

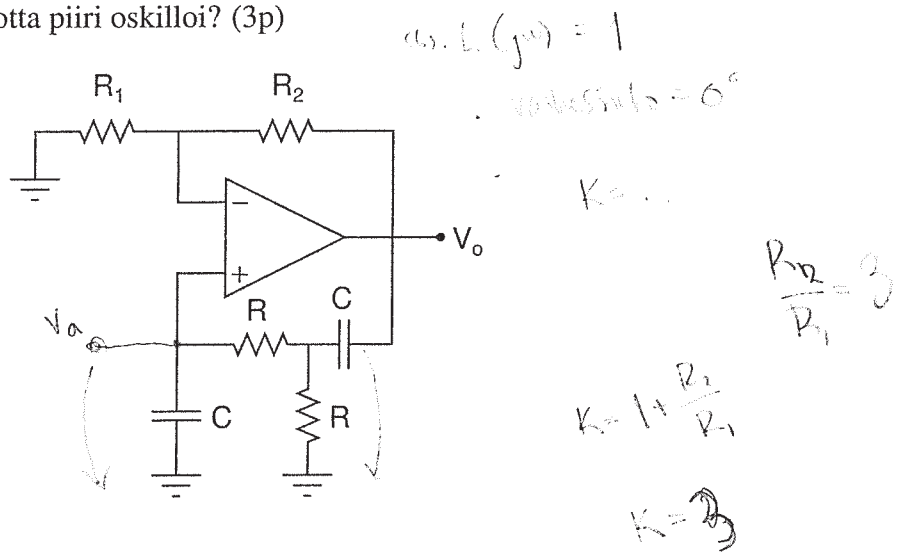
ELEC-C3240 Elektronikka 2, 1. välikoe 18.2.2015

Kirjoita nimesi ja opiskelijanumerosi jokaiseen paperiin (myös mahdollisiin liitteisiin). Kaikki laskimet sallittuja. Ei apukirjallisuutta.

Tavoite: Kerää tehtävistä 25 pistettä. Yli meneviä pisteitä ei hyvitetä.

HUOM: Tehtävistä voi saada pisteitä, vaikka laskujen numeroarvot olisivat vastauksessa väärin. Arvostelun painopiste on symbolisessa laskemisessa, ts. sen osoittamisessa, että on ymmärtänyt mitä on laskemassa.

1. a) Johda kuvan 1 oskillaattorin silmukkavahvistuksen lauseke. (4p)
- b) Mitkä ehdot silmukkavahvistuksen pitää täyttää, jotta piiri oskilloi? (2p)
- c) Johda oskillaatioehdosta piirin oskillointitaajuus, kun $R = 10k\Omega$ ja $C = 1nF$. Miten suuri pitää suhteen R_2/R_1 olla, jotta piiri oskilloi? (3p)



Kuva 1:

2. a) Epälineaarisen vahvistimen jännitevahvistusta voidaan kuvata jännitteen siirtofunktiolla

$$v_o = k_1 v_{in} + k_3 v_{in}^3 \tag{1}$$

missä $k_1 = 10$ ja $k_3 = -1V^{-2}$. Vahvistimen tuloimpedanssi on ääretön ja lähtöimpedanssi nolla. Laske kolmas harmoninen särö HD_3 lähdössä, kun tulossa on sinimuotoinen signaali, jonka amplitudi on 0.2V. (3p)

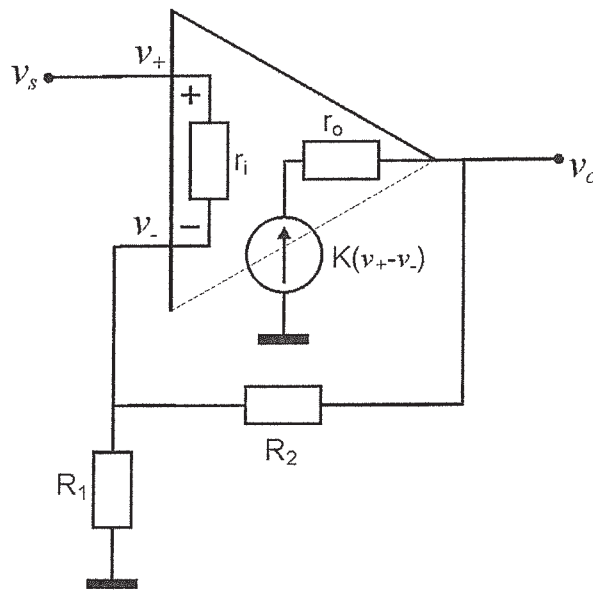
- b) Vahvistimen tuloon redusoitu jännitekohinan tiheys on $150nV/\sqrt{Hz}$. Laske lähdössä näkyvän kohinajännitteen rms-arvo, kun vahvistimen taajuusvasteessa on yksi napa taajuudella 1MHz. Muista kohinakaistanleveys. (3p)

Avuksi: $\cos^2 x = \frac{1}{2}(1 + \cos(2x))$, $\sin^2 x = \frac{1}{2}(1 - \cos(2x))$, $\sin(2x) = 2 \sin x \cos x$
 $\sin^3 x = \frac{1}{4}[3\sin x - \sin(3x)]$, $\cos^3 x = \frac{1}{4}[3\cos x + \cos(3x)]$,
 $\cos x \cos y = \frac{1}{2}(\cos(x+y) + \cos(x-y))$, $\sin x \sin y = \frac{1}{2}(-\cos(x+y) + \cos(x-y))$

3. Kuvan 2 operaatiovahvistimella on kaikkiaan kaksi napaa ja yksi oikean puolitason nolla. Navat ovat taajuuksilla $\omega_{p0} = 100\text{Hz}$, $\omega_{p1} = 2\text{MHz}$ ja nolla taajuudella $\omega_{z0} = 10\text{MHz}$. $A=80\text{dB}$, $\beta = 0.1$.

a) Piirrä operaatiovahvistimen silmukkavahvistuksen Bode-diagrammi ja määrittele vaihe- ja vahvistusmarginaalit. Onko vahvistin stabiili? Perustele. (6p)

b) Alimman navan taajuutta voidaan helposti siirtää vahvistimen taajuuskompensointia muuttamalla. Kuinka korkealle alimman navan voi siirtää, jotta vaihemarginaali on 67,5 astetta, kun takaisinkytkentäkerroin on 0.1? Ohje: voit ratkaista tehtävän Bode-diagrammin avulla tai numeerisesti laskemalla tarkan vaihemarginaalin. (4p)



$$\varphi_m = 67.5^\circ$$

$$\varphi_p = -\arctan\left(\frac{\omega}{\omega_p}\right)$$

Kuva 2:

4. Määrittele seuraavat termit (esimerkiksi kaavan ja kuvan avulla).

- Silmukkavahvistus (1p)
- Avoimen silmukan vahvistus (1p)
- Suljetun silmukan vahvistus (1p)
- Takaisinkytkentäkerroin (1p)
- Paluuerotus (1p)