



ELE-2201 Analogiatekniikka

Tentti 20.05.2011 / Jouko Heikkinen

Tenttijän oman ohjelmoitavan laskimen käyttö sallittu

1. Ovatko seuraavat väittämät oikein vai väärin? Mikäli väite on mielestäsi oikein, perustele lyhyesti miksi näin on. Mikäli väite on mielestäsi väärin, korjaa väite oikeaksi ja perustele tekemäsi korjaus lyhyesti. Oikeasta vastauksesta perusteluineen saa yhden pisteen, väärästä vastauksesta menettää yhden pisteen. Myös vastaamatta jääneestä kohdasta menettää yhden pisteen. Tehtävästä ei kuitenkaan kokonaisuudessaan voi saada miinus pisteitä (minimipistemäärä on 0). (12p)

- a) Komparaattorikytkentöjä analysoitaessa voidaan olettaa, että komparaattorin tuloterminaalien välinen jännite-ero on nolla.
- b) Yhteismuotoisten häiriöiden minimoimisen kannalta invertoiva kytkentä on parempi kuin ei-invertoiva kytkentä.
- c) Kokonaiskohinan minimoimisen kannalta vahvistinten kaskadikytkennässä on tärkeää, että ensimmäisen vahvistinasteen vahvistus pidetään mahdollisimman pienenä.
- d) Biasvirran vaikutuksesta operaatiovahvistimen lähtöjännite on 0V, kun tuloon syötetään nollajännite.
- e) Resisttiivinen takaisinkytkentä on vahvistinten yleinen epästabiilisuuden syy.
- f) Normaalia takaisinkytketystä järjestelmästä saadaan oskillaattori, mikäli jollain taajuudella silmukkavahvistus on yksi ja negatiiviseen takaisinkytkentään tulevan signaalin vaihesiirto on 180 astetta.
- g) PSRR kertoo kuinka paljon operaatiovahvistimen käyttöjännitteissä esiintyvistä häiriöistä näkyy operaatiovahvistimen lähdössä.
- h) ROC-menetelmässä verrataan avoimen silmukan vahvistuksen ja silmukkavahvistuksen käänteisarvon kuvaajien kulmakertoimia.
- i) Operaatiovahvistimen sisäinen kompensointi on eduksi kun operaatiovahvistinta käytetään komparaattorina.
- j) Negatiivinen takaisinkytkentä kasvattaa jännitetuloisen vahvistimen tuloimpedanssia.
- k) Takaisinkytketty suora kaskadikytkentä on sellaisenaan stabiili, koska kumpikin peräkkäin kytketyistä vahvistimista tuottaa napapisteen avoimen silmukan siirtofunktionsa.
- l) Virtatakaisinkytketyssä vahvistimessa suljetun silmukan vahvistusta kasvatettaessa silmukkavahvistus ei muutu, jos takaisinkytkentähaaran resistanssi pidetään vakiona.

2. Suunnittele ja mitoitte seuraavat kytkennät käyttäen enintään yhtä operaatiovahvistinta. Kytkentöjen tulee olla realistisia. (3p)

- a) $v_o = 3v_i$
- b) $i_o = kv_i$, missä $k = 0,3 \text{ mA/V}$
- c) $v_o = -3v_{i1} - 2v_{i2}$

3. Suunnittele kytkentä joka tarkkailee yksipuoleisen käyttöjännitteen (nimellisarvo $V_{CC} = 5 \text{ V}$) suuruutta. Kytkennän tulee sytyttää valo LED:iin ($I_F \approx 3 \text{ mA}$, $V_F \approx 2 \text{ V}$), mikäli käyttöjännite on $\pm 5\%$ sisällä nimellisarvossaan. LED:in tulee sammua, mikäli käyttöjännite ajautuu tämän alueen ulkopuolelle. Käytössäsi on lisäksi OC-komparaattoreita, passiivikomponentteja, transistori (DC-virtavahvistus = 10) sekä 1,25V jännitereferenssi, joka vaatii toimiakseen noin 1,5mA virran. Perustele tekemäsi valinnat ja mitoitus. (6p)



ELE-2201 Analogiitekniikka

Tentti 20.05.2011 / Jouko Heikkinen

Tenttijän oman ohjelmoitavan laskimen käyttö sallittu

4. Operaatiovahvistimen avoimen silmukan vahvistus nolldataajuudella on 10^5 ja avoimen silmukan vahvistuksen lauseke sisältää napapisteet taajuuksilla 10 Hz ja 1 MHz. Takaisinkytkemättömän vahvistimen lähtöimpedanssi taajuudella 1 kHz on 10Ω . Operaatiovahvistimen tulossa näkyvän, taajuustasossa tasaisesti jakautuneen jännitekohinan kohinatiheys on $2 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$. (6p)
- a) Piirrä tätä operaatiovahvistinta käyttäen suunnittelemasi takaisinkytketyn vahvistimen ($A=10$) Bode-piirros ja selvitä piirroksen perusteella vahvistimen vaihevara, kaistanleveys, silmukavahvistus taajuudella 100 Hz sekä lähtöimpedanssi taajuudella 1 kHz.
- b) Kuinka suuri kohinajännite näkyy tätä operaatiovahvistinta käyttäen suunnittelemasi takaisinkytketyn vahvistimen ($A=100$) lähdössä vahvistimen -3 dB kaistalla? Huomioi myös vahvistimen amplitudivasteen äärellinen jyrkkyys. Muita kohinalähteitä kuin tulon jännitekohina ei tarvitse huomioida.
5. Suunnittele ja mitoittoisen asteen alipäästösuodatin, jonka rajataajuus on 1,5 kHz. Tee suunnittelu ja mitoitus käyttäen Sallen-Key -lohkoa ja samansuuruisia komponentteja, eli $R_1 = R_2 = R$ ja $C_1 = C_2 = C$ (lähde liikkeelle alla annetuista yhtälöistä). Suotimen Q -arvon tulee olla 2. Miljoonalaatikostasi löytyvät kondensaattorit 6,8 nF, 8,2 nF, 10 nF, 12 nF, 15 nF ja vastukset 10 k Ω , 12 k Ω , 13 k Ω , 15 k Ω , 18 k Ω . Perustele tekemäsi komponenttivalinnat. (3p)



----- Tehtävien ratkaisun avuksi -----

N	1	2	3	4	5
NEB	1,57	1,11	1,05	1,03	1,02

$$H(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{K}{R_1 C_1 R_2 C_2 s^2 + [(1-K)R_1 C_1 + R_1 C_2 + R_2 C_2]s + 1}$$

$$T_{LP} = \frac{\omega_0^2}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q}s + \omega_0^2}$$

$$H_{0LP} = K \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}} \quad Q = \frac{1}{(1-K)\sqrt{R_1 C_1 / R_2 C_2} + \sqrt{R_1 C_2 / R_2 C_1} + \sqrt{R_2 C_2 / R_1 C_1}}$$