

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

<b>Tid:</b>	1997-08-22, kl 14.00 - 18.00
<b>Plats:</b>	MJ10
<b>Ansvarig lärare:</b>	Mikael Gustavsson, ankn 1676 J Jacob Wikner, ankn 1676
<b>Tillåtna hjälpmedel:</b>	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
<b>Anvisningar:</b>	Maximalt kan 70 poäng erhållas. För betyget 3 (godkänd tentamen) fordras ca 30 poäng.
<b>Lösningar:</b>	Anslås på anslagstavlan i C-korridoren, ing 27
<b>Betygslista:</b>	Anslås på anslagstavlan senast 1997-09-05
<b>Visning:</b>	Meddelas när betygslistan anslås

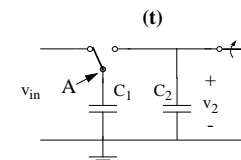
Lycka till!

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

a) Använd laddningsanalys för att härleda ett uttryck för signalen  $v_2(t + \tau)$  som funktion av insignalen. För insignalen gäller  $v_{in}(t) = v_{in}(t - \tau)$ . Switcharnas lägen i figuren visas vid tidpunkten  $t$ . Switcharna byter lägen med tidsmellanrummet  $\tau = T/2$  där  $T$  är periodtiden.

b) Bestäm z-transformen för  $v_2$ , dvs  $V_2(z) = f(V_{in}(z))$ .

c) Hur påverkas resultatet om det finns en parasitkapacitans  $C_p$  mellan nod A (se figuren) och jord. Ange z-transformen för  $v_2$  med parasitkapacitans.

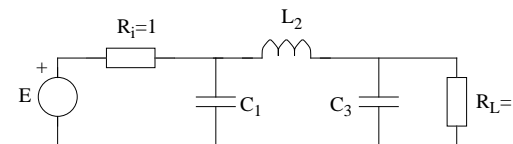


Figur 1: SC-kretsen i uppg. 1

(10p)

2. a) 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  $1/T = 20$  kHz och den önskade gränshfrekvensen  $f_c = 1$  kHz.

b) För vilken typ av filter kan LDI-transformen 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. Konstruera ett aktivt RC-filter med första och andra ordningens länkar. Filtret ska ha poler enligt  $p_1 = -2\pi \cdot 3$  krad/s,  $p_{2,3} = -3\pi \pm j\sqrt{3} \cdot 3\pi$  krad/s och saknar ändliga nollställen. Välj lämpliga elementvärden och rita realiseringen.

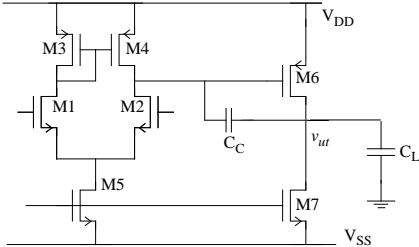
(10p)

4. Designa OP-förstärkaren i fig. 3 för följande specifikation.  
 $A_0 = 4000$ ,  $CMR = [-2, 2]V$ ,  $OutputRange = [-3, 3]V$ ,  $\phi_m = 60^\circ$ ,  
 $C_L = 5 pF$ ,  $SlewRate(SR) = 12V/\mu s$ ,  $P_{diss} \leq 10 mW$ ,  $V_{DD} = -V_{SS} = 5V$ ,  
 $GB = 2\pi \cdot 1Mrad/s$ .

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.

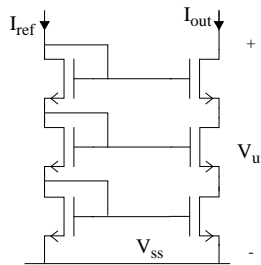


Figur 3: Operationsförstärkaren i uppg.4

(12p)

5. Betrakta den speciella strömspegeln i figuren nedan.  
 $V_{SS} = 0V$ ,  $I_{ref} = 20\mu A$ . Alla transistorer har storleken  $W = 200\mu m$  och  
 $L = 10\mu m$ . Antag att alla transistorer arbetar i mättnadsområdet och att  $V_{BS} = 0$ .

- a) Rita småsignalschema för strömspegeln.  
 b) Bestäm ett uttryck för strömspegelns inresistans.  
 c) Bestäm  $V_{out, MIN}$ , dvs den minsta ut-spänning för vilken alla transistorer är mät-tade. Antag att  $\lambda = 0$  för uppgift c).



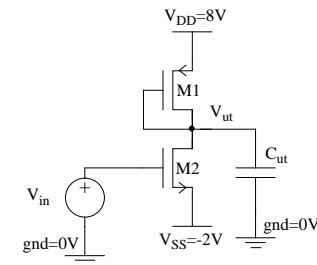
Figur 4: Strömspegeln i uppg. 5

(10p)

6. Betrakta kretsen i fig. 5 nedan.  
 $S_1 = (W/L)_1 = 3$ ,  $S_2 = (W/L)_2 = 13$ ,  $C_{ut} = 10 pF$ ,  $V_{DD} = 8V$ ,  
 $V_{SS} = -2V$ ,  $C_{ut} = 21 pF$ ,  $L = 10\mu m$ .

Vid beräkningarna kan antas att  $V_{BS} = 0$  och att M1 och M2 är mättade.

- a) Beräkna utspänningen i arbetspunkten, dvs  $V_{ut}$  då  $V_{in} = 0$ . Antag  $\lambda = 0$  för alla transistorer.  
 b) Rita småsignalschema för kretsen och beräkna  $g_m$  och  $g_{ds}$  för transistorerna.  
 c) Bestäm ett uttryck på småsignal-förstärkningen för låga frekvenser och beräkna dess värde.  
 d) 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)

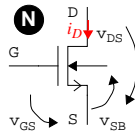
7. Förklara innebörden av begreppen Common Mode Range (CMR) och Common Mode Rejection Ratio (CMRR).

(4p)

**Transistorn: NMOS**

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

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



$$I_D = 0 \quad \text{då } V_{GS} < V_T$$

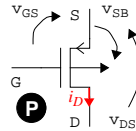
$$I_D = \beta((V_{GS} - V_T) - V_{DS}/2)V_{DS}(1 + \lambda V_{DS}) \quad \text{då } 0 < V_{GS} - V_T > V_{DS}$$

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

**Transistorn: PMOS**

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

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



$$I_D = 0 \quad \text{då } V_{GS} < V_T$$

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

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

**Småsignalparametrar:**

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

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

**Table 1: Processparametrar**

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

**LDI-Transform**

$$s = s_0 \frac{z-1}{z^{1/2}}$$