

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko

Igor Petejan

Voltmeter

Seminarska naloga

pri predmetu
Elektronska vezja

V Ljubljani, september 2005

1 UVOD

1.1 Motivacija

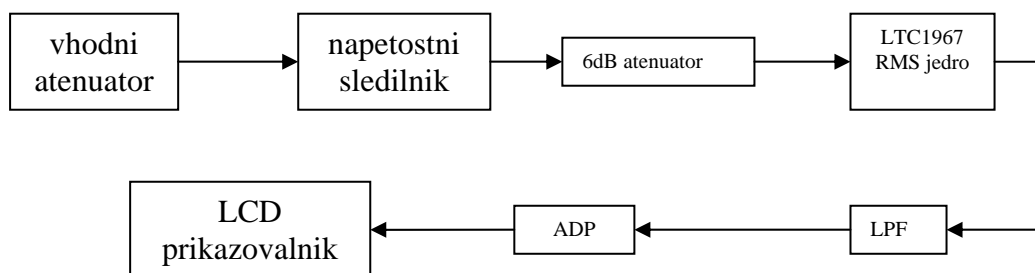
Namen seminarske naloge je izvedba voltmetra, ki meri pravo efektivno vrednost signala. Cilj je bilo frekvenčno območje med 10Hz in 40kHz in napetosti do 200Vrms, natančnost 1% ali boljša. Voltmeter naj bi bil v ustrezne velikosti za priročno uporabo na terenu, napaja se z 9 volt baterijo. Zaradi enostavnosti sem se odločil, da bom TRUE-RMS jedro (integrirano vezje) kupil. Razvoj lastnega vezja za merjenje prave efektivne vrednosti bi bil prehud zalogaj, zmogljivosti pa mnogo slabše od kupljenega vezja. Tako sem se odločil za integrirano vezje LTC1967. Proizvajalec je Linear Technology, priskrbeli pa so mi ga pri IC Elektronics, zastopniku LT za Slovenijo.

1.2 Funkcionalni opis sistema

Vhodni signal je atenuiran glede na izbrano merilno območje, okrepljen z napetostnim sledilnikom, še enkrat atenuiran zaradi prilagoditve amplitude in izmerjen z TRUE-RMS jedrom. Izmerjena vredost nato potuje skozi LPF v ADP in na LCD prikazovalnik.

2 GLAVNI DEL:

2.1 Opis delovanja podsklopov vezja s shematskim prikazom podsklopov



Vhodni atenuator nastavimo na želeno merilno območje. Napetosti sledilnik nam preprečuje obremenitev vhodnega atenuatorja. 6dB atenuator prilagaja max. amplitudo vhodnega signala. LTC1967 naredi konverzijo v pravo efektivno vrednost. LPF mora odstraniti posledice sigma-delta modulatorja v LTC1967. ADP pretvori analogno vrednost v digitalno in jo prikaže na LCD prikazovalniku.

2.2 Analiza delovanja

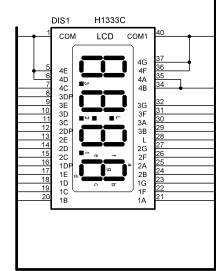
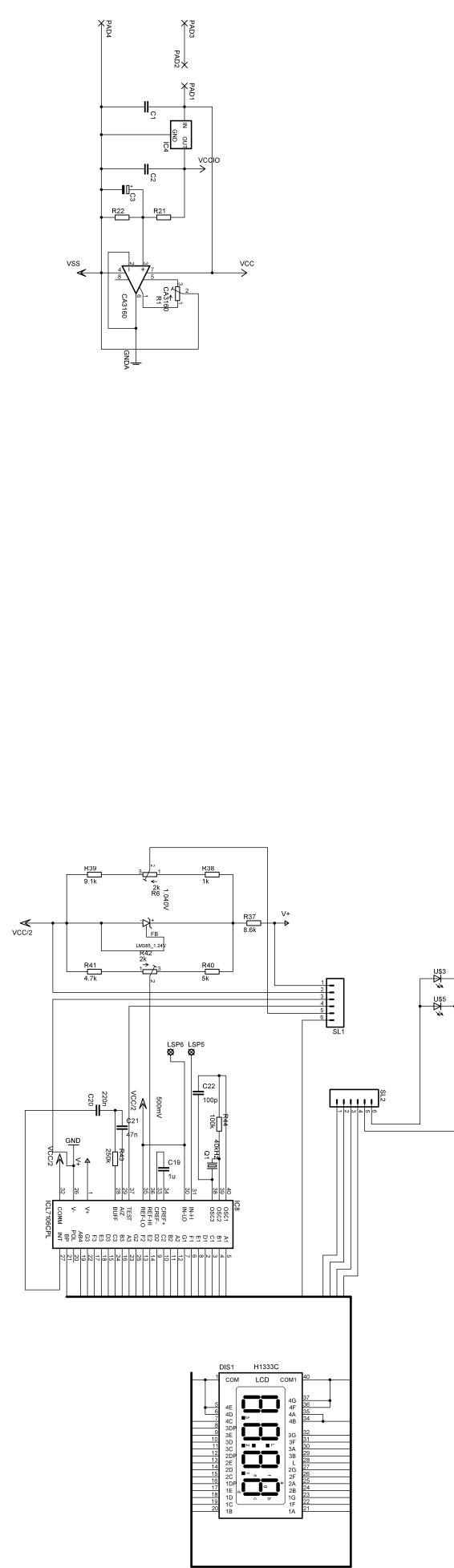
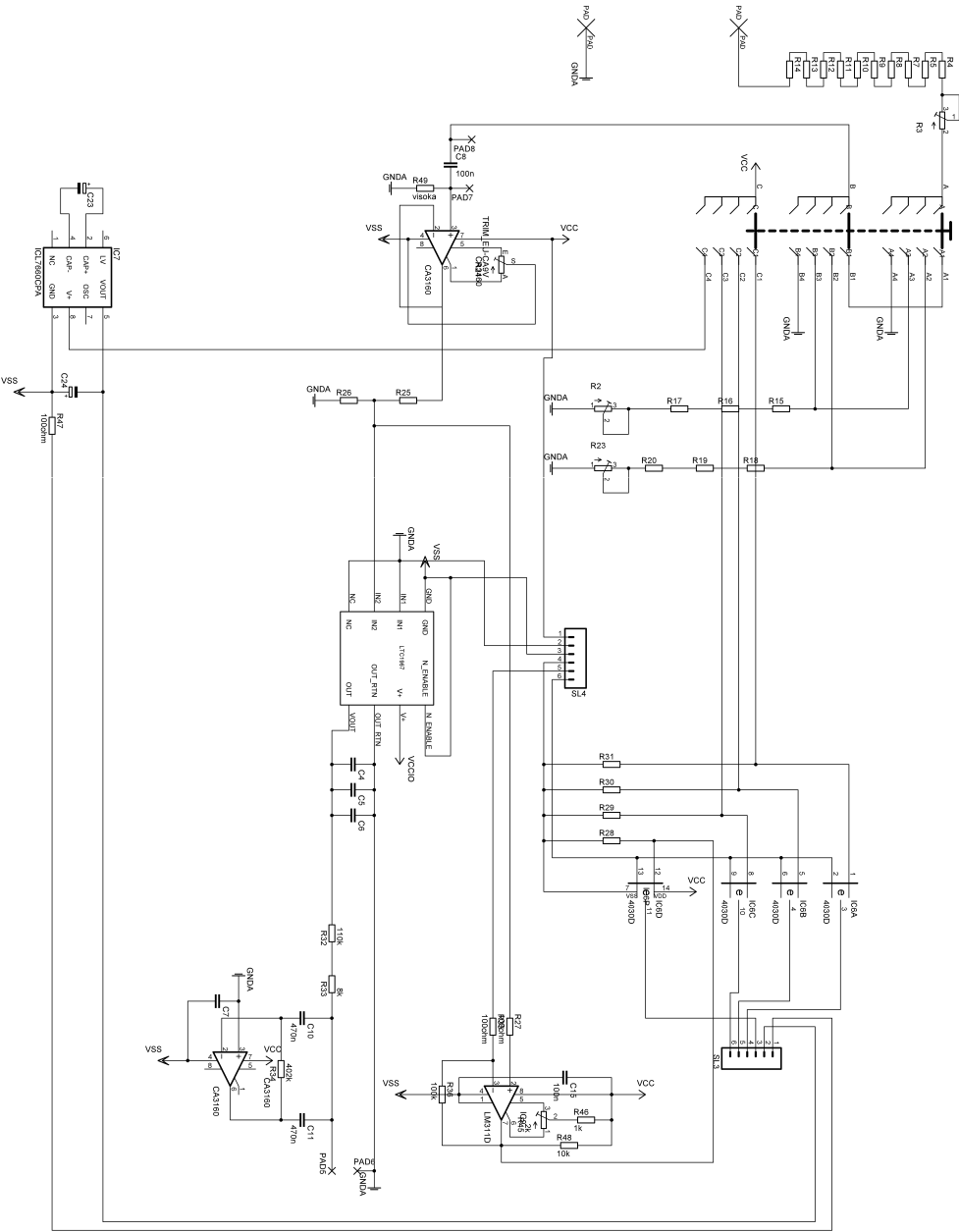
LTC1967 je namenjen napajanju z 6V_{max} ali z $\pm 2.5V$. Napajalni del je sestavljen iz low-drop 5V regulatorja, uporovnega delilnika na približno 2.5V in napetostnim sledilnikom za zagotavljanje majhne DC in AC impedance. Na to napetost je tudi priključena ena vhodna sponka voltmetra. Iz 5V reg. se napaja izključno LTC1967, ostali elementi so vezani direktno na baterijo, to pa zato, da sem lahko zadostil zahtevam po common-mode napetosti. Voltmeter še deluje pri napetosti baterije 6V.

Vhod voltmetra tvorijo uporovni delilnik, preklopnik za nastavitev merilnega območja in napetostni sledilnik. Prvotno je bil vhodni opa ICL7650 (Low Power CMOS Chopper-Stabilized), vendar sem žal naletel na pokvarjene opa, nadomestnih pa takrat ni bilo na voljo. Moral sem uporabiti kar CA3160 in poskrbeti za nastavitev offseta (ob nastavitvi je bil $\sim 500\mu V$).

Vhodna upornost voltmetra je $\sim 1M\Omega$ in je relativno nizka, to pa zato, ker je parazitna kapacitivnost vhodne stopnje velika. Vse skupaj tvori NPF 1. reda in nam seveda omejuje zgornje frekvenčno območje voltmetra. Učinki LPF so opazni predvsem pri merjenju v območju do 2V_{rms}, ko je vhodni upor vezan direktno na vhod opa.

Dalje se signal atenuira za 6dB na uporovem delilnik, to pa zato ker je max. amplituda vhodnega signala v LTC1967 1V_{typ.} pri natančnosti 1%. Kot rečeno potuje signal skozi LTC1967, na izhodu pa dobimo pravo efektivno vrednost signala. Pogled v dokumentacijo razkrije, da je izhodni signal iz LTC1967 potrebno še filtrirati. To opravlja drugi CA3160, ki skupaj z izhodnim kondenzatorjem in izhodno uponostjo LTC1967 tvori NPF 3.reda. Ker ima opa kar nekaj offseta sem se odločil za konfiguracijo, ki zagotavlja enosmerno povezavo z izhodom LTC1967 in zagotavlja majhen izhodni offset, opa pa služi izključno za filtriranje.

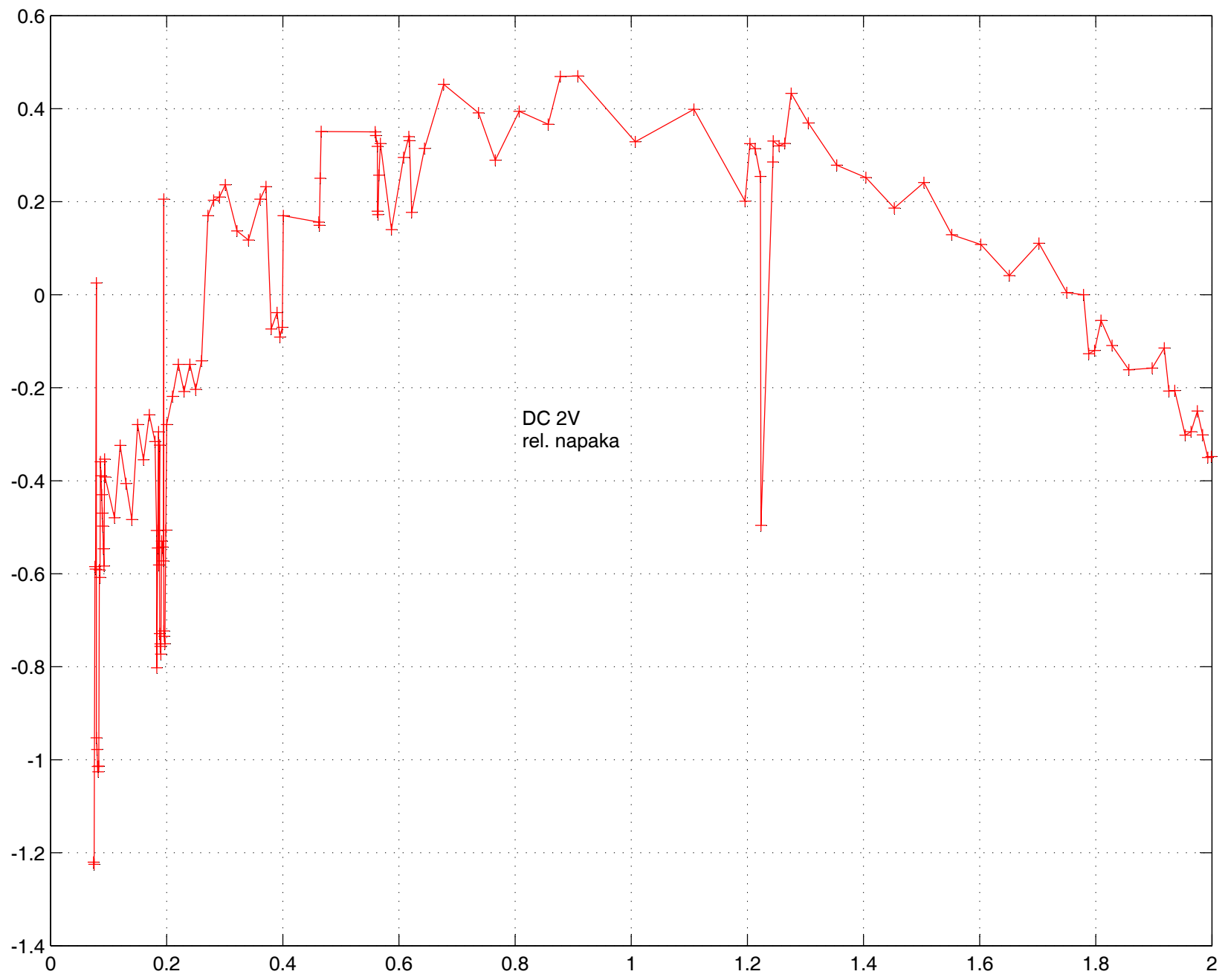
Tako imamo že uporabno pravo efektivno vrednost, ki jo moramo le še prikazati. Naloga je zaupana ICL7106, ki ima nastavljeno »full range« napetost na 1V, za kompenzacijo 6dB atenuacije pred vhodom v LTC1967. Komparator LM311 signalizira prekoračenje max. amplitude merjenega signala. XOR vrata zagotavljajo potreben signal za izmenično krmiljenje LCD prikazovalnika in vklop ustreznega decimalnega mesta.

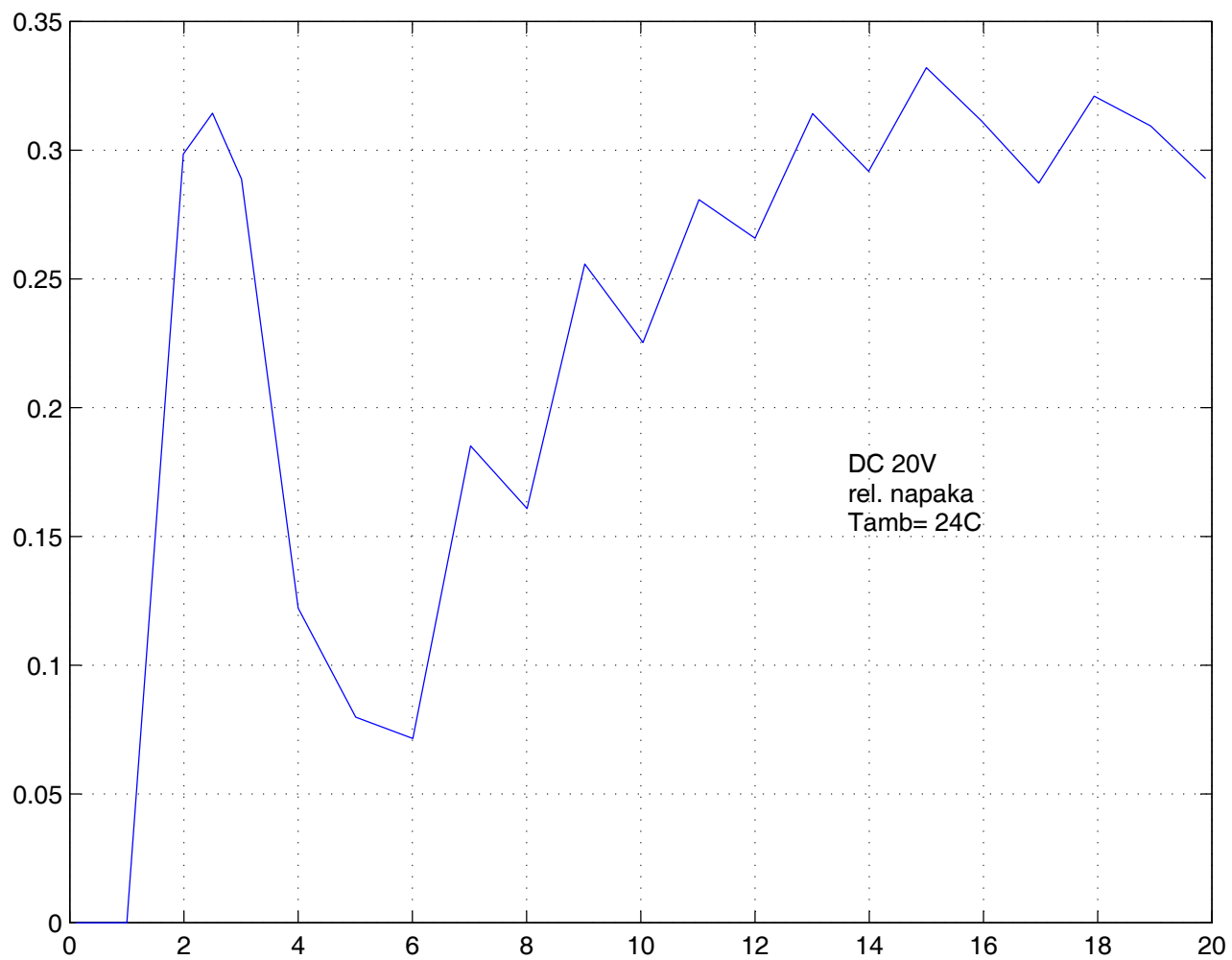


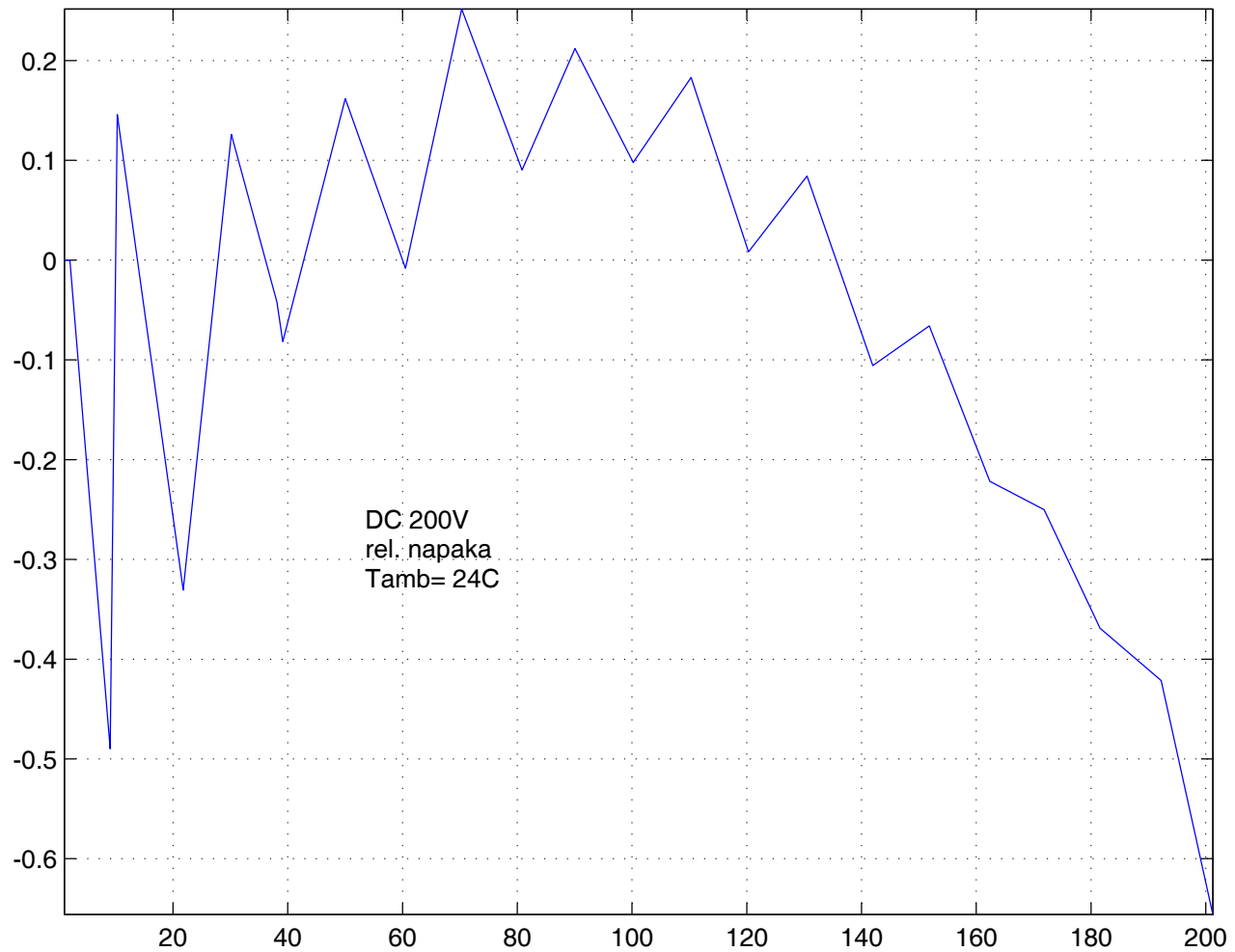
2.3 Izmerjene karakteristike

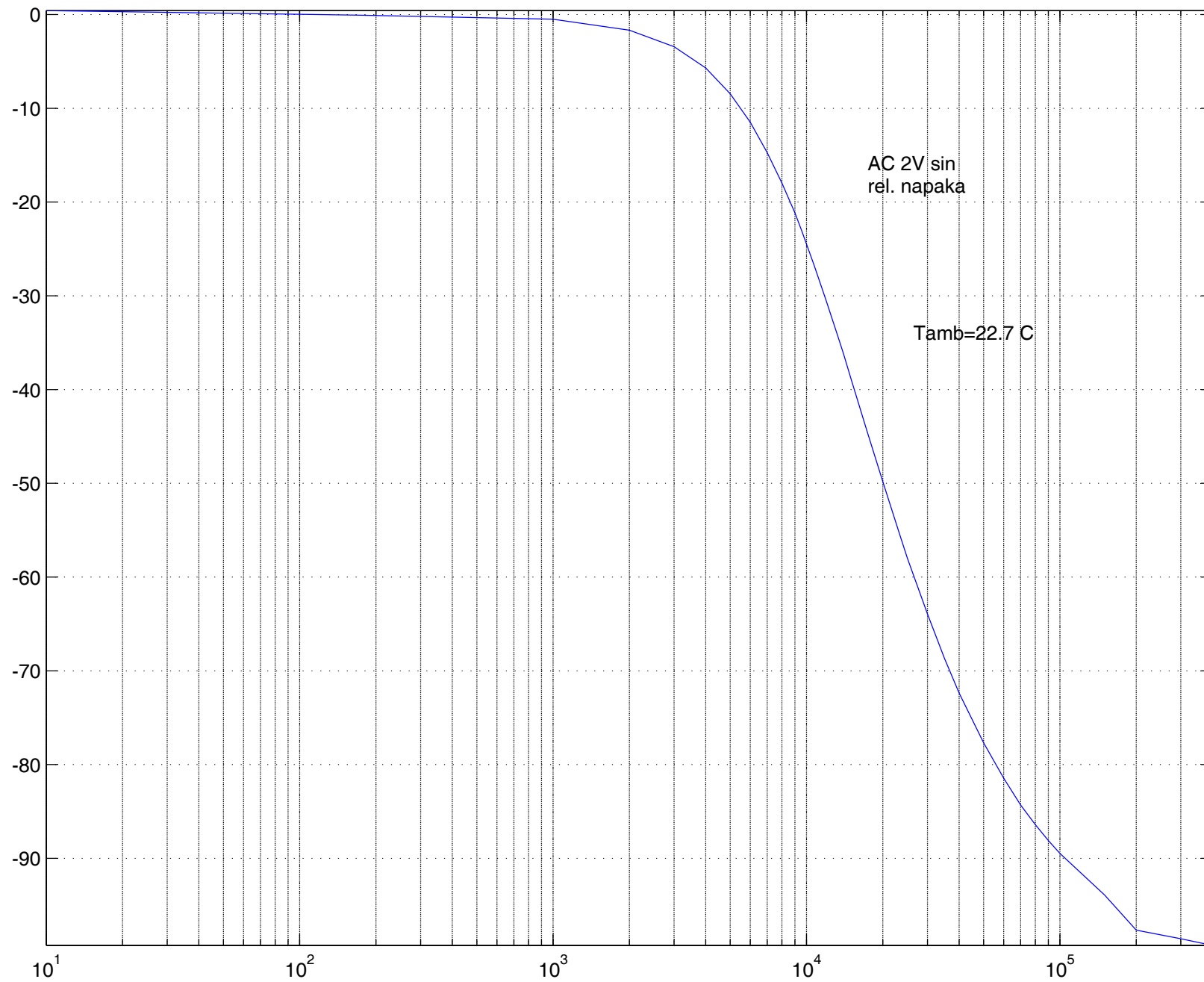
Komentar k meritvam:

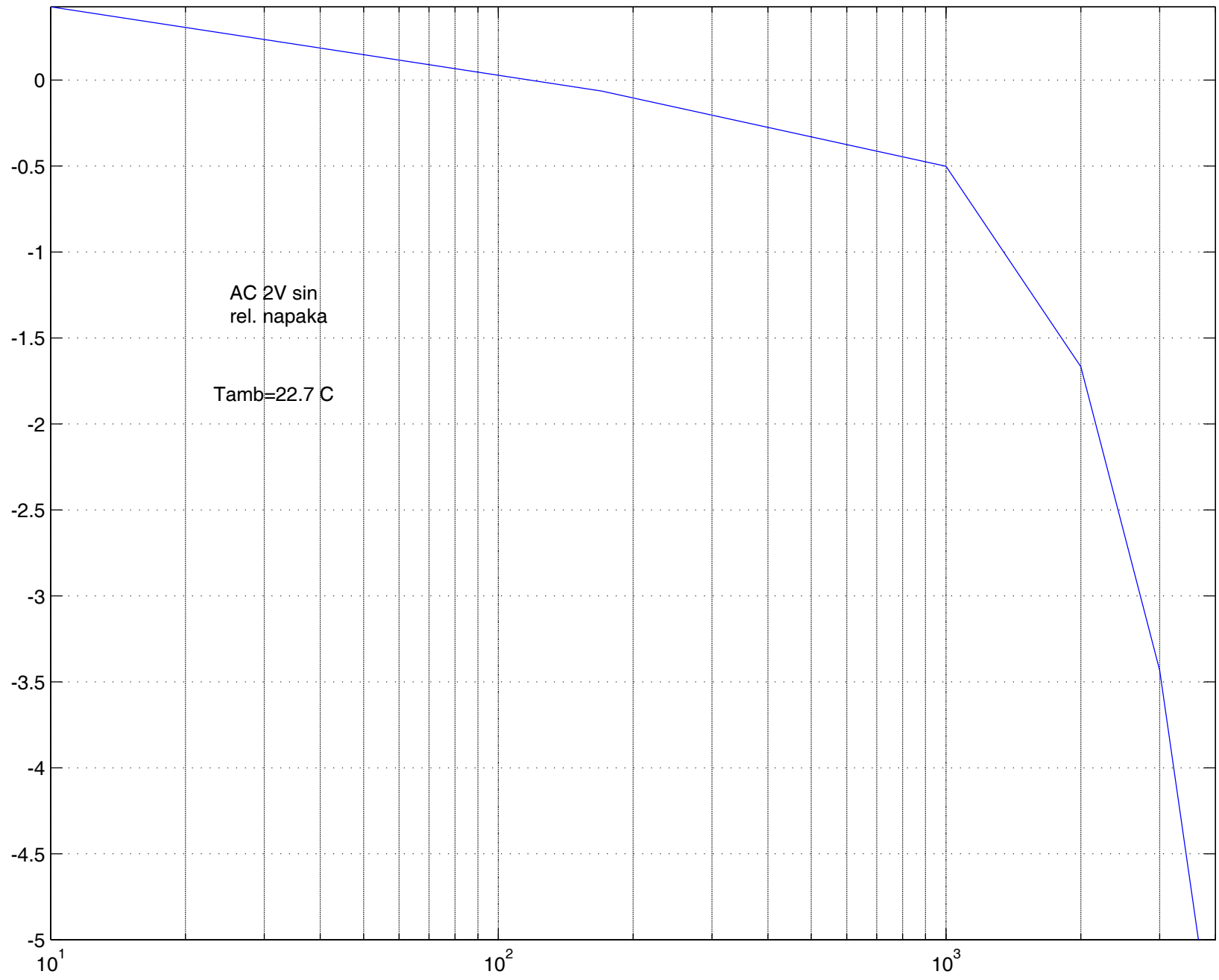
Mejna frekvenca vhodnje stopnje močno zmanjša uporabnost voltmetra za merjenje trikotnih in pravokotnih signalov. Priloženi so rezultati simulacije z Matlab-om, ki kažejo na napako, ki jo povzroča RC člen na vhodu. Rezultati pridobljeni s simulacijo se popolnoma ujemajo z izmerjeno karakteristiko voltmetra. Žal instrument meri signale trikotne oblike (amplituda 2V max, merilno območje 2V_{ef}), do deklarirane natančnosti, le do frekvence 1.620 kHz; torej je za trikotne signale le pogojno uporaben. Podobno velja za pravokotne signale, potrebno pa je omeniti, da je med »umerjanjem« prišlo do nerodnosti. Baterija, ki napaja voltmeter je bila namreč prazna, kar je povzročilo rezanje signala za okoli 100mV za pozitivne napetosti. To za pravokotne signale z D.C.=50% amplitude 2V pomeni kar 2.5% napake. K temu, se prišteva še napaka zaradi zgornje mejne frekvence in nizkega odprtozančnega ojačanja. Zgornja frekvenca pravokotnega signala, ki je na meji deklarirane natančnosti voltmetra je 450Hz (po simulaciji, brez rezanja signala, brez upoštevanja ojačanja odprte zanke, amplituda signala 2V, D.C.=50%, območje do 2V_{ef}). To pomeni, da je instrument zgolj pogojno uporaben za merjenje pravokotnih signalov. Na merilnem območju do 20V_{ef} je situacija boljša (višja mejna frekvenca, poleg tega ni prišlo do rezanja signala), vendar tu pride do izraza napaka LTC1967, ki ima deklarirano napako pri 40kHz že 0.2%. Pravokotni signal ima namreč močnejše višjeharmonske komponente kot trikotni (te komponente pa seveda potujejo skozi LTC1967 in povzročajo dodatno frekvenčno odvisno napako). Zgornja frekvenca za pravokotne signale je 3.73 kHz (po simulaciji, D.C.=50%, 20V_{ef} merilno območje). Za trikotne signale pa je zgornja frekvenca 13 kHz (20V_{ef} merilno območje). 200V_{ef} območje ni bilo izmerjeno (za AC signale) ker ni bilo na voljo ojačevalnika, ki bi zmožgel ojačati signal iz generatorja .

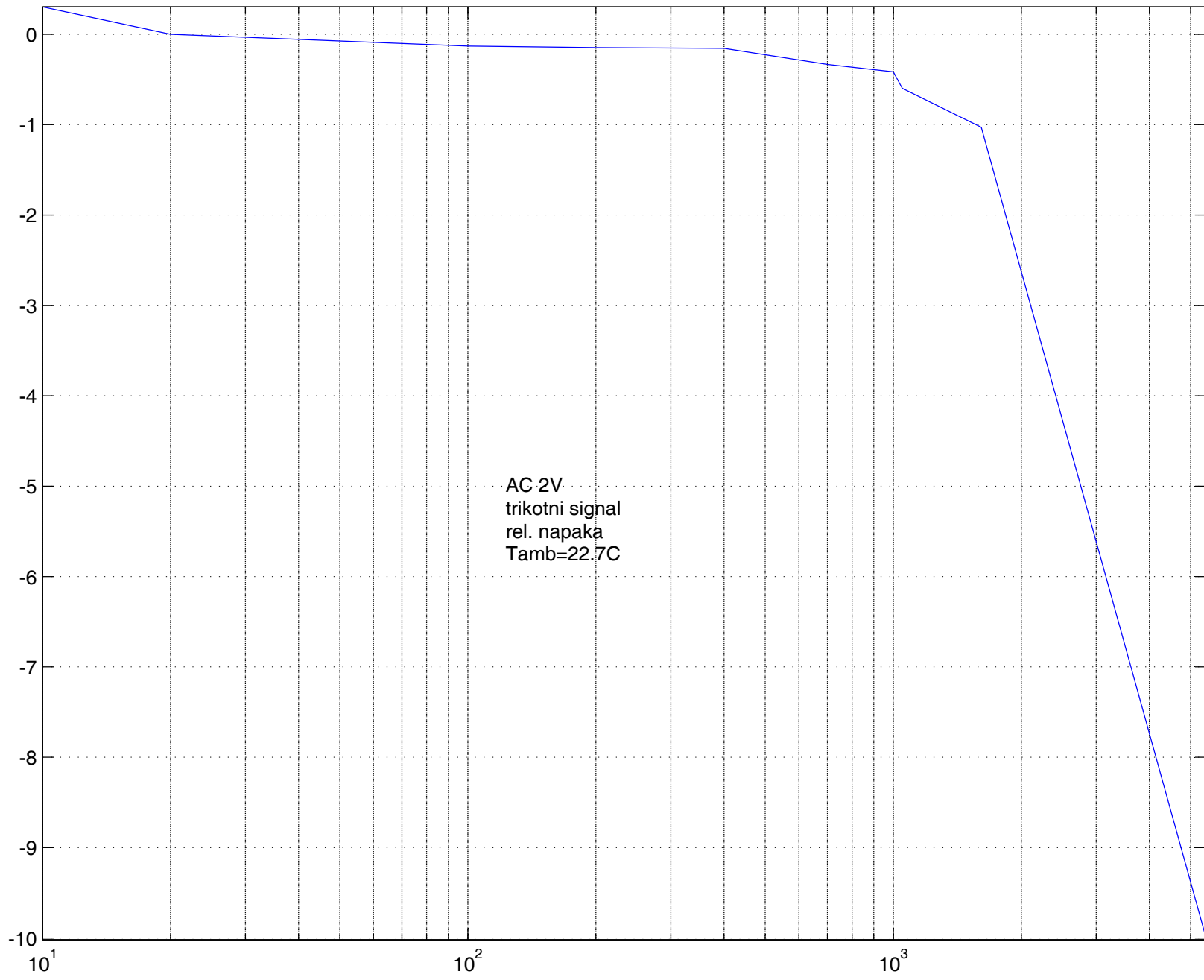


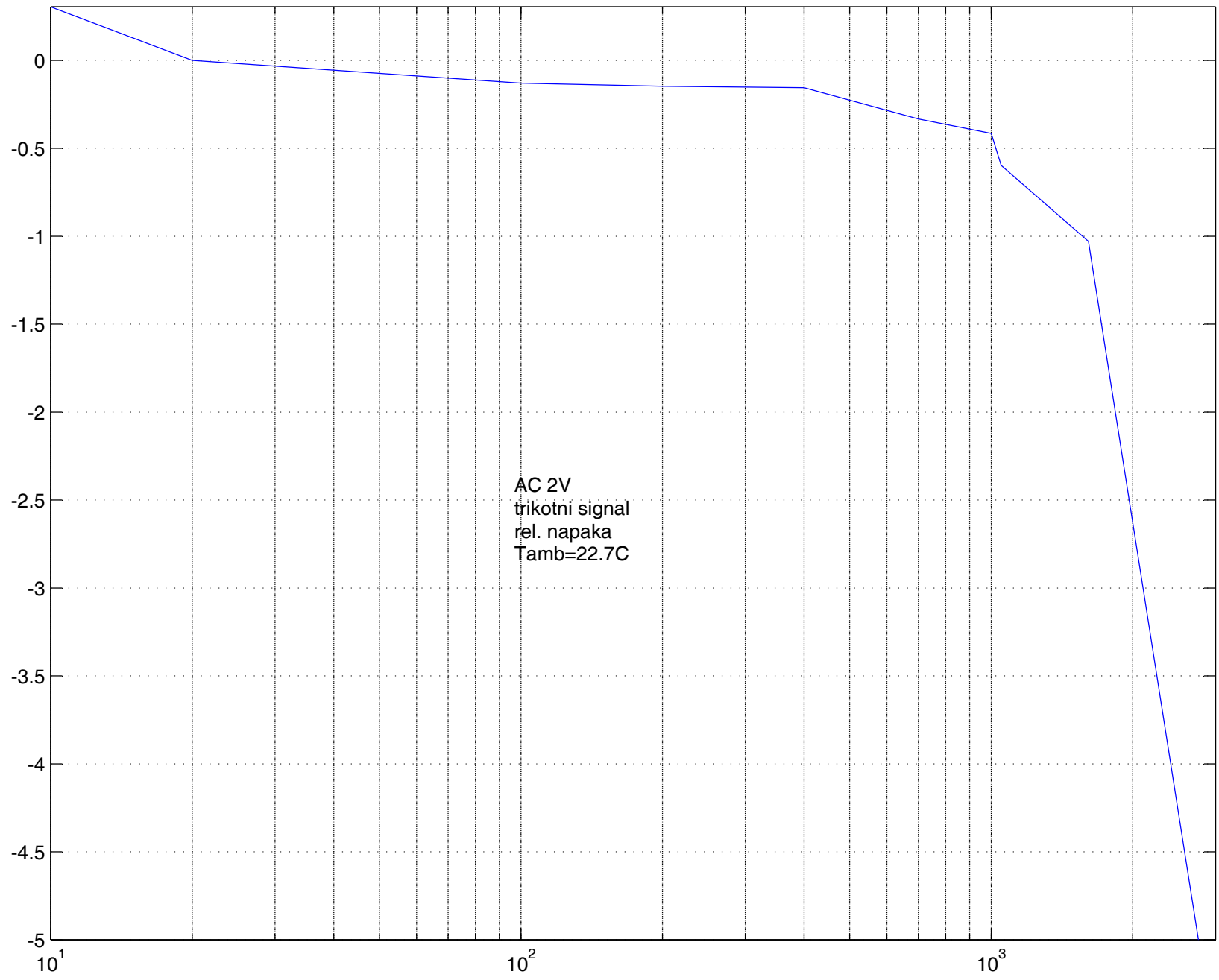


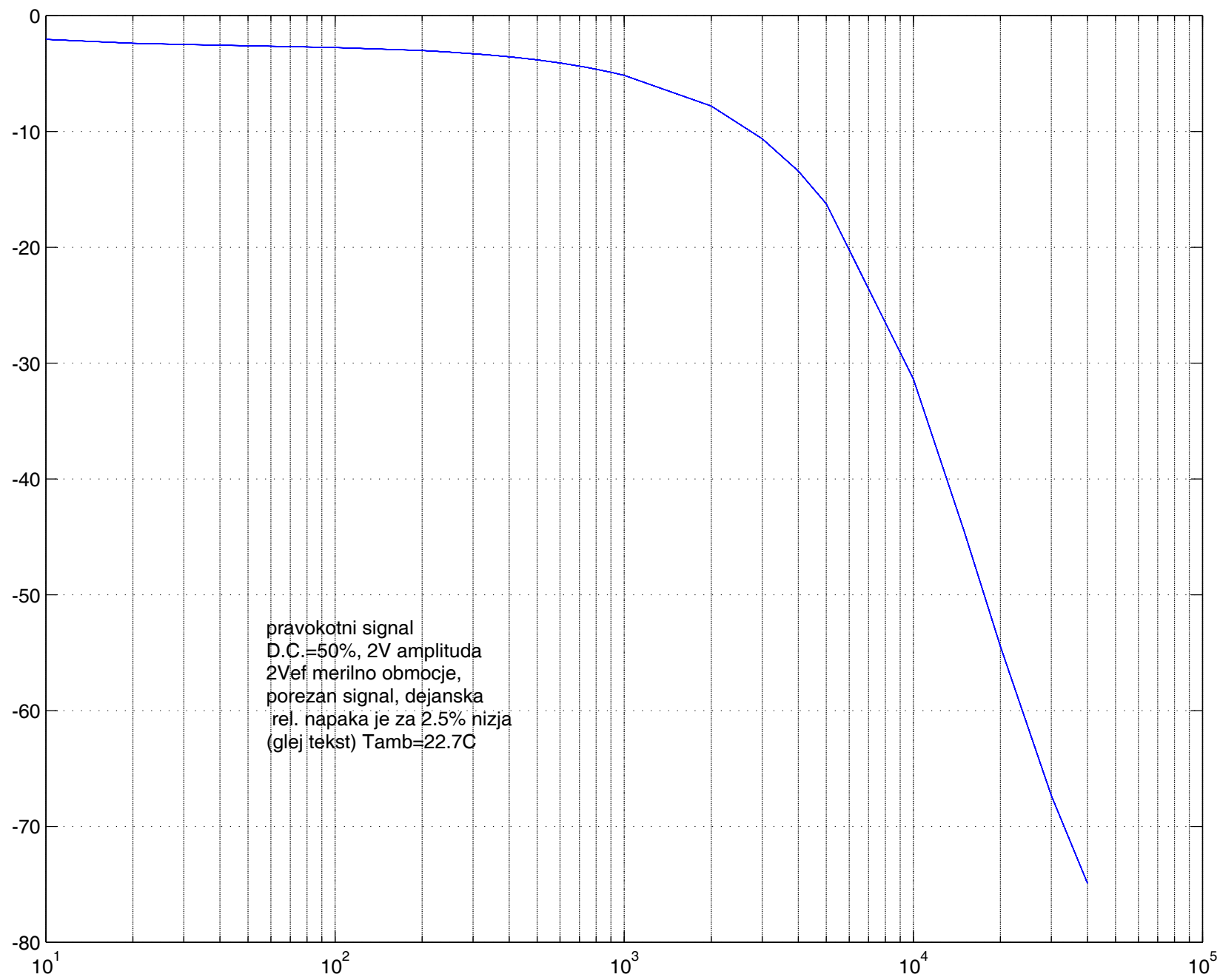


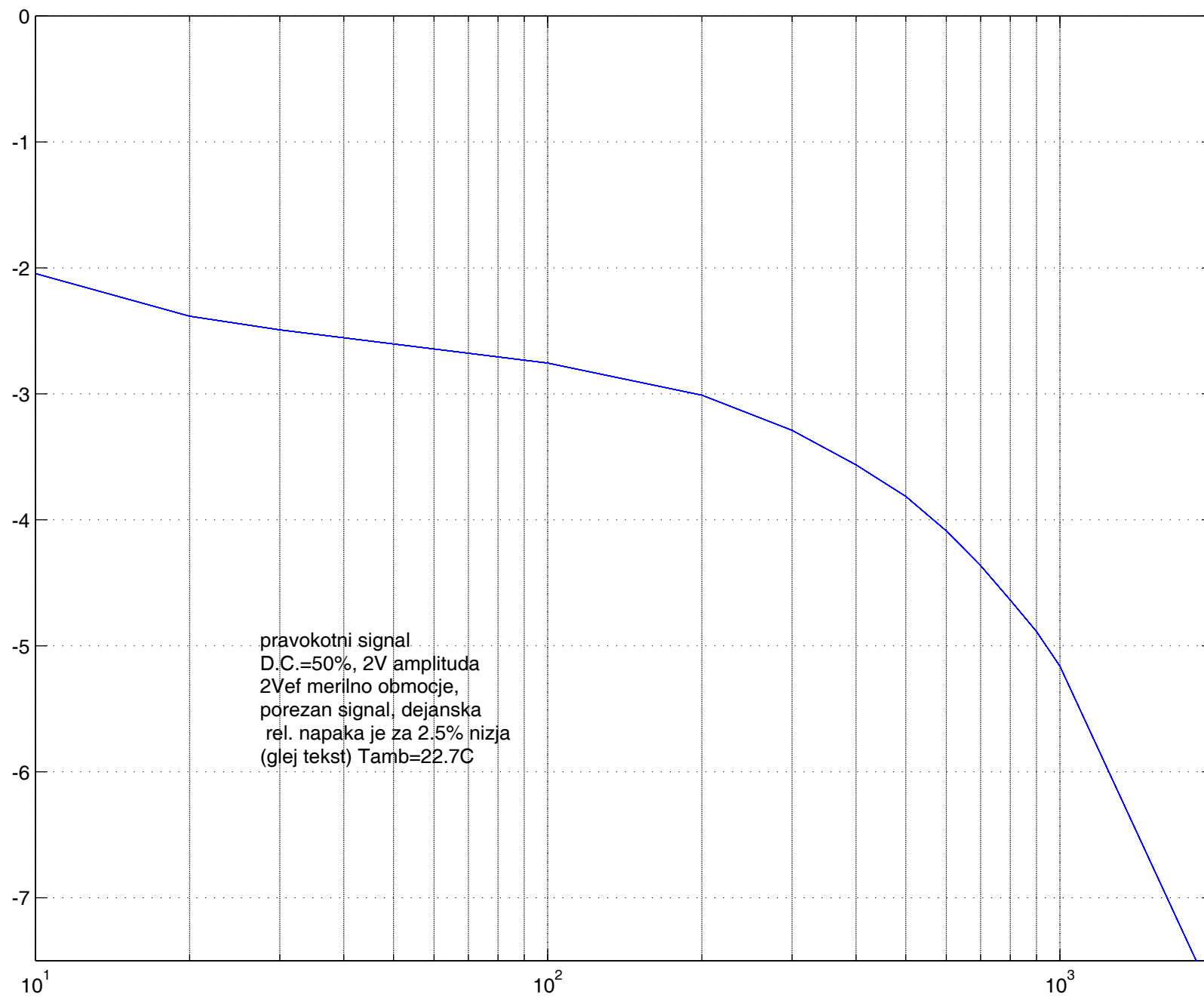


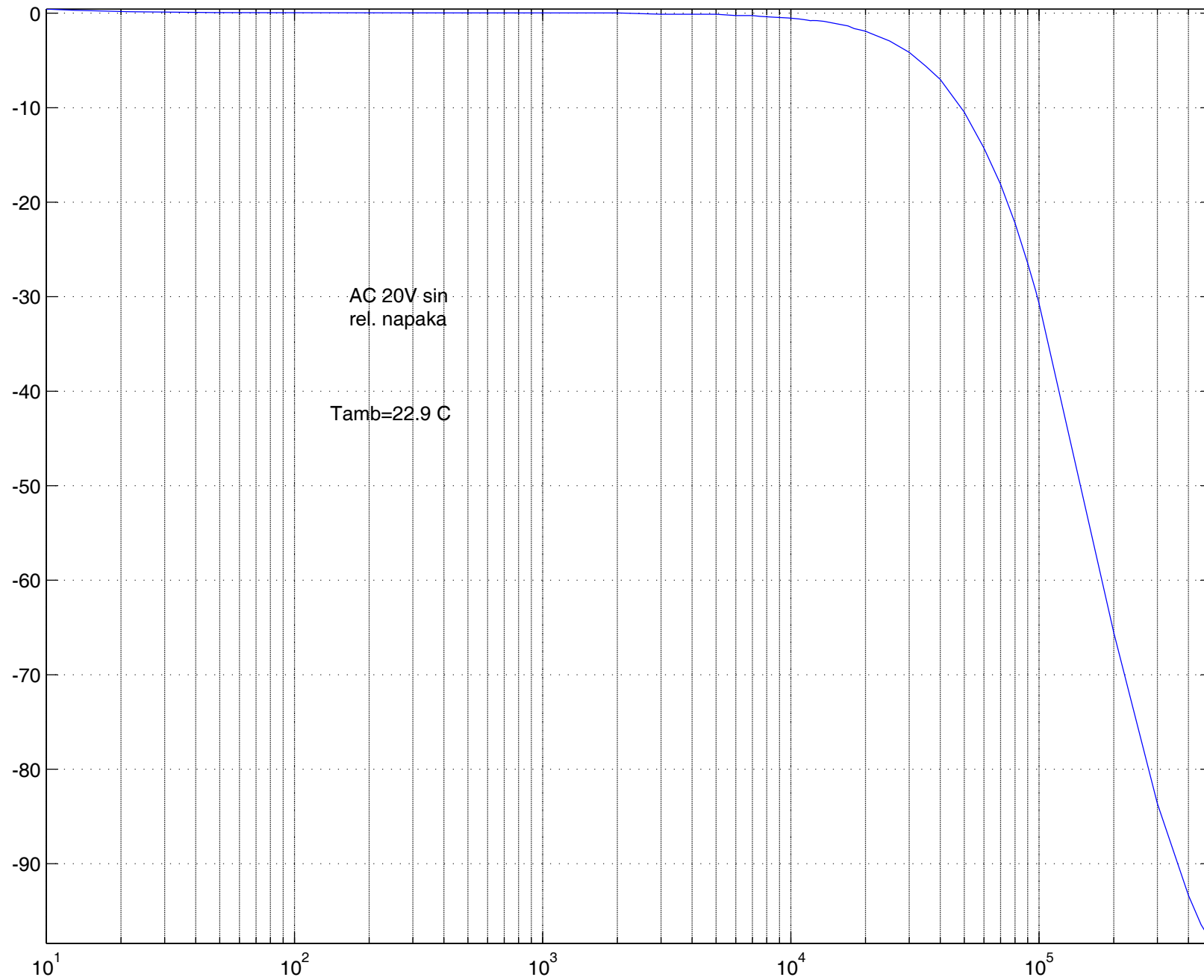


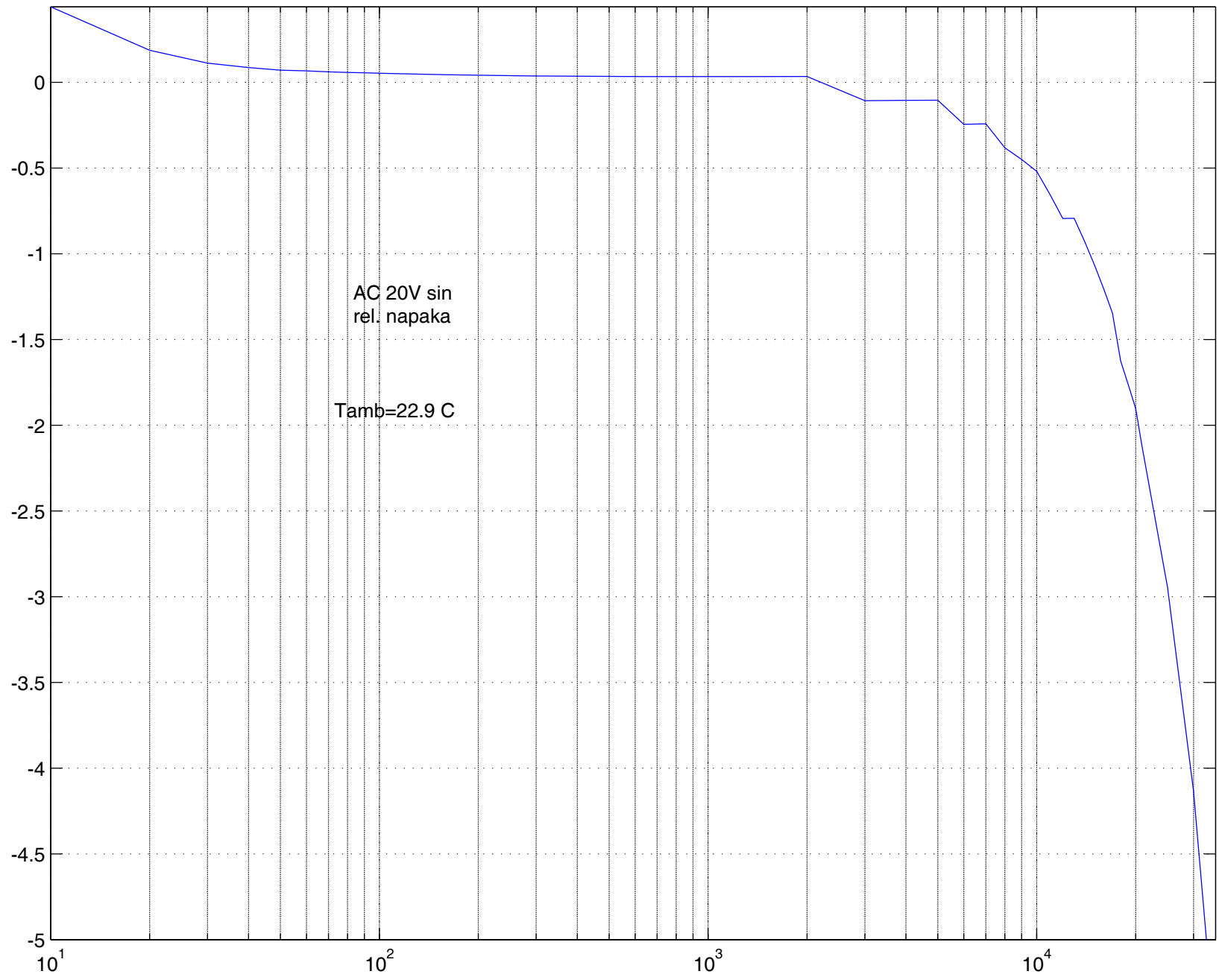


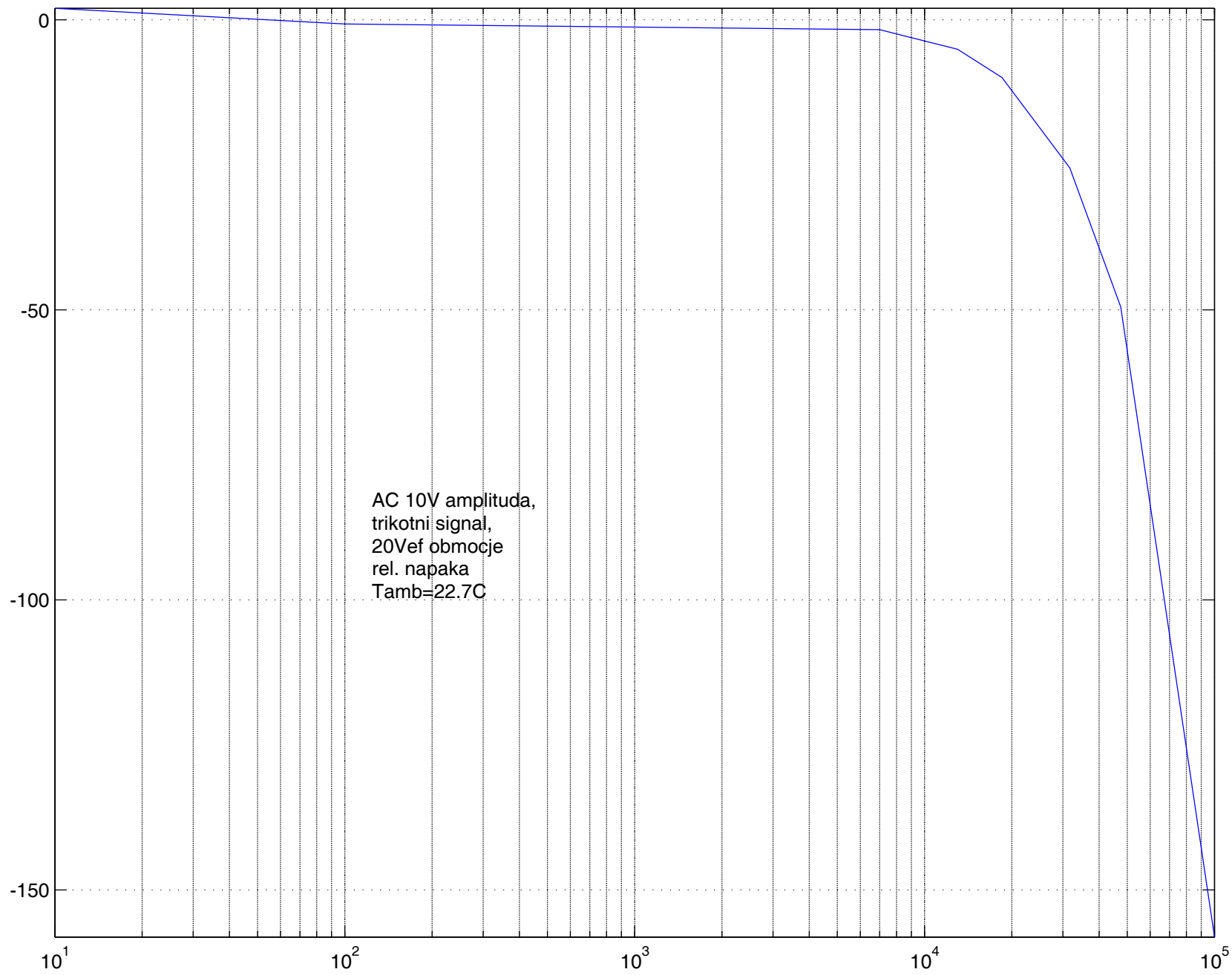


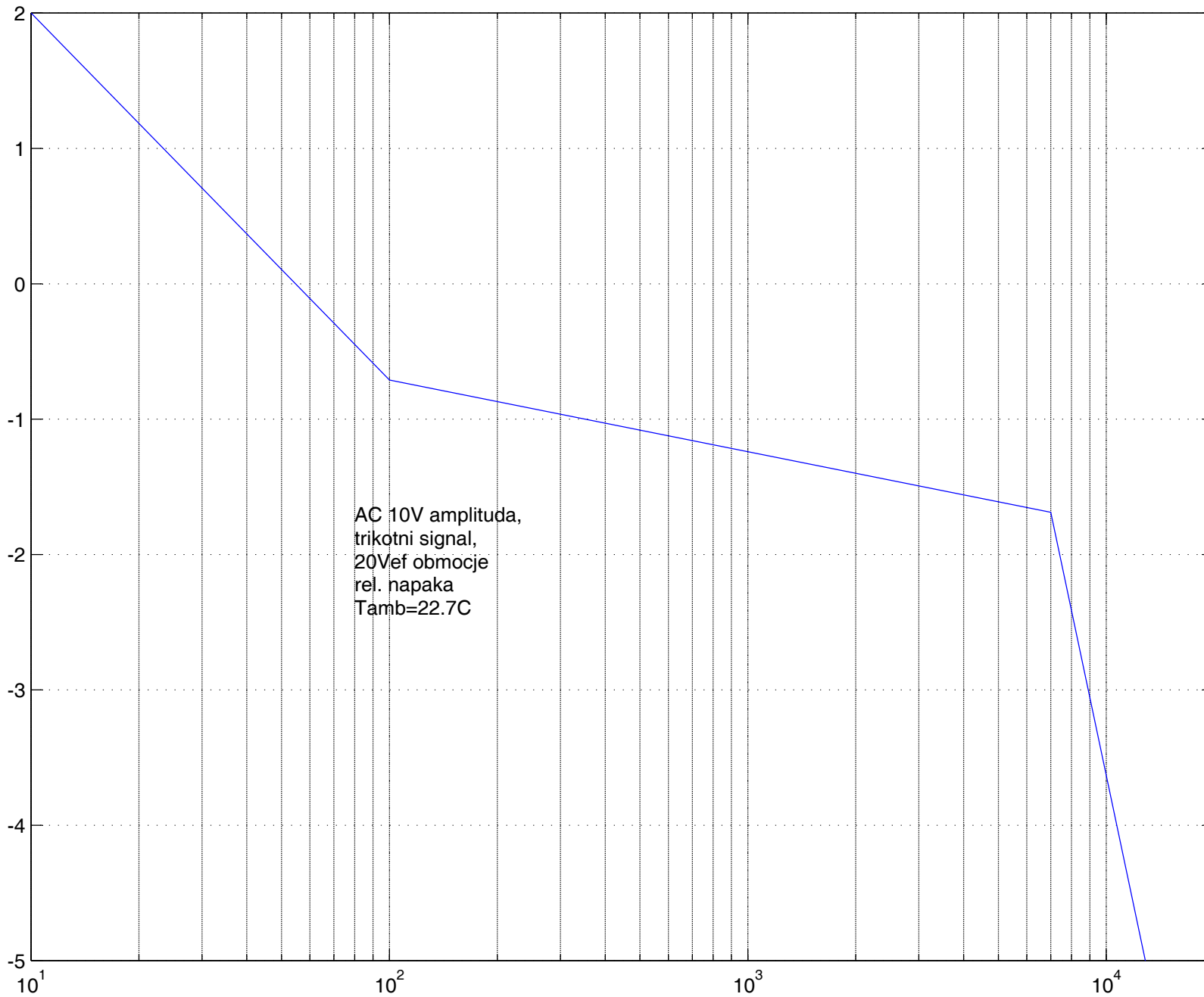


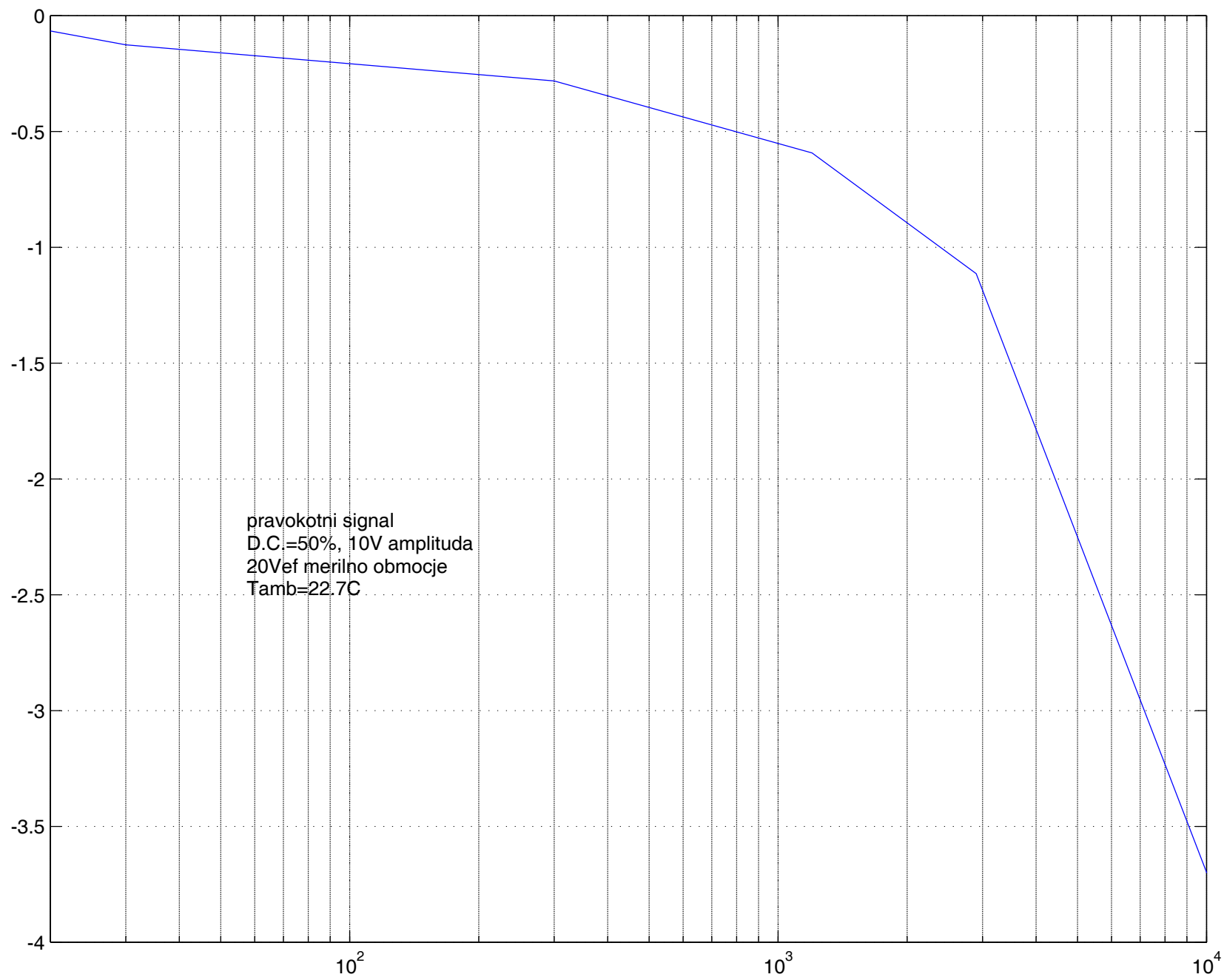


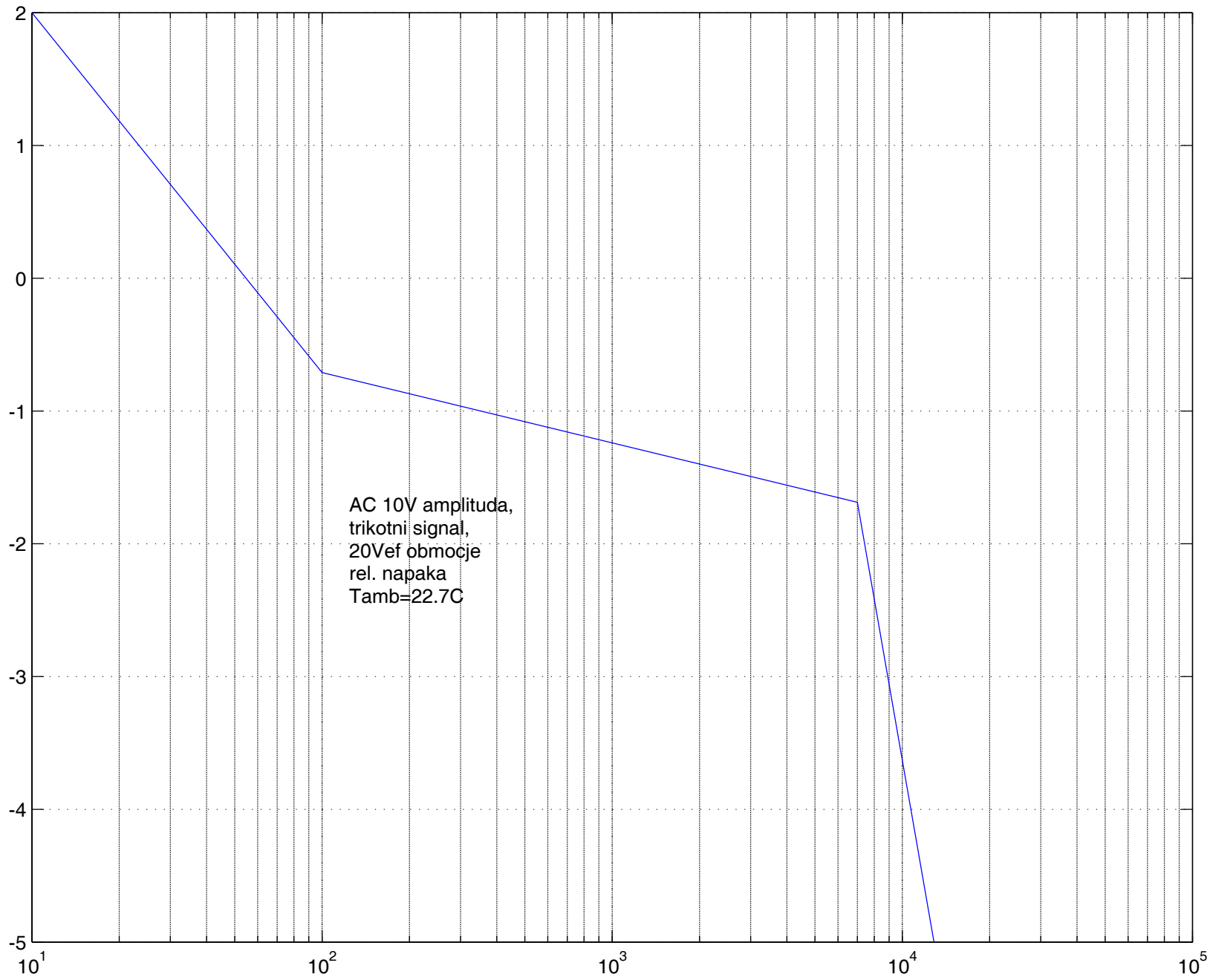


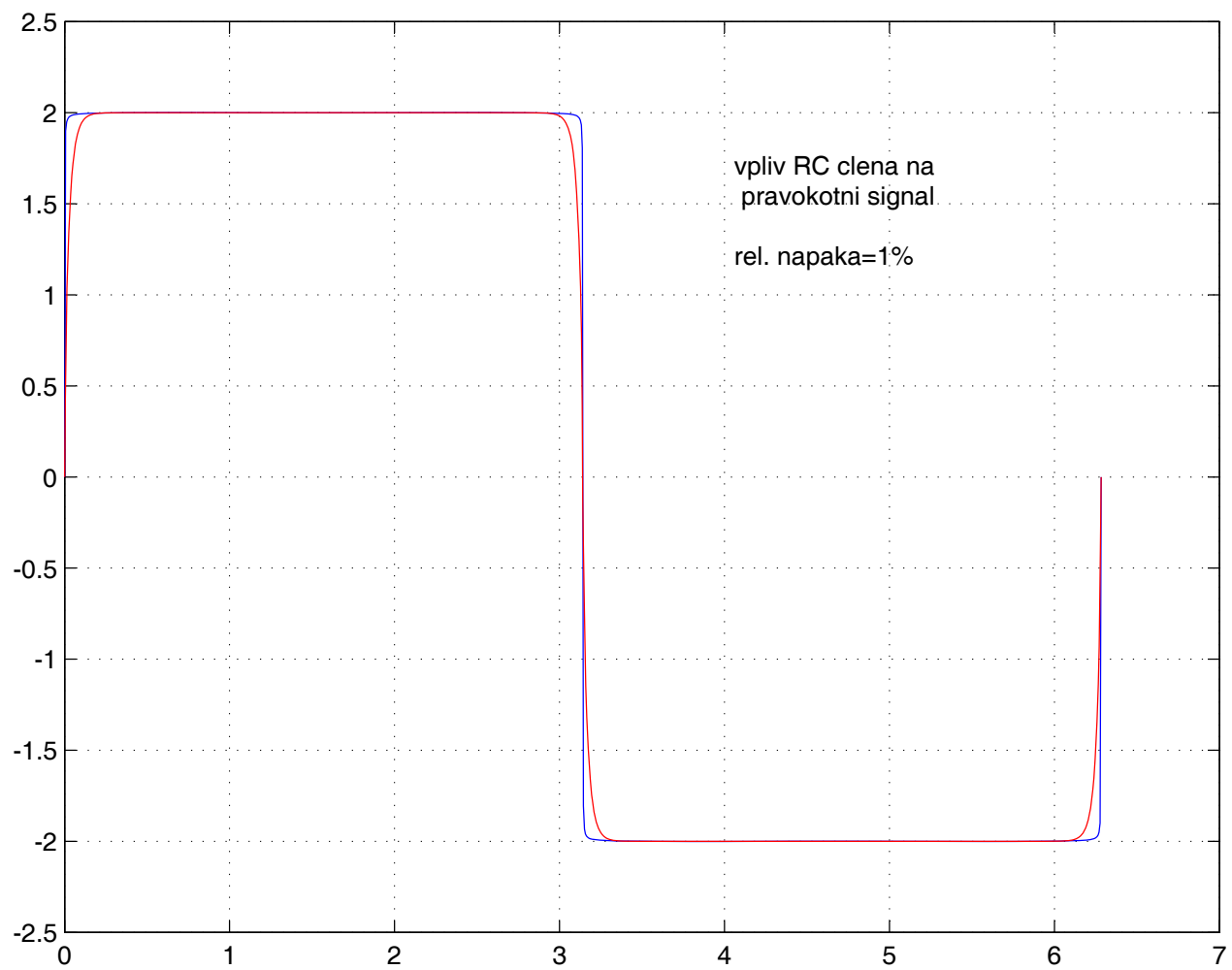


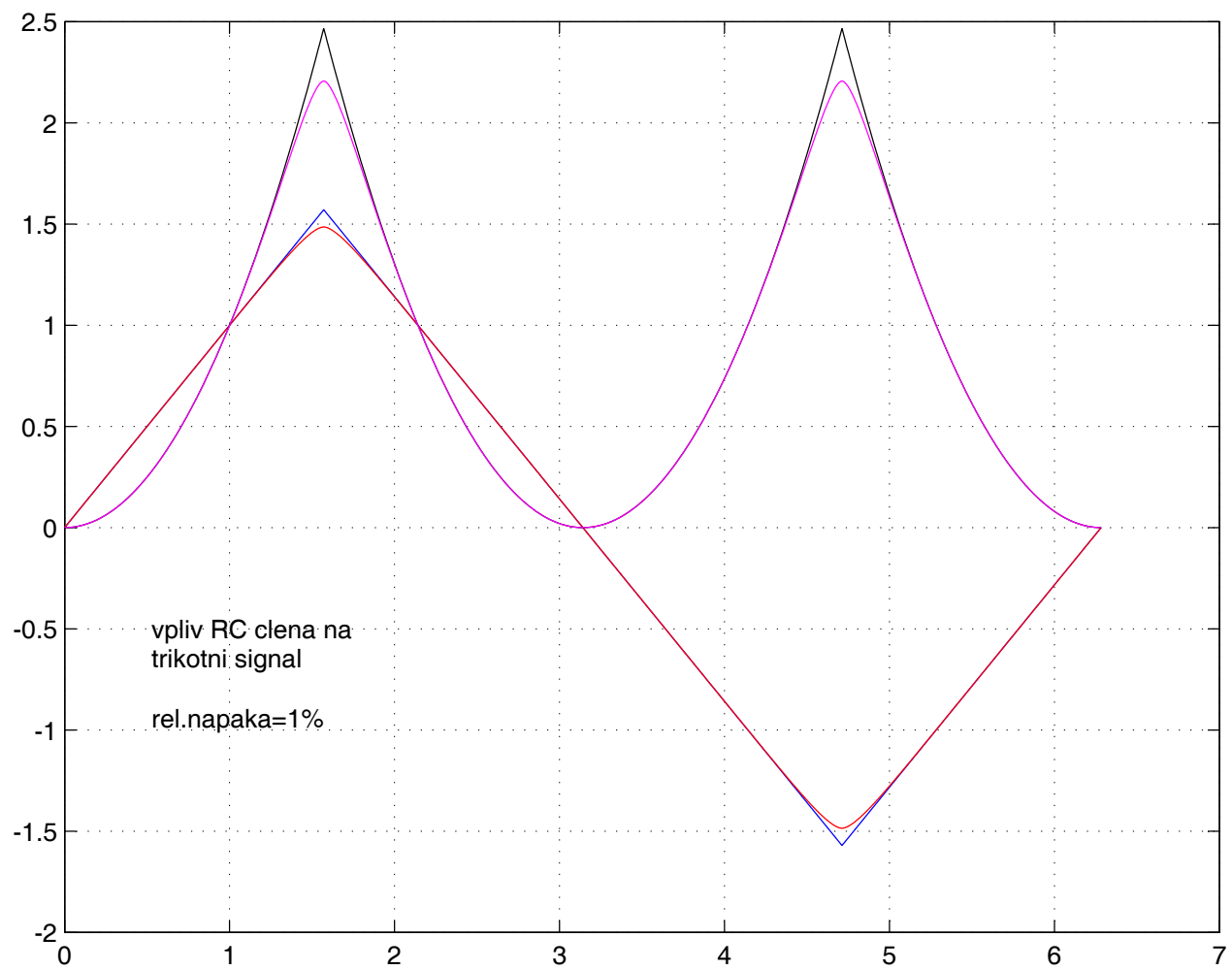












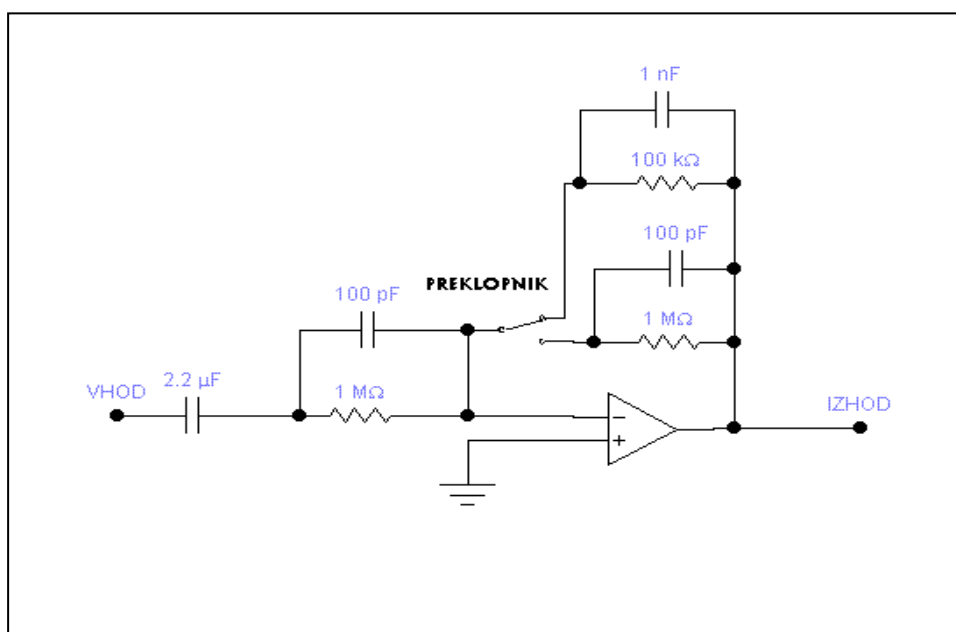
3 ZAKLJUČEK

3.1 Morebitne težave

Vse težave so razvidne iz samih meritev. Prva težava je vsekakor zgornja frekvenca 2V merilnega območja. 11.572kHz za -3dB je pač precej pod 40kHz. Vzrok so parazitne kapacitivnosti preklopnika in same tiskanine, k temu pa pripomore odprtozančno ojačanje CA3160, ki znaša pri tej frekvenci nekaj nad 50dB (40dB odprtozančnega ojačanja povzroča že 1% napake). Druga težava je, da ima sam ADP premalo decimalnih mest, da bi bolje/popolnoma izkoristil LTC1967 pri majhnih vhodnih signalih. Tretja težava so operacijski ojačevalniki, ki sem jih bil prisiljen uporabiti. Četrta težava so trimerji za fino nastavitve vhodnega atenuatorja, offseta vhodnega opa in referenčne napetosti za ADP (vprašanje stabilnosti nastavitve za daljše časovno obdobje). Peta težava pa je poraba (14mA!).

3.2 Sklepne ugotovitve

LTC1967 je sposoben meriti vhodne signale od 50mV do 200mV z natančnostjo 0.1% in do frekvence 40kHz z natančnostjo 0.2%. Zavedati se moramo, da je to statična napaka. Prednost LTC1967 pred drugimi podobnimi integriranimi vezji je v njegovi linearnosti 0.02% typ. za napetosti od 50mV do 350mV. Sistem, ki bi se neprestano sam kalibriral bi lahko dosegal natančnost pod 0.1%. Integrirano vezje torej ni izkoriščeno in zmore precej več. Kljub vsemu je za ceno elementov, ki znaša okoli 10kSit brez samega LTC1967 možno zgraditi preprost voltmeter, ki je sposoben meriti sinusne signale z natančnostjo med 0.5% in 1%. v sprejemljivem frekvenčnem pasu. Povsem druga zgodba je merjenje trikotnih in pravokotnih signalov. Tu je instrument »pognil«. Ko sem se odločal kakšno vhodno stopnjo bom izbral se žal nisem zavedal, da prinašajo že nogice DIL8 ohišja kakšnih 5pF kapacitivnosti. To pa po znani enačbi za mejno frekvenco z 1M Ω uporom pomeni -3dB pri okoli 32kHz. Jaz sem je nabral za okoli 14pF. To napako sem drago plačal. Rešitev je nova vhodna stopnja (slika 1. impedančni delilnik). Takšna vhodna stopnja zahteva opa, ki je sposoben poganjati rel. visoke kapacitivnosti (reda nF!), poleg tega mora biti stabilen za ojačanja manjša od 1. Na sliki 1. je



Slika 1

prikazana izvedba z ojačanjem 1 in 1/10. Vhodni 2.2 μ F kondenzator je namenjen blokiranju DC komponente merjenega signala. Če ga premostimo je vezje uporabno tudi za merjenje DC napetosti.

Kar se tiče porabe: vsak CA3160 porabi med 3 do 5 mA toka v mirovanju. Brez toka, ki teče skozi breme. V vezju so trije. ICL7106 porabi nekje med 1 in 1.8 mA. Skupno instrument porabi med delovanjem okoli 14 mA toka, kar je za baterijsko napajanje instrument odločno preveč. Pričakovana življenska doba 9V baterije je skromnih 42 ur.

3.3 Možnost nadgradnje

Ob boljšem ADP, opa, digitalni (periodični) kalibraciji ter pazljivemu načrtovanju tiskanine bi bilo možno zgraditi še natančnejši vendar dražji/kompleksnejši voltmeter. Vredno poizkusa.

3.4 Reference

Specifikacije za uporabljena integrirana vezja na priloženem CD-ju:

- LTC1967 datasheet
- CA3160
- ICL7106/7
- CD4030
- LM311
- LM385
- L4940
- ICL7660

Matlabova datoteka z tabelami meritev