decembar 2017.

Studenti:

Tema: Analiza i projektovanje digitalnih upravljačkih sistema - Projekat 1

Cilj projekta je analiza i rešavanje problema vezanih za digitalne upravljačke sisteme. Projekat se sastoji iz niza zadataka koje je potrebno redom rešavati i diskutovati. Zadatke rešavati uz oslonac na programski paket MATLAB. Rešenja komentarisati u pisanoj formi ili usmeno prilikom predaje radova predmetnom asistentu ili nastavniku. Rešenja dati u formi dijagrama praćenih MATLAB kodom. Po potrebi predati i račun u rukopisu (urednom!).

## Zadaci

1. Dat je prostoperiodični signal  $f(t) = \sin(\omega_0 t)$ . Signal se odbirkuje kružnom učestanošću  $1.5\omega_0$ . Data učestanost odabiranja ne zadovoljava uslove teoreme odabiranja. Nacrtati na istom grafiku polazni signal, odbirke polaznog signala i *alijas* koji se javlja usled neadekvatnog odabiranja.
2. Dat je niskopropusni filter opisan funkcijom prenosa  $G(s) = \frac{100}{(s+10)^2}$ . Pokazati da ovaj filter poseduje sledeće osobine:
  - komponente signala čija je frekvencija manja od 10Hz propušta uz eventualno slabljenje koje nije veće od 3 dB.
  - Komponente signala čija je frekvencija veća od 100 Hz propušta uz slabljenje koje je veće ili jednako 40 dB.

Nacrtati frekvencijsku karakteristiku datog filtra. Grafički porediti asimptotske i realne frekvencijske karakteristike projektovanog sistema. Simulirati odziv filtra ukoliko mu se na ulaz dovede signal  $f(t) = \sin(2\pi t) + \sin(20\pi t) + \sin(200\pi t) + \sin(2000\pi t)$

3. Filter dat u prethodnom zadatku implementirati u digitalnoj tehnici koristeći se različitim aproksimacijama (Ojlerovim, Tustinovim, impulsno i step invarijantim). Porediti frekvencijske karakteristike kontinualnog sistema i odgovarajućih diskretnih aproksimacija. Porediti odziv kontinualnog sistema i diskretnih aproksimacija na pobudu iz prethodnog zadatka.
4. Diskretni filter dobijen primenom Tustinove aproksimacije na sistem dat u zadatku 2 prikazati u formi modela u prostoru stanja (diskretnog!) i to u sve tri kanonske forme. Potom, u Simulink-u implementirati tako dobijene sisteme koristeći *MATLAB Embedded Function*. Isto učiniti sa diferencnom jednačinom pomoću koje bi se implementirao digitalni filter dobijen pomoću Tustinove aproksimacije iz zadatka 3. Porediti efikasnost implementacija sa stanovišta zauzeća memorije. Koristeći Simulink ilustrovati filterske sposobnosti projektovanog sistema.
5. Dat je nelinearan sistem opisan modelom u prostoru stanja:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \sqrt{x} + u \\ y &= x\end{aligned}$$

Linearizovati dati sistem u okolini pogodno odabrane radne tačke. Porediti odziv stvarnog i linearizovanog sistema na različite pobude.

6. Na osnovu linearizovanog sistema iz prethodnog zadatka projektovati PI regulator. Ispitati zavisnost preteka faze i preteka pojačanja od parametara PI regulatora. Sistem u zatvorenoj povratnoj sprezi je drugog reda. Ispitati zavisnost koeficijenta relativnog prigušenja i neprigušene prirodne učestanosti, te statičkog pojačanja sistema u zatvorenoj sprezi od parametara PI regulatora. Za konkretne vrednosti parametara regulatora porediti odziv linearizovanog i stvarnog sistema (kako na promenu zadate vrednosti, tako i na poremećaj i merni šum).

## Literatura

Kao literaturu koristiti preporučenu literaturu za predmet, kao i tutorijale sa MATLAB-ovog sajta.

# Projektni Zadatak

Predmet: Digitalni Upravljački Sistemi

Decembar 2017.

Studenti:

Tema: Analiza i projektovanje digitalnih upravljačkih sistema - Projekat 2

Cilj projekta je analiza i rešavanje problema vezanih za digitalne upravljačke sisteme. Projekat se sastoji iz niza zadataka koje je potrebno redom rešavati i diskutovati. Zadatke rešavati uz oslonac na programski paket MATLAB. Rešenja komentarisati u pisanoj formi ili usmeno prilikom predaje radova predmetnom asistentu ili nastavniku. Rešenja dati u formi dijagrama praćenih MATLAB kodom. Po potrebi predati i račun u rukopisu (urednom!).

## Zadaci

1. Dat je prostoperiodični signal  $f(t) = \sin(\omega_0 t)$ . Signal se odbirkuje kružnom učestanošću  $1.5\omega_0$ . Data učestanost odabiranja ne zadovoljava uslove teoreme odabiranja. Nacrtati na istom grafiku polazni signal, odbirke polaznog signala i *alijas* koji se javlja usled neadekvatnog odabiranja.
2. Dat je kontinualni filter opisan funkcijom prenosa  $G(s) = \frac{s^2}{(s+100)^2}$ . Pokazati da ovaj filter poseduje sledeće osobine:

- Komponente signala čija je frekvencija manja od 10Hz slabi za ne manje od 40dB.
- Komponente signala čija je frekvencija veća od 100 Hz propušta uz slabljenje koje nije veće od 3 dB.

Nacrtati frekvencijsku karakteristiku datog filtra. Grafički porediti asimptotske i realne frekvencijske karakteristike projektovanog sistema. Simulirati odziv filtra ukoliko mu se na ulaz dovede signal  $f(t) = \sin(2\pi t) + \sin(20\pi t) + \sin(200\pi t) + \sin(2000\pi t)$

3. Filter dat u prethodnom zadatku implementirati u digitalnoj tehnici koristeći se različitim aproksimacijama (Ojlerovim, Tustinovim, impulsno i step invarijantim). Porediti frekvencijske karakteristike kontinualnog sistema i odgovarajućih diskretnih aproksimacija. Porediti odziv kontinualnog sistema i diskretnih aproksimacija na pobudu iz prethodnog zadatka.
4. Diskretni filter dobijen primenom Tustinove aproksimacije na sistem dat u zadatku 2 prikazati u formi modela u prostoru stanja (diskretnog!) i to u sve tri kanonske forme. Potom, u Simulink-u implementirati tako dobijene sisteme koristeći *MATLAB Embedded Function*. Isto učiniti sa diferencnom jednačinom pomoću koje bi se implementirao digitalni filter dobijen pomoću Tustinove aproksimacije u zadatku 3. Porediti efikasnost implementacija sa stanovišta zauzeća memorije. Koristeći Simulink ilustrovati filterne sposobnosti projektovanog sistema.
5. Dat je kontinualni sistem opisan funkcijom prenosa

$$G(s) = \frac{1}{s(s+10)}$$

Datim sistemom se upravlja pomoću P, I i PI regulatora. U svakom od tri slučaja ispitati pomoću metode geometrijskom mesta korena uticaj parametara regulatora na karakteristike sistema u zatvorenoj sprezi, konkretno: stabilnost, statičko pojačanje, neprigušenu prirodnu učestanost i koeficijent relativnog prigušenja. Zaključke potvrditi numeričkim simulacijama.

6. Ponoviti prethodni zadatak ukoliko su regulatori implementirani u digitalnoj tehnici, a na ulazu sistema se nalazi kolo zadržke nultog reda. Diskutovati uticaj periode odabiranja.
7. Dat je linearan sistem opisan funkcijom prenosa datom u petom zadatku. Za dati sistem projektovati deat-beat i Dalinov regulator. Analizirati performance sistema u zavisnosti od parametara regulatora. Posebnu pažnju posvetiti uticaju mernog šuma.

## **Literatura**

Kao literaturu koristiti preporučenu literaturu za predmet, kao i tutorijale sa MATLAB-ovog sajta.