
ELEKTRONIKA - Zbirka Nalog

Ime in Priimek :

Vpisna številka :

Študijska smer :

Datum oddaje :

dr. David Rihtaršič

Kazalo

1	Napajanje	5
1.0.1	NALOGA: SESTAVITE VEZJE NA PROTOTIPNI PLOŠČICI	5
1.1	Napetostni potencial	5
1.1.1	NALOGA: IZMERITE NAPETOSTNE POTENCIALE	5
1.2	Napetost	5
1.2.1	NALOGA: IZRAČUNAJTE NAPETOSTI	5
2	Krmilnik Arduino Nano	7
2.1	Testni program "BLINK.ino"	7
2.1.1	NALOGA: PREIZKUS KRMILNIKA ARDUINO NANO.	7
2.2	Napajanje krmilnika Arduino Nano	7
2.2.1	NALOGA: VEZAVA KRMILNIKA ARDUINO NANO NA PROTOTIPNI PLOŠČICI.	7
2.3	Model semaforja	7
2.3.1	NALOGA: MODEL SEMAFORJA.	8
2.4	Analiza vezja	8
2.4.1	NALOGA: IZRAČUNAJTE ELEKTRIČNI TOK	8
3	Uporaba tipke	9
3.0.1	NALOGA: VEZAVA TIPKE V DELILNIK NAPETOSTI	9
3.1	Priključitev tipke na digitalni vhod	9
3.1.1	NALOGA: PRIKLJUČITEV TIPKE NA DIGITALNI VHOD	9
3.2	Priključitev tipke z uporom proti napajanju	9
3.2.1	NALOGA: UPOR VEZAN PROTI NAPAJanJU	10
3.3	Uporaba uporov vezanih proti napajanju v mikrokrmilniku	10
3.3.1	NALOGA: UPORABA UPOROV VEZANIH PROTI NAPAJanJU V MIKROKRMILNIKU	10
4	Uporaba potenciometra	11
4.0.1	NALOGA: MERJENJE NAPETOSTNEGA POTENCIALA NA POTENCIOMETRU.	11
4.1	Uporaba analognega vhoda na krmilniku	11
4.1.1	NALOGA: ODČITAVANJE ANALOGNE NAPETOSTI S KRMILNIKOM	11
4.1.2	NALOGA: PRETVORBA ADC VREDNOSTI V NAPETOST	11

4.1.3	NALOGA: VU-METER	11
5	Nelinearni upori in senzorji	13
5.0.1	NALOGA: SENZOR TEMPERATURE - vezje [vezje].	13
5.0.2	NALOGA: SENZOR TEMPERATURE - delovanje	13
5.1	Izbira referenčnega upora	13
5.1.1	NALOGA: DOLOČITEV REFERENČNEGA UPORA	13
5.1.2	NALOGA: IZRAČUN REFERENČNEGA UPORA	13
6	Umiritev senzorja temperature	15
6.0.1	NALOGA: SESTAVITE VEZJE	15
6.0.2	NALOGA: UMERITEV SENZORJA	15
6.0.3	NALOGA: KARAKTERISTIKA NTC TERMISTORJA	15
7	Polprevodniška dioda	17
7.1	Pol-valni usmernik	17
7.1.1	NALOGA: POLVALNI USMERNIK	17
7.2	Glajenje izhodne napetosti	17
7.2.1	NALOGA: GLAJENJE IZHODNE NAPETOSTI	17
7.2.2	NALOGA: GLAJENA IZHODNA NAPETOST	17
8	Zenerjeva dioda	19
8.0.1	NALOGA: KARAKTERISTIKA ZENERJEVE DIODE	19
8.0.2	NALOGA: DELOVNA TOČKA ZENERJEVE DIODE	19
9	REFERENČNI VIR Z ZENERJEVO DIODO	21
9.0.1	NALOGA: REFERENČNI VIR Z ZENERJEVO DIODO	21
9.0.2	NALOGA: STABILNOST REFERENČNEGA VIRA.	21
9.1	OBREMENILNI PRESKUS REFERENČNEGA VIRA	21
9.1.1	NALOGA: OBREMENILNI PRESKUS REFERENČNEGA VIRA	21
10	TRANZISTOR	23
10.1	TRANZISTOR KOT OKJAČEVALNIK MOČI	23
10.1.1	NALOGA: REFERENČNI NAPETOSTNI VIR Z OJAČEVALNIKOM MOČI	23
10.2	TRANZISTOR KOT STIKALO	23
11	OPERACIJSKI OJAČEVALNIK	25
11.1	KOMPARATOR NAPETOSTI	25
11.1.1	NALOGA: VKLOP ŽARNICE	25

11.2	INVERTIRAJOČI OJAČEVALNI SISTEM	25
11.2.1	NALOGA: PRIPRAVA VHODNEGA SIGNALA	25
11.2.2	NALOGA: INVERTIRAJOČI OJAČEVALNI SISTEM	26
11.2.3	NALOGA: NAPETOSTNI PREMIK OPERACIJSKEGA OJAČEVALNIKA	26
11.2.4	NALOGA: UTEMELJITE	26
11.3	ELEKTROMETRSKI OJAČEVALNI SISTEM	26
11.3.1	NALOGA: UMERITEV TEMPETURNEGA SENZORJA Z ELEKTROMETRSKIM OJAČEVALNIM SISTEMOM	26
11.4	SEŠTEVALNI IN ODŠTEVALNI SISTEMI Z OPERACIJSKIM OJAČEVALNIKOM	27
11.4.1	NALOGA: SEŠTEVALNI SISTEM	27
11.4.2	NALOGA: ODŠTEVALNI SISTEM	27
12	ELEKTRIČNA SITA	29
12.1	NIZKO PREPUSTNO RC SITO	29
12.2	KARAKTERISTIKA NIZKO PREPUSTNEGA SITA	29
12.2.1	NALOGA: KARAKTERISTIKA NIZKO PREPUSTNEGA SITA	29

1 Napajanje

1.0.1 NALOGA: SESTAVITE VEZJE NA PROTOTIPNI PLOŠČICI

Izgradite vezje po shemi sl. ??.

1.1 Napetostni potencial

1.1.1 NALOGA: IZMERITE NAPETOSTNE POTENCIALE

Izmeri napetostne potenciale, ki so vrisani v naslednji shemi sl. ??.

1.2 Napetost

1.2.1 NALOGA: IZRAČUNAJTE NAPETOSTI

Za vse naštete elemente najprej izračunajte kolikšna napetost je na njih, nato pa izračun preverite z inštrumentom.

2 Krmilnik Arduino Nano

2.1 Testni program “BLINK.ino”

2.1.1 NALOGA: PREIZKUS KRMILNIKA ARDUINO NANO.

1. Krmilnik Arduino Nano povežite z računalnikom preko USB povezave,
2. zaženite program Arduino IDE in ga pravilno nastavite:
 - Tools -> Processor : Arduino Nano,
 - Tools -> Port : USB2
3. Odprite primer 01-BLINK.ino in
4. prenesite program na krmilnik.

2.2 Napajanje krmilnika Arduino Nano

2.2.1 NALOGA: VEZAVA KRMILNIKA ARDUINO NANO NA PROTOTIPNI PLOŠČICI.

Vstavite krmilnik Arduino Nano v prototipno ploščico in ga povežite kot prikazuje naslednja shema. Priključite tudi upor in LED na priključek 13.

2.3 Model semaforja

2.3.1 NALOGA: MODEL SEMAFORJA.

Preoblikujte vezje po shemi sl. ?? in uporabite naslednji program ter ga ustrezno preoblikujte. Program, ki zagotavlja podobno delovanje, kot pri cestnem semaforju dokumentirajte in komentirajte uporabljene programske stavke (t.j. programske ukaze). Vsak programski stavek morate zaključiti s podpičjem ;.

2.4 Analiza vezja

Naprim: Največja dopustna moč, ki se še lahko troši na uporih, ki jih uporabljate (premer upora = 2.4 mm) je 0,25 W. Na primer za običajne 5mm LED je najpogosteje največji tok, ki lahko teče skozi 20 mA. Če ne vemo kolikšno upornost ima element (tako kot je to v primeru LED), si največkrat pomagamo z izračunom toka skozi drug zaporedno vezan element. Kajti v tem primeru je tok isti.

2.4.1 NALOGA: IZRAČUNAJTE ELEKTRIČNI TOK

Izračunajte kolikšen električni tok teče skozi elemente R1, R2, R3, LED1, LED2 in LED3 ter preverite kakšne so električne omejitve tega elementa. Izračunajte tudi električno moč, ki se troši na tem elementu.

3 Uporaba tipke

3.0.1 NALOGA: VEZAVA TIPKE V DELILNIK NAPETOSTI

Sestavite vezje s tipko, kot ga prikazuje sl. ?? (brez črtkane povezave). Tipka naj bo vezana v delilnik napetosti in naj bo priključena proti napajanju.

V tabelo vpišite napetosti na vsakemu elementu posebej. Najprej poskušajte predvideti kolikšna je napetost na elementu, nato pa le-to preverite z inštrumentom.

3.1 Priključitev tipke na digitalni vhod

3.1.1 NALOGA: PRIKLJUČITEV TIPKE NA DIGITALNI VHOD

Priključite tipko po shemi sl. ?? in preskusite spodnji program.

Nato popravite program tako, bo LED svetila, ko boste tipko pritisnili. POMNI: DIGITALNI VHOD MIKROKRMILNIKA

Priključke mikrokrmilnika lahko uporabimo tudi za odčitavanje napetostnih potencialov v digitalni obliki (ločimo le dva napetostna nivoja). S funkcijo `pinMode(PIN, INPUT)`; določimo, da priključek `PIN` lahko opravlja funkcijo digitalnega vhoda s katerim lahko odčitamo vrednost napetostnega potenciala. Funkcija `digitalRead(PIN)`; vrne vrednost digitalnega vhoda. Če je na priključku `PIN` napetostni potencial večji od 2.0 V bo funkcija vrnila vrednost 1 (ali HIGH ali TRUE). Če pa je na priključku `PIN` napetostni potencial manjši od 0.8 V pa bo funkcija vrnila vrednost 0 (ali LOW ali FALSE).

3.2 Priključitev tipke z uporom proti napajanju

3.2.1 NALOGA: UPOR VEZAN PROTI NAPAJANJU

Vezje spremenite, kot je opisano v nalogi in narišite shemo vezja.

Popravite program tako, da bo LED utripala, ko boste tipko držali. Utemeljite zakaj je sedaj nape-
tostni potencial na vhodnem priključku krmilnika D10 enak 5 V, ko tipka ni pritisnjena (Utemeljitev
podprite z Ohm-ovim zakonom in Kirchoff-ovima izrekoma).

3.3 Uporaba uporov vezanih proti napajanju v mikrokrmilniku

3.3.1 NALOGA: UPORABA UPOROV VEZANIH PROTI NAPAJANJU V MIKROKRMILNIKU

Odstranite upor iz vezja kakor veleva shema sl. ?? in
programsko vključite upor vezan proti napajanju na digitalnem vhodu D10.

4 Uporaba potenciometra

4.0.1 NALOGA: MERJENJE NAPETOSTNEGA POTENCIALA NA POTENCIOMETRU.

Priključite potenciometer tako kot je prikazano na sl. ???. Na srednji priključek potenciometra priključite V-meter. Preverite kako se napetostni potenciala spreminja v odvisnosti od položaja srednjega priključka potenciometra.

4.1 Uporaba analognega vhoda na krmilniku

4.1.1 NALOGA: ODČITAVANJE ANALOGNE NAPETOSTI S KRMILNIKOM

Povežite srednji priključek potenciometra na analogni vhod krmilnika (naprimer na A0) in preizkusite naslednji program. Program lahko najdete tudi v Arduino IDE programu:
File -> Examples -> 01. Basics -> AnalogReadSerial.

4.1.2 NALOGA: PRETVORBA ADC VREDNOSTI V NAPETOST

Z ustrezno linearno funkcijo pretvorite ADC vrednosti v številske vrednosti napetosti. Enačbo funkcije tudi zapišite in priložite kodo programa.

4.1.3 NALOGA: VU-METER

Program preoblikujte tako, da ko boste s potenciometrom nastavili večjo napetost, naj se vključi več LED. Podobno kot je to na VU-metru na glasbenih stolpih. Kodo programa tudi priložite.

5 Nelinearni upori in senzorji

5.0.1 NALOGA: SENZOR TEMPERATURE - vezje [vezje].

Sestavite obe vezji iz sl. ?? in preverite kako se izhodna napetost spreminja glede na temperaturo. Ugotovitev zapišite za oba primera.

5.0.2 NALOGA: SENZOR TEMPERATURE - delovanje

Sledite točkam razmišljanja od 1 - 5 in zapišite konkretne vrednosti električnih količin iz vašega vezja.

5.1 Izbira referenčnega upora

5.1.1 NALOGA: DOLOČITEV REFERENČNEGA UPORA

Za različne referenčne upore preverite odziv senzorja. Pri izpeljavi meritev bodite pozorni, da boste temperaturo spremenili vedno v istem območju, npr. vedno iz temperature 10°C na 40°C. Referenčni upori naj bodo v dekadnem razmerju.

5.1.2 NALOGA: IZRAČUN REFERENČNEGA UPORA

1. Nastavite enačbo za izračun izhodne napetosti U_{IZH} pri temperaturi T_1 . [051]
2. Nastavite enačbo za izračun izhodne napetosti U_{IZH} pri temperaturi T_2 .
3. Nastavite enačbo za ΔU .

4. Enačbo ΔU odvajajte po R_{Ref} in jo rešite za $\frac{\partial U_{LZH}}{\partial R_{Ref}} = 0$

6 Umiritev senzorja temperature

6.0.1 NALOGA: SESTAVITE VEZJE

Sestavite senzor temperature kot sledilnik napetosti, v katerem boste uporabili le referenčni upor R_{REF} in NTC termistor R_{NTC} . Vezje tudi narišite.

Izhodni napetostni potencial senzorja naj bo večji čim večja je temperatura.

Nenazadnje, določite referenčni upor R_{REF} tako, da bo senzor imel največji odziv v zadanem temperaturnem območju. V ta namen morate poznati upornost termistorja pri:

$$- R_{NTC-20} = \text{_____} \text{ k}\Omega$$

$$- R_{NTC-40} = \text{_____} \text{ k}\Omega$$

$$R_{REF} = \text{_____} \text{ k}\Omega [^{\circ}\text{C}]$$

6.0.2 NALOGA: UMERITEV SENZORJA

Pri postopku umeritve morate meriti temperaturo T termistorja in hkrati izhodni napetostni potencial senzorja U_{IZH} . Meritve zabeležite v spodnjo tabelo.

Nato podatke vrišite v graf na sl. ??

6.0.3 NALOGA: KARAKTERISTIKA NTC TERMISTORJA

Izračunajte tudi upornost termistorja. Le-to lahko izračunate glede na napajalno napetost U_0 , referenčno uporanost R_{REF} in izhodno napetost U_{IZH} . Vsaj en izračun tudi dosledno nakažite.

Upornost termistorja R_{NTC} izračunajte pri vsaki umerjeni temperaturi in jo vpišite v tbl. ??.

Nato v isti graf na sl. ?? vrišite še karakteristika termistorja $R_{NTC}(T)$ tako, da skalo za upornost določite na desni strani grafa.

7 Polprevodniška dioda

7.1 Pol-valni usmernik

7.1.1 NALOGA: POLVALNI USMERNIK

Sestavite vezje na sl. ??, ter izmerite potek vhodne napetosti vira - $U_G(t)$ in napetost na upor $U_{R1}(t)$. Obe krivulji narišite v graf na sl. ??

7.2 Glajenje izhodne napetosti

7.2.1 NALOGA: GLAJENJE IZHODNE NAPETOSTI

Izhodno napetost polvalnega usmernika zgladite z dodanim kondenzatorjem s kapacitivnostjo za $C_1 = 47\mu F$. Nato menjajte različne bremenske upornosti R_1 in opazujte kako se spremeni stabilnost izhodne napetosti.

V tbl. ?? vpišite meritve povprečne vrednosti izhodnega napetostnega potenciala in vrednosti največje spremembe le tega.

Natu tudi izračunajte stabilnost napetostnega potenciala.

7.2.2 NALOGA: GLAJENA IZHODNA NAPETOST

Na graf sl. ?? dorišite še zglajeno izhodno napetost za en primer iz kombinacije:

$R_1 = \text{_____} k\Omega$ in

$C_1 = \text{_____} \mu F$.

8 Zenerjeva dioda

8.0.1 NALOGA: KARAKTERISTIKA ZENERJEVE DIODE

1. Sestavite vezje, ki je prikazano na sl. ?? in izmerite karakteristiko $I(U)$ zenerjeve diode v zaporni smeri. Menjajte upor R_X tako, da boste na zenerjevi diodi ustvarili različne napetosti.
2. Nakažite vsaj en izračun električnega toka, ki teče skozi zenerjevo diodo, če merimo le napetost na zenerjevi diodi.
3. Zabeležite si ključne podatke (napajalno napetost in nazivno zenerjevo napetost):

$$U_{CC} = \text{_____ V}$$

$$U_{Z0} = \text{_____ V}$$

8.0.2 NALOGA: DELOVNA TOČKA ZENERJEVE DIODE

1. Iz grafa na sl. ?? odčitajte delovno točko zenerjeve diode. To je točka na $I(U)$ karakteristiki zenerjeve diode, pri kateri teče skozi zenerjevo diodo delovni tok I_{Z0} in je na njej ravno njena nazivna napetost U_{Z0} .

$$I_{Z0} = \text{_____ mA}$$

$$U_{Z0} = \text{_____ V}$$

9 REFERENČNI VIR Z ZENERJEVO DIODO

9.0.1 NALOGA: REFERENČNI VIR Z ZENERJEVO DIODO

Sestavite referenčni vir z zenerjevo diodo, kot prikazuje slika. Upor R_1 izberite tako, da bo zen. dioda delovala pri njeni delovni točki. Izračun tudi nakažite.

9.0.2 NALOGA: STABILNOST REFERENČNEGA VIRA.

Ustvarite take pogoje, da boste lahko faktor stabilnosti tudi izračunali. Na primer, da spremenite vhodno napetost za cca 1-2 V. Tako lahko izmerite vse podatke za izračun stabilnosti.

9.1 OBREMENILNI PRESKUS REFERENČNEGA VIRA

9.1.1 NALOGA: OBREMENILNI PRESKUS REFERENČNEGA VIRA

Nato naredite obremenilni preskus referenčnega vira v širokem spektru bremenskih upornosti [10 Ohmov .. 1 Mohm]. Napajalna napetost referenčnega vira naj bo zopet 9 V. Rezultate obremenilnega preskusa grafično predstavite v grafu $U_{IZ}(R_B)$. Graf naj ima vodoravno os v logaritemskem merilu.

10 TRANZISTOR

10.1 TRANZISTOR KOT OKJAČEVALNIK MOČI

10.1.1 NALOGA: REFERENČNI NAPETOSTNI VIR Z OJAČEVALNIKOM MOČI

Sestavite vezje na sliki 9.1 in izmerite obremenilni preskus referenčnega vira v širokem spektru bremenskih upornosti [10 Ohmov .. 1 Mohm]. Napajalna napetost referenčnega vira naj bo zopet 9 V. Rezultate obremenilnega preskusa grafično predstavite v grafu $U_{IZ}(R_B)$ na isti graf iz prejšnje vaje na sl. ??.

10.2 TRANZISTOR KOT STIKALO

11 OPERACIJSKI OJAČEVALNIK

11.1 KOMPARATOR NAPETOSTI

11.1.1 NALOGA: VKLOP ŽARNICE

Sestavite elektronsko vezje, ki bo vključilo žarnico, ko bomo na to vezje posvetili z drugim svetlobnim telesom. Tako vezje bo delovalo kot navadna sveča, ki jo moramo prižgati z vžigalico. To vezje lahko razdelimo na štiri osnovne sestavne dele, ki jih najdete v regulacijskih vezjih:

1. Senzorski del: v katerem imamo senzor osvetljenosti za detekcijo tujega svetlobnega telesa.
2. Nastavitveni člen: s katerim nastavimo referenčno napetost na katero se ozira primerjalna logična enota.
3. Komparator napetosti: ki bo primerjal napetost senzorja z napetostjo nastavitvenega člena.
4. Močnostna elektronika: ki bo na podlagi izhodnega napetostnega potenciala komparatorja poskrbela za vklop žarnice.

Vsak sestavni del najprej načrtujte in ga nato realizirajte v fizični obliki. Narišite sheme vsakega sestavnega dela posebej, ga preizkusite in povežite v celoto.

11.2 INVERTIRAJOČI OJAČEVALNI SISTEM

11.2.1 NALOGA: PRIPRAVA VHODNEGA SIGNALA

Sestavite vezje s katerim boste lahko poljubno nastavljali napetostni signal v območju napetostni, ki ga orisuje sl. ?? ($U_{IZ} = \pm 250 \text{ mV}$). Vezje je lahko preprost delilnik napetostni s potenciometrom in napajano z bipolarnim napajanjem +9V in -9V. Shemo vezja tudi narišite.

11.2.2 NALOGA: INVERTIRAJOČI OJAČEVALNI SISTEM

Sestavite invertirajoči ojačevalni sistem z ojačanjem $|A'| \approx 50$.

Nato ojačajte napetostni signal prejšnjega vezja in izmerite celotno prenosno funkcijo ($U_2(U_1)$) ojačevalnega sistema, ki podaja odvisnost izhodne napetosti U_2 od vhodne napetosti U_1 . Ne pozabite izmeriti tudi področje v že nasičenem območju (vsaj 2 meritvi).

Meritve s pozitivnimi vhodnimi napetostmi U_1 vpisujte v tbl. ?? in meritve z negativnimi vhodnimi napetostmi v tbl. ??...

... ter rezultate meritev predstavite v grafični obliki $U_2(U_1)$ v grafu na sl. ??

11.2.3 NALOGA: NAPETOSTNI PREMIK OPERACIJSKEGA OJAČEVALNIKA

Iz grafa odčitajte in označite napako tega sistema - preostalo napetost U_{2OFF} in izračunajte napako operacijskega ojačevalnika, ki jo imenujemo **napetostni premik** in označimo z U_{OFF} .

Izračun tudi predstavite.

11.2.4 NALOGA: UTEMELJITE

Zakaj se izhodna napetost delilnika napetosti zmanjša v trenutku, ko priključek povežemo na vhod invertirajočega ojačevalnega sistema.

11.3 ELEKTROMETRSKI OJAČEVALNI SISTEM

11.3.1 NALOGA: UMERITEV TEMPERTURNEGA SENZORJA Z ELEKTROMETRSKIM OJAČEVALNIM SISTEMOM

Skonstruirajte (narišite shemo) elektrometrskega ojačevalnega sistema z ojačenjem okoli 2326. Pri tem ojačanju, boste dobili izhodno napetost enako $1/10 \Delta T$ (npr.: $25^\circ C$ - 2.5 V). Kot vhodno napetost uporabite napetost termočlena, katero dobite, če oba konca termočlena postavite na različni temperaturi. Umerite cel sistem tako, da boste izmerili temperature obeh spojev in izhodno napetost ter te meritve vpisali v tbl. ??.

Nato narišite graf na sl. ?? $U_{IZU}(\Delta T)$, kjer je $\Delta T = T_+ - T_{GND}$ temperaturna razlika med obema spojemoma termočlena.

Iz grafa odčitajte smerni koeficient umeritvene krivulje s katerim lahko izračunate koeficient

termoelektrične napetosti za termočlen tipa T. Izračune tudi nakažite.

11.4 SEŠTEVALNI IN ODŠTEVALNI SISTEMI Z OPERACIJSKIM OJAČEVALNIKOM

11.4.1 NALOGA: SEŠTEVALNI SISTEM

Skonstruirajte vezje ki bo... Izmerite nekaj vzorčnih primerov meritev, s katerimi lahko pokažete zanesljivo delovanje predlagane rešitve. Meritve vpišite v .

11.4.2 NALOGA: ODŠTEVALNI SISTEM

Skonstruirajte vezje ki bo... Izmerite nekaj vzorčnih primerov meritev, s katerimi lahko pokažete zanesljivo delovanje predlagane rešitve. Meritve vpišite v .

12 ELEKTRIČNA SITA

12.1 NIZKO PREPUSTNO RC SITO

12.2 KARAKTERISTIKA NIZKO PREPUSTNEGA SITA

12.2.1 NALOGA: KARAKTERISTIKA NIZKO PREPUSTNEGA SITA

Skonstruirajte in narišite vezje nizko prepustnega sita, katerega mejna frekvenca naj bo 100Hz . Nato naredite preskus, s katerim boste lahko izmerili podatke za izračun dveh karakteristik sita $g(\nu)$ in $\Delta\phi(\nu)$. Meritve vpišite v tbl. ?? in nato narišite grafa $g(\nu)$ in $\Delta\phi(\nu)$ na sl. ?. X-os naj bo v logaritemski skali z osnovo 10. Na karakteristiki $f(\nu)$ označite tudi premico v padajočem delu karakteristike in izračunajte njen smerni koeficient ter nakažite, da je ν_0 ničla te funkcije.

