Sveučilište u Zagrebu

**Fakultet elektrotehnike i računarstva**

Međuispit iz predmeta **PRIJENOS PODATAKA**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ime i prezime** |  | | |
| **JMBAG** |  | **Ak.god.** | 2017./2018. |
| **Grupa** |  | **Datum** | 20. studenog 2017. |

Izjavljujem da tijekom izrade ove zadaće neću od drugoga primiti niti drugome pružiti pomoć, te da se neću koristiti nedopuštenim sredstvima. Ove su radnje teška povreda Kodeksa ponašanja te mogu uzrokovati i trajno isključenje s Fakulteta.

Također izjavljujem da mi zdravstveno stanje dozvoljava pisanje ove zadaće.

**Vlastoručni potpis**: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**ZADACI**

**1. zadatak (10 bodova)**

Na ulaz PAM sustava dolazi slijed bita trajanja *T*b [s]. Modulacijom PAM slijed bita se pretvara u slijed impulsa vrlo kratkog trajanja (svaki impuls aproksimira delta funkciju), čija je amplituda dana izrazom:



pri čemu amplituda impulsa u stvari odgovara njegovoj površini, a navodnici označavaju da se radi o binarnom broju. Takav se signal prenosi kanalom u osnovnom pojasu. Prijenosna funkcija kanala ima oblik izdignutog kosinusa modificiranog faktorom *rolloff*, *r*, 0 ≤ *r* ≤ 1, i na frekvencijama iznad *f*1 = 80 kHz jednaka je nuli.

a) (**3 boda**) Ako trajanje bita iznosi 10 μs, odredite koliko mora iznositi faktor *r* u prijenosnoj funkciji kanala pa da prijenos bude moguć bez intersimbolne interferencije (ISI) u trenucima uzimanja uzoraka u prijemniku.

b) (**2 boda**) Ako parametre *r* i *f*1 zadržimo istima kao u potpitanju a, odredite za koje sve vrijednosti od *T*b će biti izbjegnuta ISI u trenutku uzimanja uzoraka u prijemniku.

c) (**2 bod**) Pretpostavite da kanal iz potpitanja a ima prijenosnu funkciju oblika izdignutog kosinusa (*r* = 1) koja je na frekvencijama iznad *f*1 = 80 kHz jednaka je nuli. Odredite koliko sada iznosi maksimalna brzina kojom se impulsi *ak* mogu slati kroz takav sustav. Da li je ta brzina veća ili manja od one u potpitanju a?

d) (**3 boda**) Uz pretpostavku da kanal ima prijenosnu funkciju oblika izdignutog kosinusa definiranu u potpitanju c, te ako trajanje bita iznosi 10 μs, odredite koliko iznosi apsolutni iznos intersimbolne interferencije kojim dva susjedna impulsa ometaju jedan drugog u prijemniku u trenutku uzimanja uzoraka (period uzimanja uzoraka podešen je na parametre kanala!).

**2. zadatak (10 bodova)**

Promatrani binarni PCM sustav koristi polarne signale formata NRZ (polarno znači da se koriste dvije razine, jedna pozitivna, *A*, za binarnu nulu, i jedna negativna, -*A*, za binarnu jedinicu. Vjerojatnost pogreške bita, *P*e, iznosi 10-6. U sustavu djeluje bijeli Gaussov šum spektralne gustoće snage *S*N(*f*) = *N*0/2 za *f* ∈ R.

a) (**5 bodova**) Odredite koliko najviše može iznositi vjerojatnost pogreške u tom sustavu ako se prijenosna brzina *R*b udvostruči. Za određivanje argumenta funkcije erfc koristite tablicu danu na kraju zadaće. Također, pretpostavite da se u oba slučaja, jednostruke i dvostruke prijenosne brzine, radi o dovoljno velikom argumentu funkcije erfc pa je moguće koristiti identitet:



b) (**5 bodova**) Odredite koliko će iznositi optimalni prag odluke za slučaj dvostruke prijenosne brzine, 2*⋅R*b, ako se binarne nule šalju dvostruko češće od jedinica, te ako amplituda *A* iznosi 1 V.

**3. zadatak (10 bodova)**

Na ulaz filtra dolaze binarni simboli koji se prenose pravokutnim signalima. Neka je filtar usklađen na ulazni pravokutni signal u formatu NRZ, amplitude *A* i trajanja *T*, pri čemu je *T* ujedno i trajanje bita. Pretpostavite da je faktor skaliranja, *k*, jednak 1.

a) (**2 boda**) Odredite oblik optimalnog impulsnog odziva filtra, *h*opt(*t*), kao i funkcije *g*o(*t*), koja opisuje promjenu odziva usklađenog filtra na pobudu pravokutnim signalom u ovisnosti o vremenu.

b) (**2 boda**) Odredite koliko iznosi maksimalni omjer vršne snage signala prema srednjoj snazi šuma (engl. *peak pulse signal-to-noise ratio*), ako se radi o bijelom šumu spektralne gustoće snage *S*N(*f*) = *N*0/2 za *f* ∈ **R**. Rezultat izrazite kao funkciju od *A*, *T* i *N*0.

c) (**2 boda**) Odredite oblik impulsnog odziva filtra, kao i funkcije *g*o(*t*), ako format pravokutnog signala NRZ zamijenimo s formatom RZ, uz istu amplitudu i trajanja bita.

d) (**2 boda**) Za slučaj c (format RZ) odredite koliko iznosi maksimalni omjer vršne snage signala prema srednjoj snazi šuma, ako se radi o bijelom šumu spektralne gustoće snage *S*N(*f*) = *N*0/2 za *f* ∈ **R**. Rezultat izrazite kao funkciju od *A*, *T* i *N*0.

e) (**2 boda**) Da li je faktorom skaliranja moguće postići da maksimalni omjer vršne snage signala prema srednjoj snazi šuma pri korištenju formata RZ bude jednak onome kod NRZ-a? Objasnite. Koji je jedini način da maksimalni omjer vršne snage signala prema srednjoj snazi šuma pri korištenju formata RZ bude jednak onome kod NRZ-a?

**4. zadatak**

Razmatrajte posmačni registar (FSR) realiziran s tri bistabila, D1, D2 i D3.

a) (**3 boda**) U prvoj inačici FSR-a izlazi s bistabila D2 i D3 spojeni su na zbrajač po modulu dva čiji se izlaz privodi na ulaz bistabila D1. Izlaz bistabila D3 je ujedno i izlaz FSR-a, tj. pseudoslučajni slijed. Odredite točan sastav tog slijeda i njegov period.

b) (**3 boda**) U drugoj inačici FSR-a izlazi s bistabila D1 i D2 spojeni su na zbrajač po modulu dva čiji se izlaz privodi na ulaz bistabila D1. Izlaz bistabila D3 je izlaz FSR-a, tj. pseudoslučajni slijed. Odredite točan sastav tog slijeda i njegov period.

c) (**4 boda**) Izvedite generalni zaključak u vezi perioda pseudoslučajnog slijeda i konstrukcije FSR-a, tj. koji je nužan preduvjet da dobijemo pseudoslučajni slijed maksimalne duljine.

**5. zadatak (10 bodova) – BONUS zadatak**

Razmatrajte komunikacijski sustav prikazan slikom.



Impulsni odziv kanala opisan je funkcijom *c*(*t*), a impulsni odziv transverzalnog filtra funkcijom *h*(*t*), pri čemu vrijedi sljedeća jednakost:

,

*T* je kašnjenje između dva odvojka u transverzalnom filtru, a *wk* su koeficijenti po odvojcima (iz izraza je vidljivo da transverzalni filtar ima 2*N* + 1 odvojaka). Označimo impulsni odziv cijelog sustava s *p*(*t*). Kako bi transverzalni filtar otklonio intersimbolnu interferenciju nužno je ostvariti Nyquistov kriterij za prijenos bez izobličenja:



a) (**6 bodova**) Na temelju tog uvjeta pokažite da koeficijenti *wk* ekvilizatora koji forsira prolaske odziva kroz nulu (engl. *zero-forcing equalizer*) zadovoljavaju sljedeći skup jednakosti:



b) (**4 boda**) Poznato je da ekvilizator koji forsira prolaske odziva kroz nulu pojačava šum koji potječe iz kanala. Razmatrajte kanal koji ima oblik niskopropusnog filtra granične frekvencije *f* = 1/(2*T*). Uz pretpostavku da je šum u kanalu bijeli i aditivan, pokažite da se spektralna gustoća snage šuma na izlazu ekvilizatora približava beskonačnom iznosu na frekvenciji 1/(2*T*).

