

Tentamen i
ETI 145 Mikroelektronik Kretsar
för E2
den 21 augusti 2017 kl 14.0-18.00 i Maskinsalar

Lärare och examinator: Bo Håkansson, ankn. 1807, mob 0707-853294.

OBS! Uppgifterna är ordnade slumpmässigt. Läs igenom hela tentan innan du börjar lösa någon av uppgifterna.

Approximationer och förenklingar skall motiveras

Lösningarna anslås på kursens hemsida.

Tid för granskning av rättning kommer att anges på kursens senaste hemsidor enligt ovan.

Tentamen består av sex uppgifter som vardera ger maximalt 3 eller 4 poäng. För godkänd tentamen fordras 9.5 poäng. Betygsgränser: 9.5-13.5 p ger 3, 14-17 p ger 4, och 17,5-21 p ger 5.

Tillåtna hjälpmedel: Tabellverken Beta β och CRC Standard Mathematical Tables samt bifogad formelsamling. Godkänd räknare dvs CASIO FX 82, TEXAS TI30, SHARP EL531.

Lycka till!

1.

(a) Vad är en varistor?

0.5p

(b) Ange två typer av elektrolytkondensatorer som är vanliga idag.

0.5p

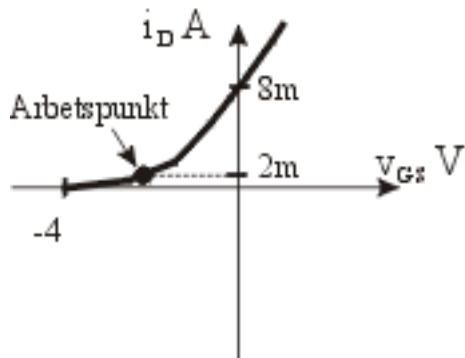
(c) Ange minst tre typer av primärbatterier.

0.5p

(d) En förstärkare med nedanstående överföringsfunktion skall vara kritiskt dämpad. Beräkna värdet på konstanten a.

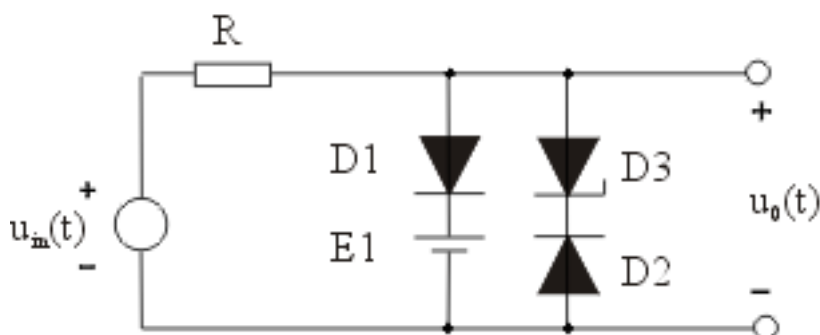
$$F(s) = \frac{10^4}{s^2 + as + 10^4}$$

0.5p

(e) En MOS transistor är biaserad för en arbetspunkt enligt figur. Vad blir g_m ?

1 p

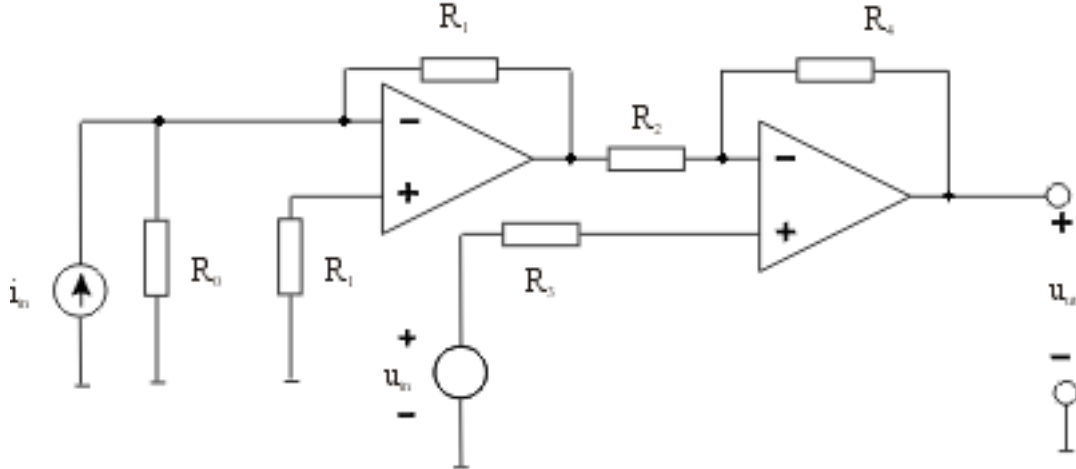
(f) Antag att D1 och D2 är ideala dioder samt att D3 är en ideal zenerdiod med $E_Z = 9\text{ V}$. Beskriv i en skiss utseendet hos $u_0(t)$. Ange nivåer och tider. $u_{in} = 15\sin(2\pi \cdot 1\text{ k} \cdot t)$. $R = 2\text{ k} \Omega$, $E_1 = 6\text{ V}$.



1p

2.

Beräkna u_{ut} som funktion av i_{in} och u_{in} . Antag ideala operationsförstärkare.



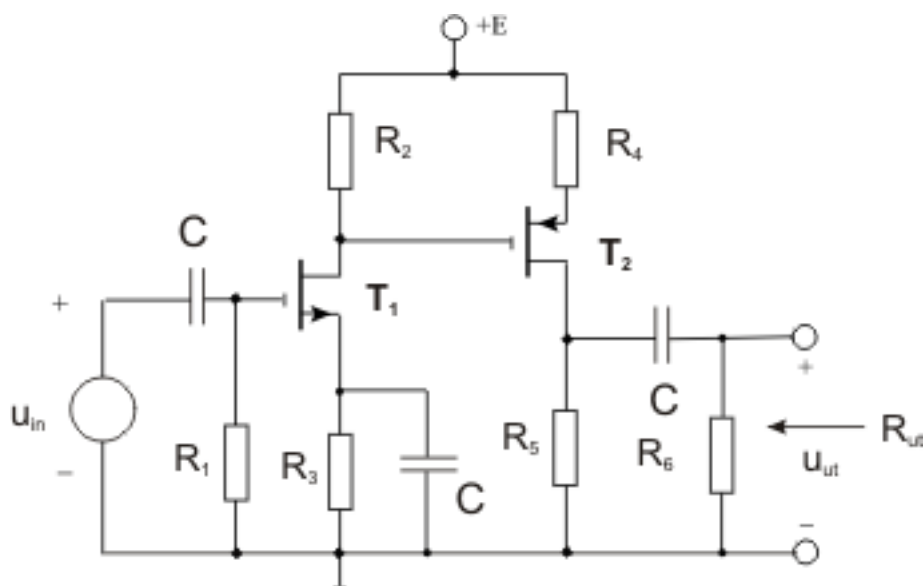
4p

3.

Beräkna förstärkningen u_{ut}/u_{in} samt utresistansen R_{ut} för förstärkarsteget nedan.

För transistorerna antas transkonduktansen vara g_{m1} respektive g_{m2} för T_1 respektive T_2 .

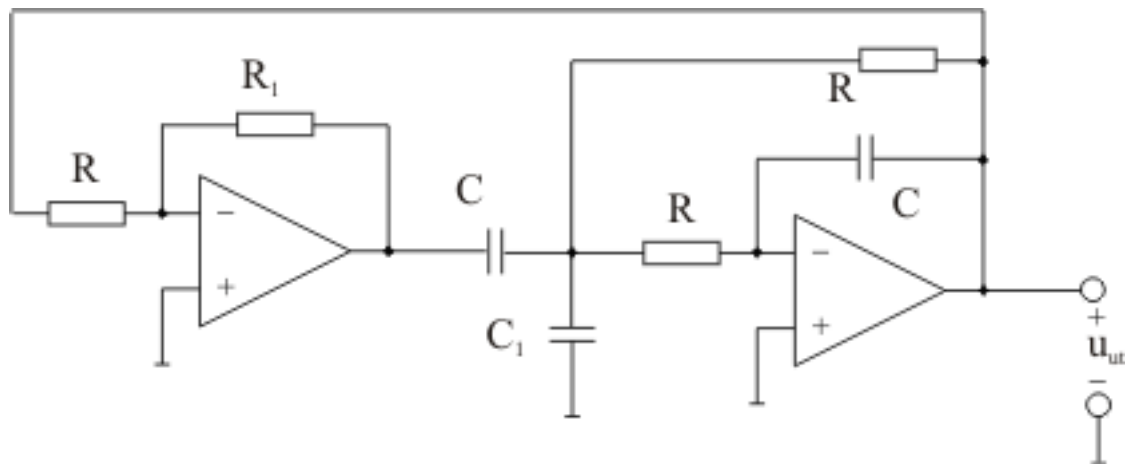
Inverkan av övriga transistorparametrar försummas. Antag $C = \infty$ för aktuella frekvenser.



3p

4.

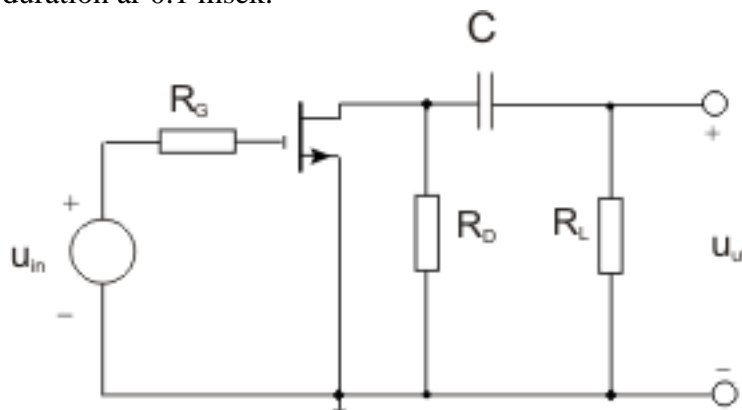
Beräkna R_1 och C_1 så att oscillatoren svänger sinusformigt vid frekvensen 100 Hz. Antag ideala operationsförstärkare. $R=20\text{ k}\Omega$, $C=50\text{ nF}$.



3p

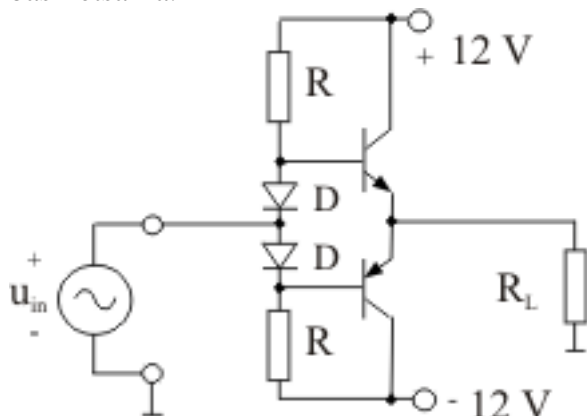
5. Beräkna transistorstegets (växelströmsschema) pulsfall och stigtid. För transistoren gäller: $g_m=40\text{ mA/V}$, $C_{gs}=29\text{ pF}$, $C_{gd}=3\text{ pF}$. Inverkan från övriga transistorparametrar försummas.

Använd Millertransformation. $R_G=800\ \Omega$, $R_D=4\text{ k}\Omega$, $R_L=4\text{ k}\Omega$, $C=200\text{ nF}$. Testpulsens duration är 0.1 msek.



4p

6. Beräkna den maximala medeleffekten i belastningsmotståndet R_L samt verkningsgraden η då halva maximala effekten tas ut i R_L . Antag att spänningsfallet mellan kollektor och emitter är 0 V när transistorn leder maximalt. $R_L=8\ \Omega$. Försumma effekten i baskretsarna.



3p

Formelsamling

Elektronik för E2**2017****Frekvens och tidsegenskaper**

- **Gränshfrekvens "3 dB frekvens"** $= \frac{H_{\max}}{\sqrt{2}}$
Övre gränshfrekvens: ω_{δ} eller f_{δ}
n st lika poler $f_{\delta_{tot}} = f_1 \cdot \sqrt{2^{1/n} - 1}$
n st olika poler $\frac{1}{f_{\delta_{tot}}} \approx 1.1 \cdot \sqrt{\frac{1}{f_1^2} + \dots + \frac{1}{f_n^2}}$
Undre gränshfrekvens: ω_u eller f_u
n st lika poler $f_{u_{tot}} = f_1 / \sqrt{2^{1/n} - 1}$
- **Tidsegenskaper**
Stigtid: Bestäms av övre gränshfrekvensen $t_r \cdot f_{\delta} \approx 0.35$
Pulsfall: Bestäms av undre gränshfrekvensen $P_{rel} = \frac{\Delta t}{\tau_{tot}} \cdot 100\%$
 $\frac{1}{\tau_{tot}} = \omega_1 + \dots + \omega_n$

Återkoppling

- Total förstärkning $F_f = \frac{F}{1 + \beta F} = \frac{F}{1 - T}$; där T= slingförstärkning
- 2:a ordn. system $\frac{A_0}{s^2 + s \cdot 2k\omega_0 + \omega_0^2}$; $k=1$ för kritisk dämpning
- Villkor för oscillation $|T|=1$ då $\angle T = 0^\circ$ eller $|\beta F|=1$ då $\angle \beta F = -180^\circ$

Diod

- Diodekvationen $i_D = I_S (e^{v_D/nV_T} - 1)$ där $V_T = kT/q \approx 25$ mV vid rumstemp.
- Temperaturberoende $I_{S2} = I_{S1} \cdot 2^{(T_2 - T_1)/10}$ och $\Delta v_D / \Delta T = -2$ mV/°C

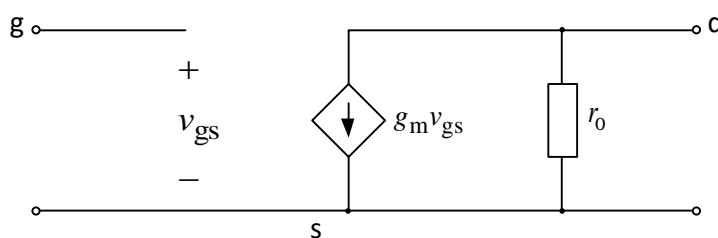
MOS transistor

- Storsignalmodell, $i_G=0$

Strömmättnadsområdet $i_D = \frac{k}{2}(v_{GS} - V_t)^2 \quad \text{då} \quad v_{DS} \geq v_{GS} - V_t$

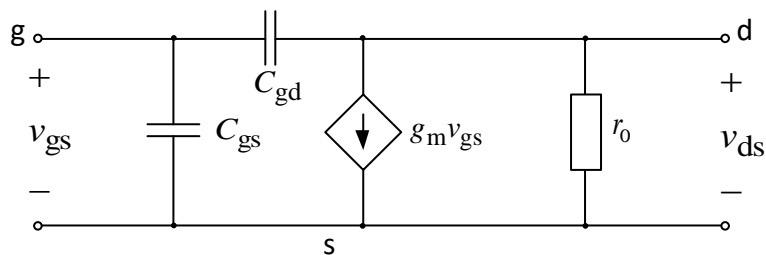
Triodområdet $i_D = k \left[(v_{GS} - V_t)v_{DS} - \frac{1}{2}v_{DS}^2 \right] \quad \text{då} \quad v_{DS} < v_{GS} - V_t$

- Småsignalmodell låga frekvenser



$$g_m = \sqrt{2k|I_D|}, \quad r_o = V_A/I_D$$

- Småsignalmodell höga frekvenser



$$C_{gs} = \frac{g_m}{\omega_T} - C_{gd}$$

- Millers teorem $C_{M1} = C_{gd}(1-k)$, $C_{M2} = C_{gd} \frac{k-1}{k}$, där $k = \frac{v_{ds}}{v_{gs}}$

Bipolär transistor:

- Storsignal: $i_C = \beta \cdot i_B$, $v_{BE} = E_0$ (npn), $-E_0$ (pnp)
- π -schema: $g_m = |I_C| / V_T \cong 40 \cdot |I_C|$, $r_\pi = \beta/g_m$, $r_o \cong V_A/I_C$

Effekt

$$T_j - T_a = P_T \cdot \Theta_{ja} \quad \text{där} \quad \Theta_{ja} \text{ är den termiska resistansen } (^\circ\text{C/W}).$$

$$P_{medel} = \frac{\hat{i} \cdot \hat{u}}{2} \cos \theta$$

$$\text{För sinushalvperiod} \quad I_{medel} = \frac{\hat{i}}{\pi}$$