

Tentamen i

TSSTE 80,

Analoga och Tidsdiskreta Integrerade Kretsar

Tid: 1999-01-15, kl. 09.00 - 13.00

Plats: U1

Ansvarig lärare: J. Jacob Wikner, anknytning 1676

Tillåtna hjälpmedel: Räknedosa (ej förprogrammerad genom studentens försorg)
S. Söderkvist: *Formler & Tabeller*
S. Eriksson, L. 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, Hus B, ingång 27 och 29

Betygslista: Anslås på anslagstavlan senast 1999-02-05

Visning: Meddelas när betygslistan anslås

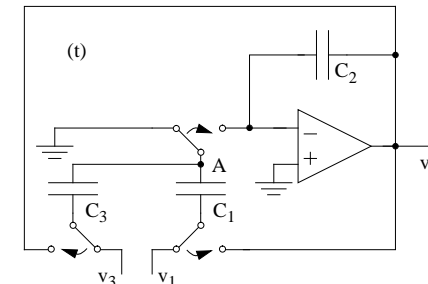
Lycka till!

Uppgifter

Uppgift 1: Laddningsanalys

I fig. 1 visas en SC-krets. Förstärkaren anses vara en ideal operationsförstärkare.

- 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 följdaktligen är periodtiden.
- Bestäm z-transformen för v_2 , dvs $V_2(z) = f(V_1(z), V_3(z))$.
- Diskutera hur resultatet påverkas av en parasitkapacitans C_p mellan nod A (se figur) och jord.



Figur 1: SC-kretsen i uppgift 1.

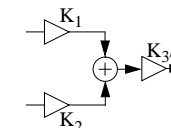
(10p)

Uppgift 2: Signalflödesschema

Man önskar realisera ett filter med överföringsfunktionen

$$H(s) = \frac{6s^2 + 4s + 6}{4s^3 + 5s^2 + 10}$$

Rita ett signalflödesschema som realiserar filtret. Schemat ska vara uppbyggt av summerande integratorer enligt fig. 2.

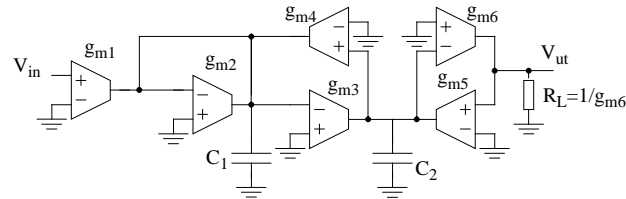


Figur 2: Summerande integrator (uppgift 2).

(5p)

Uppgift 3: gm-C filter

Figur 3 visar ett gm-C filter. Härled filtrets överföringsfunktion $H(s)$.



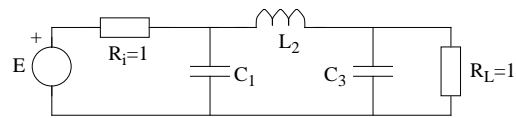
Figur 3: gm-C filtret i uppgift 3.

(5p)

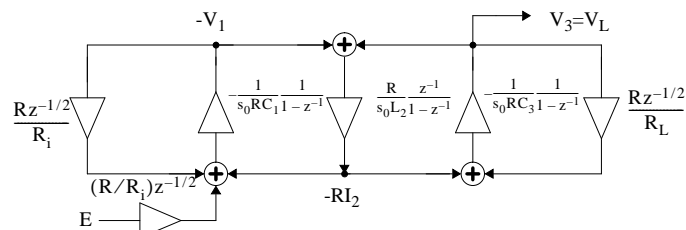
Uppgift 4: SC-filtrer

I fig. 4 visas ett normerat Butterworth filter ($\omega_{ac} = 1 \text{ rad/s}$). Genom att utgå från detta referensfilter och använda LDI-transformen, $s = s_0(z^{1/2} - z^{-1/2})$, erhålls ett signalflödesschema enligt fig. 5.

Modifiera signalflödesschemat så att det lämpar sig för realisering med SC-integratorer. 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 $1/T = 400 \text{ kHz}$ och den önskade gränshfrekvensen $f_c = 0.2 \text{ kHz}$.



Figur 4: Referensfiltret i uppgift 4. $C_1 = C_3 = 1 \text{ F}$ och $L_2 = 2 \text{ H}$.



Figur 5: Signalflödesschema för referensfiltret (uppgift 4).

(10p)

Uppgift 5: Filter

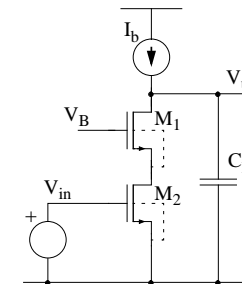
I vilken typ av filter, SC-filter eller gm-C filter, kan man få bäst koefficientnoggrannhet? Ange approximativt (i %) vilken spridning man kan få i respektive filtertyp, då inga extraordinära åtgärder i konstruktionen vidtas.

(2p)

Uppgift 6: Förstärkare

I fig. 6 visas en förstärkare som belastas på utgången av en kondensator C_L . Inverkan av övriga kapacitanser i kretsen kan antas vara försumbara. Transistorerna arbetar i det aktiva området och för både M_1 och M_2 gäller att $V_{BS} = 0$.

- Bestäm den dominerande polens läge för förstärkaren, uttryckt i småsignalparametrarna. Utnyttja gärna att $g_m \gg g_{ds}$ för att förenkla beräkningarna.
- Bestäm ett uttryck för den termiska bruseffekten $v_{n, ut}^2$ på utgången som orsakas av transistor M_1 . Termiska bruset från transistor M_2 kan i detta fall försummas.
- Antag att transistorernas bredd dubblas. Hur påverkas förstärkarens bandbredd och bruseffekt?



Figur 6: Common-Drain förstärkare (uppgift 6).

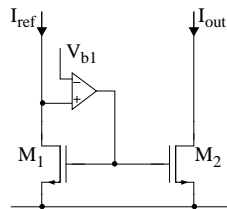
(9p)

Uppgift 7: Förstärkare

Betrakta den speciella strömspegeln i fig. 7 nedan.

För kretsen gäller att $V_{SS} = 0\text{ V}$, $I_{ref} = 20\mu\text{ A}$. Förstärkaren har dc-förstärkningen $A = 1000$. Alla transistorer har storleken $W = 40\mu\text{ m}$ och $L = 1\mu\text{ m}$. Antag att transistorerna arbetar i mättnadsområdet och att $V_{BS} = 0$.

- Rita småsignalschema för strömspegeln.
- Bestäm ett uttryck för strömspegelns inresistans. Beräkna även dess värde.
- Bestäm $V_{ut, MIN}$, dvs den minsta ut-spänning för vilken alla transistorer är mättrade (i aktiva området). Antag att $\lambda = 0$ för uppgift c).



Figur 7: Strömspegel med förstärkare (uppgift 7).

(9p)

Uppgift 8: Operationsförstärkare

En operationsförstärkare har unity-gain frekvensen 4MHz och för låga frekvenser är förstärkningen 1000. Förstärkaren återkopplas med återkopplingsfaktorn $\beta = 1/2$. Beräkna bandbredden (ω_{-3dB}) för den återkopplade förstärkaren.

(2p)

Uppgift 9: Dataomvandlare

- Förklara kortfattat principen för en s.k. successive approximation A/D-omvandlare. Påverkas hastigheten för en sådan omvandlare av hur många bitars upplösning man vill ha, i så fall hur?
- Förklara principen för en s.k. resistor-string D/A-omvandlare. Ange en nackdel med en sådan omvandlare.

Illustrera gärna svaren med figurer.

(6p)

Uppgift 10: Operationsförstärkare

I fig. 8 visas en s.k. folded-cascode operationsförstärkare. Följande data är givet:

$$W_1/L_1 = W_2/L_2 = 100\mu\text{m}/1\mu\text{m},$$

$$W_3/L_3 = W_4/L_4 = 150\mu\text{m}/1\mu\text{m},$$

$$W_5/L_5 = W_6/L_6 = W_7/L_7 = 100\mu\text{m}/1\mu\text{m},$$

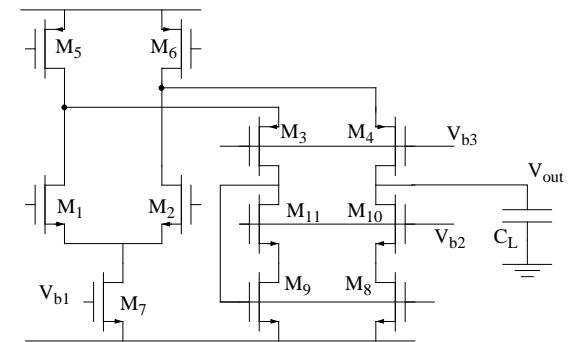
$$W_8/L_8 = W_9/L_9 = W_{10}/L_{10} = W_{11}/L_{11} = 150\mu\text{m}/0.6\mu\text{m}$$

Strömmarna genom M_4 och M_7 är 100uA respektive 400uA. Lastkapacitansen är $C_L = 3\text{ pF}$.

Poler och nollställen är approximativt givna av

$$p_1 = -\frac{1}{g_{m4}r_{ut1}r_{ds4}C_L} \quad p_2 = -\frac{g_{m4}}{C_{gs4}} \quad \text{där } r_{ut1} = r_{ds2} \parallel r_{ds6}.$$

- Beräkna Slew Rate för förstärkaren och förklara vad Slew Rate innebär.
- Bestäm förstärkningen för låga frekvenser. Bortse från att M_{10} och M_8 påverkar förstärkningen. Bestäm också unity-gain frekvensen.
- Designa om operationsförstärkaren så att unity-gain frekvensen blir dubbelt så stor. OBS! Lastkapacitansen får inte ändras.
- Hur mycket ändras dc-förstärkningen efter omdesign enligt c)? Påverkas Slew Rate och fasmarginal?



Figur 8: Operationsförstärkaren i uppgift 10.

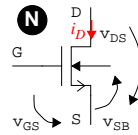
(12p)

Datablad

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 $V_{GS} < V_T$

$$I_D = \beta((V_{GS} - V_T) - V_{DS}/2)V_{DS}$$

då $0 < V_{GS} - V_T < V_{DS}$

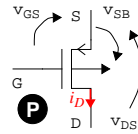
$$I_D = (\beta/2) \cdot (V_{GS} - V_T)^2(1 + \lambda(V_{DS} - V_{eff}))$$

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 $V_{GS} < V_T$

$$I_D = \beta((V_{SG} - |V_T|) - V_{SD}/2)V_{SD}$$

då $0 < V_{SG} - |V_T| < V_{SD}$

$$I_D = (\beta/2) \cdot (V_{SG} - |V_T|)^2(1 + \lambda(V_{SD} - V_{eff}))$$

då $0 < V_{SG} - |V_T| < V_{SD}$

Småsignalparametrar:

$$g_m = \sqrt{2\beta I_D}, r_{ds} = \frac{1}{\lambda I_D} = K_\lambda \cdot \frac{L}{I_D} \text{ och } g_s = \eta g_m \text{ i mättade området}$$

$$g_m = \beta V_{DS}, r_{ds} = \frac{1}{\beta(V_{GS} - V_T)} \text{ och } g_s = \eta g_m \text{ i linjära området}$$

Brus:

Det termiska bruset i en transistor kan modelleras som en strömkälla mellan Source och Drain. Spektraltätheten för källan är

$$\frac{8kT}{3} g_m$$

Parameter	NMOS	PMOS	Enhet
V_{T0}	0.8	-0.9	V
C_{ox}	1.9×10^{-3}	1.9×10^{-3}	pF/ μm^2
$K' = \mu_0 C_{ox}$	92	30	$\mu\text{A}/\text{V}^2$
K_λ	8000	12000	$\Omega \cdot \text{mA}/\mu\text{m}$
γ	0.5	0.8	$\text{V}^{1/2}$
ϕ_F	0.34	0.34	V

Tabell 1: Processparametrar