



Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta. Tätä paperia ei tarvitse palauttaa. Muistathan antaa palautetta Kaiku-järjestelmän kautta saadaksesi opintosuorituksen.

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 miinuspisteitä (minimipistemäärä on 0). (12p)
  - a) Normaalia takaisinkytketystä järjestelmästä saadaan oskillaattori, mikäli jollain taajuudella silmukkavahvistus on yksi ja negatiiviseen takaisinkytkentään tulevan signaalin vaihesiirto on 180 astetta.
  - b) Kaskadivahvistimen kaistanleveys on huomattavasti yksittäistä vahvistinta suurempi, kun suljetun silmukan vahvistus on suuri.
  - c) Operaatiovahvistimen sisäinen kompensointi on haitaksi, kun operaatiovahvistinta käytetään komparaattorina.
  - d) Yhteismuotoisten häiriöiden minimoimisen kannalta invertoiva kytkentä on parempi kuin ei-invertoiva kytkentä.
  - e) Operaatiovahvistimen kohina mallinnetaan keskenään korreloimattomilla kahdella virtakohinalähteellä ja yhdellä jännitekohinalähteellä.
  - f) Siirtofunktiossa esiintyvä nolla aiheuttaa navan jälkeisillä taajuuksilla amplitudivasteen kasvun 20 dB/dekadi.
  - g) Bistabiili multivibraattori voidaan rakentaa invertoivasta Schmitt-triggerikytkennästä tekemällä takaisinkytkentä lähdöstä tuloon vastuksen ja kondensaattorin avulla.
  - h) Open collector -tyyppisen komparaattorin lähdöstä puuttuu ylöspäin ohjaava transistori, joten kytkentään tarvitaan ulkoinen ylösvetotransistori.
  - i) PSRR kertoo, kuinka paljon operaatiovahvistimen käyttöjännitteissä esiintyvistä häiriöistä näkyy operaatiovahvistimen lähdössä.
  - j) Negatiivinen takaisinkytkentä kasvattaa jännitevahvistimen lähtöimpedanssia.
  - k) Jännitetakaisinkytketyn vahvistimen kaistanleveys ei riipu vahvistuksesta.
  - l) Vahvistimen Slew-rate kuvaa tulojännitteen suurinta sallittua muutosnopeutta.
2. Suunnittele ja mitoita seuraavat kytkennät käyttäen yhtä operaatiovahvistinta. Kytkentöjen tulee olla realistisia. Käytä miljoonalaatikosta löytyviä komponentteja. (3p)
  - a)  $v_o = AI_I$ , missä  $A = 3 \text{ V/mA}$
  - b)  $v_o = -(3v_{I1} + v_{I2})$
  - c)  $v_o = v_I$  kun  $v_I > 0$  ja  $v_o = 0$  kun  $v_I \leq 0$
3. Suunnittele kytkentä, joka kytkee valaisimen päälle pimeinä iltoina. Valaisimen lampussa on merkintä 12 V/60 W. Valotehon mittaukseen on käytettävissä valovastus, jonka resistanssi on päivänvalossa noin  $500 \Omega$  ja pimeässä noin  $1,5 \text{ M}\Omega$ . Kytkentäkohdan tulee olla säädettävissä valovastuksen resistanssiarvojen  $100 \text{ k}\Omega$  -  $200 \text{ k}\Omega$  välillä. Kytkennän tulee toimia yksipuoleisella 12 V jännitteellä. Komponenttiarvot voit valita vapaasti (perustele kuitenkin tekemäsi valinnat). (6p)

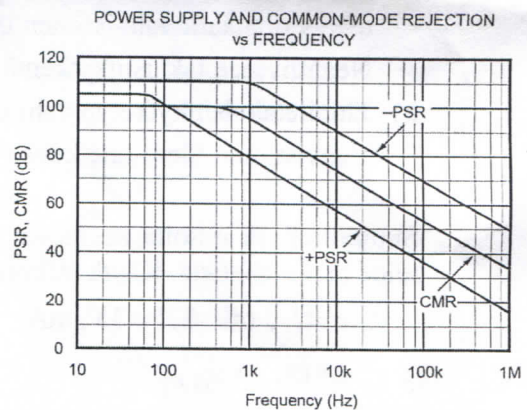
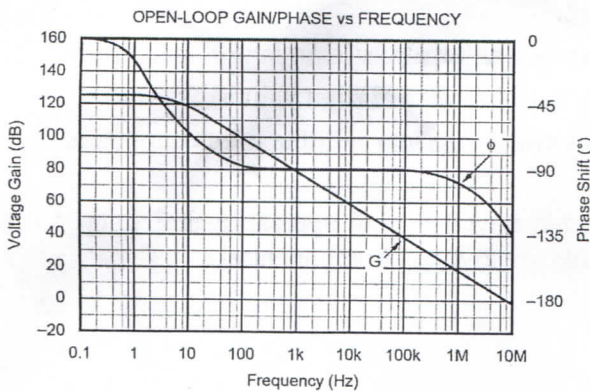


Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta. Tätä paperia ei tarvitse palauttaa. Muistathan antaa palautetta Kaiku-järjestelmän kautta saadaksesi opintosuorituksen.

4. Takaisinkytketty vahvistin ( $A=10$ ) on suunniteltu käyttäen operaatiovahvistinta OPA134PA, jonka datalehdeltä poimitut kaksi kuvaajaa on esitetty alla. Lisäksi takaisinkytkemättömän vahvistimen lähtöimpedanssi taajuudella 10 kHz on  $10\Omega$ . (3p)
  - a) Selvitä ROC-menetelmän avulla takaisinkytketyn vahvistimen vaihevara, kaistanleveys, silmukkavahvistus taajuudella 1 kHz sekä lähtöimpedanssi taajuudella 10 kHz.
  - b) Takaisinkytketyn vahvistimen positiivisessa käyttöjännitteessä on amplitudiltaan 10 mV ja taajuudeltaan 100 Hz oleva rippeli. Minkä suuruisena tämä näkyy lähdessä?
  
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/1,2 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/3 kΩ/4,7 kΩ/10 kΩ/14 kΩ/15 kΩ/16,2 kΩ/20 kΩ/24,3 kΩ/30 kΩ/56 kΩ



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

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

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

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