EE.ELE.400 Operaatiovahvistinkytkennät 1/2

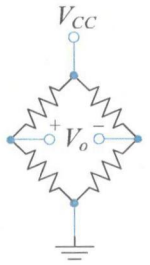
Tentti 27.02.2026 / Jouko Heikkinen

Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta. Tätä paperia ei tarvitse palauttaa.

Muistathan antaa opintojaksopalautetta Norppa-järjestelmän kautta saadaksesi opintosuorituksen.

1. Suunnittele ja mitoita seuraavat kytkennät käyttäen yhtä operaatiovahvistinta. Käytössäsi on lisäksi diodeja sekä kääntöpuolen miljoonalaatikko. Kytkentöjen tulee olla realistisia. (3p)
   a) $v_O = -5v_{I1} + 3v_{I2}$
   b) $i_O = kv_I$, missä $k = 0{,}5\,\frac{\text{mA}}{\text{V}}$
   c) $v_O = v_I$ kun $v_I < 0$ ja $v_O = 0$ kun $v_I \geq 0$

2. Suunnittele yksipuoleisella 12 V käyttöjännitteellä toimiva kytkentä, joka kytkee kuljetushihnan päälle, kun hihnan mittausalueella oleva kuorma ylittää annetun asetusarvon ja pysäyttää hihnan, kun asetusarvo alittuu. Kuorman massan mittauksessa käytettävän anturin (periaatteellinen piirikaavio ohessa) suurin sallittu käyttöjännite V_{CC} on 12 V, jolloin anturin lähtöjännite V_o käyttäytyy seuraavalla sivulla olevan vastekuvaajan mukaisesti. Asetusarvo tulee olla säädettävissä 750 g – 1500 g välillä. Kytkennän tulee kyetä ohjaamaan päälle ja pois verkkovirralla toimivaa laitetta, joka vastaa 100 Ω resistiivistä kuormaa. Käytössäsi on instrumentointivahvistin ($A = 10$), jännitereferenssilähde ($V_{ref} = 7{,}5$ V, $I_R = 4{,}5$ mA), sekä muita tarvittavia aktiivi- ja passiivikomponentteja. Käyttämäsi komponentit ja komponenttiarvot voit valita vapaasti (perustele kuitenkin tekemäsi valinnat). (6p)



3. Suunnittele ja mitoita toisen asteen ylipäästösuodin, jonka $Q = 2/\sqrt{2}$ ja rajataajuus 5 kHz. Käytä Sallen-Key-lohkoa ja samansuuruisia komponentteja, eli $R_1 = R_2$ ja $C_1 = C_2$. Lähde liikkeelle seuraavalla sivulla annetuista suodinyhtälöistä ja käytä miljoonalaatikosta löytyviä komponentteja. (3p)

4. Operaatiovahvistimen $a_0 = 10^7$ ja avoimen silmukan vahvistuksen lauseke sisältää napapisteet taajuuksilla 1 Hz ja 1 MHz. Käytössäsi ovat myös seuraavalla sivulla näkyvät, operaatiovahvistimen datalehdeltä poimitut tiedot (taulukko ja kaksi kuvaajaa). (6p)
   a) Piirrä avoimen silmukan amplitudivasteen kuvaaja (asymptoottinen approksimaatio) ja selvitä ROC-menetelmää käyttäen takaisinkytketyn vahvistimen ($A = 10$) vaihevara ja kaistanleveys. Määritä myös silmukkavahvistus taajuudella 100 Hz ja laske lähtöimpedanssin suuruus taajuudella 10 kHz. Vertaa laskemaasi lähtöimpedanssia datalehdeltä löytyvään arvoon. Johtopäätös?
   b) Vahvistimen positiivisessa käyttöjännitteessä on amplitudiltaan 200 mV ja taajuudeltaan 100 Hz oleva rippeli. Minkä suuruisena tämä näkyy a)-kohdan vahvistimen lähdössä?
   c) Vahvistimen tuloon kytketään sinimuotoinen signaali, jonka amplitudi on 1 V ja taajuus on 1 MHz. Mikä on tällöin a)-kohdan vahvistimen lähdössä näkyvän signaalin amplitudi?

Käännä

EE.ELE.400 Operaatiovahvistinkytkennät 2/2

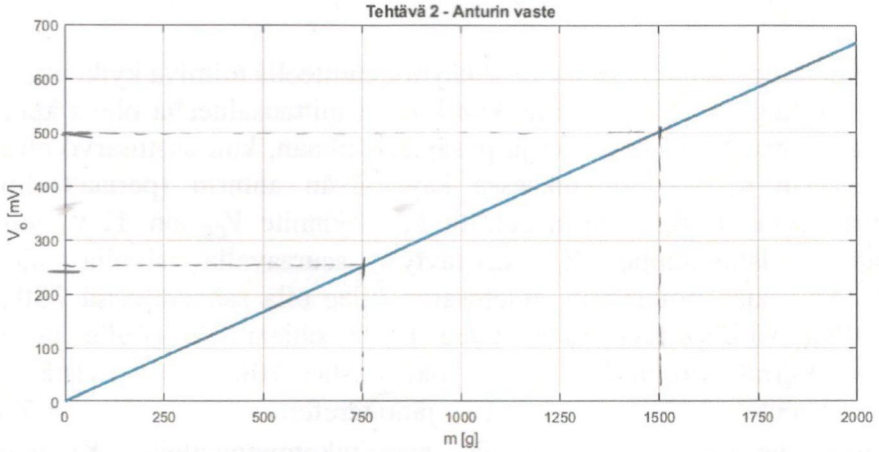
Tentti 27.02.2026 / Jouko Heikkinen

Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta. Tätä paperia ei tarvitse palauttaa.

Muistathan antaa opintojaksopalautetta Norppa-järjestelmän kautta saadaksesi opintosuorituksen.

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

Miljoona-laatikko:	33 pF/390 pF/1,2 nF/2,2 nF/6,8 nF/8,2 nF/10 nF/12 nF/15 nF/20 nF/68 nF/120 nF
	1 kΩ/1,58 kΩ/2 kΩ/3 kΩ/4,7 kΩ/10 kΩ/13 kΩ/15 kΩ/20 kΩ/30 kΩ/75 kΩ/100 kΩ/3 MΩ



$$H(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{KR_1C_1R_2C_2s^2}{R_1C_1R_2C_2s^2 + [(1-K)R_2C_2 + R_1C_2 + R_1C_1]s + 1} \qquad T_{HP}(s) = \frac{s^2}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q}s + \omega_0^2}$$

$$H_{0HP} = K \qquad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1C_1R_2C_2}} \qquad Q = \frac{1}{(1-K)\sqrt{R_2C_2/R_1C_1} + \sqrt{R_1C_2/R_2C_1} + \sqrt{R_1C_1/R_2C_2}}$$

SPECIFICATIONS

At T_A = +25°C, V_S = ±15V, unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS
OUTPUT					
Voltage Output	R_L = 10kΩ	(V–)+0.5		(V+)–1.2	V
	R_L = 2kΩ	(V–)+1.2		(V+)–1.5	V
	R_L = 600Ω	(V–)+2.2		(V+)–2.5	V
Output Current			±35		mA
Output Impedance, Closed-Loop[5]	f = 10kHz		0.01		Ω
Open-Loop	f = 10kHz		10		Ω
Short-Circuit Current			±40		mA
Capacitive Load Drive (Stable Operation)			See Typical Curve		

