

ELE-2200 Analogiatekniikka I

Tentti 20.3.2009

Tentissä saa olla mukana kirjoitusvälineet ja laskin.

1) Suunnittele ja mitoitte seuraavat kytkennät käyttäen enintään yhtä operaatiovahvistinta. Kyt-
kentöjen tulee olla realistisia.

- $V_{out} = 2 V_{in}$
- $V_{out} = 0.25 V_{in}$
- $V_{out} = -2 V_{in}$
- $V_{out} = 2 (V_{in1} - V_{in2})$
- $V_{out} = k I_{in}$, $k = -10V/mA$ (Virta/jännite -muunnin)
- Vakiovirtalähde $I_{out} = 350mA$ teholedin ajamiseen. Ledin yli jäävä jännite on 3.5V.



2) Suunnittele ja mitoitte kytkentä, joka tuottaa verkkojännitteestä 12 V:n reguloidun tasajän-
nitteen. Toteuta tasajännitelähteeseen myös kiinteä yhden ampeerin virtaraja. Käytettävänäsi
on 5 V:n referenssi, operaatiovahvistimia, vastuksia, kondensaattoreita, transistoreja ja diodeja
sekä haluamasi arvot omaava muuntaja. Älä käytä toteutukseen valmista regulaattoriipiiriä.

3) Suunnittele ja mitoitte seuraavat kytkennät käyttäen ajastinpiiriä 555. Piirin lohkokaavio
liitteenä.

- Monostabiili multivibraattori, joka tuottaa triggauksen tultua 10ms:n pulssin. Käytä
100nF:n ajastinkondensaattoria. Ajastinkondensaattorin latausajan voit laskea kaavasta
 $T = RC \ln 3$.
- Astabiili multivibraattori (kantiaalto-oskillaattori) $f = 100Hz$, $T_H = 1ms$ (pulssin ylhäällä-
loaika), $T_L = 9ms$ (pulssin alhaallaoloaika). Käytä 100nF:n ajastinkondensaattoria. Ajas-
tinkondensaattorin lataus- ja purkausajat voit tässä tapauksessa laskea kaavasta $T = RC \ln 2$.
- Olet rakentanut 10x vahvistavan vahvistimen käyttäen OPA227P -vahvistinta ja 9kΩ:n ja
1kΩ:n vastuksia.
 - Piirrä takaisinkytketyn vahvistimen Bode-piirros ja selvitä piirroksen perusteella vahvisti-
men kaistanleveys, silmukkavahvistus 1kHz:n taajuudella ja vaihevara.
 - Vahvistimen positiivisessa käyttöjännitteessä on 100mV:n 100Hz:n rippeli. Minkä suu-
ruisena tämä näkyy lähdössä?
 - Laske vahvistimen lähdössä näkyvä maksimaalinen DC-virhe 25 asteen lämpötilassa. Ota
huomioon offset-jännite sekä bias- ja offset -virrat.

5) Suunnittele ja mitoitte neljännen asteen Butterworth alipäästösuodin taajuudelle 2 kHz käyt-
tään Sallen-Key yksikkövahvistintoteutusta. Mitoita suodin niin että kaikkien vastusten suu-
ruus on 10 kΩ. Normalisoitujen lohkojen ω ja Q -arvot ko. suotimelle ovat: $\omega_1 = 1.0$,
 $Q_1 = 0.54$, $\omega_2 = 1.0$, $Q_2 = 1.31$.



ELE-2200 Analogiatekniikka I

Tentti 28.3.2008

Tentissä saa olla mukana kirjoitusvälineet ja laskin.

1) Suunnittele ja mitoitte seuraavat kytkennät käyttäen enintään yhtä operaatiovahvistinta. Kytkentöjen tulee olla realistisia.

- a) $V_{\text{out}} = 5 V_{\text{in}}$
- b) $V_{\text{out}} = 0.25 V_{\text{in}}$
- c) $V_{\text{out}} = -2 V_{\text{in}}$
- d) $V_{\text{out}} = -(2 V_{\text{in1}} + V_{\text{in2}})$
- e) $V_{\text{out}} = k I_{\text{in}}$, $k = 10\text{V/mA}$ (Virta/jännite -muunnin)
- f) $I_{\text{out}} = 1.5\text{mA}$, kun $-10\text{V} < V_{\text{out}} < 10\text{V}$ (Vakiovirtalähde)



2) Käytössäsi on muuntaja, jossa on yksi 10 Vrms AC-jännitteen tuottava toisiokäämi.

- a) Suunnittele ja mitoitte kaksipuoleisen +5V:n jännitteen tuottava regulaattorikytkentä tällä muuntajalla käyttäen zener-diodeja. Maksimikuormavirta on 20 mA.
- b) Suunnittele ja mitoitte 6V:n reguloidun tasajännitteen antava kytkentä ko. muuntajalla. Maksimikuormavirta on nyt 500 mA. Käytä kokoaaltoasasuuntausta, suodatusta ja 78xx regulaattoria sekä muita hyväksi havaitsemiasi komponentteja.

3) Suunnittele ja mitoitte seuraavat kanttiaalto-oskillaattorit (astabiilit multivibraattorit) käyttäen ajastinpiiriä 555. Piirin lohkokaaivio liitteenä. Kondensaattorin lataus- ja purkausajat voit laskea kaavasta $T = RC \ln 2$, missä R on lataus- tai purkausvastuksen suuruus ja C on ladattavan kondensaattorin kapasitanssi

- a) $f = 1\text{kHz}$, $T_H = 0.75\text{ms}$ (pulssin ylhäälläoloaika), $T_L = 0.25\text{ms}$ (pulssin alhaallaoloaika). Käytä 10nF:n ajastinkondensaattoria
- b) $f = 100\text{Hz}$, $T_H = 1\text{ms}$ (pulssin ylhäälläoloaika), $T_L = 9\text{ms}$ (pulssin alhaallaoloaika). Käytä 100nF:n ajastinkondensaattoria

4) Olet rakentanut 10x vahvistavan vahvistimen käyttäen OPA227P -vahvistinta ja 9kΩ:n ja 1kΩ:n vastuksia.

- a) Piirrä takaisinkytketyn vahvistimen Bode-piirros ja selvitä piirroksen perusteella vahvistimen kaistanleveys, silmukkavahvistus 1kHz:n taajuudella ja vaihevara.
- b) Vahvistimen positiivisessa käyttöjännitteessä on 100mV:n 100Hz:n rippeli. Minkä suuruisena tämä näkyy lähdössä?
- c) Laske vahvistimen lähdössä näkyvä maksimaalinen DC-virhe 25 asteen lämpötilassa. Ota huomioon offset-jännite sekä bias- ja offset -virrat.

5) Suunnittele ja mitoitte kaistanpäästösuodin, joka päästää läpi taajuuskaistan 1kHz-10kHz. Toteuta suodin kahden yksikkövahvistavan toisen asteen Sallen-Key lohkon sarjaankytkentänä. Toteuta ylipäästösuodin käyttäen 10nF:n kondensaattoreita ja alipäästölohko käyttäen 10kΩ:n vastuksia. Molempien lohkojen Q-arvo on 0.71.

ELE-2200 Analogiatekniikka I

Tentti 1.10.2007

Tentissä saa olla mukana kirjoitusvälineet ja laskin.

1) Suunnittele ja mitoita seuraavat kytkennät käyttäen enintään yhtä operaatiovahvistinta. Kyt-
kentöjen tulee olla realistisia.

- a) $V_{out} = 4 V_{in}$
- b) $V_{out} = 0.1 V_{in}$
- c) $V_{out} = -5 V_{in}$
- d) $V_{out} = -(3 V_{in1} + V_{in2})$
- e) Ensimmäisen asteen alipäästösuodin, rajataajuus 1kHz
- f) $I_{out} = 1.5\text{mA}$, kun $-10\text{V} < V_{out} < 10\text{V}$



2) Käytössäsi on muuntaja, jossa on yksi 10 Vrms AC-jännitteen tuottava toisiokäämi.

a) Suunnittele ja mitoita yksipuoleisen +5V:n jännitteen tuottava regulaattorikytkentä tällä
muuntajalla käyttäen zener-diodia. Maksimikuormavirta on 5 mA.

b) Suunnittele ja mitoita 8V:n reguloidun tasajännitteen antava kytkentä ko. muuntajalla. Mak-
simikuormavirta on nyt 500 mA. Käytettävänäsi on 5 V:n referenssi, operaatiovahvistimia,
vastuksia, kondensaattoreita, transistoreja ja diodeja. Älä käytä toteutukseen valmista regulaat-
toripiiriä.

3) Suunnittele kytkentä, joka kytkee halogeenispotin päälle pimeän tultua. Lampun jännite on
12V ja teho 50W. Valoisuutta mitataan valovastuksella, jonka resistanssi kirkkaassa valossa on
n. 100 Ω ja pimeässä n. 1 M Ω . Tee kytkentäkohdasta säädettävä niin, että säätöalue vastaa
valovastuksen vastusarvoja 10 k Ω - 110 k Ω . Suunnittele kytkentä niin, että sitä voidaan käyt-
tää yksipuoleisella 12V:n jännitteellä.

4) a) Operaatiovahvistimen avoimen silmukan vahvistus nolлатаajuudella on 10^5 ja avoimen
silmukan vahvistuslauseke sisältää napapisteet taajuuksilla 1 Hz ja 1 MHz. Vahvistimen käyt-
töjännite on normaali +15V. Takaisinkytkemättömän vahvistimen lähtöimpedanssi 1 kHz:n
taajuudella 50 Ω . Piirrä tätä vahvistinta käyttäen toteutetun 10 kertaa vahvistavan ei-invertoi-
van vahvistimen Bode-diagrammi ja määritä sen perusteella takaisinkytketyn vahvistimen
kaistanleveys ja vaihevara, silmukkavahvistus 100 Hz:n taajuudella sekä lähtöimpedanssi
1 kHz:n taajuudella. Selitä myös miten olet päätyneet vastauksiisi kuvaajan perusteella.

b) Mitä näkyy kussakin tapauksessa tämän vahvistimen lähdössä, kun sisääntuloon tuodaan
seuraavat sinimuotoiset jännitteet:

- A) Amplitudi 0.1V taajuus 100Hz
- B) Amplitudi 2.0V, taajuus 1kHz
- C) Amplitudi 1V, taajuus 100kHz

5) Suunnittele suodin lisäbassokäyttöön. Suodin koostuu toisen asteen ylipäästölohkosta,
jonka rajataajuus on 20Hz ja Q arvo on 2 sekä toisen asteen alipäästösuotimesta, jonka rajataa-
juus on 80Hz ja Q arvo 0.7. Lohkot on kytketty sarjaan. Toteuta lohkot yksikkövahvistivina
Sallen-Key lohkoina ja käytä ylipäästölohkossa 1 μF :n kondensaattoreita ja alipäästölohkossa
10k Ω :n vastuksia.

ELE-2200 Analogiatekniikka I

Tentti 21.3.2006

Tentissä saa olla mukana kirjoitusvälineet ja laskin.

1 Suunnittele ja mitoita seuraavat kytkennät käyttäen enintään yhtä operaatiovahvistinta. Kytkentöjen tulee olla realistisia.

- a) $V_{\text{out}} = 2 V_{\text{in}}$
- b) $V_{\text{out}} = 0.2 V_{\text{in}}$
- c) $V_{\text{out}} = -2 V_{\text{in}}$
- d) $V_{\text{out}} = -(2 V_{\text{in1}} + V_{\text{in2}})$
- e) $V_{\text{out}} = V_{\text{in}}$ kun $V_{\text{in}} > 0$ ja $V_{\text{out}} = 0$ kun $V_{\text{in}} \leq 0$
- f) $I_{\text{out}} = 1\text{mA}$, kun $-10\text{ V} < V_{\text{out}} < 10\text{ V}$

2 Käytössäsi on muuntaja, jossa on yksi 10 Vrms AC-jännitteen tuottava toisiokäämi. Suunnittele ja mitoita kaksipuoleisen $+5\text{V}$:n jännitteen tuottava regulaattorikytkentä tällä muuntajalla käyttäen

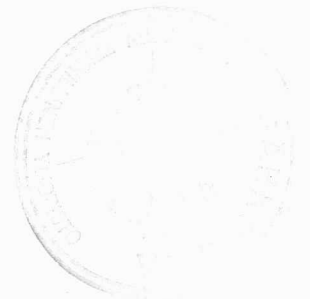
- a) zener-diodeja, maksimikuormavirta on 10 mA.
- b) 7805, 7905 regulaattoreita, maksimivirta on nyt 100 mA.

3 Suunnittele kytkentä, joka kytkee halogeenispotin päälle pimeän tultua. Lampun jännite on 12V ja teho 50W. Valoisuutta mitataan valovastuksella, jonka resistanssi kirkkaassa valossa on n. $100\ \Omega$ ja pimeässä n. $1\ \text{M}\Omega$. Tee kytkentäkohdasta säädettävä niin, että säätöalue vastaa valovastuksen vastusarvoja $10\ \text{k}\Omega - 110\ \text{k}\Omega$. Suunnittele kytkentä niin, että sitä voidaan käyttää yksipuoleisella 12V:n jännitteellä.

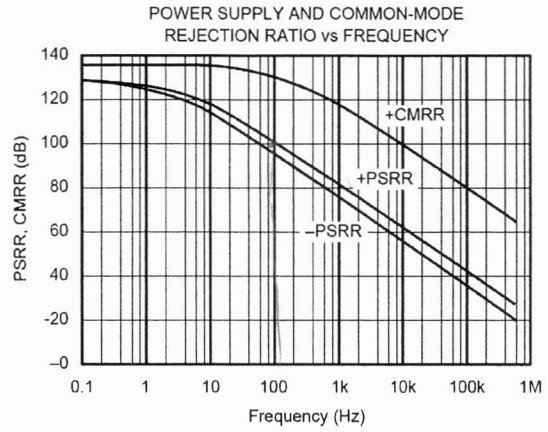
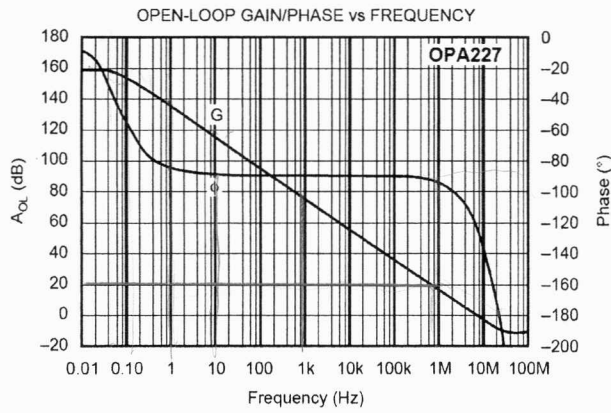
4 a) Vahvistimen avoimen silmukan vahvistus nolлатаajuudella on 10^5 ja avoimen silmukan vahvistuslauseke sisältää napapisteet taajuuksilla 10 Hz ja 1 MHz. Takaisinkytkemättömän vahvistimen lähtöimpedanssi 1 kHz:n taajuudella $5\ \Omega$. Piirrä tätä vahvistinta käyttäen toteutetun 10 kertaa vahvistavan ei-invertoivan vahvistimen Bode-diagrammi ja määritä sen perusteella takaisinkytketyn vahvistimen kaistanleveys ja vaihevara, silmukkavahvistus 100 Hz:n taajuudella sekä lähtöimpedanssi 1 kHz:n taajuudella.

b) Vahvistimen sisääntulon jännitekohinan jakauma taajuustasossa on tasainen ja kohinatiheys on $10\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$. Laske tällä vahvistimella toteutetun 20 kertaa vahvistavan vahvistimen lähtökohinan suuruus 20 kHz:n kaistalla. Muita kohinalähteitä ei tarvitse huomioida.

5 Suunnittele ja mitoita neljännen asteen Butterworth alipäästösuodin taajuudelle 1700 Hz käyttäen Sallen-Key yksikkövahvistintoteutusta. Mitoita suodin niin että kaikkien vastusten suuruus on $10\ \text{k}\Omega$. Normalisoitujen lohkojen ω ja Q -arvot ko. suotimelle ovat: $\omega_1 = 1.0$, $Q_1 = 0.54$, $\omega_2 = 1.0$, $Q_2 = 1.31$.



Tehtävä 4: Oteita OPA227 vahvistimen datalehdeltä



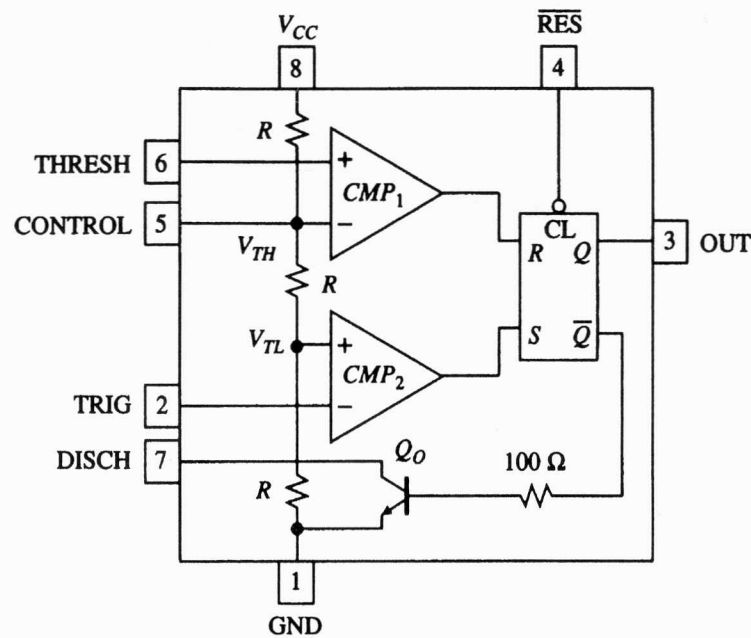
OPA227 Series

At $T_A = +25^\circ\text{C}$, and $R_L = 10\text{k}\Omega$, unless otherwise noted.

Boldface limits apply over the specified temperature range, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$.

PARAMETER	CONDITION	OPA227P, U OPA227T, U			OPA227PA, UA OPA227T, UA OPA4227PA, UA			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
OFFSET VOLTAGE Input Offset Voltage $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$ vs Temperature vs Power Supply $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$ vs Time Channel Separation (dual, quad)	V_{OS}		± 5	± 75 ± 100	± 10	± 200 ± 200	μV μV	
	dV_{OS}/dT		± 0.1	± 0.6	± 0.3	± 2	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
	PSRR	$V_S = \pm 2.5\text{V}$ to $\pm 18\text{V}$	± 0.5	± 2 ± 2	*	*	$\mu\text{V}/\text{V}$ $\mu\text{V}/\text{V}$	
		dc		0.2	*	*	$\mu\text{V}/\text{mo}$	
		f = 1kHz, $R_L = 5\text{k}\Omega$		0.2 110	*	*	$\mu\text{V}/\text{V}$ dB	
INPUT BIAS CURRENT Input Bias Current $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$ Input Offset Current $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$	I_B		± 2.5	± 10 ± 10	*	*	nA nA	
	I_{OS}		± 2.5	± 10 ± 10	*	*	nA nA	

Tehtävä 3: Ajustinpiirin 555 lohkokaavio



ELE-2200 Analogiatekniikka I

Tentti 2.10.2006

Tentissä saa olla mukana kirjoitusvälineet ja laskin.

1 Suunnittele ja mitoitte seuraavat kytkennät käyttäen enintään yhtä operaatiovahvistinta. Kytkentöjen tulee olla realistisia. **HUOM. Tästä tehtävästä tulee saada vähintään 4 pistettä, jotta loppuosa tentistä tarkastetaan!**

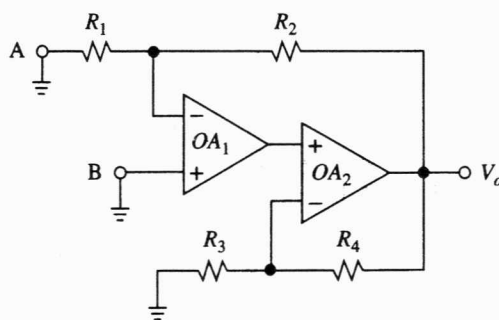
- $V_{out} = 2 V_{in1} - V_{in2}$
- $V_{out} = 0.2 V_{in}$
- $V_{out} = -2 V_{in}$
- $V_{out} = -(2 V_{in1} + V_{in2})$
- $V_{out} = V_{in}$ kun $V_{in} > 0$ ja $V_{out} = 0$ kun $V_{in} \leq 0$
- $I_{out} = 3\text{mA}$, kun $-10\text{V} < V_{out} < 10\text{V}$

2 a) Suunnittele ja mitoitte operaatiovahvistinkytkentä, joka muuttaa anturilta tulevan 4-20 mA:n virtaviestin 0-10 V:n jännitesignaalksi.

b) Suunnittele a-kohdan kytkennälle reguloitu tehollähde käyttäen verkkomuuntajaa, tasasuuntausta ja suodatusta sekä 78xx ja 79xx sarjan regulaattoreita.

3 Suunnittele kytkentä, joka kytkee verkkojännitteellä toimivan lämmitysvastuksen päälle lämpötilan laskiessa nollaan tai sen alapuolelle. Käytettävänäsi on 24 V:n tasajännite ja verkkojännite. Lämpötila mitataan NTC-vastuksella, jonka resistanssi on nolla-asteen lämpötilassa 33 k Ω . Lämmitysvastus kytketään 24 V:n releellä, jonka tarvitsema virta on n. 100 mA.

4 a) Operaatiovahvistimen avoimen silmukan vahvistus nollassa on 10^6 ja avoimen silmukan vahvistuslauseke sisältää navat taajuuksilla 10 Hz ja 10 MHz. Miten toteuttaisit kahta tällaista vahvistinta käyttäen 1000 kertaa vahvistavan kuvan mukaisen ei invertoivan yhdistelmävahvistimen, jossa operaatiovahvistimesta OA_2 otetaan 10-kertainen vahvistus? Mikä on kyseisen yhdistelmävahvistimen kaistanleveys ja vaihevara?



b) Vahvistimen sisääntulon jännitekohinan jakauma taajuustasossa on tasainen ja kohinatiheys on $10\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$. Laske tällä vahvistimella toteutetun 20 kertaa vahvistavan vahvistimen lähtökohinan suuruus 20 kHz:n kaistalla. Muita kohinalähteitä ei tarvitse huomioida.

5 Suunnittele ja mitoitte neljännen asteen Butterworth alipäästösuodin taajuudelle 2 kHz käyttäen Sallen-Key yksikkövahvistintoteutusta. Mitoittele suodin niin että kaikkien vastusten suuruus on 10 k Ω . Normalisoidujen lohkojen ω ja Q -arvot ko. suotimelle ovat: $\omega_1 = 1.0$, $Q_1 = 0.54$, $\omega_2 = 1.0$, $Q_2 = 1.31$.