



ELT-21100 Elektroniikan työkurssi

Tentti 22.5.2014

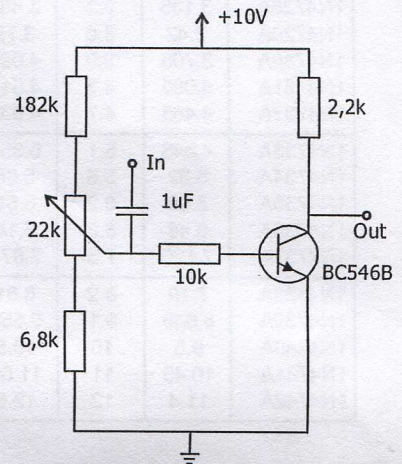
Vastaa kaikkiin kysymyksiin.

Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta.

1. Vastaa seuraaviin kysymyksiin.

a) Kerro, mitä tarkoittaa komparaattorikytkennän yhteydessä hystereesi ja mitä etua se tuo kytkentään? (2p.)

b) Mittaat kuvassa 1. olevaa transistorikytkentää. Miten transistorin lämpeneminen näkyy kytkennän toiminnassa? Miten muuttaisit kuvan 1. kytkentää kompensoimaan lämpötilan aiheuttamia vaikutuksia? Perustele vastauksesi. (3p.)



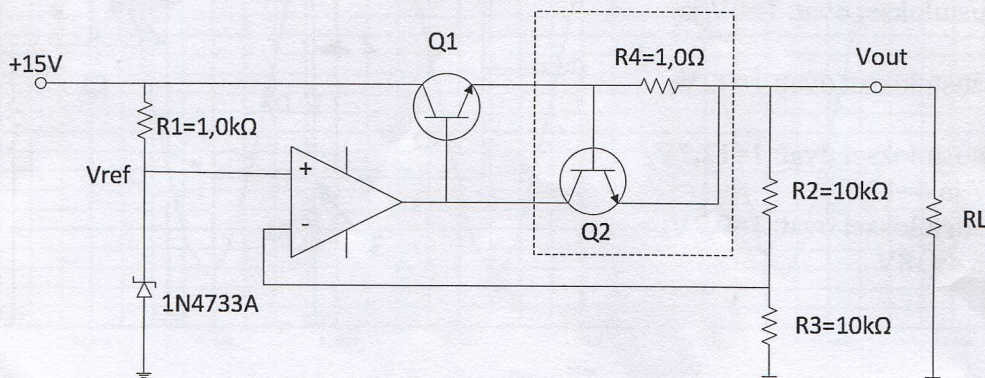
Kuva 1. Transistorikytkentä

2. Tarkastelet kuvassa 2. esitettyä kytkentää. Kytkennän zenerdiodi on tyyppiä 1N4733A ja osa sen datalehdestä löytyy kuvasta 3.

a) Selosta, kuinka kytkentä toimii. Selosta myös katkoviivoilla merkityn alueen merkitys kytkennän toiminnassa. (3p.)

b) Laske kytkennän ulostulosjännite V_{out} . Voit jättää huomiotta katkoviivoilla merkityn alueen, Q1:n V_{BE} -jännitteen sekä kuormavastuksen. (1p.)

c) Mikä on maksimivirta, jonka kytkentä voi syöttää kuormaan? Huomioi nyt koko kytkentä. (1p.)



Kuva 2. Kytkentä

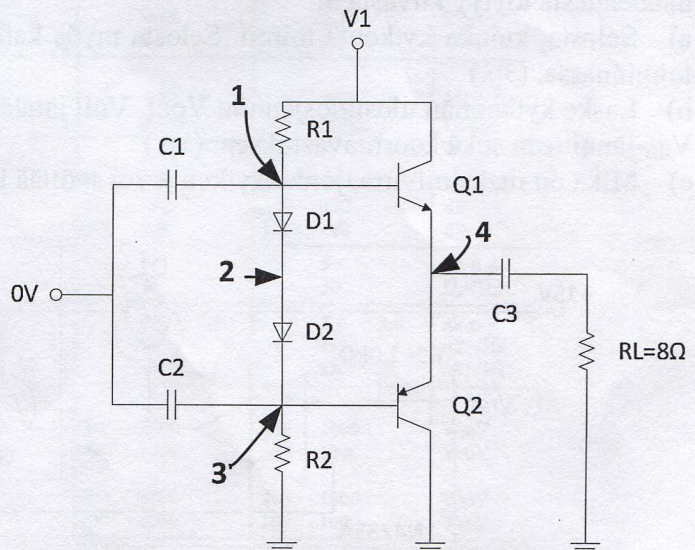
Electrical Characteristics $T_a = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Device	V_Z (V) @ I_Z (Note 1)			Test Current I_Z (mA)	Max. Zener Impedance			Leakage Current		Non-Repetitive Peak Reverse Current I_{ZSM} (mA) (Note 2)
	Min.	Typ.	Max.		$Z_Z @ I_Z$ (Ω)	$Z_{ZK} @ I_{ZK}$ (Ω)	I_{ZK} (mA)	I_R (μA)	V_R (V)	
1N4728A	3.135	3.3	3.465	76	10	400	1	100	1	1380
1N4729A	3.42	3.6	3.78	69	10	400	1	100	1	1260
1N4730A	3.705	3.9	4.095	64	9	400	1	50	1	1190
1N4731A	4.085	4.3	4.515	58	9	400	1	10	1	1070
1N4732A	4.465	4.7	4.935	53	8	500	1	10	1	970
1N4733A	4.845	5.1	5.355	49	7	550	1	10	1	890
1N4734A	5.32	5.6	5.88	45	5	600	1	10	2	810
1N4735A	5.89	6.2	6.51	41	2	700	1	10	3	730
1N4736A	6.46	6.8	7.14	37	3.5	700	1	10	4	660
1N4737A	7.125	7.5	7.875	34	4	700	0.5	10	5	605
1N4738A	7.79	8.2	8.61	31	4.5	700	0.5	10	6	550
1N4739A	8.645	9.1	9.555	28	5	700	0.5	10	7	500
1N4740A	9.5	10	10.5	25	7	700	0.25	10	7.6	454
1N4741A	10.45	11	11.55	23	8	700	0.25	5	8.4	414
1N4742A	11.4	12	12.6	21	9	700	0.25	5	9.1	380

Kuva 3. Osa zenerdiodin 1N4733A datalehdessä

3. Mittaat yleismittarilla DC-jännitteitä kuvan 4. kytkennästä. Mittauspisteet on merkitty kuvaan numeroilla 1 – 4. Käyttöjännite on V1 ja se vaihtelee eri mittauksissa. Transistorit Q1 ja Q2 ovat identtiset (toinen npn ja pnp). Vastaa perustellen voivatko eri kohdissa (a-d) saamasi mittaustulokset pitää paikkansa ja jos eivät, niissä mikä vika voisi olla.

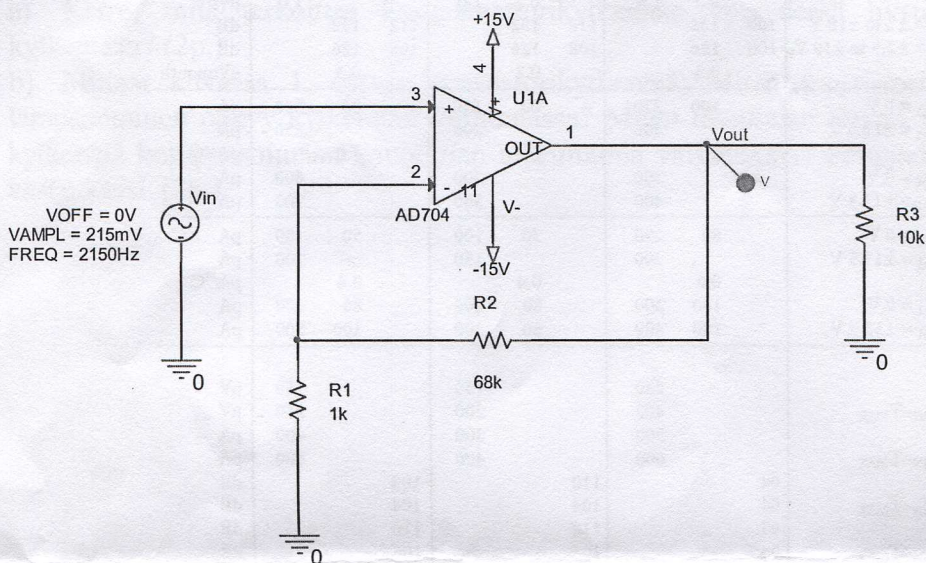
- $V_1=9\text{V}$ ja mittaustulokset ovat: 1=0V ja 3=0V
 - $V_1=12\text{V}$ ja mittaustulokset ovat: 1=12V, 2=12V ja 3=0V
 - $V_1=24\text{V}$ ja mittaustulokset ovat: 1=12,7V, 2=12V, 3=11,3V ja 4=12V
 - $V_1=18\text{V}$ ja mittaustulokset ovat: 1=9,7V, 2=9V, 3=8,3V ja 4=18V
- (5p.)



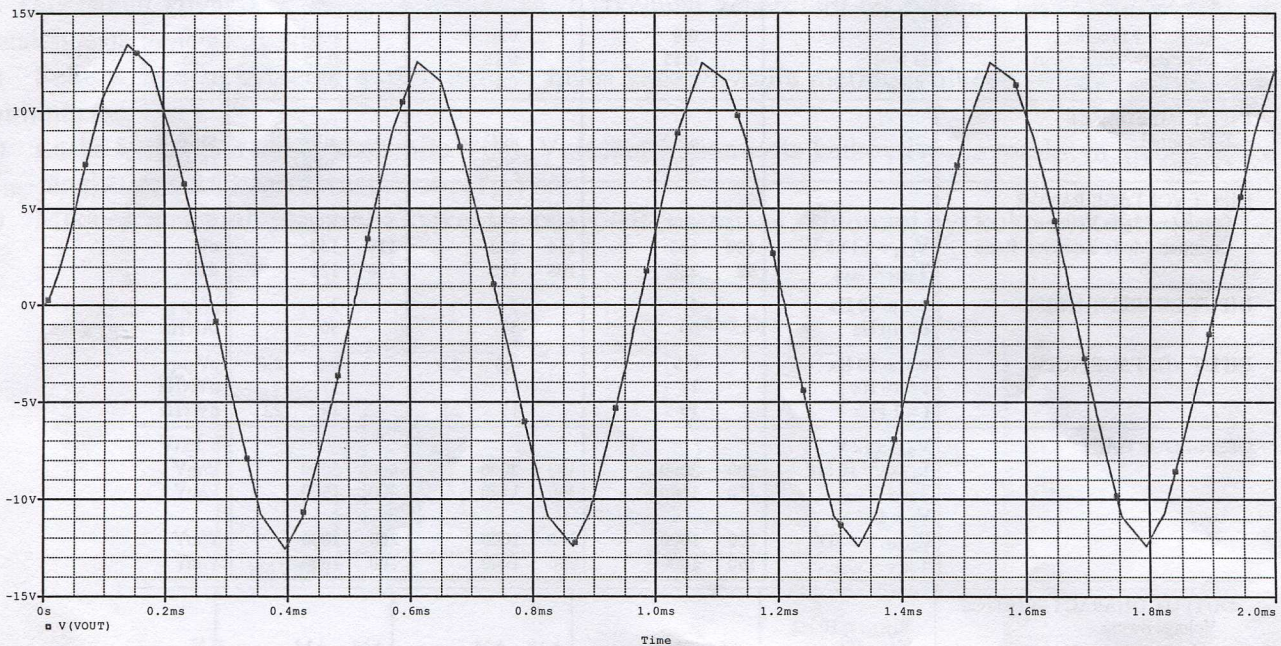
Kuva 4. Mittauskytkentä



4. Suunnittelet kuvassa 5. olevaa operaatiovahvistinkytkentää. Kytkennässä käyttämäsi operaatiovahvistin on tyyppiä AD704. Olet simuloinut kytkentäsi ulostulojännitettä PSpicellä kytkentäkuvassa näkyvillä sisäänmenon arvoilla ja saanut kuvassa 6. näkyvän kuvan. Kuten kuvasta näkyy, kytkennän ulostulo on säröytynyt. Kerro kaksi eri syytä, jonka vuoksi ulostulo on säröytynyt. Perustele vastauksesi ja käytä apunasi sivulla 4 olevaa operaatiovahvistimen datalehteä. (5p.)



Kuva 5. Operaatiovahvistinkytkentä



Kuva 6. PSpicellä simuloitu ulostulojännite



AD704—SPECIFICATIONS (@ $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CM} = 0\text{ V}$, and $\pm 15\text{ V}$ dc, unless otherwise noted.)

Parameters	Conditions	AD704J/A			AD704K			AD704T			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
INPUT OFFSET VOLTAGE											
Initial Offset			50	150		30	75		30	100	μV
Offset vs. Temp, Average TC	$T_{MIN}-T_{MAX}$		100	250		50	150		80	150	μV
vs. Supply (PSRR)	$V_S = \pm 2$ to $\pm 18\text{ V}$		0.2	1.5		0.2	1.0		0.2	1.0	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Long-Term Stability	$T_{MIN}-T_{MAX}$ $V_S = \pm 2.5$ to $\pm 18\text{ V}$	100	126		112	132		112	132		dB
			0.3			0.3			0.3		$\mu\text{V}/\text{month}$
INPUT BIAS CURRENT¹											
	$V_{CM} = 0\text{ V}$ $V_{CM} = \pm 13.5\text{ V}$		100	270		80	150		80	200	pA
vs. Temp, Average TC			0.3	300		0.2	200		1.0	250	pA/ $^\circ\text{C}$
	$T_{MIN}-T_{MAX}$ $V_{CM} = 0\text{ V}$ $V_{CM} = \pm 13.5\text{ V}$			300			200			600	pA
				400			300			700	pA
INPUT OFFSET CURRENT											
	$V_{CM} = 0\text{ V}$ $V_{CM} = \pm 13.5\text{ V}$		80	250		30	100		50	150	pA
vs. Temp, Average TC			0.6	300		0.4	150		0.4	200	pA/ $^\circ\text{C}$
	$T_{MIN}-T_{MAX}$ $V_{CM} = 0\text{ V}$ $V_{CM} = \pm 13.5\text{ V}$			300			200			400	pA
				400			300			500	pA
MATCHING CHARACTERISTICS											
Offset Voltage				250			130			150	μV
	$T_{MIN}-T_{MAX}$			400			200			250	μV
Input Bias Current ²				500			300			400	pA
	$T_{MIN}-T_{MAX}$			600			400			600	pA
Common-Mode Rejection ³		94			110			104			dB
	$T_{MIN}-T_{MAX}$	94			104			104			dB
Power Supply Rejection ⁴		94			110			110			dB
	$T_{MIN}-T_{MAX}$	94			106			106			dB
Crosstalk ⁵	$T_{MIN}-T_{MAX}$ $f = 10\text{ Hz}$ $R_{LOAD} = 2\text{ k}\Omega$		150			150			150		dB
FREQUENCY RESPONSE											
UNITY GAIN											
Crossover Frequency			0.8			0.8			0.8		MHz
Slew Rate, Unity Gain	$G = -1$		0.15			0.15			0.15		V/ μs
Slew Rate	$T_{MIN}-T_{MAX}$		0.1			0.1			0.1		V/ μs
INPUT IMPEDANCE											
Differential			40 2			40 2			40 2		$\text{M}\Omega \text{pF}$
Common-Mode			300 2			300 2			300 2		$\text{G}\Omega \text{pF}$
INPUT VOLTAGE RANGE											
Common-Mode Voltage		± 13.5	± 14		± 13.5	± 14		± 13.5	± 14		V
Common-Mode Rejection Ratio	$V_{CM} = \pm 13.5\text{ V}$ $T_{MIN}-T_{MAX}$	100	132		114	132		110	132		dB
		98	128		108	128		108	128		dB
INPUT CURRENT NOISE											
	0.1 to 10 Hz		3		3			3			pA p-p
	$f = 10\text{ Hz}$		50		50			50			fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
INPUT VOLTAGE NOISE											
	0.1 to 10 Hz		0.5		0.5	2.0		0.5	2.0		μV p-p
	$f = 10\text{ Hz}$		17		17			17			nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
	$f = 1\text{ kHz}$		15	22		15	22		15	22	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
OPEN-LOOP GAIN											
	$V_O = \pm 12\text{ V}$ $R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$	200	2000		400	2000		400	2000		V/mV
	$T_{MIN}-T_{MAX}$	150	1500		300	1500		300	1500		V/mV
	$V_O = \pm 10\text{ V}$ $R_{LOAD} = 2\text{ k}\Omega$	200	1000		300	1000		200	1000		V/mV
	$T_{MIN}-T_{MAX}$	150	1000		200	1000		100	1000		V/mV
OUTPUT CHARACTERISTICS											
Voltage Swing	$R_{LOAD} = 10\text{ k}\Omega$ $T_{MIN}-T_{MAX}$ Short Circuit	± 13	± 14		± 13	± 14		± 13	± 14		V
Current			± 15			± 15			± 15		mA
CAPACITIVE LOAD											
Drive Capability	Gain = 1		10,000		10,000			10,000			pF
POWER SUPPLY											
Rated Performance		± 2.0	± 15		± 2.0	± 15		± 2.0	± 15		V
Operating Range			± 18			± 18			± 18		V
Quiescent Current	$T_{MIN}-T_{MAX}$		1.5	2.4		1.5	2.4		1.5	2.4	mA
			1.6	2.6		1.6	2.6		1.6	2.6	mA
TRANSISTOR COUNT											
	# of Transistors		180		180			180			