

**Tentamen i
TSTE 80,
Analoga och tidsdiskreta integrerade kretsar**

Tid: 1998-01-15, kl 09.00 - 13.00

Plats: MJ5

Ansvarig lärare: Mikael Gustavsson, ankn 1676
J Jacob Wikner, ankn 1676

Tillåtna hjälpmedel: Räknedosa (ej förprogrammerad genom studentens försorg)
Eriksson, Wanhammar: Aktiva och tidsdiskreta filter (Tabell- och formelsamling)
Matematiska och Fysikaliska tabeller
t.ex. Ingelstam-Rönngren-Sjöberg : TEFYMA

Anvisningar: Maximalt kan 70 poäng erhållas. För betyget 3 (godkänd tentamen) fordras ca 30 poäng.

Lösningar: Anslås på anslagstavlan i C-korridoren, ing 27

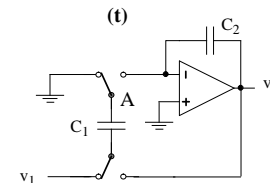
Betygslista: Anslås på anslagstavlan senast 1998-01-26

Visning: Meddelas när betygslistan anslås

Lycka till!

1. I fig. 1 visas en SC -krets.

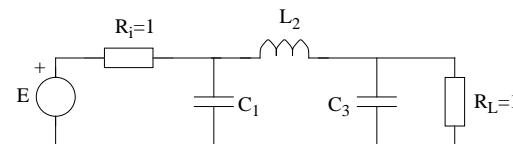
- Använd laddningsanalys för att härleda ett uttryck för signalen $v_2(t + 2\tau)$. Switcharnas lägen i figuren visas vid tidpunkten t . Switcharna byter lägen med tidsmellanrummet $\tau = T/2$ där T är periodtiden.
- Bestäm z-transformen för v_2 , dvs $V_2(z) = f(V_1(z))$.
- Hur påverkas resultatet om det finns en parasitkapacitans C_p mellan nod A (se figur) och jord.



Figur 1: SC-kretsen i uppg. 1

(12p)

- I fig. 2 visas ett normerat Butterworth filter ($\omega_{ac} = 1$ rad/s). Använd detta som referensfilter för att konstruera ett SC-filter m.h.a. LDI-transformationen. Filtret behöver inte skalas m.a.p. signalnivåerna. Rita SC-filtret och beräkna dess kapacitanskvoter. Switcharnas lägen i den ena klockfasen ska tydligt framgå. Kom ihåg att korrigera för approximationer i avbildningen från s - till z -planet. Samplingsfrekvensen för SC-filtret är $1/T = 100$ kHz och den önskade gränshfrekvensen $f_c = 2$ kHz.
 - För vilken typ av filter kan LDI-transformationen användas? Föreslå en annan transformation som kan användas då LDI-transformationen är olämplig.

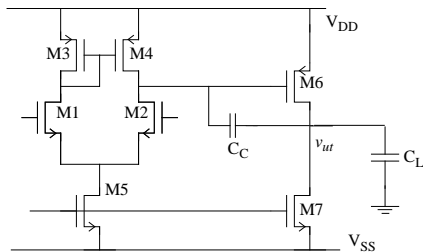


Figur 2: Referensfiltret i uppg. 2. $C_1 = C_3 = 1$ F och $L_2 = 2$ H.

(12p)

3. Designa OP-förstärkaren i fig. 3 för följande specifikation.
 $A_0 = 1000$, $CMR = [-1, 2] V$, $OutputRange = [-3, 3] V$, $\phi_m = 60^\circ$,
 $C_L = 10 pF$, $SlewRate(SR) = 50 V/\mu s$, $P_{diss} \leq 10 mW$, $V_{DD} = -V_{SS} = 5 V$,
 $GB = 2\pi \cdot 1 Mrad/s$.
 Välj $L = 10 \mu m$ för alla transistorer. Bestäm C_C och $S_i = \frac{W_i}{L_i}$ för alla transistorer. Minimala storleken på transistorerna är 1, dvs. $S_i > 1$.

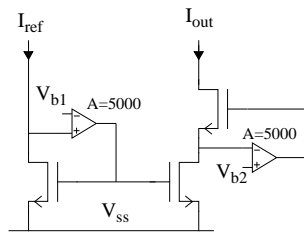
Om något villkor i specifikationen inte blir uppfyllt vid designen behöver **inte** om-design göras. Föreslå dock lämplig åtgärd för att uppfylla kravet.



Figur 3: Operationsförstärkaren i uppg.4

4. Betrakta den speciella strömspegeln i figuren nedan. $V_{SS} = 0 V$, $I_{ref} = 20 \mu A$. Alla transistorer har storleken $W = 200 \mu m$ och $L = 10 \mu m$. Antag att alla transistorer arbetar i mättnadsområdet och att $V_{BS} = 0$. Förstärkarna har den ändliga förstärkningen 5000 men antas i övrigt vara ideal.

- Ska inresistansen för en bra strömspegel vara stor eller liten? Vad ska gälla för utresistansen?
- Rita småsignalschema för strömspegeln.
- Bestäm ett uttryck för strömspegelns inresistans och utresistans. Beräkna också numeriska värden.

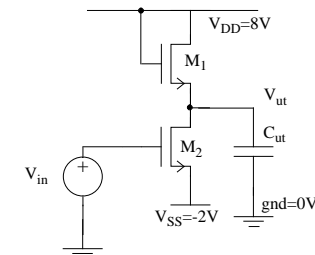


Figur 4: Strömspegeln i uppg. 5

(12p)

5. Betrakta kretsen i fig. 5 nedan. $S_1 = (W/L)_1 = 3$, $S_2 = (W/L)_2 = 12$, $V_{DD} = 8 V$, $V_{SS} = -2 V$, $C_{ut} = 21 pF$, $L = 10 \mu m$. Vid beräkningarna kan antas att $V_{BS} = 0$ och att M_1 och M_2 är mättade.

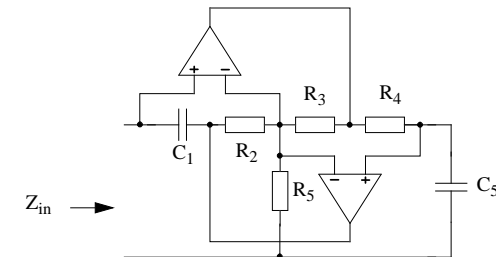
- Beräkna utspänningen i arbetspunkten, dvs V_{ut} då $V_{in} = 0$. Antag $\lambda = 0$ för alla transistorer.
- Rita småsignalschema för kretsen och beräkna g_m och g_{ds} för transistorerna.
- Bestäm ett uttryck på småsignal-förstärkningen för låga frekvenser och beräkna dess värde.
- Bestäm överföringsfunktionen för systemet, dvs för $\frac{V_{ut}(s)}{V_{in}(s)}$. Ange systemets bandbredd. (Bortse från parasitkapacitanserna)



Figur 5: Kretsen i uppg. 6

(12p)

6. Beräkna inimpedansen Z_{in} för kretsen i figur 6 om OP-förstärkarna antas ideala.



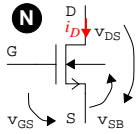
Figur 6: Kretsen i uppg. 6

(10p)

Transistorn: NMOS

$$\beta = K' \cdot W/L = \mu_0 C_{ox} \frac{W}{L}, \eta = \frac{\gamma}{2(2|\phi_F| + V_{SB})^{1/2}},$$

$$V_T = V_{T0} + \gamma(\sqrt{2|\phi_F| + V_{SB}} - \sqrt{2|\phi_F|})$$



$$I_D = 0$$

då $V_{GS} < V_T$

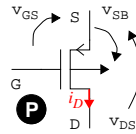
$$I_D = \beta((V_{GS} - V_T) - V_{DS}/2)V_{DS}(1 + \lambda V_{DS}) \quad \text{då } 0 < V_{GS} - V_T > V_{DS}$$

$$I_D = (\beta/2) \cdot (V_{GS} - V_T)^2(1 + \lambda V_{DS}) \quad \text{då } 0 < V_{GS} - V_T < V_{DS}$$

Transistorn: PMOS

$$\beta = K' \frac{W}{L} = \mu_0 C_{ox} \frac{W}{L}, \eta = \frac{\gamma}{2(2|\phi_F| + V_{BS})^{1/2}},$$

$$V_T = V_{T0} - \gamma(\sqrt{2|\phi_F| + V_{BS}} - \sqrt{2|\phi_F|})$$



$$I_D = 0$$

då $V_{GS} < V_T$

$$I_D = \beta((V_{SG} - |V_T|) - V_{SD}/2)V_{SD}(1 + \lambda V_{SD}) \quad \text{då } 0 < V_{SG} - |V_T| > V_{SD}$$

$$I_D = (\beta/2) \cdot (V_{SG} - |V_T|)^2(1 + \lambda V_{SD}) \quad \text{då } 0 < V_{SG} - |V_T| < V_{SD}$$

Småsignalparametrar:

$$g_m = \sqrt{2\beta I_D}, g_{ds} = \lambda I_D \text{ och } g_{mbs} = \eta g_m \quad \text{i mättade området}$$

$$g_m = \beta V_{DS}, g_{ds} = \beta(V_{GS} - V_T - V_{DS}) \text{ och } g_{mbs} = \eta g_m \text{ i linjära området}$$

Table 1: Processparametrar

Parameter	NMOS	PMOS	Enhet
V_{T0}	1	-1	V
C_{ox}	0.43	0.43	fF/ μm^2
K' (mättad)	17	8	$\mu\text{A}/\text{V}^2$
K' (ej mättad)	25	10	$\mu\text{A}/\text{V}^2$
λ (L=10 μm)	0.01	0.02	1/V
γ	1.3	0.6	$\text{V}^{1/2}$
$2 \phi_F $	0.7	0.6	V

$$\text{LDI-Transform: } s = s_0 \frac{z-1}{z^{1/2}}$$