



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) Tyypillisen operaatiovahvistimen lähtöjännite on 0 V, kun tulojännite on 0 V.
  - b) Takaisinkytketty suora kaskadikytkentä on sellaisenaan stabiili, koska kumpikin peräkkäin kytketyistä vahvistimista tuottaa napapisteen avoimen silmukan siirtofunktiionsa.
  - c) Yhteismuotoisten häiriöiden minimoimisen kannalta invertoiva kytkentä on parempi kuin ei-invertoiva kytkentä.
  - d) Operaatiovahvistimen kohina mallinetaan keskenään korreloimattomilla kahdella virtakohinalähteellä ja yhdellä jännitekohinalähteellä.
  - e) Aktiivisuotimien tyypillinen käyttöalue on suhteellisen korkeilla taajuuksilla ( $> 1$  MHz).
  - f) Negatiivinen takaisinkytkentä kasvattaa jännitevahvistimen tuloimpedanssia.
  - g) Resisttiivinen takaisinkytkentä on vahvistinten yleinen epästabiilisuuden syy.
  - h) Siirtofunktiossa esiintyvä napa aiheuttaa navan jälkeisillä taajuuksilla amplitudivasteen kasvun 20 dB/dekadi.
  - i) Open collector -tyyppisen komparaattorin lähdöstä puuttuu ylöspäin ohjaava transistori, joten kytkentään tarvitaan ulkoinen ylösvetovastus.
  - j) Virtatakaisinkytketyn vahvistimen kaistanleveys on lähes riippumaton vahvistuksesta.
  - k) Komparaattorikytkentöjä analysoitaessa voidaan olettaa, että komparaattorin invertoivan tulon jännite seuraa ei-invertoivan tulon jännitettä.
  - l) PSRR kertoo kuinka paljon operaatiovahvistimen käyttöjännitteissä esiintyvät häiriöt näkyvät operaatiovahvistimen tulossa.
2. Suunnittele ja mitoita seuraavat kytkennät käyttäen yhtä operaatiovahvistinta. Kytkentöjen tulee olla realistisia. Käytä miljoonalaatikosta löytyviä komponentteja. (3p)
  - a)  $v_o = -(3v_{I1} + v_{I2})$
  - b)  $i_o = kv_I$ , missä  $k = 0,5 \text{ mA/V}$
  - c)  $v_o = v_I$  kun  $v_I > 0$  ja  $v_o = 0$  kun  $v_I \leq 0$
3. Suunnittele yhdellä LED-ilmaisimella varustettu kytkentä joka tarkkailee yksipuoleisen käyttöjännitteen (nimellisarvoltaan  $V_{CC} = 12 \text{ V}$ ) suuruutta. Kytkennän tulee sytyttää valo LED:iin ( $I_F \approx 10 \text{ mA}$ ,  $V_F \approx 2 \text{ V}$ ), mikäli käyttöjännite muuttuu enemmän kuin  $\pm 12,5\%$  nimellisarvostaan (muulloin LED:in tulee olla sammuneena). Käytössäsi on lisäksi OC-komparaattoreita, passiivikomponentteja, transistoreja (DC-virtavahvistus = 10) sekä 2,5 V jännitereferenssi, joka vaatii toimiakseen noin 2 mA virran. Komponenttiarvot voit valita vapaasti (perustele kuitenkin tekemäsi valinnat). (6p)





4. Takaisinkytketty vahvistin ( $A=100$ ) on suunniteltu käyttäen operaatiovahvistinta OPA134PA, jonka datalehdessä löytyvät kaksi kuvaajaa ohessa. Lisäksi takaisinkytkemättömän vahvistimen lähtöimpedanssi taajuudella 1kHz on  $10\Omega$ . (3p)
- a) Selvitä ROC-menetelmän avulla vahvistimen vaihevara, kaistanleveys, silmukkavahvistus taajuudella 100Hz sekä lähtöimpedanssi taajuudella 1kHz.
- b) Takaisinkytketyn vahvistimen positiivisessa käyttöjännitteessä on amplitudiltaan 100mV ja taajuudeltaan 100Hz oleva rippeli. Minkä suuruisena tämä näkyy lähdössä?
5. Mittaussignaalin kaistanleveyttä rajoitetaan aktiivisella toisen asteen Sallen-Key alipäästösuotimella, jonka  $Q=1/\sqrt{2}$  ja rajataajuus 10 kHz. Suotimen päästökaistalla sijaitsevan sinimuotoisen hyötysignaalin amplitudi vaihtelee välillä 10 mV – 50 mV. (6p)
- a) Suunnittele ja mitoitte kyseinen suodin käyttäen samansuuruisia komponentteja, eli  $R_1 = R_2 = R$  ja  $C_1 = C_2 = C$ . Lähde liikkeelle alla annetuista yhtälöistä ja käytä miljoonalaatikosta löytyviä komponentteja.
- b) Olettaen, että kytkenän kohina aiheutuu kokonaan aktiivikomponentin jännitekohinasta, kuinka suuri suotimen toteutuksessa käytetyn operaatiovahvistimen jännitekohinatiheys saa korkeintaan olla, jotta suotimen lähtösignaalin SNR on vähintään 90 dB?

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

Miljoonalaatikko:	33 pF/390 pF/1,2 nF/2,2 nF/6,8 nF/8,2 nF/10 nF/12 nF/15 nF/68 nF/120 nF
	1 k $\Omega$ /1,33 k $\Omega$ /2 k $\Omega$ /2,8 k $\Omega$ /4,7 k $\Omega$ /5,9 k $\Omega$ /10 k $\Omega$ /20 k $\Omega$ /24,3 k $\Omega$ /30 k $\Omega$ /41,2 k $\Omega$ /100 k $\Omega$

N	1	2	3	4	5
NEB	$1,57f_0$	$1,11f_0$	$1,05f_0$	$1,03f_0$	$1,02f_0$

$$H(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{K}{R_1 C_1 R_2 C_2 s^2 + [(1-K)R_1 C_1 + R_1 C_2 + R_2 C_2]s + 1} \quad T_{LP} = \frac{\omega_0^2}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q}s + \omega_0^2}$$

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

