

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 21.06.1995

1. Domet radijske zveze med dvema ročnima radijskima postajama (toki-voki-jema) znaša 10km. Slabljenje radijske zveze v tem slučaju povečuje predvsem interferenca z odbitim valom od ravne zemeljske površine. Izračunajte domet radijskih postaj, če obema sprejemnikoma s šumnim številom  $F_s=10\text{dB}$  dodamo nizkošumna predojačevalnika s šumnim številom  $F_o=3\text{dB}$  in ojačanjem  $G_o=10\text{dB}$ ! Šumna temperatura "gumijastih" anten je zaradi slabega električnega izkoristka kar enaka temperaturi okolice ( $T_a=300\text{K}$ ).

2. Radijski sprejemnik, uglašen na 102MHz, motita dva oddajnika na 99MHz in 98MHz zaradi intermodulacijskega popačenja v vhodnih stopnjah sprejemnika. Intermodulacijsko popačenje v sprejemniku znižamo tako, da dodamo na vhod sprejemnika slabilec. Kolikšno izboljšanje razmerja signal/motnja dosežemo z 10dB slabilcem?

3. V mobilni radijski zvezi se porazdelitev verjetnosti jakosti sprejemanega polja pokorava Rayleigh-ovi statistiki. V danem slučaju dosežemo verjetnost izpada zveze 1% z močjo oddajnika 1W. Na koliko moramo povečati moč oddajnika, da se verjetnost izpada zveze zaradi presiha polja zniža na 0.1%?

4. Izračunajte čas, ki poteče od izstrelitve do vtirjenja telekomunikacijskega satelita v geostacionarno tirnico, če izberemo najugodnejšo možno lego izstrelišča na zemeljski površini (na ekvatorju) in varčujemo s količino raketnega goriva (Hohmann-ov prenos). Trenje v zemeljskem ozračju in čas delovanja raketnih motorjev pri tem zanemarimo (2 diskretna sunka sile). Težnostna konstanta Zemlje znaša  $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ , polmer Zemlje na ekvatorju znaša  $R_e=6378\text{km}$ . Perioda geostacionarne tirnice znaša  $T_z=1436$  minut (perioda vrtenja Zemlje).

5. Položaj navigacijskega sprejemnika izračunamo iz meritev na signalih štirih GPS satelitov, od katerih se eden nahaja v zenitu, ostali trije pa tik nad obzorjem in so enakomerno razporejeni po azimutu (po 120 stopinj). Ionosfersko zakasnitev merimo kot zakasnitev modulacije na nosilcu L2 (1227.6MHz) glede na L1 (1575.42MHz) in izmerimo 10ns za satelit v zenitu ter 50ns za vse tri satelite tik nad obzorjem. Izračunajte pogreške v izmerjenih razdaljah do satelitov, če opravljamo meritve le na frekvenci L1! Koliko in v kateri smeri odstopa izračunani položaj sprejemnika iz meritev na L1 brez popravka ionosfere? Hitrost svetlobe v praznem prostoru je  $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ .

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 14.11.1995

1. Na geostacionarnem satelitu imamo oddajnik moči  $P_o=10W$ , ki priključen na anteno z dobitkom  $G_o=40dB$  ter uporablja frekvenčni pas širine  $\Delta f=30MHz$ . Zemeljski sprejemnik je oddaljen  $r=40000km$ , ima anteno z dobitkom  $G_s=40dB$  in celotno šumno temperaturo  $T=150K$  pri frekvenci  $f=10GHz$ . Za koliko procentov % se poveča zmogljivost radijske zveze, če moč oddajnika podvojimo na  $P_o'=20W$ ? Boltzmannova konstanta znaša  $k_b=1.38E-23J/K$ .

2. Ojačevalnik ima presečno točko intermodulacijskega popačenja tretjega reda  $IP_3=+10dBm$  (glede na izhodni signal), ojačanje  $A=20dB$  in šumno število  $NF=3dB$ . Kolikšna sme biti jakost dveh sicer enako močnih signalov na vhodnih sponkah ojačevalnika, da je jakost intermodulacijskih produktov primerljiva s toplotnim šumom v sprejemniku s pasovno širino  $\Delta f=1MHz$ . Šumna temperatura antene je enaka temperaturi okolice  $T_a=300K$ , Boltzmannova konstanta znaša  $k_b=1.38E-23J/K$ .

3. Pri adaptivnem sprejemu uporabljamo dva ločena sprejemnika z dvema ločenima antenama. Kako moramo sestaviti izhoda obeh sprejemnikov (anten z ojačevalnikoma), da bo končno razmerje signal/šum najboljše, če sta jakosti koristnih signalov z obeh sprejemnikov enaki, razmerje signal/šum na izhodu prvega sprejemnika znaša  $S/N_1=10dB$  in na izhodu drugega sprejemnika  $S/N_2=13dB$ ? Šuma sta med sabo nekorelirana.

4. Določite Keplerjeve elemente tirnice satelita ( $a$ ,  $e$ ,  $i$ , mali in veliki omega ter  $M$ ), ki se je ob danem času nahajal  $1000km$  nad severnim tečajem, vektor hitrosti satelita v mirujočem koordinatnem sistemu pa je znašal  $v_x=10km/s$ ,  $v_y=v_z=0$ . Težnostna konstanta Zemlje znaša  $u=3.986E+14m^3/s^2$ , polmer Zemlje pa  $R_e=6378km$ .

5. Trije oddajniki verige LORAN-C se nahajajo v ogliščih enakostraničnega trikotnika s stranico  $300km$ . Pomorščak se nahaja s svojo ladjo v zelo ugodnem položaju blizu središča tega trikotnika, vendar zaradi različnih motenj pri razširjanju radijskih valov izmeri čas prihoda signala prvega oddajnika z napako  $dt_1=+500ns$ , čas prihoda signala drugega oddajnika z napako  $dt_2=+200ns$  in čas prihoda signala tretjega oddajnika z napako  $dt_3=-100ns$ . Za koliko metrov odstopa izračunani položaj od resničnega položaja ladje?

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 18.06.1996

1. Izračunajte zmogljivost radijske zveze s plovila v tirnici okoli Marsa do zemeljske sprejemne postaje, če razpolaga plovilo z oddajnikom moči  $P_o=20\text{W}$  na frekvenci  $f=8\text{GHz}$  in anteno premera  $2R_o=1\text{m}$ , zemeljska postaja pa z anteno premera  $2R_s=60\text{m}$  in sprejemnikom s šumno temperaturo  $T_s+T_a=30\text{K}$ ! Razdalja od plovila do sprejemnika je  $d=2\text{E}+8\text{km}$ , izkoristki osvetlitev obeh anten znašajo 80%, uporabljeno kodiranje podatkov pa se približa Shannon-ovi teoretski meji na 5dB. ( $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )

2. Na izhodu ojačevalnika, ki ojačuje črno-beli (AM) TV signal, izmerimo na frekvenci slikovnega nosilca  $f_s=471.25\text{MHz}$  jakost  $P_s=+35\text{dBm}$  in na frekvenci tonskega nosilca  $f_t=476.75\text{MHz}$  jakost  $P_t=+25\text{dBm}$  (UHF kanal 21). Koliko znašajo jakosti in frekvence intermodulacijskih produktov 3. reda v pasu od 450MHz do 500MHz, če znaša jakost najmočnejšega intermodulacijskega produkta  $P=+12\text{dBm}$ ?

3. Določite odstopanje faze kazalca sprejetega polja, če razmeroma močen neposredni val motijo razmeroma šibkejši odbiti valovi, ki povzročajo presihanje jakosti sprejetega polja v območju  $\pm 1\text{dB}$  od srednje vrednosti! Faze odbitih valov se s časom spreminjajo in lahko zavzamejo prav vse možne vrednosti.

4. Satelit izstrelimo v krožnico na višini  $h=1000\text{km}$  nad zemeljsko površino in naklonom  $i=0$  stopinj. Radijski oddajnik na krovu satelita deluje na osrednji frekvenci  $f_o=2250\text{MHz}$ . Izračunajte največji Doppler-jev pomik frekvence, ki ga opazi zemeljska sprejemna postaja na ekvatorju, če zanemarimo lom radijskih valov v troposferi in ionosferi! (Težnostna konstanta Zemlje znaša  $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ , polmer na ekvatorju  $R_e=6378\text{km}$  in perioda vrtenja Zemlje  $T_z=1436$  minut.)

5. Položaj navigacijskega sprejemnika skušamo izračunati iz signalov štirih GPS satelitov. Vsi štirje sateliti se nahajajo na elevaciji  $e_l=60$  stopinj nad obzorjem in so enakomerno porazdeljeni po azimutu (45 stopinj, 135 stopinj, 225 stopinj in 315 stopinj). Določite velikost geometrijskega faktorja poslabšanja točnosti GDOP zaradi neugodne lege satelitov!

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 22.10.1996

1. Določite potrebni dobitok sprejemne antene na krovu satelita za mobilno telefonijo, če znaša izhodna moč mobilne zemeljske postaje  $P_o=5\text{W}$  in dobitok antene  $G_o=7\text{dB}$  pri frekvenci  $f=1.6\text{GHz}$ . Telefonski pogovor prenašamo digitalno, kodiran s hitrostjo  $C=16\text{kbit/s}$ , uporabljeno kodiranje signala pa se približa Shannonovi teoretski meji na  $10\text{dB}$ . Šumna temperatura satelitskega sprejemnika znaša  $T_s=100\text{K}$ , snop sprejemne antene gleda v Zemljo na razdalji  $d=40000\text{km}$ . ( $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )

2. Na vhod visokofrekvenčnega ojačevalnika pripeljemo tri enako močne signale s frekvencami  $f_1=90\text{MHz}$ ,  $f_2=94\text{MHz}$  in  $f_3=96\text{MHz}$ , ki so frekvenčno modulirani z različnimi signali (tri različne UKV radiodifuzne postaje). Določite presečno točko tretjega reda ( $P_{ip3}$ ) tega ojačevalnika, če znašajo jakosti signalov  $f_1$ ,  $f_2$  in  $f_3$  na izhodu  $+22\text{dBm}$ , povprečna jakost motnje na frekvenci  $f_4=98\text{MHz}$  pa  $-18\text{dBm}$ !

3. Z oddajnikom moči  $P_1=10\text{W}$  dosežemo verjetnost izpada radijske zveze  $0.1\%$ . Kolikšno moč oddajnika  $P_2=?$  potrebujemo v slučaju raznolikega (diverznega) sprejema z dvema dovolj razmaknjenima sprejemnima antenama, ko sta statistiki presiha nekorelirani in vsakokrat preprosto izberemo boljšo anteno/sprejemnik? Statistika presiha polja ustreza Rayleigh-ovi porazdelitvi.

4. Določite življenjsko dobo satelita v geostacionarni tirnici, če razpoložljivo gorivo omogoča skupen  $\Delta v=400\text{m/s}$ . Z raketnimi motorji moramo predvsem popravljati spremembe naklona tirnice zaradi vpliva drugih nebesnih teles, predvsem Sonca in Lune, ki znašajo v povprečju  $0.015\text{rad/letno}$ . Geostacionarna tirnica je krožnica, sinhronizirana s periodo vrtenja Zemlje  $T_z=1436\text{min}$ . ( $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ )

5. Pri satelitski navigaciji doprinese lom radijskih valov v troposferi pogrešek  $15\text{m}$  v izračunanem položaju uporabnika glede na dejanski položaj uporabnika v Ljubljani (na nadmorski višini  $h_1=300\text{m}$ ). Določite pogrešek zaradi loma v troposferi na vrhu Triglava ( $h_2=2864\text{m}$ ), če je doprinos vlažnega dela troposfere zanemarljiv v obeh slučajih!

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 02.07.1997

1. Izračunajte domet zveze med dvema ročnima radijskima postajama (toki-voki-jema) z upoštevanjem dodatnega slabljenja zaradi odboja valovanja od tal. Izhodna moč oddajnika znaša  $P_0=1\text{W}$ , frekvenca  $f=450\text{MHz}$ , šumna temperatura sprejemnika  $T_s=450\text{K}$ . Za zadovoljiv sprejem potrebujemo razmerje signal/šum vsaj  $10\text{dB}$  v pasovni širini  $B=15\text{kHz}$ . Toki-vokija sta opremljena z neusmerjenima antenama ( $G=1$ ), ki ju pri uporabi držimo na višini  $h=1.5\text{m}$  nad tlemi.

2. Določite presečno točko intermodulacijskega popačenja tretjega reda ( $P_{ip3}$ ) na izhodnih sponkah ojačevalne verige, ki jo sestavljata dva ojačevalnika s podatki: prvi ojačevalnik:  $G=20\text{dB}$  in  $P_{ip3}=+15\text{dBm}$  (na svojem izhodu), drugi ojačevalnik:  $G=10\text{dB}$  in  $P_{ip3}=+20\text{dBm}$  (na svojem izhodu). Upoštevajte najslabši možni slučaj, ko se kazalca intermodulacijskih popačenj obeh ojačevalnikov seštevata!

3. Koliko istočasnih pogovorov omogoča sistem mobilne telefonije, ki uporablja kodni multipleks (CDMA), če imamo na razpolago frekvenčni pas širine  $B=2\text{MHz}$ ? Vsak telefonski pogovor zahteva zmogljivost  $C=10\text{kb/s}$ , izgube kodiranja pa znašajo  $6\text{dB}$  glede na Shannon-ovo teoretsko mejo. Ker mobilnem sistemu razpršilne kode ne morejo biti ortogonalne med sabo, moči vseh oddajnikov nastavimo tako, da so na vhodnih sponkah sprejemnika enako velike. Neželjeni signali v tem primeru doprinesejo glavnino šuma v sprejemnik.

4. Izračunajte velikost obeh potrebnih sprememb hitrosti ( $\Delta v$ ) pri izstrelitvi telekomunikacijskega satelita v geostacionarno tirnico (Hohmann-ov prenos). Geostacionarna tirnica je krožnica v ravnini ekvatorja s periodo vrtenja Zemlje  $T_z=1436\text{min}$ . Izstrelišče se nahaja na ekvatorju, da izkoristimo vrtenje Zemlje ( $R_z=6378\text{km}$ ,  $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ).

5. Pri sprejemu radionavigacijskih signalov s satelita GPS doprinaša razširjanje radijskih valov skozi celotno zemeljsko ozračje dodatno skupinsko zakasnitev  $t_1=40\text{ns}$  na frekvenci  $L_1=1575.42\text{MHz}$ , na nosilcu  $L_2=1227.6\text{MHz}$  pa znaša dodatna zakasnitev  $t_2=53\text{ns}$ . Kolikšno zakasnitev doprinaša troposfera?

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 15.10.1997

1. Izračunajte potrebno velikost (premer) antene na plovilu v tirnici okoli Lune na razdalji  $d=400000\text{km}$  od zemeljske postaje, ki razpolaga s sprejemno anteno premera  $2R_s=60\text{m}$  in sprejemnikom s šumno temperaturo  $T_s=50\text{K}$ . Plovilo razpolaga s televizijsko kamero in oddajnikom moči  $P_o=10\text{W}$  na frekvenci  $2250\text{MHz}$ , za sprejem TV slike pa potrebujemo razmerje signal/šum  $10\text{dB}$  v pasovni širini  $B=30\text{MHz}$ . Upoštevajte tudi izkoristka osvetlitev obeh anten (70%) in dejstvo, da sprejemna antena opazuje Lunino površino, ki se obnaša za radijske valove kot črno telo s temperaturo  $T=200\text{K}$ .

2. v izhodni stopnji televizijskega oddajnika uporabimo tranzistorje, ki dosegajo v optimalni delovni točki presečno točko intermodulacijskega popačenja tretjega reda  $P_{ip3}=+40\text{dBm}$ . Kolikšna je največja dopustna izhodna moč oddajnika, če v izhodni stopnji vežemo vzporedno (s primerno prilagoditvijo impedanc) osem takšnih tranzistorjev in zahtevamo slabljenje intemodulacijskih produktov vsaj  $-60\text{dB}$ ?

3. Določite globino presiha polja (razmerje med maksimalno in minimalno vrednostjo) in odstopanje faze kazalca, če sprejem satelitskega signala moti en sam odbiti val od zemeljske površine! Faza odbitega vala lahko zavzame vse možne vrednosti, amplituda odbitega vala pa je za  $2\text{dB}$  manjša od neposrednega vala.

4. Geostacionarni satelit izstrelimo iz izstrelišča Cape Canaveral (na zemljepisni širini  $28$  stopinj) v eliptično prenosno tirnico s perigejem  $200\text{km}$  in naklonom, ki ustreza zemljepisni širini izstrelišča. Določite potrebno spremembo hitrosti ( $\Delta v$ ) v apogeju prenosne tirnice za popravek naklona in hkrati zvišanje perigeja na geostacionarno višino ( $R_z=6378\text{km}$ ,  $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $T_z=1436\text{min}$ )!

5. v satelitskem radionavigacijskem sistemu določamo položaj uporabnika preko meritve Doppler-jevega pojava. Kolikšnemu odstopanju položaja uporabnika ustreza točnost meritve frekvence  $\pm 1\text{Hz}$ , ko satelit leti nad glavo uporabnika na višini  $h=800\text{km}$  s hitrostjo  $v=7.5\text{km/s}$ ? Satelit oddaja nemoduliran nosilec na osrednji frekvenci  $f_o=400\text{MHz}$ .

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 10.02.1998

1. Izračunajte domet zveze med dvema ročnima radijskima postajama (toki-voki-jema) z upoštevanjem dodatnega slabljenja zaradi odboja valovanja od tal. Izhodna moč oddajnika znaša  $P_0=3\text{W}$ , frekvenca  $f=150\text{MHz}$  in šumno število sprejemnika  $F=6\text{dB}$ . Za zadovoljiv sprejem potrebujemo razmerje signal/šum vsaj  $S/N=10\text{dB}$  v pasovni širini  $B=15\text{kHz}$ . Toki-voki-ja sta opremljena z neusmerjenima antenama ( $G=1$ ), ki ju pri uporabi držimo na višini  $h=1.5\text{m}$  nad tlemi. Šumna temperatura anten je enaka temperaturi okolice ( $T_a=290\text{K}$ ,  $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ ).

2. Radijski sprejemnik ima šumno število  $F_s=15\text{dB}$  in presečno točko IMD tretjega reda  $\text{Pip}_3=-20\text{dBm}$ , preračunano na vhodne sponke sprejemnika. Med sprejemnik in anteno ( $T_a=290\text{K}$ ) vstavimo predojačevalnik s šumnim številom  $F_o=3\text{dB}$  in zanemarljivim popačenjem (visok  $\text{Pip}_3$  glede na uporabljeni sprejemnik). Določite največje dopustno ojačanje ojačevalnika, da se dinamično področje sprejemnika, to je razmerje med minimalnim (signal/šum) in maksimalnim (signal/IMD) signalom na vhodu, ne poslabša za več kot  $3\text{dB}$ !

3. V mobilnem komunikacijskem sistemu (Rayleigh-ova statistika presiha) dobimo z oddajnikom moči  $P_0=1\text{mW}$  pogostnost izpada zveze  $50\%$ . Določite potrebno moč oddajnika  $P_1$ , da se verjetnost izpada zveze zmanjša na  $1\%$ ! Kolikšna je potrebna moč oddajnika  $P_2$  v slučaju raznolikega (diverznega) sprejema z dvema dovolj razmaknjenima sprejemnima antenama, da je presih nekoreliran in s stikalom izbiramo najboljši izhod?

4. Komunikacijski satelit Molnija leti v visoki eliptični tirnici z višino apogeja  $h_a=36000\text{km}$  in višino perigeja  $h_p=500\text{km}$  nad zemeljsko površino. Določite odstotek časa, ko se satelit nahaja dovolj visoko, nad  $h_{\text{min}}=10000\text{km}$  nad zemeljsko površino, da ga lahko uporabljamo za radijske komunikacije na širšem zemljepisnem področju! ( $R_z=6378\text{km}$ ,  $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ )

5. Doppler-jev pojav je zelo moteč pojav v mobilnih komunikacijah z nizkimi hitrostmi prenosa podatkov. Omejitev predstavlja hitrost spremembe frekvence nosilca v enoti časa (v enotah  $\text{Hz/s}$ ). Določite najvišjo hitrost spremembe frekvence nosilca v enoti časa za  $900\text{MHz}$  mobilni telefon, vgrajen v avtomobil, ki pelje s hitrostjo  $90\text{km/h}$  po ravni cesti. Antena bazne postaje se nahaja na  $30\text{m}$  visokem stolpu, ki je odmaknjen v vodoravni smeri za  $40\text{m}$  od ceste.

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 14.07.1998

1. Satelitski komunikacijski sistem omogoča razmerje signal/šum  $S/N=20\text{dB}$  v sprejemniku s pasovno širino  $B=30\text{MHz}$  in uporabo ene same polarizacije za oddajno in sprejemno anteno. Izračunajte, za koliko % lahko povečamo zmogljivost sistema z uporabo obeh polarizacij, če ostane skupna moč oddajnikov na krovu satelita nespremenjena, uporabljene antene pa zagotavljajo presluh (razmerje signal/motnja)  $S/I=20\text{dB}$ ! Motnja neželjene polarizacije je nekorelirana s šumom sprejemnika.

2. Dva ojačevalnika vežemo v verigo. Prvi ojačevalnik ima ojačanje  $G_1=15\text{dB}$  in drugi ojačevalnik  $G_2=10\text{dB}$ . Koliko mora najmanj znašati moč presečne točke IMD tretjega reda prvega ojačevalnika ( $\text{PIP}_{31}=?$ ), če drugi ojačevalnik omogoča  $\text{PIP}_{32}=33\text{dBm}$ ,  $\text{PIP}_3$  celotne verige pa naj ne bo za več kot  $1\text{dB}$  slabši?

3. V mobilnem komunikacijskem sistemu (Rayleigh-ova statistika presiha) skušamo zmanjšati verjetnost izpada zveze z uporabo boljših sprejemnikov s šumnim številom  $F_n=1\text{dB}$  namesto starih sprejemnikov s šumnim številom  $F_s=5\text{dB}$ . Izračunajte verjetnost izpada zveze  $P_n=?$  z novimi sprejemniki, če znaša verjetnost s starimi  $P_s=10\%$  in ostanejo antene nespremenjene ter usmerjene v obzorje ( $T_{\text{zemlje}}=300\text{K}$ ,  $T_{\text{neba}}$  je zanemarljiva,  $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )!

4. Ruska vesoljska postaja MIR kroži okoli Zemlje na povprečni višini  $h=350\text{km}$ . Ker gostota zemeljskega ozračja na tej višini ni zanemarljiva, se zaradi trenja zmanjšuje perioda tirnice  $T$  za  $\Delta T=1\text{sekundo}$  v enem mesecu. Ocenite, čez koliko časa bo vesoljska postaja zgorela v zemeljskem ozračju, če z raketnimi motorji ne nadomesti izgubljene višine! Gostota zemeljskega ozračja in temu sorazmerno trenje se trikrat poveča na vsakih  $dh=10\text{km}$  padca višine. ( $R_z=6378\text{km}$ ,  $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ )

5. Izračunajte čas, ki ga potrebuje GPS sprejemnik za začetno sinhronizacijo na prvi GPS satelit (brez podatkov iz almanaha), če mora sprejemnik preizkusiti vse možne faze C/A zaporedja in traja preizkus ene faze  $t_0=10\text{ms}$ ! Širina ozkega medfrekvenčnega sita (po skrčenju spektra) znaša  $B=1\text{kHz}$ , relativna hitrost satelita  $v=+/-1\text{km/s}$  in odstopanje frekvence sprejemnika  $\Delta f/f=+/-3\text{E}-6$ . Nazivna frekvenca nosilca C/A oddaje je  $1575.42\text{MHz}$ , sprejemnik mora preizkusiti C/A zaporedja za vse možne satelite (24), čeprav jih je na nebu vidnih le 8.



Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 05.03.1999

1. Ojačevalnik ima šumno število  $F=3\text{dB}$ , ojačanje  $G=30\text{dB}$  in pasovno širino  $B=50\text{MHz}$ . Določite največjo zmogljivost prenosa informacije skozi takšen ojačevalnik, če ima izvor (antena) šumno temperaturo  $T_a=290\text{K}$ ! Pri kateri izhodni moči dosežemo največjo zmogljivost, če se toplotnemu šumu dodaja šum intermodulacijskega popačenja ( $P_{ip3}=100\text{mW}$ ,  $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )?

2. Sprejemnik gradimo z ojačevalniki, ki imajo vsak zase šumno število  $F=3\text{dB}$  in ojačanje  $G=7\text{dB}$ . Koliko znaša šumno število celotnega sprejemnika? Kolikšno je dopustno šumno število  $F'=?$  ojačevalnikov z ojačanjem  $G'=10\text{dB}$ , da ostane občutljivost sprejemnika nespremenjena?

3. Bazno postajo za mobilne komunikacije opremimo z anteno za polarizacijski raznoliki sprejem, ki ima enak dobiček kot enopolarizacijska (VP) antena, le da je poševno linearno polarizirana  $45/135$  stopinj. Izračunajte verjetnost izpada zveze pri dvopolarizacijskem sprejemu  $P_d=?$ , če sta obe polarizaciji nekorelirani in preprosto izberemo boljši sprejem! Verjetnost izpada zveze pri enopolarizacijskem sprejemu je znašala  $P_{vp}=3\%$ , pri dvopolarizacijskem sprejemu pa upoštevajte izgubo moči zaradi neskladnosti polarizacije!

4. Space Shuttle leti v krožni tirnici na višini  $h=300\text{km}$ . Določite potrebno spremembo hitrosti ( $\Delta v$ ) za povratek na Zemljo, če se mora pri tem plovilo spustiti na višino  $h'=100\text{km}$ , kjer postane trenje z zemeljskim ozračjem dovolj veliko za dodatno zaviranje! ( $R_z=6378\text{km}$ ,  $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ )

5. Prvi radionavigacijski oddajnik se nahaja v točki  $x_1=3\text{km}$  in  $y_1=3\text{km}$ , drugi radionavigacijski oddajnik pa v točki  $x_2=10\text{km}$  in  $y_2=10\text{km}$ . Uporabnik izmeri razliko razdalj  $d=3\text{km}$  in ugotovi, daje bližje drugemu oddajniku. Določite enačbo dvodimenzijske krivulje (hiperbole) na kateri se nahaja uporabnik!

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 04.06.1999

1. Sprejem satelita nizko nad obzorjem moti tudi sipanje in absorpcija radijskega valovanja v troposferi. Izračunajte nadomestno šumno temperaturo celotnega sistema ter poslabšanje razmerja  $G/T$  v decibelih, če vnaša troposfera dodatno slabljenje  $0.5\text{dB}$ ! Šumna temperatura sprejemnika znaša  $T_s=30\text{K}$  in šumna temperatura antene pri visoki elevaciji (zanemarljive izgube v troposferi)  $T_a=25\text{K}$ . Srednja temperatura troposfere je  $T_t=260\text{K}$ .

2. Določite razmerje med  $P_{ip3}$  in  $P_{1\text{dB}}$  ojačevalnika, če prenosno funkcijo ojačevalnika poenostavimo z vsoto linearne in kubne funkcije! Kubna funkcija je pri tem odgovorna za znižanje linearnega ojačenja pri velikih močeh (pri  $P_{1\text{dB}}$ ), signali iste frekvence pa se seštevajo kot kazalci.

3. Določite potrebno moč oddajnika v mobilni zvezi, ki naj doseže domet  $d=10\text{km}$  z verjetnostjo izpada zveze manj kot  $1\%$ ! Sprejemnik ima občutljivost  $0.2\mu\text{V}_{\text{eff}}$  (na  $50\text{-ohmskem}$  vhodu), višina antene mobilne postaje je  $h_m=1.5\text{m}$ , višina antene bazne postaje je  $h_b=100\text{m}$ . Jakost sprejema se pokorava Rayleigh-ovi porazdelitvi, srednja kvadratna vrednost pa ustreza slabljenju zveze z odbojem od tal. Obe anteni sta neusmerjeni ( $G=1$ ) in delata pri valovni dolžini  $\lambda=2\text{m}$ .

4. Izračunajte Doppler-jev pomik frekvence pri sprejemu geostacionarnega satelita ( $T=T_z=1436\text{min}$ ) na frekvenci nosilca  $f_0=12\text{GHz}$ ! Sprejemnik na Zemlji se nahaja na ekvatorju, njegova zemljepisna dolžina pa je  $45$  stopinj vzhodneje od položaja satelita. ( $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ )

5. Pomorščak uporablja za radionavigacijo goniometer, s katerim lahko določi smer radijskega svetilnika s točnostjo  $\delta\alpha=\pm 10\text{miliradianov}$ . Izračunajte površino morja, kamor lahko padejo rezultati meritve, če se pomorščak nahaja na razdalji  $d_1=50\text{km}$  od prvega svetilnika in  $d_2=70\text{km}$  od drugega svetilnika in znaša kot med smerema svetilnikov  $\alpha=60\text{stopinj}$ ! Absolutno smer svetilnika pomorščak določi kot razliko med izmerjenim kotom z goniometrom in smerjo znanih nebesnih teles.

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 21.09.1999

1. Satelit v geostacionarni tirnici (oddaljenost  $d=40000\text{km}$ ) ima oddajnik moči  $P_o=10\text{W}$  in anteno z dobitkom  $G=15\text{dBi}$ . Sprejemnik na Zemlji ima anteno premera  $2r=1\text{m}$  z izkoristkom osvetlitve  $\eta=0.8$  in šumno temperaturo  $T_a=50\text{K}$ . Šumna temperatura sprejemnika znaša  $T_s=100\text{K}$ ,  $k_b=1.38\text{E-}23\text{J/K}$ . Določite pasovno širino  $B$  sprejemnika, pri kateri se zmogljivost zveze razpolovi glede na neskončno veliko pasovno širino!

2. Pri krmiljenju ojačevalnika z velikimi signali moramo upoštevati tudi intermodulacijske produkte višjih redov, katerim ustrezajo presečne točke  $P_{ip5}$ ,  $P_{ip7}$  itd. Določite jakost signala na vhodu ojačevalnika z linearnim ojačanjem  $G=20\text{dB}$ , presečno točko tretjega reda  $P_{ip3}=+15\text{dBm}$  in presečno točko petega reda  $P_{ip5}=+10\text{dBm}$ , ko lahko intermodulacijske produkte višjih redov zanemarimo, ker predstavljajo manj kot 1% moči IMD tretjega reda?

3. Z dolgotrajnim opazovanjem usmerjene radijske zveze določimo parametre statistike presiha za log-normalno porazdelitev. Kolikšno rezervo (v dB) moči oddajnika potrebujemo, če znaša standardna deviacija jakosti sprejetega polja  $\sigma=1\text{dB}$  in zahtevamo, da znaša verjetnost izpada zveze manj kot eno milijoninko ( $P_{izpada}<1\text{E-}6$ )?

4. Izračunajte celotno spremembo hitrosti ( $\Delta v$ ), ki jo potrebujemo, da prestavimo satelit v idealni geostacionarni tirnici iz zemljepisne dolžine  $\lambda_1=10$  stopinj vzhodno na zemljepisno dolžino  $\lambda_2=0$  stopinj v času ene periode prenosne tirnice? ( $R_z=6378\text{km}$ ,  $u=3.986\text{E+}14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $T_z=1436\text{min}$ )

5. Letalo leti na višini  $h=10\text{km}$  s hitrostjo  $v=850\text{km/h}$ . Izračunajte Doppler-jev pomik frekvence v sprejemniku na zemeljski površini, če dela oddajnik na krovu letala na nazivni frekvenci nosilca  $f_o=120\text{MHz}$ , ko letalo leti točno nad sprejemnikom na tleh! Lom radijskih valov v troposferi zanemarimo.

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 25.02.2000

1. Televizijski satelit ima na krovu oddajnik moči  $P_o=50W$  na frekvenci  $f=12GHz$  in anteno z dobitkom  $G_o=30dBi$ . Satelit je oddaljen  $d=40000km$  od sprejemnika na Zemlji. Določite potrebno razmerje  $G/T=?$  sprejemnika, da dosežemo razmerje signal/šum  $S/N=10dB$  v pasovni širini  $B=40MHz$ !

2. Izhodna stopnja oddajnika deluje v idealnem razredu B in doseže pri polni izhodni moči  $P_{1dB}=45W$  izkoristek  $\eta_a=60\%$ . Določite izkoristek izhodne stopnje  $\eta_a'=?$  in porabo enosmerne moči  $P_{dc}'=?$ , če zaradi zmanjševanja popačenja krmilimo izhodno stopnjo le do izhodne moči  $P_{vf}'=5W$ !

3. Določite domet GSM bazne postaje, ki razpolaga z oddajnikom moči  $P_o=8W$  in anteno z dobitkom  $G_o=15dBi$  na višini  $h_o=30m$ , da bo verjetnost izpada zveze do prenosne postaje manjša od 1%! Sprejemnik je opremljen z neusmerjeno anteno ( $G_s=1$ ) na višini  $h_s=1.5m$  in ima občutljivost  $P_{smin}=-100dBm$  na frekvenci  $f=950MHz$ . Slabljenje zveze povečuje odboj od ravnih tal in Rayleigh-ova porazdelitev jakosti sprejemanega signala.

4. Nosilna raketa pripelje telekomunikacijski satelit v eliptično prenosno tirnico s perigejem na višini  $h_p=300km$  in apogejem, ki se dotika geostacionarne tirnice. Določite odstotek mase goriva glede na celotno maso satelita, ki je potreben za doseganje dokončne geostacionarne tirnice, če popravek naklona tirnice ni potreben! Hitrost izpuha raketnega motorja na krovu satelita je  $v_i=2.5km/s$ ,  $R_z=6378km$ ,  $T_z=1436min$  in  $u=3.986E+14m^3/s^2$ .

5. S pomočjo sistema VOR in DME sprejemnik na letalu izmeri oddaljenost  $r=20km$  in azimut  $=60stopinj$  (kot med smerjo sever in smerjo proti letalu, v smeri urinega kazalca). Določite zemljepisno širino in dolžino položaja letala, če se VOR in DME nahajata na istem mestu na širini  $\alpha=46stopinj$  severno in dolžini  $\lambda=15stopinj$  vzhodno! Račun si lahko poenostavimo s podatkom, da je oddaljenost letala majhna glede na polmer Zemlje  $R_z=6378km$ .

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 19.07.2000

1. Izračunajte domet oddajnika moči  $P=10\text{W}$  na krovu vesoljskega plovila, ki je opremljen z anteno z dobitkom  $G_0=3\text{dBi}$  usmerjeno na Zemljo (pokrivanje celotne vidne površine)! Zmogljivost zveze znaša  $C=1\text{Mbit/s}$  v pasovni širini  $B=1.5\text{MHz}$ . Sprejemnik je opremljen z anteno premera  $2r=1\text{m}$  in izkoristkom osvetlitve  $\eta=80\%$ . Skupna šumna temperatura sprejemnika in antene znaša  $T=100\text{K}$  na frekvenci  $f=2.2\text{GHz}$ , izguba demodulatorja pa znaša  $a=12\text{dB}$  glede na Shannon-ovo teoretsko mejo. ( $k_B=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )

2. Močnostni visokofrekvenčni polprevodniki imajo majhno ojačanje po stopnji, zato je treba upoštevati tudi popačenje krmilnih stopenj razen popačenja izhodne stopnje. Izračunajte moč presečne točke  $P_{ip3}'=?$  na izhodu (neskončno) dolge verige enakih ojačevalnih stopenj, kjer ima vsaka stopnja ojačanje  $G=6\text{dB}$  in  $P_{ip3}=+40\text{dBm}$ ! Upoštevajte, da se intermodulacijski produkti seštevajo kot sofazni kazalci!

3. Za preizkus zveze uporabimo izvor psevdonaključnega zaporedja kot rezultat dvojiškega polinomskega deljenja s polinomom  $1+x^{**3}+x^{**20}$ . Izračunajte razdaljo med sosednjima spektralnima črtama izhodnega signala, če pomikalni register krmili takt  $f=1.2288\text{MHz}$ ! Določite 20 bitov zaporedja, ki sledijo skupini 20 zaporednih enic!

4. Satelit za opazovanje Zemlje izstrelimo v krožnico na višini  $h=850\text{km}$  nad zemeljsko površino. Določite naklon tirnice  $i=?$ , da bo tirnica satelita heliosinhrona in bo zemeljska površina pod satelitom vedno enako osvetljena od Sonca! ( $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $J_2=1.0826\text{E}-3$ ,  $a_z=6378\text{km}$ ,  $1\text{leto}=365.242\text{dni}$ )

5. Pilot letala uporablja radionavigacijska sistema VOR in DME, ki se nahajata na zemeljski površini na istem mestu. Točnost meritve sistema VOR znaša  $\Delta t_{fi}=\pm 0.5\text{stopinje}$ , točnost meritve sistema DME pa  $\Delta t_{at}=\pm 0.5\text{mikrosekunde}$ . Izračunajte, na kateri oddaljenosti letala od merilne naprave sta pogreška določanja položaja obeh sistemov enako velika?

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 27.09.2000

1. Umetni satelit bi z oddajnikom moči  $P'=5\text{W}$  dosegel zmogljivost prenosa podatkov na Zemljo  $C=10\text{Mbit/s}$  v neskončni pasovni širini. Določite pasovno širino  $B=?$ , ko dosežemo isto zmogljivost zveze  $C$  do enake zemeljske sprejemne postaje, če moč oddajnika na krovu satelita podvojimo na  $P=10\text{W}$ ! V obeh primerih omejuje zmogljivost zveze toplotni šum z enako spektralno gostoto  $N_0$ .

2. Spektralni analizator ima na vhodu mešalnik s šumnim številom  $F=20\text{dB}$  in presečno točko tretjega reda  $P_{ip3}=+10\text{dBm}$ . Določite dinamiko merilnika (razmerje med najmanjšim in največjim merjenim signalom v decibelih) pri pasovni širini medfrekvenčnega sita  $B=1\text{MHz}$  ob upoštevanju, da se šum poveča za intermodulacijske produkte! ( $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ ,  $T_0=293\text{K}$ )

3. Radijski signal pride od bazne postaje do mobilnega telefona po dveh poteh: preko uklona na strehi hiše med postajo in telefonom, oddaljeno za  $d_1=200\text{m}$  od telefona ter preko odboja od visoke zgradbe, ki se nahaja na  $d_2=400\text{m}$  za telefonom točno v obratni smeri kot bazna postaja. Izračunajte periodo presiha polja v frekvenčnem prostoru  $\Delta f=?$  Bazna postaja se nahaja na razdalji  $d_3=500\text{m}$  od hiše, kateri sledijo telefon in velika zgradba na isti premici. ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

4. Satelit Molnija izstrelijo v začetno tirnico z višino perigeja  $h_p=1000\text{km}$ , višino apogeja  $h_a=36000\text{km}$  in naklonom  $i=63.5$ stopinje. Zaradi težnostnih vplivov Sonca in Lune se ekscentričnost tirnice čez več let zniža na vrednost  $e'=0.5$ , vsi ostali Keplerjevi elementi tirnice (razen rektascenzije vozla) pa ostanejo nespremenjeni. Izračunajte, za koliko sekund se pri tem spremeni perioda tirnice satelita  $\Delta T=?$  ( $R_z=6378\text{km}$ ,  $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ )

5. Bazna postaja mobilnega telefona oddaja na frekvenci  $f_0=900\text{MHz}$  in je postavljena na  $h=20\text{m}$  visok stolp, ki je odmaknjen za  $d=50\text{m}$  proč od ravne ceste. Izračunajte frekvenco signala  $f=?$ , ki ga sprejme mobilna postaja na krovu avtomobila, ko se ta nahaja na razdalji  $l=130\text{m}$  od vznožja stolpa! Avtomobil se giblje s hitrostjo  $v=72\text{km/h}$  in se stolpu približuje. ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 02.03.2001

1. Plovilo v tirnici okoli planeta Jupiter na razdalji  $d=700$  milijonov km od zemeljske sprejemne postaje razpolaga z oddajnikom moči  $P_o=20W$  na frekvenci  $f=8.4GHz$  in anteno premera  $2r_o=2m$ . Izračunajte potrebno pasovno širino  $B=?$ , če razpolaga sprejemnik na Zemlji z anteno premera  $2r_s=30m$  in šumno temperaturo  $T=30K$ . Izkoristek osvetlitve obeh anten znaša  $\eta=70\%$ , kodiranje in dekodiranje signala vnaša  $a=-4dB$  izgub ter zahtevamo zmogljivost zveze  $C=30kbit/s$ . ( $k_b=1.38E-23J/K$ )

2. Izračunajte potrebno šumno število predojačevalnika  $F_p=?$  (v dB), če naj bo šumna temperatura celotnega sistema  $T=150K$ . Predojačevalnik ima ojačanje  $G_p=12dB$  in mu sledi sprejemnik s šumnim številom  $F_s=4dB$ . Sprejemna antena je brezizgubna, ima smerni diagram oblike  $F(\theta, \phi)=\cos(\theta/2)$  in je obrnjena v hladno nebo ( $T_n=4K$ ). V smeri nazaj vidi antena zemljo na temperaturi okolice  $T_o=300K$ . ( $k_b=1.38E-23J/K$ )

3. v mobilni radijski zvezi se presih polja pokorava Rayleigh-ovi statistiki. Izračunajte povprečno vrednost realne komponente električnega polja  $\langle E_r \rangle=?$  in povprečno vrednost imaginarne komponente električnega polja  $\langle E_i \rangle=?$ , če znaša povprečna gostota pretoka moči  $S=1pW/m^2$ ! ( $Z_o=377ohm$ , polarizacija se ne spreminja)

4. Satelit se nahaja v prenosni tirnici z višino perigeja  $h_p=200km$  nad zemeljsko površino in višino apogeja  $h_a$  na višini geostacionarne tirnice ter razpolaga z gorivom za prenos v geostacionarno tirnico brez popravka naklona. Izračunajte parametre tirnice (višino apogeja  $h_a=?$  oziroma ekscentričnost  $e=?$ ), če vžgemo raketni motor v perigeju in pospešimo v smeri gibanja! ( $u=3.986E+14m^3/s^2$ ,  $R_z=6378km$ ,  $T_z=1436min$ )

5. Letalo leti na višini  $h=10km$  s hitrostjo  $v=850km/h$  v smeri radarja na letališču. Radar oddaja na frekvenci  $f_1=1030MHz$ , transponder na krovu letala pa sprejetemu signalu prišteje (mešanje)  $f_m=60MHz$  in ga odda nazaj proti radarju v pasu okoli  $f_2=1090MHz$ . Izračunajte točno frekvenco signala  $f_2=?$ , ki ga sprejme radarski sprejemnik, ko je letalo oddaljeno  $d=50km$  od letališča! Lom radijskih valov v troposferi zanemarimo.

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 27.06.2001

1. Satelit oddaja podatke s hitrostjo  $C=1\text{Mbit/s}$  z BPSK oddajnikom na nosilni frekvenci  $f=1.7\text{GHz}$ . Sprejemna postaja, oddaljena  $d=300\text{km}$ , je opremljena z zrcalom premera  $2r=3\text{m}$ , izkoristkom osvetlitve  $\eta_a=60\%$  in skupno temperaturo antene in sprejemnika  $T=100\text{K}$ . Izračunajte potrebno moč oddajnika  $P_o=?$  na krovu satelita, če je opremljen z oddajno anteno z dobitkom  $G_o=3\text{dBi}$ , da bo pogostnost napak  $\text{BER}<1.0\text{E}-6$ !  $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$

2. Radiodifuzni oddajnik izhodne moči  $P=300\text{W}$  ( $f=100\text{MHz}$ ) uporablja analogno frekvenčno modulacijo in izhodno stopnjo z bipolarnimi tranzistorji z razmerjem  $P_{ip3}/P_{1\text{dB}}=11\text{dB}$ . Določite izhodno moč FM oddajnika  $P'=?$ , če bipolarne tranzistorje v izhodni stopnji zamenjamo z bolj linearnimi MOS tranzistorji z razmerjem  $P_{ip3}'/P_{1\text{dB}}=18\text{dB}$  ter ostaneta napajalnik in izkoristek izhodne stopnje v zasičenju nespremenjena!

3. Antene baznih postaj mobilnega sistema zvez so postavljene na  $h_o=30\text{m}$  visoke stolpove in pokrivajo (približno) krožne celice polmera  $r=3\text{km}$ . Na kakšni razdalji  $d=?$  med dvema baznima postajama smemo ponoviti isti radiofrekvenčni kanal, če sprejemnik na višini  $h_s=1\text{m}$  zahteva razmerje signal motnja  $S/I=10\text{dB}$  na frekvenci  $f=900\text{MHz}$ ? Presih polja zahteva dodatnih  $a=20\text{dB}$  rezerve v radijski zvezi!

4. Satelit Molnija leti v eliptični tirnici z višino apogeja  $h_a=36000\text{km}$  in višino perigeja  $h_p=1000\text{km}$  nad zemeljsko površino. Izračunajte odstotek periode tirnice  $t'/T=?$ , ko je satelit dovolj visoko  $h>10000\text{km}$ , da je uporaben kot pretvornik za radijske zveze na velike razdalje!  $R_z=6378\text{km}$ ,  $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$

5. Letalski višinomer je izveden kot FM radar na osrednji frekvenci  $f_o=4.4\text{GHz}$  s kolebom  $\Delta f=+/-100\text{MHz}$ . Kolebanje frekvence oddajnika krmili izvor trikotne napetosti s frekvenco  $f_m=50\text{Hz}$ . Izračunajte višino letala nad površino Zemlje  $h=?$ , če sprejemnik izmeri razliko frekvenc oddanega in odbitega signala  $f_o-f_r=+/-15\text{kHz}$ !  $c=3\text{E}+8\text{m/s}$



## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 26.10.2001

1. Izračunajte domet zveze  $d=?$  med prenosnim terminalom, ki ga držimo v roki ( $H_s=1\text{m}$ ,  $G_s=1$ ,  $T_a=293\text{K}$ ,  $F_s=3\text{dB}$ ) in bazno postajo moči  $P_o=1\text{W}$  na frekvenci  $f=2.1\text{GHz}$ , ki ima anteno z dobitkom  $G_o=15\text{dBi}$  na stolpu višine  $h_o=30\text{m}$ ! V zvezi zahtevamo prenos podatkov z zmogljivostjo  $C=100\text{kbit/s}$ , izguba kodiranja znaša  $a=6\text{dB}$ , motnje zanemarimo. ( $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ ,  $T_o=293\text{K}$ )

2. Močnostni ojačevalnik ima moč zasičenja  $P_{1\text{dB}}=+33\text{dBm}$  in pripadajoče ojačanje  $G_{1\text{dB}}=19\text{dB}$ . Izračunajte moč na vhodnih sponkah ojačevalnika  $P_{\text{vh}}=?$ , ko znaša ojačanje ojačevalnika  $G'=19.75\text{dB}$ ! Nelinearnost ojačevalnika povzroča v glavnem kubni člen prenosne funkcije, člene višjih redov zanemarimo.

3. Usmerjena mikrovalovna digitalna radijska zveza uporablja modulacijo 64-QAM za doseganje visoke spektralne učinkovitosti. Radijsko zvezo moti oslabiljeni odbiti val, ki pride do sprejemne antene z zakasnitvijo več simbolnih period glede na neposredni val. Izračunajte slabljenje odbitega vala  $a=?$  v decibelih, ko se začnejo pojavljati posamične napake v prenosu! Vpliv toplotnega šuma in drugih motenj zanemarimo.

4. Nosilna raketa pripelje komunikacijski satelit v eliptično prenosno tirnico s perigejem  $h_p=200\text{km}$  nad zemeljsko površino ter apogejem, ki se dotika geostacionarne tirnice. Izračunajte potrebno maso goriva  $m_g=?$  za prenos satelita v geostacionarno tirnico, če znaša suha masa satelita (brez goriva)  $m_t=3000\text{kg}$ ! Uporabljeno raketno gorivo daje  $I_{sp}=270\text{s}$ , popravek naklona ni potreben. ( $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ ,  $T_z=1436\text{min}$ ,  $g=9.81\text{m/s}^2$ )

5. Pri sprejemu signala s satelita GPS na obeh frekvencah  $L_1=1575.42\text{MHz}$  in  $L_2=1227.6\text{MHz}$  izmerimo zakasnitev modulacije na frekvenci  $L_2$  glede na  $L_1$   $\Delta t=15\text{ns}$ . Koliko znaša doprinos k pogrešku določanja položaja uporabnika  $\Delta t_{\text{ar}}=?$ , če uporabljamo rezultat meritve na frekvenci  $L_1$  ter ionosferskega pogreška za dani satelit ne popravimo pri faktorju  $\text{GDOP}=3.5$ ?

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 22.02.2002

1. C/A signal satelitov GPS se posreduje s pomočjo oddajnika moči  $P_o=50W$  na frekvenci  $f=1575.42MHz$  in oddajno anteno z oblikovanim snopom stožčaste oblike, da pravilno osvetli celotno vidno zemeljsko površino iz krožnice na višini  $h=20000km$ . Izračunajte razmerje signal/šum  $S/N=?$  v decibelih po pasovnem situ širine  $B=2MHz$  v sprejemniku, ki je opremljen z anteno, ki pokriva gornjo poloblo ( $G_s=3dBi$ ) ter skupno šumno temperaturo antene in sprejemnika  $T=200K!$  ( $R_z=6378km$ ,  $k_b=1.38E-23J/K$ )

2. v sistemu kableske televizije nadomestimo izgube  $a=-25dB$  v vsakem odseku z ojačevalniki z ojačanjem  $G=25dB$ , šumnim številom  $F=3dB$  in presečno točko tretjega reda  $P_{ip3}=+30dBm$ . Izračunajte šumno število  $F'=?$  in presečno točko  $P_{ip3}'=?$  verige desetih odsekov ( $N=10$ ), kjer vsak odsek vsebuje najprej slabljenje kabla in nato ojačevalnik! Kabel se nahaja na temperaturi okolice  $T_o=293K$ .

3. Določite potrebno pasovno širino  $B=?$  za CDMA sistem mobilne telefonije, ki naj omogoča  $N=250$  istočasnih pogovorov, vsak od njih z zmogljivostjo  $C=15kbit/s!$  Oddajniki imajo dovolj veliko moč, da predstavljajo glavino šuma v sprejemniku motnje drugih oddajnikov, ker razširitvena zaporedja niso popolnoma ortogonalna med sabo. Moči vseh oddajnikov seveda nastavimo tako, da dajo na vhodu sprejemnika enako močen signal. Izguba demodulatorja in dekodeerja znaša  $a=6dB$  glede na Shannon-ovo mejo.

4. Satelit "Tundra" leti v visoki eliptični tirnici z naklonom  $i=63.5stopinj$  in periodo, ki je enaka periodi vrtenja Zemlje. Kolikšna je višina apogeja  $h_a=?$  nad zemeljsko površino, če znaša višina perigeja  $h_p=1000km$  nad zemeljsko površino? Kolikšen naj bo argument perigeja  $w=?$ , da satelit zadržuje najdlje nad severno poloblo? ( $u=3.986E+14m^3/s^2$ ,  $R_z=6378km$ ,  $T_z=1436min$ )

5. Uporabnik skuša določiti svoj položaj z meritvijo Doppler-jevega pojava na nosilcu z nazivno frekvenco  $f=400MHz$ , ki ga oddaja satelit sistema TRANSIT v krožnici na višini  $h=1000km$  nad zemeljsko površino. Določite največji Doppler-jev pomik  $\Delta f=?$  (razlika med frekvenco na začetku in ob koncu sprejema) za najugodnejši prelet (nad glavo uporabnika), če vrtenje Zemlje zanemarimo! ( $R_z=6378km$ ,  $u=3.986E+14m^3/s^2$ )

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 03.07.2002

1. Kolikšna naj bo moč  $P_o=?$  pomorskega oddajnika za klic v sili, ki je opremljen z neusmerjeno anteno ( $G_o=1$ ) na frekvenci  $f=1.62\text{GHz}$ ? Sprejemnik ima šumno temperaturo  $T_s=150\text{K}$  in se nahaja na krovu geostacionarnega satelita ( $h=35800\text{km}$ ) z anteno, ki s stožčastim snopom točno pokriva vidni del zemeljske površine ( $T_z=300\text{K}$ ,  $R_z=6378\text{km}$ ). Sporočilo prenašamo s hitrostjo  $C=400\text{bit/s}$ . Demodulator sprejemnika vnaša izgubo  $a=12\text{dB}$  glede na Shannon-ovo teoretsko mejo za neskončno pasovno širino. ( $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ ,  $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

2. Signal s pasovno širino  $B_s=30\text{kHz}$  oslabimo na  $P_s=-50\text{dBm}$  s slabilcem na sobni temperaturi ( $T_o=293\text{K}$ ) in ga pripeljemo na vhod spektralnega analizatorja s šumnim številom  $F=25\text{dB}$ . Kolikšno razmerje  $S/N=?$  (v dB) odčitamo neposredno na zaslonu spektralnega analizatorja, ko pasovno širino merilnika nastavimo na  $B_a=1\text{MHz}$ ? Kolikšno razmerje  $S/N'=?$  odčitamo pri nastavitvi merilnika na  $B_a'=1\text{kHz}$ ? Spektralni analizator je opremljen z logaritemskim detektorjem in video sitom, ki ga v obeh slučajih nastavimo tako, da je  $B_v=B_a/10$ . ( $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )

3. Določite domet bazne postaje  $r=?$  sistema mobilne telefonije na osrednji frekvenci  $f=900\text{MHz}$ ! Bazne postaje imajo antene na višini  $h_o=30\text{m}$ , isti radiofrekvenčni kanal ponavljamo na razmaku  $d=5\text{km}$ . Sprejemniki na  $h_s=2\text{m}$  nad ravnino zahtevajo razmerje  $P_{\text{signala}}/P_{\text{motenj}}>15\text{dB}$  z dodatno rezervo jakosti signala  $a=15\text{dB}$  zaradi presiha polja. ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

4. Satelit Molnija se nahaja v eliptični tirnici z naklonom  $i=63\text{stopinj}$ , periodo  $T=12\text{h}$ , višino perigeja  $h_p=1000\text{km}$  in argumentom perigeja  $w=270\text{stopinj}$ . Koliko časa  $t=?$  traja prelet satelita nad južno poloblo, ko je satelit neuporaben? ( $R_z=6378\text{km}$ ,  $T_z=1436\text{min}$ ,  $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ )

5. Referenčni oddajnik sistema Loran-C se nahaja v koordinatnem izhodišču ravnine  $x_0=0\text{km}$  in  $y_0=0\text{km}$ . Prvi pomožni oddajnik se nahaja na  $x_1=100\text{km}$  in  $y_1=0\text{km}$ , drugi pomožni oddajnik pa na  $x_2=0\text{km}$  in  $y_2=100\text{km}$ . Uporabnik izmeri zakasnitev prvega pomožnega oddajnika  $\Delta t_1=100\mu\text{s}$  glede na referenčni oddajnik, drugi pomožni oddajnik pa sprejema istočasno kot referenčnega ( $\Delta t_2=0\mu\text{s}$ ). Kje ( $x=?$  in  $y=?$ ) se nahaja uporabnik? ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 25.02.2003

1. Izračunajte zmogljivost radijske zveze  $C=?$  s plovila v bližini planeta Jupiter na razdalji  $d=1.0E+9\text{km}$  od zemeljske sprejemne postaje! Plovilo razpolaga z oddajnikom moči  $P_o=40\text{W}$  na frekvenci  $f=8.4\text{GHz}$  in anteno premera  $2r_o=1\text{m}$ . Zemeljski sprejemnik ima anteno premera  $2r_s=60\text{m}$  in šumno temperaturo  $T=40\text{K}$ . Izkoristek osvetlitve obeh anten znaša  $\eta=70\%$ , izguba kodiranja pa  $a=-4\text{dB}$  glede na Shannon-ovo mejo. ( $c=3E+8\text{m/s}$ )

2. Občutljivost mikrovalovnega sprejemnika za frekvenco  $f=38\text{GHz}$  skušamo izboljšati z dodatnimi visokofrekvenčnimi ojačevalnimi stopnjami. Šumno število razpoložljivih tranzistorjev znaša  $F_t=4.5\text{dB}$  pri ojačanju  $G_t=7\text{dB}$ , šumno število mešalnika in medfrekvenčne verige pa znaša  $F_m=15\text{dB}$ . Koliko ojačevalnih stopenj  $N=?$  se splača vgraditi pred mešalnik, da šumno število celotne sprejemne verige ne presega za več kot  $\Delta F=+1\text{dB}$  šumnega števila neskončne verige ojačevalnikov? ( $T_o=293\text{K}$ )

3. Določite domet bazne postaje  $r=?$  sistema mobilne telefonije na osrednji frekvenci  $f=900\text{MHz}$ ! Bazne postaje imajo antene na višini  $h_o=30\text{m}$ , isti radiofrekvenčni kanal ponavljamo na razmaku  $d=5\text{km}$ . Sprejemniki na  $h_s=2\text{m}$  nad ravnino zahtevajo razmerje  $P_{\text{signala}}/P_{\text{motenj}} > 15\text{dB}$  z dodatno rezervo jakosti signala  $a=15\text{dB}$  zaradi presiha polja. ( $c=3E+8\text{m/s}$ )

4. Določite število  $N=?$  in jakost potrebnih sprememb hitrosti  $\Delta v=?$ , da pripeljemo satelit v geostacionarno tirnico iz izstrelišča na zemeljskem ekvatorju z najnižjo porabo goriva! v računu zanemarimo trenje rakete z zemeljskim ozračjem. Pri izstrelitvi z ekvatorja spremembe naklona tirnice niso potrebne in hkrati nam Zemlja s svojim vrtenjem pomaga zmanjšati prvo spremembo hitrosti. ( $R_z=6378\text{km}$ ,  $T_z=1436\text{min}$ ,  $u=3.986E+14\text{m}^3/\text{s}^2$ )

5. Letalo preleti v vodoravnem letu zemeljski oddajnik na višini  $h=300\text{m}$  s hitrostjo  $v=200\text{km/h}$ . Kolikšna je frekvenca oddajnika  $f=?$ , če sprememba Doppler-jevega pomika v letalskem sprejemniku doseže največjo vrednost  $df/dt=10\text{Hz/s}$ ? ( $c=3E+8\text{m/s}$ )

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 17.09.2003

1. Izračunajte domet  $d=?$  letalskega oddajnika za klic v sili (ELT) v praznem prostoru, ki oddaja na frekvenci  $f=121.5\text{MHz}$  z močjo  $P_o=100\text{mW}$  in neusmerjeno oddajno anteno ( $G_o=1$ ). Sprejemnik je prav tako opremljen z neusmerjeno anteno ( $G_s=1$ ) s šumno temperaturo  $T_a=1000\text{K}$ , šumno število samega sprejemnika pa znaša  $F=6\text{dB}$  in pasovna širina  $B=10\text{kHz}$ . Za zanesljivo proženje alarma je potrebno razmerje signal/šum vsaj  $(S/N)_{\text{min}}=15\text{dB}$ . ( $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ ,  $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

2. Radijski sprejemnik je uglašen na  $f_s=6573\text{kHz}$ , kjer poleg željenega signala sprejema tudi razmeroma močno motnjo. S spektralnim analizatorjem najdemo najverjetnejši vzrok motnje, dva zelo močna signala na frekvencah  $f_1=6521\text{kHz}$  in  $f_2=6534\text{kHz}$ . Za koliko dB ( $x=?$ ) se izboljšša razmerje signal/motnja, če med anteno in sprejemnik vgradimo slabilec  $a=6\text{dB}$ ?

3. MMIC ojačevalnik ima linearno ojačanje za male signale  $G=10\text{dB}$ , šumno število  $F=5\text{dB}$  in moč presečne točke tretjega reda  $P_{ip3}=+20\text{dBm}$ . Izračunajte ojačanje  $G'=?$ , šumno število  $F'=?$  in moč presečne točke tretjega reda  $P_{ip3}'$  za dvostopenjsko verigo, kjer v prvi stopnji uporabimo en takšen MMIC ojačevalnik, v drugi stopnji pa vzporedno vežemo še štiri enake MMIC ojačevalnike in impedance pravilno zaključimo z brezizgubnimi transformatorji impedance! ( $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )

4. Oddajnik na satelitu je opremljen z neidealno krožno polarizirano anteno z razmerjem krožnih komponent  $Q_o=0.15$ . Stabilizacija lege satelita je izvedena z vrtenjem, os vrtenja kaže v smeri glavnega snopa antene proti sprejemni postaji na Zemlji. Kakšna mora biti polarizacija sprejemne antene na Zemlji  $Q_s=?$ , da bo globina presiha, to je najmanjša sprejeta jakost signala na Zemlji  $P_{\text{min}}$  največja? ( $f=2.2\text{GHz}$ ,  $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

5. Na kakšni višini  $h=?$  nad zemeljsko površino se nahaja satelit v krožni tirnici v ekvatorialni ravnini ( $i=0$ ), če znaša Doppler-jev pomik natančno nič za sprejemnik na zemeljskem ekvatorju ob vzhodu oziroma zahodu satelita? Pri izračunu upoštevajte premikanje satelita in vrtenje Zemlje, skupaj s katero se vrti tudi sprejemnik. Kolikšna je perioda  $T=?$  tirnice satelita? ( $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ ,  $T_z=1436\text{min}$ ,  $f=10\text{GHz}$ ,  $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 12.02.2004

1. Izračunajte domet  $d=?$  med dvema prenosnima radijskima postajama, ki delata na frekvenci  $f=160\text{MHz}$  in sta opremljeni z neusmerjenima antenama  $G_o=G_s=1$ ! Moč oddajnika znaša  $P_o=5\text{W}$ , občutljivost sprejemnika  $U_s=0.2\mu\text{Veff}$  (pri  $Z_k=50\Omega$ ) in domet zveze omejuje odboj od tal  $h_o=h_s=1.5\text{m}$ . Uporabnik zahteva pogostnost izpada zveze  $P_{izpada}<1\%$  pri Rayleigh-ovi statistiki presiha polja. ( $c=3E+8\text{m/s}$ )

2. Sprejemnik na frekvenci  $f=12\text{GHz}$  gradimo s tranzistorji, ki na dani frekvenci dosegajo ojačanje  $G=12\text{dB}$  in šumno število  $F=1.5\text{dB}$ . Med anteno in prvo ojačevalno stopnjo vgradimo pasovno sito širine  $B_1=500\text{MHz}$  z vstavitvenim slabljenjem  $a_1=0.5\text{dB}$ , med vse naslednje ojačevalne stopnje pa pasovna sita širine  $B_2=200\text{MHz}$  z vstavitvenim slabljenjem  $a_2=3\text{dB}$ . Kolikšno šumno število  $F_s=?$  lahko doseže celoten sprejemnik? ( $k_b=1.38E-23\text{J/K}$ )

3. Dvostopenjski ojačevalnik v razredu "A" gradimo s tranzistorji, ki v danem frekvenčnem pasu dajejo  $G=12\text{dB}$  ojačenja, razmerje  $P_{ip3}/P_{1\text{dB}}=10\text{dB}$  in izkoristek  $\eta_{\text{dB}}=30\%$ . Kolikšen najvišji  $P_{ip3}=?$  celotnega dvostopenjskega ojačevalnika lahko dosežemo, če je skupna moč napajanja obeh ojačevalnih stopenj omejena na  $P_{\text{dc}}=P_{\text{dc}1}+P_{\text{dc}2}=10\text{W}$ ?

4. Komunikacijski satelit se nahaja v zemeljski tirnici s periodo  $T=16\text{h}$ . Kolikšna je lahko največja ekscentričnost tirnice  $e=?$ , da satelit ne zaide v ozračje na višini  $h=300\text{km}$ ? Kolikšna je hitrost satelita  $v=?$  na tej višini glede na ozračje, če vrtenje Zemlje zanemarimo? ( $u=3.986E+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ ,  $T_z=1436\text{min}$ )

5. Letalo se približuje radarju v vodoravnem letu na višini  $h=10\text{km}$  s hitrostjo  $v=850\text{km/h}$ . Izračunajte frekvenco sprejetih odmevov  $f_s=?$  in moč sprejetih odmevov  $P_s=?$ , če znaša odmevna površina letala  $\sigma=10\text{m}^2$ ! Radar ima oddajnik moči  $P_o=100\text{kW}$  na frekvenci  $f_o=3000\text{MHz}$  ter sprejemno/oddajno anteno z dobitkom  $G=40\text{dBi}$ . Letalo se nahaja na (poševni) razdalji  $r=20\text{km}$  od radarja. ( $c=3E+8\text{m/s}$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 02.07.2004

1. Zveza satelit-zemlja ima zmogljivost  $C=50\text{Mbit/s}$  in dela v radiofrekvenčnem kanalu širine  $B=36\text{MHz}$ . Sprejemnik ima šumno temperaturo  $T_s=250\text{K}$  in je opremljen z anteno z dobitkom  $G=30\text{dBi}$  in šumno temperaturo  $T_a=30\text{K}$ . Na kakšno vrednost lahko povečamo zmogljivost zveze  $C'=?$ , če med anteno in sprejemnik vgradimo nizkošumni predojačevalnik s šumnim številom  $F=1\text{dB}$  in ojačanjem  $G=20\text{dB}$ ? ( $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ ,  $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

2. Idealni ojačevalnik v razredu "B" ima  $P_{\text{ip3}}=+45\text{dBm}$  za velike signale. Pri izhodni moči  $P_{1\text{dB}}=+35\text{dBm}$  znaša njegov električni izkoristek  $\eta=50\%$ . Kolikšno moč  $P=?$  (v dBm) lahko proizvede ojačevalnik na svojem izhodu, če smemo  $U=12\text{V}$  baterijo obremeniti z največjim povprečnim tokom praznjenja  $I=100\text{mA}$ ?

3. Delovanje širokopasovne mobilne brezvrvične zveze moti razširjanje radijskih valov po več različnih poteh (odboji in ukloni), kar popačuje modulacijo signala in povzroča napake pri prenosu. Pri izhodni moči oddajnika  $P_o=1\text{W}$  izmerimo pogostnost napak  $P_{\text{napak}}=1.0\text{E}-4$ . Na kakšno vrednost se spremeni pogostnost napak  $P_{\text{napak}}'=?$ , če moč oddajnika povečamo na  $P_o'=5\text{W}$ ? Sprejemnik ostane enak, toplotni šum sprejemnika je v obeh slučajih zanemarljiv v primerjavi z odbitimi valovi.

4. Vesoljsko plovilo se nahaja v zemeljski prenosni tirnici z apogejem  $h_a=36000\text{km}$  in perigejem  $h_p=250\text{km}$ . Kje moramo vključiti raketni motor in koliko znaša potrebeni  $\Delta v=?$ , da plovilo ubeži težnostnemu polju Zemlje? ( $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ ,  $T_z=1436\text{min}$ ).

5. Radionavigacijski sateliti GPS krožijo na višini  $h=20000\text{km}$  nad zemeljsko površino. Izračunajte največji čas  $t_{\text{max}}=?$  in najmanjši čas  $t_{\text{min}}=?$  potovanja radijskega signala od satelita do uporabniškega sprejemnika na zemeljski površini, če skupna zakasnitev ionosfere in troposfere doseže največjo vrednost  $t_a=300\text{ns}$  na frekvenci  $L_1=1575.42\text{MHz}$ ! ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ ,  $R_z=6378\text{km}$ )

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 01.10.2004

1. Vremenski satelit oddaja na frekvenci  $f=1707\text{MHz}$  z efektivno izsevano močjo  $EIRP=1\text{W}$  v smeri zemeljske postaje. Izračunajte razmerje signal/šum  $S/N=?$  v decibelih v sprejemniku z anteno z dobitkom  $G=20\text{dBi}$ , skupno šumno temperaturo  $T=150\text{K}$  in pasovno širino  $B=30\text{kHz}$ . Razdalja satelit-sprejemnik znaša  $d=3000\text{km}$ . ( $c=3E+8\text{m/s}$ ,  $k_b=1.38E-23\text{J/K}$ )

2. Izračunajte šumno število sprejemnika  $F=?$ , ki ga gradimo s tranzistorji s šumnim številom  $F_t=3.5\text{dB}$  in ojačanjem  $G_t=8\text{dB}$ ! Da preprečimo ojačevanje širokopasovnega šuma, moramo med ojačevalne stopnje vgraditi pasovna sita, ki vnašajo slabljenje  $a=1\text{dB}$  ter se nahajajo na sobni temperaturi  $T_o=293\text{K}$ . Pasovno sito ni potrebno na vходу sprejemnika! ( $k_b=1.38E-23\text{J/K}$ )

3. Na UKV radijskem sprejemniku (frekvenčna modulacija) slišimo motnjo na frekvenci  $f_m=101.2\text{MHz}$ , ki vsebuje modulacijo treh različnih radijskih oddajnikov. Zato sklepamo, da motnjo povzroča intermodulacijsko popačenje tretjega reda v vhodnih stopnjah sprejemnika. Prva dva oddajnika najdemo na frekvencah  $f_1=99.8\text{MHz}$  in  $f_2=100.2\text{MHz}$ . Na kateri frekvenci  $f_3=?$  oddaja tretji oddajnik? Poiščite vse rešitve naloge!

4. Oddajnik na satelitu in sprejemnik na Zemlji sta opremljena z antenama z linearno polarizacijo. Zaradi počasnega stabilizacijskega vrtenja satelita pride do globokih presihov sprejema. Kolikšno rezervo moči  $a=?$  (v decibelih) potrebuje takšna radijska zveza, da izguba podatkov ne preseže  $P_{izgube}=1\%$ ?

5. Satelit oddaja na frekvenci  $f=22\text{GHz}$ , ki ustreza absorpcijskemu vrhu vodnih hlapov. Dodatno slabljenje tik nad zemeljsko površino znaša  $a=0.2\text{dB/km}$ , delni tlak vodne pare pa upade na vrednost  $1/e$  na višini  $h=1.5\text{km}$ . Kolikšna je najnižja elevacija satelita nad obzorjem  $\alpha=?$ , da dodatno slabljenje ne preseže vrednosti  $a_{max}=10\text{dB}$ ?



## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 21.01.2005

1. Izračunajte povprečno moč  $\langle P \rangle = ?$  signala mobilne telefonije s kodnim multipleksom (CDMA), če na zaslonu spektralnega analizatorja vidimo spekter širine  $B = 4\text{MHz}$  z ravnim temenom in strmimi boki! Na osrednji frekvenci  $f_0 = 2150\text{MHz}$  odčitamo  $P_0 = -22\text{dB}$  na amplitudni skali spektralnega analizatorja. Medfrekvenčno pasovno širino spektralnega analizatorja nastavimo na  $B_{mf} = 100\text{kHz}$ , video sito za logaritemskim detektorjem pa na  $B_v = 1\text{kHz}$ .

2. Sprejemnik ima šumno število  $F = 5\text{dB}$  in pasovno širino  $B = 200\text{kHz}$  na osrednji frekvenci  $f = 100\text{MHz}$ . Moč presečne točke IMD tretjega reda znaša  $P_{ip3} = -10\text{dBm}$  na vhodnih sponkah sprejemnika. Pri kateri jakosti vhodnega signala  $P = ?$  (v dBm) bo moč intermodulacijskih produktov enaka moči toplotnega šuma  $P_{imd} = P_n$ ? Šumna temperatura antene je enaka temperaturi okolice  $T_a = T_0 = 293\text{K}$ . ( $k_B = 1.38 \cdot 10^{-23}\text{J/K}$ ,  $c = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$ )

3. Zmogljivost sistema mobilnih zvez s štirifazno modulacijo QPSK (naprimer GSM) želimo povečati z uporabo simetrične osemfazne modulacije 8-PSK (nadgradnja EDGE). Za koliko decibelov  $a = ?$  moramo povečati razmerje signal/(šum+motnje), da ostane pogostnost napak nespremenjena?

4. Satelit Molnija se nahaja v eliptični tirnici z višino perigeja  $h_p = 1000\text{km}$  in višino apogeja  $h_a = 36000\text{km}$  nad zemeljsko površino. Kolikšen največji Doppler-jev pomik frekvence  $\Delta f = ?$  zazna opazovalec na Zemlji, ko satelit v perigeju oddaja na frekvenci  $f_0 = 4\text{GHz}$ ? Vrtenje Zemlje zanemarimo. ( $R_z = 6378\text{km}$ ,  $u = 3.986 \cdot 10^{14}\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $c = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$ )

5. Radionavigacijski GPS sprejemnik na frekvenci  $L_1 = 1575.42\text{MHz}$  moti odboj od tal. Kolikšen je pogrešek  $d_l = ?$  pri meritvi razdalje do satelita, ki ravno vzhaja nad obzorjem, v trenutku, ko doseže jakost signala svoj prvi maksimum? Odbojnost tal za nizke vpadne kote znaša  $\Gamma = -1$  ne glede na polarizacijo. Sprejemnik se nahaja na višini  $h = 1\text{m}$  nad tlemi in upošteva povprečni čas prihoda neposrednega in odbitega žarka. ( $c = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 18.03.2005

1. Izračunajte moč oddajnika na krovu televizijskega satelita  $P_o=?$ , ki je opremljen z anteno z dobitkom  $G_o=30\text{dBi}$ . Satelit je oddaljen  $d=40000\text{km}$  od sprejemnika na Zemlji, ki ima anteno z dobitkom  $G_s=35\text{dBi}$  in šumno temperaturo  $T_a=70\text{K}$ . Sprejemnik ima šumno število  $F=0.8\text{dB}$  in pasovno širino  $B=36\text{MHz}$ , kjer hočemo razmerje signal/šum  $S/N=15\text{dB}$ . ( $f=12\text{GHz}$ ,  $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ ,  $T_o=293\text{K}$ )

2. Analogni UHF TV oddajnik deluje na kanalu 37, ki mu je dodeljen frekvenčni pas 598-606MHz. Dodeljena frekvenca slikovnega nosilca je  $f_s=599.25\text{MHz}$ , tonskega nosilca  $f_t=604.75\text{MHz}$  in barvnega nosilca  $f_b=603.68\text{MHz}$ . Izračunajte frekvence vseh intermodulacijskih produktov tretjega reda, ki padejo izven dodeljenega frekvenčnega pasu kanala 37! Koliko zapornih krogov  $N=?$  potrebujemo za vse te signale?

3. V radijski zvezi zamenjamo običajno QPSK modulacijo s  $\text{PI}/4\text{-QPSK}$  modulacijo s ciljem izboljšanja izkoristka oddajnika: običajna QPSK modulacija zahteva izhodno stopnjo v razredu "A" z izkoristkom  $\eta_a=30\%$ ,  $\text{PI}/4\text{-QPSK}$  pa omogoča uporabo izhodne stopnje v razredu "B" z izkoristkom  $\eta'_a=50\%$ . Kolikšna naj bo izhodna moč  $\text{PI}/4\text{-QPSK}$  oddajnika  $P'=?$ , da bo pogostnost napak enaka kot pri QPSK oddajniku moči  $P=1.5\text{W}$ ?

4. Satelit se nahaja v eliptični tirnici z ekscentričnostjo  $e=0.5$  in periodo  $T=10\text{h}$ . Izračunajte najvišjo  $T_{\text{amax}}=?$  in najnižjo  $T_{\text{amin}}=?$  šumno temperaturo neusmerjene, brezizgubne antene na krovu satelita, če seva Zemlja kot črno telo s  $T=280\text{K}$ , temno nebo s  $T_n=4\text{K}$  in ostale izvore šuma zanemarimo! ( $R_z=6378\text{km}$ ,  $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ )

5. Radionaviacijski GPS sprejemnik je opremljen z neusmerjeno anteno, zato ga moti odboj od tal. Določite največjo odbojnost tal  $\Gamma_{\text{ama}}=?$ , ki še omogoča sprejem vseh vidnih GPS satelitov! Vsi GPS sateliti oddajajo na isti frekvenci  $f=1575.42\text{MHz}$  z uporabo CDMA, uporabljeni nabor razširitvenih kod pa dopušča največji razpon moči različnih signalov  $P_{\text{max}}/P_{\text{min}}=17\text{dB}$ .

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 14.07.2005

1. Izračunajte potrebno moč  $P_o=?$  radiodifuznega oddajnika na frekvenci  $f=99\text{MHz}$ , ki oddaja FM zvok z najvišjo frekvenco  $f_z=15\text{kHz}$  in kolebom  $\Delta f=+/-75\text{kHz}$ . Uporabnik ima sprejemnik s šumno temperaturo  $T_s=T_o=293\text{K}$  in neusmerjeno anteno  $G_s=1$  ter zahteva (nizkofrekvenčno) razmerje signal/šum  $=60\text{dB}$ . Oddajnik ima anteno z dobitkom  $G_o=7\text{dBi}$ , radijska zveza nima ovir na razdalji  $d=50\text{km}$ . ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ ,  $k_b=1.38\text{E}-13\text{J/K}$ )
2. Šumno število ojačevalnika znaša  $F'=1.5\text{dB}$  takoj po vklopu in naraste na  $F=1.8\text{dB}$ , ko se polprevodniki v notranjosti segrejejo na delovno temperaturo. Za koliko se segreje notranjost ojačevalnika  $\Delta T=?$ , če znaša temperatura okolice  $T_o=290\text{K}$  in je šum ojačevalnika premosorazmeren temperaturi njegovih sestavnih delov?
3. Teoretska zmogljivost CDMA sistema mobilnih zvez znaša  $N=100$  uporabnikov zaradi nepopolne ortogonalnosti razširitvenih zaporedij. Izračunajte zmogljivost sistema  $N'=?$ , ko v izhodnih stopnjah oddajnikov uporabimo ojačevalnike s  $P_{ip3}=40\text{dBm}$  pri izhodni moči  $P_{lin}=32\text{dBm}$  in se intermodulacijski produkti pojavijo kot dodatne motnje v uporabljenem frekvenčnem pasu širine  $B=5\text{MHz}$ !
4. Hitrost satelita v perigeju  $v_p$  je za 10% večja od hitrosti satelita v apogeju  $v_a$  ( $v_p=110\%.v_a$ ). Izračunajte periodo tirnice satelita  $T=?$ , veliko polos  $a=?$  in ekscentričnost  $e=?$ , če znaša višina perigeja  $h_p=500\text{km}$  nad zemeljsko površino! ( $R_z=6378\text{km}$ ,  $T_z=1436\text{min}$ ,  $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ )
5. Dva oddajnika sta postavljena tik ob cesti na razdalji  $d=300\text{m}$  na stolpova višine  $h=30\text{m}$ . Oba oddajnika oddajata na isti frekvenci  $f=2\text{GHz}$ . Sprejemnik na krovu avtomobila, ki se pelje po cesti s hitrostjo  $v=72\text{km/h}$ , zazna utripanje zaradi interference obeh oddajnikov. Izračunajte najvišjo frekvenco utripanja  $\Delta f_{\text{max}}=?$  in kje se to zgodi? ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 07.10.2005

1. Izračunajte spektralno učinkovitost televizijskega oddajnika  $C/B=?$ , ki zaseda frekvenčni pas širine  $B=6\text{MHz}$ ! Črnobela televizijska slika ima 510 uporabnih vrstic in 680 točk v vsaki vrstici. Hitrost oddaje znaša 30 slik v sekundi. Analogni TV oddajnik zagotavlja razmerje signal/šum  $S/N=54\text{dB}$ . Mrtvi čas vodoravnega in pokončnega povratka vzamemo kot izgubo modulacije.

2. Radijski sprejemnik s šumno temperaturo  $T_s=500\text{K}$  je priključen na anteno s šumno temperaturo  $T_a=T_o=293\text{K}$  preko glavne veje smernega sklopnika. Smerni sklopnik s faktorjem sklopa  $a=30\text{dB}$  uporabljamo za preizkus sprejemnika (self test) s polprevodniškim šumnim izvorom, ki ima  $\text{ENR}=35\text{dB}$ . Izračunajte razmerje  $\gamma=?$  (v decibelih), ki ga izmerimo na izhodu brezhibnega sprejemnika! ( $B=3\text{MHz}$ ,  $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ ,  $T_o=293\text{K}$ )

3. V sistemu mobilne telefonije se presih podreja Rayleigh-ovi statistiki. Verjetnost izpada zveze znaša  $P_{\text{izpada}}=1\%$ , povprečna jakost motenj pa je enaka moči toplotnega šuma. Kolikšno verjetnost izpada  $P_{\text{izpada}}'=?$  dobimo, če podvojimo moči vseh oddajnikov?

4. Izračunajte potrebni  $\Delta v=?$ , da vesoljsko plovilo ubeži težnostnemu polju Zemlje! Plovilo izstrelimo iz ekvatorja in kar se da izkoristimo hitrost vrtenja Zemlje. Trenje v zemeljskem ozračju zanemarimo. ( $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ ,  $T_z=1436\text{min}$ )

5. Izračunajte širino frekvenčnega pasu  $\Delta f=?$ , v katerem išče uklenitev GPS sprejemnik na frekvenci  $L_1=1575.42\text{MHz}$ ! Sateliti GPS krožijo v tirnicah na višini  $h=20400\text{km}$  nad površino Zemlje s hitrostjo  $v=3.9\text{km/s}$ . Odstopanje frekvence oddajnikov je zanemarljivo majhno, relativno odstopanje frekvence sprejemnika pa znaša  $\pm 2.5\text{E}-6$ .

6. Vrtenje Zemlje zanemarimo ( $R_z=6378\text{km}$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 03.03.2006

1. Izračunajte zmogljivost satelitske zveze  $C=?$ , če se satelit nahaja na oddaljenosti  $d=40000\text{km}$  in razpolaga z oddajnikom moči  $P_o=30\text{W}$  ter anteno dobitka  $G_o=40\text{dBi}$ . Sprejemnik ima anteno premera  $2r_s=50\text{cm}$  in izkoristkom osvetlitve  $\eta_a=75\%$ . Skupna šumna temperatura antene in sprejemnika znaša  $T=120\text{K}$ , izguba demodulatorja pa  $a=4\text{dB}$ . Kolikšna je spektralna učinkovitost  $C/B=?$ , če ima pretvornik na krovu satelita pasovno širino  $B=80\text{MHz}$ ? ( $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/J}$ ,  $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ ,  $f_o=12\text{GHz}$ )

2. Na izhodu ojačevalnika izmerimo moč  $P_{\text{im}d5}$ , ki je  $a=10$ -krat manjša od  $P_{\text{im}d3}$ . Intermodulacijsko popačenje nastane iz dveh enako močnih signalov na frekvencah  $f_1=99\text{MHz}$  in  $f_2=101\text{MHz}$ . Moči presečnih točk ojačevalnika znašata  $P_{\text{ip}3}=+25\text{dBm}$  in  $P_{\text{ip}5}=+22.5\text{dBm}$ . Izračunajte moči vseh signalov  $P_{\text{lin}}=?$ ,  $P_{\text{im}d3}=?$  in  $P_{\text{im}d5}=?$  na izhodu ojačevalnika!

3. Določite domet bazne postaje  $r=?$  sistema mobilne telefonije na osrednji frekvenci  $f=450\text{MHz}$ ! Domet omejujejo motnje zaradi ponavljanja istega radiofrekvenčnega kanala na razdalji  $d=10\text{km}$ . Vse bazne postaje so opremljene z enakimi neusmerjenimi antenami na višini  $h_o=30\text{m}$ . Sprejemniki zahtevajo razmerje signal/motnja  $=12\text{dB}$  in še dodatno rezervo  $a=20\text{dB}$  za presih. Ovire na poti slabijo signal z  $N=4.5$  potenco razdalje.

4. Satelit se nahaja v polarni ( $i=90$ stopinj) eliptični tirnici z apogejem na višini  $h_a=36000\text{km}$  nad severnim tečajem in perigeje na višini  $h_p=1000\text{km}$  nad južnim tečajem. Čez koliko dni  $t=?$  se tirnica zasuka tako, da bo apogej nad južnim tečajem? ( $R_z=6378\text{km}$ ,  $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $T_z=1436\text{min}$ ,  $J_2=1.08263\text{E}-3$ )

5. Sekundarni radar na letališču ima anteno s širino glavnega snopa  $\alpha=5$ stopinj na frekvenci  $f_1=1030\text{MHz}$ . Radarski odzivnik na krovu letala odgovarja radarju na frekvenci  $f_2=1090\text{MHz}$  z odgovori trajanja  $t=25$ mikrosekund. Na kateri oddaljenosti  $d=?$  je ločljivost radarja po smeri enaka ločljivosti po razdalji, ki jo določa trajanje odgovora odzivnikov? ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 21.06.2006

1. Robot na Marsu ima vgrajeno baterijo za enkratno uporabo z napetostjo  $U=28V$  in zmogljivostjo  $Q=10Ah$ . Koliko bitov informacije  $I=?$  lahko odda robot na Zemljo z neusmerjeno anteno na frekvenci  $f=8.4GHz$  in oddajnikom z izkoristkom  $\eta=30\%$ ? Zemeljska sprejemna postaja na oddaljenosti  $d=100$  milijonov km ima sprejemno anteno z efektivno površino  $A_{eff}=500m^2$  in skupno šumno temperaturo antene in sprejemnika  $T=50K$ . Izgube demodulatorja znašajo  $a=4dB$ . ( $k_b=1.38E-23J/K$ )

2. Ojačevalnik sestavimo iz dolge verige MMIC gradnikov, ki imajo ojačenje  $G=9dB$ , šumno število  $F=6dB$  in moč presečne točke  $P_{ip3}=+20dBm$  pri vhodni in izhodni impedanci  $Z_k=50ohm$ . Izračunajte šumno število  $F'=?$  in moč presečne točke  $P_{ip3}'=?$  neskončno doolge verige! ( $k_b=1.38E-23J/K$ ,  $T_o=293K$ )

3. Mobilno omrežje ima  $N=1000$  uporabnikov in Rayleigh-ovo statistiko presiha. Pri moči uporabniških terminalov  $P_o=1W$  je moč toplotnega šuma enaka moči motenj ostalih udeležencev in znaša verjetnost izpada zveze  $P_{izpada}=1\%$ . Koliko uporabnikov  $N'=?$  lahko sprejme isto omrežje, če moči terminalov povečamo na  $P_o'=3W$  in naj ostane verjetnost izpada zveze enaka?

4. Izračunajte periodo  $T=?$  tirnice satelita, ki ima na višini  $h=1500km$  nad površino Zemlje hitrost  $v=8km/s$  v mirujočem koordinatnem sistemu. Sploščenost Zemlje na tečajih zanemarimo. Pri kateri ekscentričnosti  $e=?$  se tirnica dotakne gornjih plasti ozračja na  $h_p=300km$ ? ( $R_z=6378km$ ,  $u=3.986E+14m^3/s^2$ ,  $T_z=1436min$ )

5. Določite odstopanje  $\Delta t_{ar}=?$  izračunanega položaja GPS uporabniškega sprejemnika, ko odboji v neposredni okolici sprejemne antene doprinesejo časovno napako  $\Delta t_{at}=33ns$ . Faktor GDOP znaša  $GDOP=2.71$ , pogreški troposfere, ionosfere in satelitske oddaje so za nekaj velikostnih razredov manjši in jih lahko zanemarimo. ( $c=3E+8m/s$ ,  $L_1=1575.42MHz$ ,  $L_2=1227.6MHz$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 20.09.2006

1. Kolikšno največje razmerje  $\text{signal}/(\text{šum}+\text{motnje})=?$  (v dB) lahko dosežemo na izhodu ojačevalnika, ki ima šumno število  $F=10\text{dB}$ , ojačanje  $G=60\text{dB}$  in presečno točko  $P_{\text{ip3}}=+20\text{dBm}$  v pasovni širini  $B=100\text{MHz}$ ? Šumna temperatura izvora je enaka referenčni temperaturi  $T_i=T_o=293\text{K}$ . ( $k_B=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )

2. Kolikšna je šumna temperatura sprejemnika  $T_s=?$ , če znaša šumna temperatura celotnega sistema  $T=350\text{K}$ ? Antena ima rotacijsko simetričen smerni diagram, je usmerjena v obzorje ter povezana na sprejemnik z vodom z  $a=1\text{dB}$  izgub. Povprečna šumna temperatura neba znaša  $T_n=25\text{K}$ , šumna temperatura tal in izgubnega voda pa sta enaki referenčni temperaturi  $T_o=293\text{K}$ .

3. V radijski zvezi z Rayleigh-ovo statistiko znaša povprečna moč v sprejemniku  $\langle P_s \rangle = -70\text{dBm}$ . Kolikšna je verjetnost  $P=?$ , da moč sprejetega signala preseže  $P=-65\text{dBm}$ ?

4. Satelit v krožni tirnici na višini  $h=1200\text{km}$  je opremljen z oddajnikom na frekvenci  $f=1.6\text{GHz}$  in neusmerjeno anteno  $G_o=1$ . Uporabniški sprejemnik na Zemlji ima prav tako neusmerjeno anteno  $G_s=1$  in zahteva moč sprejetega signala vsaj  $P_{\text{min}}=-90\text{dBm}$ . Kolikšna mora biti moč oddajnika  $P_o=?$  na krovu satelita? Kolikšna je jakost sprejema  $P_s=?$ , ko je satelit v zenitu uporabnika? ( $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ ,  $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

5. Radionavigacijski satelit ima izvedeno stabilizacijo lege z vrtenjem z  $n=150\text{vrt/min}$ . Kolikšno odstopanje frekvence  $\Delta f=?$  občuti uporabnik v smeri osi vrtenja pri meritvi Doppler-jevega pojava na frekvenci nosilca  $f_o=150\text{MHz}$ ? Satelit je opremljen s krožno polarizirano anteno, enako uporabnik na Zemlji. ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 02.02.2007

1. Domet med dvema ročnima radijskima postajama moči  $P_o=2W$  na frekvenci  $f=150MHz$  omejuje predvsem uničujoča interferenca odboja od tal na vrednost  $d=10km$ . Izračunajte domet  $d'=?$  v istih razmerah, če moč oddajnikov povečamo na  $P_o'=5W$  in frekvenco znižamo na  $f'=85MHz$ . Dobitka anten in toplotni šum ostanejo nespremenjeni!

2. Sprejemna veriga vsebuje tri enake ojačevalnike z ojačanjem  $G_o=10dB$ , šumnim številom  $F_o=3dB$  in presečno točko tretjega reda  $P_{ip3o}=+15dBm$ . Med prvi in drugi ojačevalnik ter med drugi in tretji ojačevalnik vstavimo dve pasovni siti z osrednjo frekvenco  $f=900MHz$ , pasovno širino  $B=30MHz$  ter vstavitvenim slabljenjem  $a=3dB$ . Izračunajte ojačanje  $G=?$ , šumno število  $F=?$  in presečno točko tretjega reda  $P_{ip3}=?$  celotne verige treh ojačevalnikov in dveh sit! Sita vsebujejo popolnoma linearne sestavne dele na sobni temperaturi  $T_o=293K$ .

3. V sistemu mobilne telefonije uporablja bazna postaja oddajnik moči  $P_b=10W$ , kar zagotavlja verjetnost izpada zveze  $P_{iz}=3\%$  do mobilne postaje z eno samo sprejemno anteno. Zveza v obratni smeri poteka v istem frekvenčnem pasu in z enakimi antenami, le da je bazna postaja opremljena z dvema enakima sprejemnima antenama na dovolj veliki razdalji, da je presih nekoreliran. Določite moč oddajnika mobilne postaje  $P_m=?$ , da bo verjetnost izpada zveze v obeh smereh enaka!

4. Delovanje 16-QAM radijske zveze motijo odbiti valovi, toplotni šum pa je zanemarljivo majhen. Izračunajte potrebno slabljenje odbitega vala  $a=?$  v decibelih, da pri prenosu ne prihaja do napak! Zakasnitev odbitega vala  $\Delta t$  je dosti večja od časa trajanja posameznega simbola  $T$  ( $\Delta t \gg T$ ) in je  $\Delta t$  hkrati večji od tistega, kar lahko popravi sito sito za izločanje odbitih valov v sprejemniku.

5. Satelit Molnija se nahaja v tirnici z naklonom  $i=63$ stopinj, višino perigeja  $h_p=1000km$ , višino apogeja  $h_a=37000km$  in argumentom perigeja  $w=270$ stopinj. Izračunajte Doppler-jev pomik frekvence  $\Delta f=?$  za uporabnika, ki se nahaja na zemeljskem površju točno pod satelitom v apogeju tirnice, če satelit oddaja na frekvenci  $f=3.8GHz$ ! ( $u=3.986E+14m^3/s^2$ ,  $R_z=6378km$ ,  $T_z=1436min$ ).



Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 04.05.2007

1. Vesoljsko plovilo v bližini planeta Saturna pošilja na Zemljo slike z zmogljivostjo  $C=50\text{ kbit/s}$  na frekvenci  $f=8.4\text{ GHz}$ . Pasovna širina oddaje znaša  $B=60\text{ kHz}$ , dodatna izguba zaradi neidealnosti demodulatorja in dekodeerja na Zemlji pa  $a=1.5\text{ dB}$ . Izračunajte zmogljivost zveze  $C'=?$  z enakim oddajnikom in visokofrekvenčnim delom sprejemnika ( $T_a+T_s=30\text{ K}$ ), vendar brez izgub demodulatorja in brez omejitev pasovne širine! ( $c=3E+8\text{ m/s}$ ,  $k_b=1.38E-23\text{ J/K}$ )

2. Televizijski sprejemnik ima šumno število  $F_s=10\text{ dB}$ . Kolikšno mora biti ojačanje  $G=?$  (v dB) antenskega predojačevalnika s šumnim številom  $F=3\text{ dB}$ , da z vgradnjo predojačevalnika izboljšamo razmerje signal/šum za faktor 5-krat? Šumna temperatura sprejemne antene znaša  $T_a=200\text{ K}$  ter izgube v koaksialnem kablu do sprejemnika  $a=2\text{ dB}$ . Predojačevalnik vgradimo v neposredno bližino antene. ( $B=7\text{ MHz}$ ,  $k_b=1.38E-23\text{ J/K}$ ,  $T_o=293\text{ K}$ )

3. Močnostni ojačevalnik ima ojačanje  $G=15\text{ dB}$ , presečno točko IMD tretjega reda  $P_{ip3}=+60\text{ dBm}$  in moč nasičenja  $P_{1dB}=+45\text{ dBm}$ . Določite vse tri veličine ( $G'=?$ ,  $P_{ip3}'=?$  in  $P_{1dB}'=?$ ) za vzporedno vezavo  $N=8$  enakih ojačevalnikov, če vhodne in izhodne impedance prilagodimo z brezizgubnimi transformatorji impedance!

4. Izračunajte obe potrebni spremembi hitrosti  $\Delta v_1=?$  in  $\Delta v_2=?$  pri izstrelitvi telefonskega satelita GLOBALSTAR v krožnico na višini  $h=1414\text{ km}$  z naklonom  $i=52\text{ stopinj}$ ! Zemljepisna širina izstrelišča ustreza naklonu tirnice, da izkoristimo vrtenje Zemlje. ( $u=3.986E+14\text{ m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{ km}$ ,  $T_z=1436\text{ min}$ )

5. Izračunajte jakosti sprejetih signalov v radarskem odzivniku na krovu letala  $P_1=?$  in v sekundarnem radarju na tleh  $P_2=?$  med opazovanjem potniškega letala na višini  $h=12\text{ km}$  pri največjem dometu, ki ga omejuje ukrivljenost Zemlje! Radar oddaja na frekvenci  $f_r=1030\text{ MHz}$  z močjo  $P_r=1.5\text{ kW}$ , odzivnik pa na frekvenci  $f_o=1090\text{ MHz}$  z močjo  $P_o=500\text{ W}$ . Radar ima usmerjeno anteno z dobitkom  $G_r=21\text{ dBi}$ , letalo pa anteno s krožnim pokrivanjem in dobitkom  $G_o=3\text{ dBi}$ . Lom radijskih valov v troposferi zanemarimo. ( $R_z=6378\text{ km}$ )

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 11.07.2007

1. Domet WLAN zveze z modulacijo 256-QAM in zmogljivostjo  $c=48\text{Mbit/s}$  znaša  $d=100\text{m}$  v praznem prostoru. Kolikšen bo domet zveze  $d'=?$  v praznem prostoru, če znižamo zmogljivost na  $c=12\text{Mbit/s}$  in uporabimo QPSK modulacijo? Največja izhodna moč oddajnika, anteni, šumno število sprejemnika ter pogostnost napak so v obeh primerih enaki. Sprejemnik je opremljen s prilagodljivim sitom za izločanje odbitih valov.

2. Izhodna moč visokofrekvenčnega tranzistorja upada s temperaturo  $\Delta P/\Delta T=-0.03\text{dB/K}$ . Ojačevalnik z enim tranzistorjem doseže  $P_{1\text{dB}}=+33\text{dBm}$  in  $P_{\text{ip}3}=+45\text{dBm}$  ter pri tem segreje hladilno rebro na  $40\text{C}$ . Kolikšno moč zasičenja  $P_{1\text{dB}}'=?$  in moč presečne točke  $P_{\text{ip}3}'=?$  dosežemo z dvema tranzistorjema? Tranzistorja pritrdimo na eno samo enako hladilno rebro in povežemo vzporedno z brezizgubnimi transformatorji impedance. Odvajanje toplote je premosorazmerno razliki temperature nad sobno temperaturo  $25\text{C}$ .

3. Tranzistorski ojačevalnik ima šumno število  $F=3\text{dB}$ , ojačanje  $G=10\text{dB}$  in moč zasičenja  $P_{1\text{dB}}=+12\text{dBm}$ . Koliko takšnih enakih ojačevalnikov  $N=?$  lahko vežemo v verigo, da bo šumna moč na izhodu za vsaj  $\Delta P=-10\text{dB}$  manjša od  $P_{1\text{dB}}$ ? Pasovno širino ojačevalne verige omejimo z brezizgubnimi siti na  $B=200\text{MHz}$  pri osrednji frekvenci  $f=1.5\text{GHz}$ . Vhod prve stopnje je vezan na prilagojeno breme na sobni temperaturi  $T_0=293\text{K}$ . ( $k_B=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )

4. Satelit je opremljen s telemetrijskim oddajnikom na frekvenci  $f=2.2\text{GHz}$ ,  $P=1\text{W}$  in desno-krožno polarizirano  $Q_0=0$  neusmerjeno oddajno anteno. Sprejemnik na Zemlji ima desno-krožno polarizirano  $Q_s=0$  anteno z dobitkom  $G_s=40\text{dBi}$ . Izračunajte nihanje moči v sprejemniku  $\Delta P=?$  (v dB) v primeru odpovedi stabilizacije lege satelita! ( $d=40000\text{km}$ )

5. GPS satelit se nahaja v krožnici s periodo  $T=11\text{h}58\text{min}$ . Izračunajte najmanjšo  $t_{\text{min}}=?$  in največjo  $t_{\text{max}}=?$  zakasnitev radijskih signalov do uporabnika na površini Zemlje! Zemljo poenostavimo kot kroglo s polmerom  $R=6378\text{km}$ . Dodatno zakasnitev ter lom radijskih valov v ionosferi in troposferi zanemarimo. ( $f=1.57542\text{GHz}$ ,  $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ ,  $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 16.11.2007

1. Mikrovalovni sprejemnik vsebuje mešalnik in medfrekvenčni ojačevalnik s skupnim šumnim številom  $F_m=10\text{dB}$ . Koliko  $N=?$  ojačevalnih stopenj s šumnim številom  $F=3\text{dB}$  in ojačanjem  $G=7\text{dB}$  moramo vgraditi pred mešalnik, da skupno šumno število sprejemnika ne preseže  $F_s=3.3\text{dB}$ ? ( $T_0=293\text{K}$ ,  $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )

2. UKV radijski sprejemnik ima šumno število  $F=10\text{dB}$ , pasovno širino medfrekvenca  $B=230\text{kHz}$  in vhodno moč presečne točke  $P_{iip3}=-10\text{dBm}$ . Antena je brezizgubna s šumno temperaturo okolice  $T_0=293\text{K}$ . Najmočnejši od UKV oddajnikov daje na vhodnih sponkah sprejemnika signal jakosti  $P_{s1}=-40\text{dBm}$ . Kolikšna sme biti moč drugega UKV signala  $P_{s2}=?$  na vhodnih sponkah sprejemnika, da jakost intermodulacijskih produktov ne preseže jakosti toplotnega šuma? ( $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )

3. Jakost radijskih motenj dobro opisuje Rayleigh-ova porazdelitev. Kolikšna sme biti povprečna moč motenj  $\langle P_m \rangle=?$  (v dBm), če zahtevanega razmerja signal/motnja  $(S/N)_{\min}=10\text{dB}$  ne smemo preseči v več kot  $P=3\%$  odstotkih časa? Jakost koristnega signala znaša  $P_s=-50\text{dBm}$ .

4. Nosilna raketa pripelje  $m=2000\text{kg}$  težak tovor v prenosno eliptično tirnico. Od tu do geostacionarne tirnice moramo za prevoz poskrbeti sami z raketnim motorjem na našem satelitu, da dosežemo spremembo hitrosti  $\Delta v=1.8\text{km/s}$ . Kolikšna je razlika v koristnem tovoru na krovu satelita  $\Delta m=?$ , če raketni motor na trdo gorivo z  $I_{sp1}=250\text{s}$  nadomestimo z motorjem na tekoče hipergolno gorivo z  $I_{sp2}=300\text{s}$ ? ( $g=9.81\text{m/s}^2$ ,  $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ ,  $T_z=1436\text{min}$ )

5. Bazna postaja sistema za brezgotovinsko cestninjenje oddaja nemoduliran nosilec na frekvenci  $f=2.45\text{GHz}$ . ABC tablica v avtomobilu BPSK modulira odboj s  $C=2.4\text{kbit/s}$  podatki. Kolikšna je lahko najvišja hitrost avtomobila  $v=?$  skozi ABC prehod, če BPSK demodulator sprejemnika bazne postaje zahteva, da Doppler-jev pomik ne preseže  $1/10$  bitne hitrosti? ( $C=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 31.01.2008

1. Sprejemnik na krovu vesoljskega plovila ima šumno temperaturo  $T_s=30\text{K}$  in je povezan preko voda z izgubami do antene s  $T_a=50\text{K}$ . Izračunajte skupno nadomestno šumno temperaturo sistema  $T=?$ , če ima antenski vod  $a=1\text{dB}$  izgub in se nahaja na senčni strani plovila na  $T_k=200\text{K}$ ! ( $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )

2. MMIC gradnik ima ojačanje  $G'=10\text{dB}$  in presečno točko tretjega reda  $P_{ip3}'=+22\text{dBm}$ . Izračunajte ojačanje  $G=?$  in presečno točko  $P_{ip3}=?$  dvostopenjskega ojačevalnika, če v prvo stopnjo vgradimo en takšen MMIC, v drugo stopnjo pa vežemo dva enaka MMICja vzporedno in poskrbimo za prilagoditev impedance z brezizgubnimi transformatorji!

3. Meritve radijske zveze s presihom pokažejo, da se frekvenčni razmak med minimumi spreminja od  $\Delta f_{\min}=100\text{kHz}$  do  $\Delta f_{\max}=1\text{MHz}$ . Koliko simbolov  $N=?$  moramo hraniti v pomnilniku prilagodljivega sita za izločanje odbojev, če prenašamo  $C=10\text{Mbit/s}$  z modulacijo QAM-16? ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

4. Geostacionarni satelit s suho maso  $m_t=2000\text{kg}$  ima na krovu  $m_g=300\text{kg}$  hidrazina z  $I_{sp}=220\text{s}$ . Izračunajte življenjsko dobo satelita  $t=?$ , če popravek naklona tirnice zaradi težnosti Sonca in Lune zahteva  $\Delta v=50\text{m/s}$  letno! ( $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ ,  $T_z=1436\text{min}$ ,  $g=9.81\text{m/s}^2$ )

5. Pulzno-Doppler-jev primarni radar deluje na frekvenci  $f_0=3\text{GHz}$ . Kolikšna je najnižja hitrost letala  $v_{\min}=?$ , da ga radar razloči od hribovitega ozadja, če znaša frekvenčna ločljivost radarja  $\Delta f=800\text{Hz}$ ? Kot med vektorjem hitrosti letala in smerjo proti radarju znaša  $\alpha=75^\circ$ . ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 16.06.2008

1. Spektralni analizator s šumnim številom  $F=22\text{dB}$  uporabljamo za meritev razmerja signal/šum  $S/N=?$  na vhodu merjenca (demodulatorja). Kolikšna mora biti spektralna gostota merjenega šuma  $N_0=?$  (v  $\text{W/Hz}$ ), da bo pogrešek pri meritvi  $S/N$  manjši od  $\Delta S/N=0.1\text{dB}$  zaradi lastnega šuma spektralnega analizatorja? ( $k_B=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ ,  $T_0=293\text{K}$ )

2. Zmogljivost usmerjene radijske zveze omejuje popačenje oddajnika moči  $P_0=10\text{W}$  na vrednost  $C=155\text{Mbit/s}$  v pasovni širini  $B=50\text{MHz}$ . Izračunajte presečno točko  $P_{ip3}=?$  celotnega oddajnika! Toplotni šum, popačenje sprejemnika in izgubo demodulatorja zanemarimo.

3. Izračunajte verjetnost izpada  $P_{izpada}=?$  mobilne radijske zveze, ki se podreja Rayleigh-ovi statistiki presiha! Zveza deluje na frekvenci  $f=460\text{MHz}$ , kjer postane signal neuporaben zaradi popačenja, ko jakost presiha preseže vrednost  $a=-12\text{dB}$  glede na povprečno sprejeto moč  $\langle P_s \rangle$ . Moč oddajnika  $P_0$  lahko povečujemo, da je toplotni šum sprejemnika zanemarljiv.

4. Na satelit je vgrajena antena s smernim diagramom idealne stožčaste oblike in smernostjo  $D=20\text{dBi}$ . Izračunajte periodo krožne tirnice  $T=?$ , če naj antena na krovu satelita natančno osvetljuje celotni vidni del zemeljske površine! ( $R_z=6378\text{km}$ ,  $T_z=1436\text{min}$ ,  $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ )

5. Izračunajte domet  $d=?$  sekundarnega radarja, ki oddaja z močjo  $P_0=1.5\text{kW}$  in anteno dobitka  $G_0=21\text{dBi}$  na frekvenci  $f=1030\text{MHz}$ . Radarski odzivnik na krovu letala ima neusmerjeno anteno z dobitkom  $G_s=0\text{dBi}$  in sprejemnik z občutljivostjo  $P_s=-70\text{dBm}$ . Na kateri višini  $h=?$  se mora nahajati letalo pri največjem dometu radarja, če odboj od tal in lom radijskih valov v troposferi zanemarimo? ( $R_z=6378\text{km}$ ,  $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 29.09.2008

1. Radijska zveza z zmogljivostjo  $C=11\text{Mbit/s}$  uporablja pasovno širino  $B=7\text{MHz}$ . Kolikšno zmogljivost  $C'=?$  bi dosegla zveza z oddajnikom iste moči in enako spektralno gostoto šuma sprejemnika, ko pasovna širina  $B$  ni omejena? Izgube demodulatorja so v obeh primerih enake  $a=2\text{dB}$ . ( $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )

2. Sprejemnik je povezan na anteno s koaksialnim kablom, ki vnaša  $a=3\text{dB}$  izgub. Skupna šumna temperatura sistema pri temperaturi okolice  $T_0=293\text{K}$  znaša  $T=500\text{K}$ , preračunano na antenski priključek. Kolikšna bo skupna šumna temperatura sistema  $T'=?$ , če se antenski kabel poleti segreje za  $\Delta T=30\text{K}$ ? Izgube kabla, šum sprejemnika in šum antene ostanejo nespremenjeni. ( $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )

3. Presih v sistemu mobilnih zvez se podreja Rayleigh-ovi statistiki, zmogljivost pa je omejena z medsebojnimi motnjami zaradi ponovne uporabe istih radiofrekvenčnih kanalov. Verjetnost izpada zveze znaša  $P_{iz}=3\%$  pri uporabi oddajnikov moči  $P_o=2\text{W}$ . Izračunajte verjetnost izpada zveze  $P_{iz}'=?$ , če moči vseh oddajnikov povečamo na  $P_o'=10\text{W}$  ter ostanejo antene in sprejemniki nespremenjeni!

4. Satelit za opazovanje Zemlje leti po polarni krožnici na višini  $h=800\text{km}$ . Pokrivanje celotne zemeljske površine zagotavlja pretvornik v geostacionarni tirnici, ki podatke opazovalnega satelita posreduje zemeljski postaji. V kolikšnem frekvenčnem pasu  $\Delta f=?$  mora pretvornik slediti signal opazovalnega satelita, ki oddaja na frekvenci  $f=8.4\text{GHz}$ ? ( $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6738\text{km}$ ,  $T_z=1436\text{min}$ ,  $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

5. Radarski višinomer vsebuje oddajnik moči  $P_o=+25\text{dBm}$  na frekvenci  $f=4.3\text{GHz}$ . Izračunajte občutljivost sprejemnika  $P_s=?$  (v dBm), ko se letalo nahaja na višini odločanja  $h=60\text{m}$  pred pristajalno stezo! Višinomer je opremljen z ločenima oddajno in sprejemno anteno z dobitkoma  $G_o=G_s=10\text{dBi}$ . Vsaka antena je povezana do višinomerja s kablom z izgubami  $a=4\text{dB}$ . Odbojnost tal pod letalom znaša najmanj  $\Gamma_a=0.1$ . ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 20.02.2009

1. Oddajo satelita GPS opazujemo na spektralnem analizatorju, ki je priključen na anteno z dobitkom  $G_s=20\text{dBi}$ . Nizkošumni predojačevalec omogoča skupno šumno temperaturo antene in sprejemnika  $T=200\text{K}$ . Efektivna sevana moč satelita ( $P_o$ .Go) je  $\text{EIRP}=+57\text{dBm}$  za BPSK oddajo C/A z bitno hitrostjo  $1.023\text{Mbit/s}$ . Kolikšno največje razmerje signal/šum  $(S+N)/N=?$  (v dB) odčitamo na spektralnem analizatorju s sitom pasovne širine  $B=30\text{kHz}$ ? ( $f=1.57542\text{GHz}$ ,  $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ ,  $d=20000\text{km}$ ,  $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ ,  $T_o=293\text{K}$ )

2. Merilnik šumnega števila vsebuje sprejemnik s šumnim številom  $F=10\text{dB}$  in pasovno širino  $B=4\text{MHz}$  ter polprevodniško šumno glavo z  $\text{ENR}=15.5\text{dB}$ . Kolikšno razmerje vroče/hladno  $Y=?$  (v dB) prikaže merilnik, ko med šumno glavo in sprejemnik vstavimo ojačevalnik z ojačanjem  $G=10\text{dB}$  in šumnim številom  $F=3\text{dB}$ ? ( $T_o=293\text{K}$ ,  $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )

3. Mobilni telefon v odsotnosti motenj dosega pogostnost izpada zveze  $P_{\text{izp}}=1\%$  pri občutljivosti sprejemnika  $P_{\text{min}}=-105\text{dBm}$ . Pri kateri jakosti motenj  $P_m=?$  na sosednjih kanalih se pogostnost izpada zveze podvoji zaradi IMD v sprejemniku telefona, če ima ta  $P_{\text{imp}}=-10\text{dBm}$ ? (Rayleigh,  $(S/N)_{\text{min}}=10\text{dB}$ )

4. Satelit se premika po polarni ( $i=90^\circ$ ) krožnici ( $e=0$ ) na višini  $h=1000\text{km}$  nad površino Zemlje. Trenutna lega tirnice glede na Sonce je takšna, da ima satelit ugoden prelet s severa na jug točno opoldne (po lokalnem sončnem času). Čez koliko časa  $t=?$  se takšna lega tirnice glede na Sonce ponovi zaradi precesije dvižnega vozla? ( $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ ,  $T_z=1436\text{min}$ ,  $J_2=1.0826\text{E}-3$ ,  $1\text{leto}=365.242\text{dni}$ )

5. Doppler-jev radar za merjenje hitrosti vozil oddaja na frekvenci  $f=34\text{GHz}$  z močjo  $P_o=10\text{mW}$ . Radar uporablja isto anteno z dobitkom  $G=25\text{dBi}$  za oddajo in sprejem. Izračunajte jakost  $P_s=?$  (v dBm) odboja na vhodu sprejemnika in Doppler-jev pomik  $\Delta f=?$  za avtomobil z odmevno površino  $\sigma=1\text{m}^2$  na razdalji  $d=500\text{m}$ , ki se giblje s hitrostjo  $v=72\text{km/h}$  v smeri proti radarju! ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 05.06.2009

1. Izračunajte zmogljivost  $C$ ? številskega TV oddajnika, ki uporablja modulacijo OFDM z  $N=8192$  nosilci na osrednji frekvenci  $f=700\text{MHz}$ ! Vsak nosilec je moduliran s QAM-16. Čas trajanja enega simbola znaša  $T=1\text{ms}$ . Za sinhronizacijo sprejemnika in popravljanje napak pri prenosu uporabimo  $a=12.5\%$  koristnih nosilcev, kar zadošča za odpravljanje posledic popačenja radijske poti, toplotnega šuma in motenj. ( $c=3E+8\text{m/s}$ )

2. Antena zemeljske ostaje za sprejem satelitov je usmerjena v nebo s šumno temperaturo  $T_n=10\text{K}$  na frekvenci  $f=2.2\text{GHz}$ . Izmerjena šumna temperatura antene znaša  $T_a=50\text{K}$ . Kolikšna bo šumna temperatura skupine  $T_a'=?$  dveh takšnih enakih anten, če smerni diagram skupine razpolovi prispevek stranskih snopov, ki sprejemajo šum Zemlje? Obe anteni smatramo za brezizgubni. Izgube spojnega vezja skupine znašajo  $a=0.3\text{dB}$ . ( $k_b=1.38E-23\text{J/K}$ ,  $T_o=293\text{K}$ )

3. Močnostni ojačevalnik radijskega oddajnika ima ojačanje  $G=50\text{dB}$ , izhodno moč zasičenja  $P_{1\text{dB}}=+48\text{dBm}$  in moč presečne točke IMD tretjega reda  $P_{\text{IP}3}=+60\text{dBm}$ . Ojačevalnik skušamo linearizirati s stopnjo za predpopačenje, ki jo vgradimo na vhodne sponke ojačevalnika. Kolikšna mora biti presečna točka  $P_{\text{IP}3}'=?$  stopnje za predpopačenje (merjeno na njenem izhodu), da bo popačenje celotne verige najmanjše?

4. Izračunajte globino presiha  $\Delta P_s=?$  (v decibelih) pri sprejemu satelita, ki se giblje po tirnici s perigejem na višini  $h_p=300\text{km}$  in apogejem na višini  $h_a=1600\text{km}$  nad površino Zemlje! Satelit je opremljen z neusmerjeno oddajno anteno na valovni dolžini  $\lambda=18\text{cm}$ . Zemeljska postaja sledi satelit z usmerjeno anteno, da je odboj od tal zanemarljiv in na jakost sprejetega polja vpliva le spreminjanje razdalje do satelita. ( $u=3.986E+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ ,  $c=3E+8\text{m/s}$ )

5. Satelitski radionavigacijski sprejemnik GPS je povezan do sprejemne antene preko koaksialnega kabla dolžine  $l=15\text{m}$ . Hitrost valovanja v kablu znaša samo  $v=2.1E+8\text{m/s}$  zaradi dielektrika, ki vnaša dodatno zakasnitev za radijske signale. Izračunajte pogrešek izmerjenega položaja sprejemne antene  $\Delta r=?$  zaradi dodatne zakasnitve kabla pri faktorju  $\text{GDOP}=2.44$ ! ( $c=3E+8\text{m/s}$ )



Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 16.09.2009

1. Koaksialni kabel ima slabljenje  $a=25\text{dB/km}$  in pasovno širino  $B=100\text{MHz}$ . Izračunajte teoretsko zmogljivost  $C=?$  prekooceanske zveze na razdalji  $l=5000\text{km}$ . Vsakih  $d=2\text{km}$  je v kabel vgrajen ojačevalnik s šumnim številom  $F=10\text{dB}$ , ki nadomešča izgube v kablu. Izhodna moč ojačevalnika znaša  $P_o=+15\text{dBm}$ . ( $T_o=293\text{K}$ ,  $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ ,  $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

2. Radiodifuzni FM radijski oddajnik s povprečno močjo  $P_o=1\text{kW}$  deluje na osrednji frekvenci  $f_o=102.3\text{MHz}$  s kolebom  $\Delta f=+/-75\text{kHz}$  in najvišjo modulacijsko frekvenco  $f_m=15\text{kHz}$ . Določite moč presečne točke  $P_{ip3}=?$  (v dBm) oddajnika, da bo intermodulacijsko popačenje oslabiljeno za  $a=-60\text{dB}$  v sosednjem kanalu na osrednji frekvenci  $f=102.5\text{MHz}$ !

3. Izračunajte pogostnost izpada zveze  $P_{izpada}=?$  zaradi medsebojnih motenj v celičnem omrežju, ko znaša oddaljenost motilca  $d_m=3\text{km}$  ter oddaljenost uporabljene bazne postaje  $d_u=500\text{m}$ ! Pri računu upoštevajte, da jakost signalov upada s četrto potenco razdalje in je koristen signal podvržen Rayleigh-ovemu presihu! Moč vseh baznih postaj je enaka in dovolj velika, da toplotni šum ne povzroča dodatnih izpadov. Najmanjše dopustno razmerje signal/motnja je  $S/M_{min}=10\text{dB}$ .

4. Sateliti Iridium se nahajajo v krožnicah na višini  $h=780\text{km}$  nad površino Zemlje z naklonom  $i=86.3$  stopinje. Izračunajte medsebojno hitrost  $v=?$ , s katero se srečata dva satelita Iridium nad ekvatorjem! Tirnici obeh satelitov se razlikujeta v rektascenziji dvižnega vozla za  $\Delta\Omega=180$  stopinj. ( $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ .  $T_z=1436\text{min}$ )

5. Bližinski vžigalnik protiletalskega izstrelka je opremljen z oddajnikom moči  $P_o=1\text{W}$  na frekvenci  $f=1.3\text{GHz}$  ter neusmerjeno anteno z dobitkom  $G=0\text{dBi}$ . Izračunajte jakost sprejetega signala  $P_s=?$  ter Doppler-jev pomik  $\Delta f=?$ , ko se izstrelak približa letalu na razdaljo  $d=30\text{m}$  z relativno hitrostjo  $v=700\text{m/s}$ ! Odmevna površina letala je  $\sigma=1\text{m}^2$ . ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 19.02.2010

1. Sprejemnik zemeljske postaje na frekvenci  $f=8.4\text{GHz}$  ima šumno temperaturo  $T_s=30\text{K}$  in je povezan na anteno s  $T_a=20\text{K}$  preko izgubnega prenosnega voda. Zmogljivost zveze znaša  $C=1\text{Mbit/s}$  v neomejeni pasovni širini in izgubah  $a=0.5\text{dB}$  v prenosnem vodu na sobni temperaturi  $T_o=293\text{K}$ . Kolikšno zmogljivost zveze  $C'=?$  lahko dosežemo v primeru, da sprejemnik priključimo neposredno na anteno brez dodatnih izgub?

2. Glavno vejo kabelske TV sestavlja  $N=10$  enakih odsekov. Vsak odsek vsebuje izgubni vod s slabljenjem  $a=20\text{dB}$ , ki mu sledi ojačevalnik z ojačanjem  $G=20\text{dB}$  in presečno točko tretjega reda  $P_{ip3}=+26\text{dBm}$ . Izračunajte ojačanje  $G'=?$  in presečno točko  $P_{ip3}'=?$  celotne verige! Vode smatramo za povsem linearne. Popačenja petega in višjih redov zanemarimo.

3. OFDM oddajnik uporablja  $N=8192$  nosilcev in prenaša podatke z zmogljivostjo  $C=10\text{Mbit/s}$ . Vsak nosilec je moduliran s QAM-64, pri tem pa  $a=15\%$  nosilcev uporabimo za sinhronizacijo in vnaprejšnje popravljanje napak pri prenosu. Izračunajte čas trajanja enega OFDM simbola  $T=?$  Kolikšno pasovno širino  $B=?$  zavzame visokofrekvenčni signal?

4. Satelit se giblje po polarni krožnici s periodo  $T=100\text{min}$ . Oddajnik na krovu je opremljen z neusmerjeno anteno na frekvenci  $f=1.7\text{GHz}$ . V kolikšnem razponu  $a=?$  (v decibelih) se spreminja jakost sprejetega signala na Zemlji, ko je satelit viden nad obzorjem? Slabljenje radijskega signala v zemeljskem ozračju in odboj od tal zanemarimo. ( $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ ,  $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ ,  $T_z=1436\text{min}$ )

5. Antena svetilnika glideslope na frekvenci  $f=330\text{MHz}$  je postavljena na takšno višino  $h$ , da skupaj s svojo zrcalno sliko v tleh tvori smerni diagram s prvim maksimumom pod kotom  $\alpha=3\text{stopinje}$  nad obzorjem. Na kolikšno vrednost naraste pristajalni kot  $\alpha'=?$ , ko na letališču zapade  $d=30\text{cm}$  mokrega snega? ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 24.06.2010

1. Izračunajte zmogljivost radijske zveze  $C=?$  s plovila v tirnici okoli Lune. Oddajnik plovila ima efektivno sevano moč  $P_o=10W$  na neusmerjeni anteni na frekvenci  $f=2.2GHz$ . Zemeljska sprejemna postaja razpolaga z zrcalom premera  $2r=22m$  na povprečni oddaljenosti  $d=390000km$ . Izkoristek osvetlitve zrcala  $\eta=70\%$ , šumna temperatura celotnega sistema pa  $T=100K$ . Pasovna širina ni omejena, izgube demodulatorja znašajo  $a=5dB$ . ( $k_b=1.38E-23J/K$ ,  $c=3E+8m/s$ ).

2. Radijski sprejemnik uglasimo na šibek signal na frekvenci  $f_s=100MHz$ . Sprejem je moten in sumimo intermodulacijsko popačenje v vhodni stopji sprejemnika, ker dodatni slabilec  $a=5dB$  v antenskem vodu izboljša razmerje signal/motnja za  $\Delta(S/M)=20dB$ . Podobno modulacijo (ista melodija) kot motnja ima oddajnik na frekvenci  $f_a=103MHz$ . Na kateri frekvenci  $f_b=?$  oddaja drugi močen oddajnik, ki proizvaja IMD? Poiščite vse rešitve naloge!

3. Mali satelit brez stabilizacije lege je opremljen s telemetrijsko anteno s smernim diagramom  $F(\theta, \phi)=\sin(\theta)$  in linearno polarizacijo na frekvenci  $f=137MHz$ . Zemeljska postaja ima desno-krožno polarizirano sprejemno anteno. Kolikšna je verjetnost izpada sprejema  $P_{izpada}=?$  zaradi nepredvidljive lege satelita in ničel smernega diagrama oddajne antene, če znaša rezerva radijske zveze  $P_{smax}/P_{smin}=20dB$ ?

4. Izračunajte potrebni spremembi hitrosti  $\Delta v_1=?$  in  $\Delta v_2=?$  za prevoz navigacijskega satelita GPS v dokončno krožnico na višini  $h=20000km$  nad zemeljsko površino z naklonom  $i=55^\circ$ . Izračun poenostavimo kot preprost Hohmann-ov prenos: vrtenje Zemlje in trenje v ozračju zanemarimo. ( $u=3.986E+14m^3/s^2$ ,  $R_z=6378km$ )

5. Določite najvišje dopustno šumno število  $F=?$  (v dB) radarskega odzivnika na krovu letala, ki mora delovati s signalom frekvence  $f=1030MHz$  vse do jakosti sprejema  $P_{smin}=-75dBm$ ! Pasovna širina sprejemnika je  $B=6MHz$ . Zahtevano razmerje signal/šum znaša  $(S/N)_{min}=20dB$  za zanesljivo detekcijo radarskih impulzov. Šumna temperatura antene je  $T_a=T_o=293K$ . ( $k_b=1.38E-23J/K$ ,  $c=3E+8m/s$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 30.09.2010

1. Zemeljska postaja sprejema tok podatkov  $C=15\text{Mbit/s}$  z oddaljenega vesoljskega plovila v pasovni širini  $B=10\text{MHz}$ . Kolikšen pretok podatkov  $C'=?$  lahko pričakujemo z novim sprejemnikom, ki bo omogočal skupno šumno temperaturo  $T'=50\text{K}$ ? Vsota šumnih temperatur starega sprejemnika in antene znaša  $T=85\text{K}$ . ( $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )
2. Sprejemnik ima šumno temperaturo  $T_s=150\text{K}$ . Dva enaka sprejemnika vežemo vzporedno na isto sprejemno anteno s šumno  $T_a=200\text{K}$  preko transformatorja za prilagoditev impedance. Kolikšna je šumna temperatura celotne sprejemne verige  $T=?$  za vsak sprejemnik posebej, če sta sprejemnika enaka, moč signala se deli 50/50 na oba sprejemnika in lahko njun medsebojni vpliv zanemarimo? Transformator se nahaja na sobni temperaturi  $T_o=293\text{K}$  in vnaša dodatne izgube  $a=0.5\text{dB}$ .
3. V radijskem sprejemniku slišimo dva podobna intermodulacijska produkta na frekvencah  $f_a=92\text{MHz}$  z močjo  $P_a=-70\text{dBm}$  in  $f_b=100\text{MHz}$  z močjo  $P_b=-66\text{dBm}$ . Za en oddajnik vemo, da oddaja na frekvenci  $f_1=94\text{MHz}$  z močjo  $P_1=1\text{kW}$ . Na kateri frekvenci  $f_2=?$  in s kakšno močjo  $P_2=?$  oddaja drugi oddajnik, če predpostavljamo, da je vstavitevno slabljenje radijske zveze do obeh oddajnikov enako?
4. Izračunajte zakasnitev radijske zveze  $\Delta t=?$  preko telekomunikacijskega satelita v geostacionarni tirnici! Oddajna in sprejemna postaja na Zemlji vidita satelit tik nad obzorjem. Zakasnitev aktivnega pretvornika v satelitu je zanemarljivo majhna. ( $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ ,  $T_z=1436\text{min}$ ,  $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )
5. Avtomobil pelje po ravni cesti s hitrostjo  $v=72\text{km/h}$ . Ob cesti je postavljena bazna postaja UMTS, ki dela na frekvenci  $f=2.1\text{GHz}$ . Koliko mora biti oddaljena  $d=?$  bazna postaja od ceste, da absolutna vrednost hitrosti spreminjanja frekvence nosilca v sprejemniku ne preseže  $df/dt=100\text{Hz/s}$ ? ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 17.02.2011

1. Radijski sprejemnik ima pasovno širino  $B=30\text{kHz}$ , šumno število  $F=7\text{dB}$  in presečno točko popačenja  $P_{\text{ip3}}=-30\text{dBm}$  (na vhodnih sponkah). Sprejemnik je povezan na anteno  $T_a=200\text{K}$ . Izračunajte, pri kateri moči vhodnega signala  $P_s=?$  bo jakost intermodulacijskega popačenja enaka jakosti toplotnega šuma  $P_{\text{imd3}}=P_n?$  ( $k_b=1.38\text{E-13J/K}$ ,  $T_o=293\text{K}$ ).

2. Usmerjena radijska zveza uporablja oddajnik z vršno močjo  $P_{\text{max}}=10\text{W}$  in modulacijo QAM-16. Izračunajte potrebno vršno moč oddajnika  $P_{\text{max}}'=?$ , če zvezo posodobimo na QAM-256, da razpolovimo pasovno širino  $B'=B/2!$  Zmogljivost zveze ostane enaka  $C'=C$  in zahtevamo enako pogostnost napak. Popačenje razširjanja po več poteh zanemarimo.

3. Bazna postaja uporablja prostorsko raznolikost, da doseže verjetnost izpada zveze  $P_{\text{izpada}}=0.5\%$ . Sprejemni anteni sta dovolj narazen, da je Rayleigh-ov presih nekoreliran. Postaja izbira anteno za boljši sprejem. Kolikšna bo verjetnost izpada  $P_{\text{izpada}}'=?$  v primeru odpovedi enega sprejemnika? Kolikokrat  $m=P'/P=?$  je treba v tem primeru povečati moči mobilnih postaj, da povrnemo verjetnost izpada na  $0.5\%$ ?

4. Izračunajte potrebni spremembi hitrosti  $\Delta v_1=?$  in  $\Delta v_2=?$  za prevoz satelita GPS z zemeljske površine v dokončno krožnico s periodo  $T=12\text{h!}$  Vrtenje Zemlje zanemarimo, spremembe naklona niso potrebne. ( $u=3.986\text{E+14m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ )

5. Izračunajte domet  $r=?$  radarskega odzivnika na krovu letala, ki oddaja na frekvenci  $f=1090\text{MHz}$  z močjo  $P=100\text{W}$  na neusmerjeno oddajno anteno  $G_o=0\text{dB}$ . Sprejemnik sekundarnega radarja ima anteno z dobitkom  $G_s=22\text{dBi}$  in skupno šumno temperaturo  $T=1500\text{K}$ . Prag sprejemnika je nastavljen na razmerje signal/šum  $S/N=20\text{dB}$  v pasovni širini  $B=6\text{MHz}$ . ( $k_b=1.38\text{E-23J/K}$ ,  $c=3\text{E+8m/s}$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 13.07.2011

1. Dvosmerna radijska zveza dela s paketnim prenosom na istem radijskem kanalu in premošča razdaljo  $r=60\text{km}$ . Izračunajte efektivno zmogljivost zveze  $C_{\text{eff}}=?$ , če mora sogovornik potrditi sprejem vsakega oddanega okvirja posebej! Podatkovni okvirji vsebujejo  $I_1=1000\text{bitov}$ , potrditveni okvirji pa  $I_2=50\text{bitov}$ . Vsak okvir je opremljen s sinhronizacijsko glavo v trajanju  $t_s=75\mu\text{s}$ . Surova zmogljivost zveze je  $C=1\text{Mbit/s}$ . ( $c=3E+8\text{m/s}$ )

2. Podmorski koaksialni kabel ima slabljenje  $a=4\text{dB/km}$  in pasovno širino  $B=1\text{MHz}$ . Ojačevalniki s šumnim številom  $F=2\text{dB}$  so postavljeni na koncu vsakega odseka dolžine  $l=10\text{km}$ . Kolikšna je skupna šumna moč  $P_n=?$  na koncu zveze dolžine  $r=1000\text{km}$ , če se kabel nahaja v morski vodi s temperaturo  $T_m=4\text{C}$ ! ( $T_0=293\text{K}$ ,  $k_b=1.38E-23\text{J/K}$ ,  $0C=273\text{K}$ )

3. Povprečno moč šuma  $\langle P_n \rangle$  merimo s spektralnim analizatorjem z logaritemsko skalo tako, da vključimo video sito  $B_v \ll B_m f$ . Nato video sito izključimo. Kolikšen odstotek meritev  $\eta=?$  tedaj pade pod črto, ki smo jo dobili z video sitom?

4. Izračunajte smernost  $D=?$  oddajne antene na krovu satelita GPS, ki ima smerni diagram oblikovan v stožec tako, da natančno osvetljuje vidni del zemeljske površine! Sateliti GPS se gibljejo po krožnicah z naklonom  $i=55\text{stopinj}$  in periodo  $T=12\text{h}$ . ( $u=3.986E+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ ,  $T_z=1436\text{min}$ ,  $f=1575.42\text{MHz}$ )

5. Pulzno-Doppler-jev radar dela na osrednji frekvenci  $f=3\text{GHz}$  in zazna vse odmeve letal z Doppler-evim pomikom večjim od  $\Delta f=1\text{kHz}$ . Kolikšen odstotek  $\eta=?$  potniških letal zazna radar, če letijo v vodoravnem letu v poljubnih smereh s hitrostjo  $v=900\text{km/h}$ ? ( $c=3E+8\text{m/s}$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 28.09.2011

1. Izračunajte premer  $2r=?$  antene na Zemlji, ki sprejema QPSK oddajo satelita z bitno hitrostjo  $C=100\text{Mbit/s}$  na frekvenci  $f=8.4\text{GHz}$ . Satelit je opremljen z oddajnikom moči  $P=10\text{W}$  in anteno z dobitkom  $G_0=3\text{dBi}$ . Skupna šumna temperatura sprejemne antene in sprejemnika znaša  $T=70\text{K}$ . Izkoristek osvetlitve zrcala pričakujemo  $\eta=80\%$ . Oddaja je nekodirana in zahteva  $w_b/N_0=10.4\text{dB}$ . Največja razdalja do satelita je  $d=2000\text{km}$ . ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ ,  $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )

2. Sprejemnik s šumno temperaturo  $T_s=120\text{K}$  je priključen preko izgubnega voda na anteno s šumno temperaturo  $T_a=80\text{K}$ . Kolikšne smejo biti izgube  $a=?$  (v dB) antenskega voda, da skupna šumna temperatura sistema ne preseže  $T_{\text{max}}=270\text{K}$ , preračunano na antenski priključek? Izgubni antenski vod se nahaja na temperaturi okolice  $T_0=293\text{K}$ . ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ ,  $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )

3. Na vhod radijskega sprejemnika privedemo tri sinusne signale na frekvencah  $f_1=5487\text{kHz}$ ,  $f_2=5504\text{kHz}$  in  $f_3=5533\text{kHz}$ . Moči signalov so  $P_1=-23\text{dBm}$ ,  $P_2=-21\text{dBm}$  in  $P_3=-24.5\text{dBm}$ . Izračunajte, na kateri frekvenci  $f_{\text{max}}=?$  dobimo najmočnejši intermodulacijski produkt tretjega reda in na kateri frekvenci  $f_{\text{min}}=?$  najšibkejši produkt IMD3? Kolikšno je razmerje moči  $a=P_{\text{fmax}}/P_{\text{fmin}}=?$  (v dB)?

4. Vesoljsko plovilo kroži na višini  $h=100\text{km}$  nad površjem Lune. Kolikšna je perioda takšne tirnice  $T=?$  Kolikšna je hitrost plovila  $v=?$  glede na Luno, če lastno vrtenje Lune zanemarimo? Privzamemo, da je Luna krogla s polmerom  $R=1737.1\text{km}$  in težnostno konstanto  $u=4.903\text{E}+12\text{m}^3/\text{s}^2$ .

5. Izračunajte natančnost meritve hitrosti uporabnika  $\Delta v=?$  iz Doppler-jevega pomika na frekvenci nosilca satelitov GPS  $L_1=1.57542\text{GHz}$ , če smo položaj uporabnika že natančno določili iz modulacije C/A oddaje! Točnost merjenja frekvence znaša  $\Delta f=1\text{Hz}$ . Geometrijski faktor povečanja pogreška je  $\text{GDOP}=1.77$  za dano razporeditev satelitov na nebu. Pogreške ionosfere in troposfere zanemarimo. ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 16.02.2012

1. Izračunajte občutljivost FM sprejemnika  $U_{min}=?$  (v  $u_{veff}$ ) za govorno modulacijo  $f_m < 3\text{kHz}$  in koleb  $\Delta f = \pm 5\text{kHz}$ ! Sprejemnik ima šumno število  $F=4\text{dB}$  in je pri meritvi občutljivosti priključen na merilni izvor, ki ima svojo notranjo šumno temperaturo  $T_g = T_o = 293\text{K}$  enako temperaturi okolice. Pasovna širina sprejemnika  $B$  je točno prilagojena modulaciji, koleno FM demodulatorja je pri vhodnem  $S/N=12\text{dB}$ . ( $k_b=1.38E-23\text{J/K}$ )
2. Popačenje VF dela radijskega sprejemnika opišemo s  $P_{iip3}=-15\text{dBm}$  in  $P_{iip5}=-10\text{dBm}$ . Kolikšno moč motnje  $P_m=?$  (nW) dobimo na frekvenci  $f_m=103\text{MHz}$ , če na vhod radijskega sprejemnika privedemo dva enako močna signala  $P_s=200\text{nW}$  na frekvencah  $f_1=98\text{MHz}$  in  $f_2=100\text{MHz}$ ?
3. V OFDM oddajniku uporabimo izhodni ojačevalnik s  $P_{1dB}=1\text{W}$ . S kolikšno povprečno močjo  $\langle P \rangle=?$  (mW) lahko deluje oddajnik, če naj ne bo  $P_{1dB}$  presežen za več kot  $\Delta t=1\%$  časa delovanja? Pri računu upoštevamo, da je število nosilcev OFDM zadosti veliko, da gostota verjetnosti trenutne moči oddajnika  $p(P)$  ustreza Rayleigh-ovi porazdelitvi.
4. Satelit kroži v polarni tirnici s periodo  $T=100\text{min}$ . Oddajnik na krovu omogoča prenos podatkov z zmogljivostjo  $C=1\text{Mbit/s}$  pri elevacijah  $E_l > 10\text{stopinj}$  nad obzorjem. Koliko podatkov  $I=?$  (Mbit) sprejmemo ob najugodnejšem preletu, če vrtenje Zemlje zanemarimo? ( $u=3.986E+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ )
5. Kolikšna je povprečna poraba  $P_{dc}=?$  (W) oddajnika letalskega radarskega odzivnika na frekvenci  $f=1090\text{MHz}$  pri obremenitvi  $n=1200\text{vprašanj/s}$  mode-A, odgovorih 7777 ter vključenim SPI? Dolžina impulzov odzivnika je predpisana  $\Delta t=450\text{ns}$  z zahtevano vršno močjo  $P=+27\text{dBW}$ . Izkoristek oddajnika dosega  $\eta=30\%$ , v času med impulzi oddajnik ne troši moči.



Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 15.06.2012

1. Zemeljska postaja je opremljena z anteno s šumno temperaturo  $T_a=50\text{K}$  in antenskim predojačevalnikom s šumnim številom  $F=0.5\text{dB}$  ter ojačanjem  $G=15\text{dB}$ . Kolikšna sme biti šumna temperatura sprejemnika  $T_s=?$ , ki je povezan na izhod predojačevalnika, da sprejemnik ne prispeva več kot  $a=10\%$  skupne šumne moči pri sprejemu šibkih signalov iz vesolja. ( $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ ,  $T_o=293\text{K}$ )

2. Radiodifuzni oddajnik velike moči vsebuje vzporedno vezavo  $N=128$  izhodnih stopenj, od katerih vsaka proizvaja moč  $P_e=10\text{W}$ . Par stopenj vežemo vzporedno z združevalnikom, ki vnaša  $a=0.5\text{dB}$  izgub. Postopek ponavljamo, dva para ponovno združimo z enakim združevalnikom, nato dva četvorčka z enakim združevalnikom in tako naprej. Kolikšna je izhodna moč oddajnika  $P=?$  in kolikšen je izkoristek  $\eta=?$ , če znaša izkoristek posamezne stopnje  $\eta_{ae}=20\%$ ?

3. Komunikacijski sistem s kodnim multipleksom (CDMA) gosti  $N=100$  uporabnikov v skupni pasovni širini  $B=5\text{MHz}$ . Kolikšna je skupna zmogljivost sistema  $C=?$  Naravni toplotni šum lahko zanemarimo, saj večino šuma proizvajajo sami uporabniki z naključno izbranimi razširitvenimi zaporedji. Sistem poskrbi za optimalno uravnavanje oddajnih moči (enakih) uporabnikov.

4. Kolikšna je lahko največja ekscentričnost  $e=?$  visoke eliptične tirnice z apogejem na višini  $h_a=50000\text{km}$  nad površino Zemlje? Satelit se Zemlji ne sme približati na manj kot  $h=200\text{km}$ , da ne zgori v ozračju. Kolikšna je perioda  $T=?$  takšne tirnice? ( $R_z=6378\text{km}$ ,  $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $T_z=1436\text{min}$ )

5. Letalo se premika premočrtno s hitrostjo  $v=360\text{km/h}$ . Medtem se približa pulzno-Doppler-jevemu radarju na najmanjšo razdaljo  $d=10\text{km}$ . Koliko časa  $t=?$  radar ne vidi letala, če je prag za Doppler-jev pomik nastavljen na minimalno hitrost  $v_{\text{min}}=50\text{m/s}$ ?

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 15.11.2012

1. Moč oddajnika in dobitek antene na krovu plovila v bližini planeta Mars omogočata teoretsko zmogljivost radijske zveze  $C=1\text{Mbps}$  v neomejeni pasovni širini. Kolikšna bo zmogljivost resnične radijske zveze  $C'=?$ , če uporabimo nekodirano QPSK ter upoštevamo izgubo demodulatorja resničnega sprejemnika  $a=2\text{dB}$  pri zahtevanem  $\text{BER}<1\text{E}-6$ ?

2. Sprejemnik je povezan na anteno preko koaksialnega kabla z izgubami  $a=-2\text{dB}$  na sobni temperaturi  $T_0=293\text{K}$ . Skupna šumna temperatura sistema vključno z anteno znaša tedaj  $T=550\text{K}$ . Kolikšna bo šumna temperatura sistema  $T'=?$ , če sprejemnik povežemo neposredno na anteno? ( $T_a=120\text{K}$ ,  $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ )

3. Satelit je opremljen z majhno anteno za telekomando s smernim diagramom  $F(\theta, \phi)=1+\cos(\theta)$ . Kolikšno rezervo moči  $a=?$  (v dB) potrebuje oddajnik zemeljske postaje glede na najboljši primer, če je lega satelita naključna in zahtevamo verjetnost izpada zveze  $P_{\text{izpada}}<0.01\%$ ?

4. Mednarodna vesoljska postaja ISS in kitajska vesoljska postaja TIANGONG1 obe krožita okoli Zemlje na povprečni višini  $h=350\text{km}$ , torej obstaja nevarnost trčenja. S kolikšno medsebojno hitrostjo  $\Delta v=?$  bi postaji trčili v dvižnem vozlu svojih tirnic, če znaša naklon tirnice ISS  $i_1=51.8\text{stopinj}$ , naklon TIANGONG1 pa  $i_2=42.8\text{stopinj}$ ? ( $u=3.986\text{E}+14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $R_z=6378\text{km}$ )

5. Antena za frekvenco  $L_1=1575.42\text{MHz}$  je povezana s koaksialnim kablom dolžine  $l=50\text{m}$  do GPS sprejemnika na krovu letala. Kolikšno je pričakovano odstopanje izračunanega položaja letala  $\Delta r=?$  pri  $\text{GDOP}=2$ ? Kabel vsebuje dielektrik z  $\epsilon_r=2.6$ , kar dodatno upočasnjuje valovanje v kablju. Izgube kabla nadomešča ojačevalnik pri anteni. ( $c=3\text{E}+8\text{m/s}$ )

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 15.02.2013

1. Satelit oddaja telemetrijo z zmogljivostjo  $C=1\text{Mbit/s}$  preko QPSK radijske zveze. Sprejemna postaja na Zemlji je načrtovana za pogostnost napak  $\text{BER}=1.E-6$  pri izgubi resničnega QPSK demodulatorja  $a=1\text{dB}$ . Kolikšna je teoretska zmogljivost  $C'=?$  istega oddajnika in iste sprejemne postaje v neskončni pasovni širini z idealnim demodulatorjem?

2. Sprejemnik ima šumno število  $F_s=10\text{dB}$  in vhodno presečno točko  $\text{IMD3 } P_{\text{ip3s}}=-10\text{dBm}$ . Kolikšno šumno število  $F=?$  lahko dosežemo z dodatnim predojačevalnikom na vhodu sprejemnika, če naj vhodna presečna točka verige ne bo manjša od  $P_{\text{ip3}}=-20\text{dBm}$ ? Sam predojačevalnik ima šumno število  $F_o=3\text{dB}$ , nastavljivo ojačanje in zanemarljivo majhno popačenje v primerjavi s sprejemnikom. ( $k_b=1.38E-23\text{J/K}$ ,  $T_o=293\text{K}$ )

3. Na kakšni razdalji  $d_m=?$  lahko ponovno uporabimo isti radiofrekvenčni kanal, če znaša uporaben domet oddajnika  $d_u=3\text{km}$ ? Sprejemnik zahteva razmerje signal/šum(motnja) vsaj  $S/N=12\text{dB}$ . Domet radijske zveze omejuje odboj od tal. Pri Rayleigh-ovi statistiki presiha zahtevamo izpad zveze manj kot  $P_{\text{izpada}}=1\%$ . Presih motilca zanemarimo.

4. Koliko mesecev  $t=?$  traja potovanje na planet Mars, če zapustimo Zemljo v najugodnejšem trenutku v periheliju prenosne eliptične tirnice in že v sledečem apoheliju priletimo na Mars? V izračunu privzamemo, da sta tirnici Zemlje in Marsa približno krožnici okoli Sonca, kjer je velika polos Marsove tirnice  $a_{\text{Mars}} = 1.524 a_{\text{Zemlja}}$ . ( $T_{\text{Zemlje}} = 12$  mesecev)

5. Turbopropellersko letalo ATR-72 se v megli približuje stezi pri Brniku. Šestkraki propelerji amplitudno modulirajo radijske signale ILS na frekvenci  $f=110.500\text{MHz}$ . Katerim vrtiljajem propelerjev  $n=?$  (obr/min) se mora pilot izogibati med približevanjem stezi, da neželjena amplitudna modulacija propelerjev ne moti radionavigacije ILS (90Hz in 150Hz)?

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 19.06.2013

1. Usmerjena mikrovalovna zveza točka-točka dosega zmogljivost  $C=100\text{Mbit/s}$  z oddajnikom moči  $P=1\text{W}$  v pasovni širini  $B=40\text{MHz}$ . Kolikšno moč oddajnika  $P'$  potrebujemo za povečanje zmogljivosti radijske zveze na  $C'=150\text{Mbit/s}$ , če ostanejo vsi ostali podatki radijske zveze nespremenjeni, vključno s pasovno širino  $B$ . Popačenje kakovostne radijske poti ne moti zveze.

2. Kolikšno najvišje šumno število  $F_{\max}=?$  sme imeti sprejemnik, da skupna šumna temperatura sistema ne preseže vrednosti  $T_{\max}=100\text{K}$ ? Brezizgubna antena je obrnjena v hladno nebo s šumno temperaturo  $T_n=10\text{K}$  na frekvenci  $f=4\text{GHz}$ . Med anteno in sprejemnik je vgrajen predojačevalnik s šumnim številom  $F_o=0.5\text{dB}$  in ojačanjem  $G_o=20\text{dB}$ . ( $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ ,  $T_o=293\text{K}$ )

3. Radijski sprejemnik ima presečno točko IMD tretjega reda  $P_{iip3}=-10\text{dBm}$  in presečno točko petega reda  $P_{iip5}=-15\text{dBm}$ , oboje merjeno na vходу sprejemnika. Pri kateri moči vhodnih signalov  $P_1=P_2=?$  (v dBm) na pripadajočih frekvencah  $f_1=218\text{MHz}$  in  $f_2=222\text{MHz}$  bojo vsi intermodulacijski produkti enako močni? Kolikšna je tedaj moč posameznega IMD produkta  $P_{imd}=?$

4. Satelitsko sprejemno postajo postavimo v kotlino sredi gozda, kjer znaša povprečna moč motenj drugih (zemeljskih) oddajnikov  $\langle P_m \rangle = -130\text{dBm}$ . Kolikšen odstotek  $\eta=?$  sprejema šibkih signalov iz vesolja  $P_s = -107\text{dBm}$  bo moten, če zahtevamo razmerje signal/motnja  $(S/I)_{\min} = 15\text{dB}$  in se motnje zemeljskih oddajnikov podrejajo Rayleigh-ovi statistiki?

5. Izračunajte čas  $t=?$ , ki ga potrebuje 12-kanalni GPS sprejemnik za začetno sinhronizacijo na prvi GPS satelit. Brez podatkov iz almanaha mora sprejemnik preizkusiti vseh  $N=32$  C/A zaporedij, čeprav jih je na nebu vidnih samo  $N'=8$  satelitov. Za vsako C/A zaporedje mora sprejemnik preizkusiti vse možne faze, preizkus vsake faze traja  $t_o=10\text{ms}$ . Zaradi Doppler-jevega pomika in odstopanja lastne frekvence mora narediti sprejemnik  $M=10$  poskusov na različnih frekvencah.

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 28.01.2014

1. WiFi dostopna točka se nahaja v zaprtem prostoru in ima sprejemnik s šumnim številom  $F=5\text{dB}$ . Kolikšna je občutljivost sprejemnika  $P_{\text{min}}=?$  (dBm) pri prenosni zmogljivosti  $C=54\text{Mbit/s}$  v radiofrekvenčnem kanalu širine  $B=20\text{MHz}$ ? Izguba uporabljene modulacije in kodiranja znaša  $a=7\text{dB}$ . ( $k_B=1.38\text{E-}23\text{J/K}$ ,  $T_0=293\text{K}$ )
2. Na vhodu radijskega sprejemnika so prisotni trije močni signali na frekvencah  $f_1=95\text{MHz}$ ,  $f_2=98\text{MHz}$  in  $f_3=100\text{MHz}$ . Zapišite frekvence vseh intermodulacijskih produktov tretjega reda, ki padejo v frekvenčni pas sprejemnika  $88\dots108\text{MHz}$ !
3. Domet bazne postaje mobilne telefonije omejujeta na  $d=2\text{km}$  odboj od tal in dopustna verjetnost izpada zveze  $P=2\%$ . Na kateri razdalji  $d'=?$  naraste verjetnost izpada zveze na  $P'=50\%$  ob nespremenjenih pogojih razširjanja radijskih valov?
4. Tirnice satelitov navigacijskega sistema Galileo so krožnice s periodo  $T=14\text{h}$ . Kolikšna je ekscentričnost  $e=?$  prenosne eliptične tirnice, če izstrelitev in dokončno vtirjenje izvedemo z dvema diskretnima sunkoma sile (Hohmann-ov prenos)? ( $R_z=6378\text{km}$ ,  $u=3.986\text{E+}14\text{m}^3/\text{s}^2$ ,  $T_z=1436\text{min}$ )
5. Pogrešek izračuna položaja uporabnika zaradi ionosfere znaša  $\text{deltar}=30\text{m}$  na frekvenci  $L_1=1575.42\text{MHz}$  navigacijskih satelitov GPS. Kolikšen je pogrešek  $\text{deltar}=?$  na frekvenci  $L_2=1227.6\text{MHz}$  ob istem naboru satelitov (nespremenjen GDOP)?

Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 10.07.2014

1. Moč toplotnega šuma na vhodu sprejemnika mobilnega telefona znaša  $P_n = -110 \text{ dBm}$ . Popačenje v sprejemniku določa presečno točko tretjega reda  $P_{iip3} = -20 \text{ dBm}$ . Pri kateri povprečni moči sprejema  $\langle P_s \rangle = ?$  (dBm) intermodulacijsko popačenje preseže moč toplotnega šuma s pogostnostjo  $P = 0.1\%$ , če se moč sprejetega signala  $P_s$  podreja Rayleigh-ovi porazdelitvi?

2. MMIC ojačevalnik ima ojačanje  $G = 17 \text{ dB}$  in šumno število  $F = 4.5 \text{ dB}$  pri sobni temperaturi  $T_0 = 293 \text{ K}$ . Vhod ojačevalnika zaključimo na prilagojeno breme na sobni temperaturi, da izhod uporabimo kot umerjen izvor šuma. Kolikšna je šumna temperatura  $T = ?$  (K) takšnega izvora in kolikšen je njegov  $\text{ENR} = ?$  (dB)? ( $k_B = 1.38 \text{ E-23 J/K}$ )

3. Mikrovalovna zveza točka-točka dosega domet  $d = 28 \text{ km}$  v praznem prostoru z modulacijo QPSK in usmerjenima antenama. Kolikšen domet  $d' = ?$  doseže ista zveza v enakih pogojih, če zmogljivost potrojimo  $C' = 3C$  z uporabo modulacije QAM-64 pri nespremenjeni pogostnosti napak BER? Vršna moč oddajnika ostane enaka. Popačenje večpotja je majhno in ga znamo popolnoma popraviti.

4. Zaradi trenja z zemeljskim ozračjem se je tirnica mednarodne vesoljske postaje ISS spustila na višino  $h' = 300 \text{ km}$  nad površjem Zemlje. Kolikšni spremembi hitrosti  $\Delta v_1 = ?$  in  $\Delta v_2 = ?$  potrebujemo, da vesoljsko postajo pripeljemo nazaj v nazivno krožnico na višini  $h = 350 \text{ km}$  z najmanjšo porabo raketnega goriva? ( $R_z = 6378 \text{ km}$ ,  $u = 3.986 \text{ E+14 m}^3/\text{s}^2$ )

5. Potniško letalo se pri inštrumentalnem pristajanju na Brniku nahaja na točki Outer Marker na razdalji  $d = 4.4 \text{ nm}$  (navtičnih milj) od praga steze. Kolikšno zakasnitev  $\Delta t = ?$  (us) tedaj izmeri DME izpraševalnik na krovu letala, če DME odzivnik "LJB" na pragu steze sam vnaša dodatno zakasnitev  $t' = 50 \text{ us}$ ? Odzivnik "LJB" dela na kanalu 42X:  $f_{tx} = 1003 \text{ MHz}$  in  $f_{rx} = 1066 \text{ MHz}$ . ( $c = 3 \text{ E+8 m/s}$ )

## Pisni izpit iz RADIOKOMUNIKACIJ (UNI) - 09.02.2016

1. Izračunajte domet zveze  $r=?$  (km) med dvema ročnima radijskima postajama (toki-vokijema) v povsem praznem prostoru ( $c=3E+8m/s$ ) na frekvenci  $f=450MHz$ ! Izhodna moč oddajnika znaša  $P_o=300mw$ , šumna temperatura sprejemnika  $T_s=500K$ . Za zadovoljiv sprejem potrebujemo razmerje  $S/N=12dB$  v pasovni širini  $B=15kHz$ . Toki-vokija sta opremljena z neusmerjenima antenama  $G=1$  in  $T_a=290K$ .
2. Na vhod radijskega sprejemnika pripeljemo tri enako močne signale ( $P_{lin}=-30dBm$  vsak) s frekvencami  $f_1=100MHz$ ,  $f_2=102MHz$  in  $f_3=103MHz$ , ki so frekvenčno modulirani z različnimi informacijami (tri različne UKV radiodifuzne postaje). Določite moč  $P_{iip3}=?$  (dBm) presečne točke na vходу sprejemnika, če znaša povprečna jakost motnje  $P_{imd3}=-67dBm$  na frekvenci  $f_4=104MHz$ !
3. Bazno postajo za mobilne komunikacije nadgradimo z anteno za dvopolarizacijski sprejem, ki ima enak dobitek  $G$  kot VP enopolarizacijska antena, le da je poševno linearno polarizirana  $45/135$  stopinj. Izračunajte verjetnost izpada zveze  $P_d=?$  pri dvopolarizacijskem sprejemu, če sta obe polarizaciji nekorelirani in preprosto izbiramo boljši sprejem! Verjetnost izpada zveze pri VP enopolarizacijskem sprejemu znaša  $P_{vp}=2\%$ . Pri dvopolarizacijskem sprejemu upoštevajte izgubo moči zaradi neskladnosti polarizacije!
4. Višina krožnice mednarodne vesoljske postaje ISS se počasi znižuje zaradi trenja z zemeljskim ozračjem. Ko višina upade na  $h_{min}=300km$  nad površjem Zemlje, je treba krožnico postaje dvigniti nazaj na  $h_{max}=400km$ . Kolikšni sta potrebni spremembi hitrosti  $\Delta v_1=?$  in  $\Delta v_2=?$  (m/s) za najučinkovitejši Hohmannov prenos? ( $R_z=6378km$ ,  $u=3.986E+14m^3/s^2$ )
5. Pilot letala uporablja radionavigacijska svetilnika VOR in DME, ki se nahajata na istem mestu na površju Zemlje. Točnost meritve svetilnika VOR znaša  $\Delta \theta_1=+/-1$  stopinja, točnost meritve odzivnika DME pa  $\Delta t=+/-0.7$  mikrosekunde. Izračunajte, na kateri razdalji  $r=?$  (km) od letala do obeh svetilnikov sta pogreška določanja položaja obeh sistemov  $\Delta r_1=\Delta r_2$  enako velika? ( $c=3E+8m/s$ )