



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) Siirtofunktiossa esiintyvä nolla aiheuttaa navan jälkeisillä taajuuksilla amplitudivasteen kasvun 20 dB/dekadi.
  - b) PSRR kertoo kuinka paljon operaatiovahvistimen käyttöjännitteissä esiintyvistä häiriöistä näkyy operaatiovahvistimen tulossa.
  - c) Negatiivinen takaisinkytkentä kasvattaa jännitetuloisen vahvistimen tuloimpedanssia.
  - d) Reaalisen operaatiovahvistimen äärellinen Slew-rate eli lähtöjännitteen suurin mahdollinen muutosnopeus aiheutuu vahvistimen lähtöasteen äärellisestä biasvirrasta.
  - e) Ensimmäisen asteen suodatinta voidaan määrittellä kahden parametrin, rajataajuuden  $\omega_0$  ja hyvyysluvun  $Q$  avulla.
  - f) Open collector -tyyppisen komparaattorin lähdöstä puuttuu ylöspäin ohjaava transistori, joten kytkentään tarvitaan ulkoinen ylös vetotransistori.
  - g) Virtatakaisinkytketyn vahvistimen kaistanleveys on lähes riippumaton vahvistuksesta.
  - h) Komparaattorikytkentöjä analysoidessa voidaan olettaa, että komparaattorin tuloterminaalien välinen jännite-ero on nolla.
  - i) Operaatiovahvistimen kohina mallinnetaan keskenään korreloimattomilla kahdella jännitekohinalähteellä ja yhdellä virtakohinalähteellä.
  - j) Takaisinkytketty suora kaskadikytkentä on sellaisenaan stabiili, koska kumpikin peräkkäin kytketyistä vahvistimista tuottaa napapisteen avoimen silmukan siirtofunktiionsa.
  - k) Yhteismuotoisten häiriöiden minimoimisen kannalta invertoiva kytkentä on parempi kuin ei-invertoiva kytkentä.
  - l) Astabiili multivibraattori voidaan rakentaa invertoivasta Schmitt-triggerikytkennästä tekemällä takaisinkytkentä lähdöstä tuloon vastuksen ja kondensaattorin avulla.
2. Suunnittele ja mitoita seuraavat kytkennät käyttäen enintään yhtä operaatiovahvistinta. Kytkentöjen tulee olla realistisia. Käytä miljoonalaatikosta löytyviä komponentteja. (3p)
  - a)  $v_o = -2v_{i1} - 5v_{i2}$
  - b)  $v_o = AI_1$ , missä  $A = 3 \text{ V/mA}$
  - c)  $v_o = 1,5v_i$
3. Takaisinkytketty vahvistin ( $A=10$ ) on suunniteltu käyttäen operaatiovahvistinta OPA134PA, jonka datalehdessä löytyvät kaksi kuvaajaa ohessa. Lisäksi takaisinkytkemättömän vahvistimen lähtöimpedanssi taajuudella 10 kHz on  $10 \Omega$ . (3p)
  - a) Selvitä ROC-menetelmän avulla vahvistimen vaihevara, kaistanleveys, silmukavahvistus taajuudella 100 Hz sekä lähtöimpedanssi taajuudella 10 kHz.
  - b) Takaisinkytketyn vahvistimen positiivisessa käyttöjännitteessä on amplitudiltaan 100 mV ja taajuudeltaan 100 Hz oleva rippeli. Minkä suuruisena tämä näkyy lähdössä?



## ELE-2201 Analogiatekniikka

Tentti 15.05.2012 / Jouko Heikkinen

Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta

4. Suunnittele kytkentä, joka kytkee valaisimen päälle pimeinä iltoina. Valaisimen lampussa on merkintä 12 V/25 W. Valotehon mittaukseen on käytettävissä valovastus, jonka resistanssi on päivänvalossa noin 500 Ω ja pimeässä noin 1,5 MΩ. Kytkentäkohdan tulee olla säädettävissä valovastuksen resistanssiarvojen 100 kΩ-200 kΩ välillä. Kytkennän tulee toimia yksipuoleisella 12 V jännitteellä. Komponenttiarvot voit valita vapaasti (perustele kuitenkin tekemäsi valinnat). (6p)
5. Mittaussignaalin kaistanleveyttä rajoitetaan aktiivisella toisen asteen alipäästösuotimella, jonka vahvistus päästökaistalla on 6 dB ja rajataajuus 10 kHz. Suotimen päästökaistalla sijaitsevan sinimuotoisen hyötysignaalin amplitudi vaihtelee välillä 10 mV – 50 mV. (6p)
- a) Olettaen, että kytkennän kohina aiheutuu kokonaan aktiivikomponentin jännitekohinasta, kuinka suuri suotimen toteutuksessa käytetyn operaatiovahvistimen jännitekohinatiheys saa korkeintaan olla, jotta suotimen lähtösignaalin SNR on vähintään 80 dB?
- b) Suunnittele ja mitoitte kyseinen suodin käyttäen Sallen-Key -lohkoa ja samansuuruisia komponentteja, eli  $R_1 = R_2 = R$  ja  $C_1 = C_2 = C$ . Lähde liikkeelle alla annetuista yhtälöistä ja käytä miljoonalaatikosta löytyviä komponentteja. Kuinka suuri on suunnittelemasi suotimen  $Q$ -arvo?

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

Miljoonalaatikko:	33 pF/390 pF/1,5 nF/2,2 nF/6,8 nF/8,2 nF/10 nF/12 nF/15 nF/68 nF/120 nF
	1 kΩ/1,33 kΩ/1,58 kΩ/2 kΩ/3 kΩ/4,02 kΩ/10 kΩ/20 kΩ/47,5 kΩ/100 kΩ

<b>N</b>	1	2	3	4	5
<b>NEB</b>	1,57f <sub>0</sub>	1,11f <sub>0</sub>	1,05f <sub>0</sub>	1,03f <sub>0</sub>	1,02f <sub>0</sub>

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

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

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

