

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

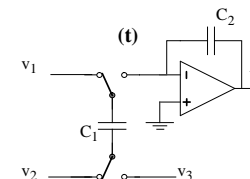
|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Tid:</b>                 | 1997-06-04, kl 14.00 - 18.00  |
| <b>Plats:</b>               | U11, T2   |
| <b>Ansvarig lärare:</b>     | Mikael Gustavsson, ankn 1676<br>J Jacob Wikner, ankn 1676   |
| <b>Tillåtna hjälpmedel:</b> | Räknedosa (ej förprogrammerad genom studentens försorg)<br>Eriksson, Wanhammar: Aktiva och tidsdiskreta filter (Tabell- och formelsamling)<br>Matematiska och Fysikaliska tabeller<br>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 1997-06-25   |
| <b>Visning:</b>             | Meddelas när betygslistan anslås  |

Lycka till!

1. I fig. 1 visas en SC-integrator med tre insignaler

a) Använd laddningsanalys för att härleda z-transformen för utsignalen, dvs.  $V_4(z) = f(V_1(z), V_2(z), V_3(z))$ . Antag att nästa krets läser av utsignalen  $v_4$  vid  $t+2\tau, t+4\tau, \dots$  osv. För insignalerna gäller  $v_1(t) = v_1(t + \tau)$ ,  $v_2(t) = v_2(t + \tau)$  och  $v_3(t + \tau) = v_3(t + 2\tau)$ . Switcharnas lägen i figuren visas vid tidpunkten  $t$ .

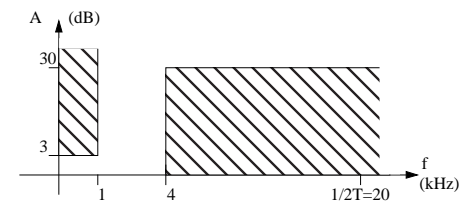
b) Är integratorn parasitokänslig? (motivera)



Figur 1: SC-integrator med tre insignaler

(10p)

2. Konstruera ett LDI-transformerat SC-filter som uppfyller kraven i fig. 2. Välj ett Butterworth referensfilter med  $R_1=R_L=1$ . 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.



Figur 2: Filerkrav för SC-filtret i uppg. 2.

(12p)

3. Konstruera ett aktivt RC-filter med första och andra ordningens länkar. Filtret ska ha poler enligt  $p_1 = -2\pi 10$  krad/s,  $p_{2,3} = -10\pi \pm j\sqrt{3} \cdot 10\pi$  krad/s och saknar ändliga nollställen. Välj lämpliga elementvärden och rita realiseringen.

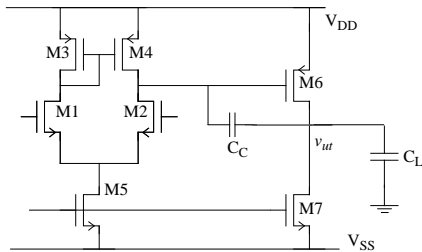
(10p)

4. Designa OP-förstärkaren i fig. 3 för följande specifikation.  
 $A_0 = 5000$ ,  $CMR = [-3, 3] V$ ,  $OutputRange = [-4, 4] V$ ,  $\phi_m = 60^\circ$ ,  
 $C_L = 10 pF$ ,  $SlewRate(SR) = 8 V/\mu s$ ,  $P_{diss} \leq 7 mW$ ,  $V_{DD} = -V_{SS} = 5 V$ ,  
 $GB = 2\pi \cdot 1 Mrad/s$ .

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.



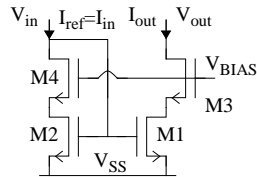
Figur 3: Operationsförstärkaren i uppg.4

(12p)

5. Betrakta den speciella strömspegeln i figuren nedan.  
 $V_{SS} = 0 V$ ,  $V_{BIAS} = 2.5 V$ ,  $I_{ref} = 20 \mu A$ ,  $S_1 = S_2 = 5$ ,  $S_3 = S_4 = 20$ ,  
 $L = 10 \mu m$   
 Då  $I_{in} = I_{ref}$  arbetar alla transistorer i mättnadsområdet. Antag att  $V_{BS} = 0$ .

- Rita småsignalschema för strömspegeln.
- Beräkna in- och utresistans.
- Bestäm  $V_{out, MIN}$  då  $I_{in} = I_{ref}$ . Antag att  $\lambda = 0$  för uppg c)-e).
- Hur kan  $V_{out, MIN}$  sänkas? Hur påverkar detta in- och utresistansen?
- Mellan vilka värden kan  $V_{in}$  varieras om alla transistorer ska vara mättade. OBS detta medför att även  $I_{in}$  och  $V_{GSi}$  ändras.

(14p)

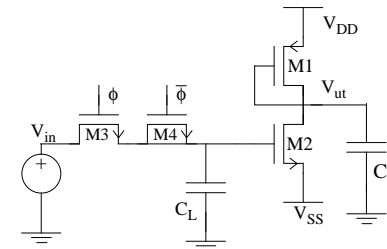


Figur 4: Strömspegeln i uppg. 5

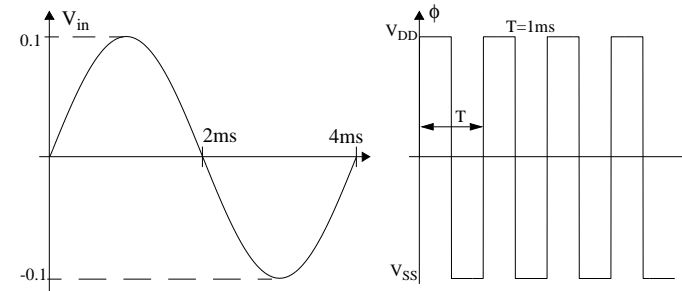
6. Betrakta kretsen i fig. 5 nedan.  $\phi$  är en pulsförmad (digital) signal och  $\bar{\phi}$  är dess invers.  $V_{in}$  är en analog kontinuerlig signal.  
 $S_1 = (W/L)_1 = 3$ ,  $S_2 = (W/L)_2 = 13$ ,  $S_3 = (W/L)_3 = 2$ ,  $C_{ut} = 10 pF$   
 $S_4 = (W/L)_4 = ?$ ,  $V_{DD} = 8 V$ ,  $V_{SS} = -2 V$ ,  $C_L = 21 pF$ ,  $L = 10 \mu m$ .

Vid beräkningarna kan bulkeffekter försummas ( $V_{BS} = 0$ ). M1 och M2 är mättade.

- Skissera utsignalen med insignalen enligt fig. 6. Antag att  $\lambda = 0$  och att distorsionen i kretsen är försumbar för  $V_{in} < 0.1 V$ . Vilken funktion har kretsen?
- Vilken funktion fyller M4, hur stor skall den väljas och varför denna storlek?
- Redogör för vilka arbetsområden som M3 arbetar i
- Bestäm polerna för systemet, dvs för  $\frac{V_{ut}(s)}{V_{in}(s)}$ , då  $\phi = V_{DD}$ . Alla parasitkapacitanser kan försummas. Antag att  $\lambda = 0$ .



Figur 5: Kretsen i uppg. 6



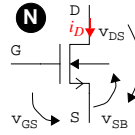
Figur 6: Insignalerna i uppg. 6

(12p)

**Transistorn: NMOS**

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

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



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

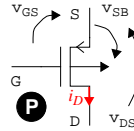
$$I_D = \beta \left( (V_{GS} - V_T) - \frac{V_{DS}}{2} \right) V_{DS} (1 + \lambda V_{DS}) \quad \text{då } 0 < V_{GS} - V_T > V_{DS}$$

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

**Transistorn: PMOS**

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

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



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

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

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

**Småsignalparametrar:**

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

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

**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                        |