Tent. Maj 2016

A1

Logisk funktion $f(x_3, x_2, x_1, x_0) = \sum(\underbrace{2,4,10,11,13,15}_{\text{min-termer}}) + d(\underbrace{0,6}_{\text{don't care-termer.}})$

$\Rightarrow$ Sanningstabell:

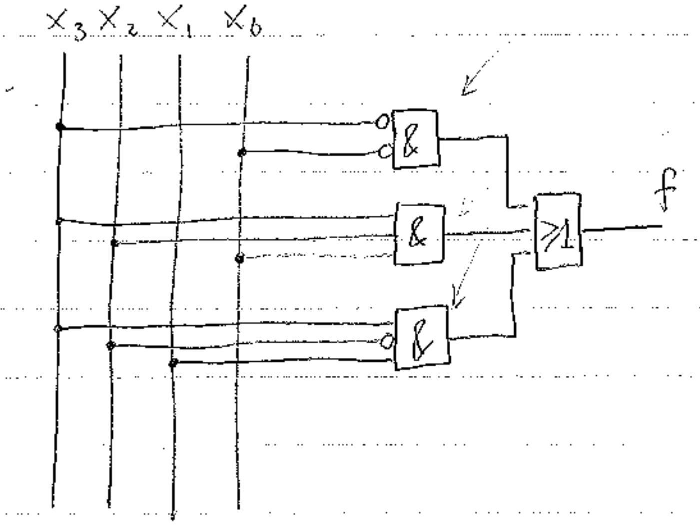
	x_3	x_2	x_1	x_0	f
0	0	0	0	0	–
1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	1
5	0	1	0	1	0
6	0	1	1	0	–
7	0	1	1	1	0
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0
10	1	0	1	0	1
11	1	0	1	1	1
12	1	1	0	0	0
13	1	1	0	1	1
14	1	1	1	0	0
15	1	1	1	1	1

Minimering SP-form
Karnaughdiagram
$\Longrightarrow$

$x_3x_2 \backslash x_1x_0$	00	01	11	10
00	–	0	0	1
01	1	0	0	–
11	0	1	1	0
10	0	0	1	1

$\Rightarrow f = x_3'x_0' + x_3x_2x_0 + x_3x_2'x_1$

Implementerat som grindnät:



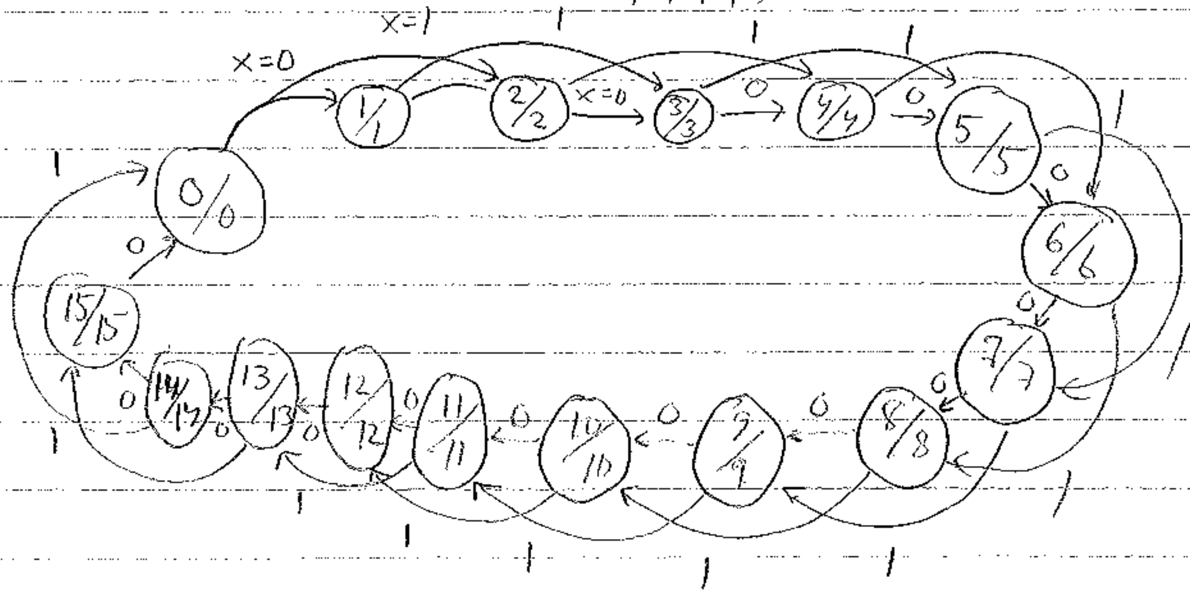
Maj 2016

A2

Ska designa en 4-bitars räknare som kan räkna ett steg i taget (per klockcykel) om ~~x~~signal $x=0$ eller två steg per clk om $x=1$.

Tillståndsdiagram: Representerar tillståndet som dess ~~p~~motsvarande binära tal.

$\Rightarrow$ Tillståndet = utsignal ($q_3q_2q_1q_0$)



(A2) 3,2

$q_3 q_2 q_1 q_0 x$	q_3^+	q_2^+	q_1^+	q_0^+	
0 0 0 0 0	0	0	0	1	1
0 0 0 0 1	0	0	1	0	2
0 0 0 1 0	0	0	1	0	2
0 0 0 1 1	0	0	1	1	3
0 0 1 0 0	0	0	1	1	3
0 0 1 0 1	0	1	0	0	4
0 0 1 1 0	0	1	0	0	4
0 0 1 1 1	0	1	0	1	5
0 1 0 0 0	0	1	0	1	5
0 1 0 0 1	0	1	1	0	6
0 1 0 1 0	0	1	1	0	6
0 1 0 1 1	0	1	1	1	7
0 1 1 0 0	0	1	1	1	7
0 1 1 0 1	1	0	0	0	8
0 1 1 1 0	1	0	0	0	8
0 1 1 1 1	1	0	0	1	9
1 0 0 0 0	1	0	0	1	9
1 0 0 0 1	1	0	1	0	10
1 0 0 1 0	1	0	1	0	10
1 0 0 1 1	1	0	1	1	11
1 0 1 0 0	1	0	1	1	11
1 0 1 0 1	1	1	0	0	12
1 0 1 1 0	1	1	0	0	12
1 0 1 1 1	1	1	0	1	13
1 1 0 0 0	1	1	0	1	13
1 1 0 0 1	1	1	1	0	14
1 1 0 1 0	1	1	1	0	14
1 1 0 1 1	1	1	1	1	15
1 1 1 0 0	1	1	1	1	15
1 1 1 0 1	0	0	0	0	0
1 1 1 1 0	0	0	0	0	0
1 1 1 1 1	0	0	0	1	1

Logiska funktioner: q_3^+ K-map.

Fem variabler

Ritar ($q_3=0$ / $q_3=1$)

$q_3=0$

$q_2 q_1$ \ $q_0 x$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	0	1	1	1
10	0	0	0	0

$q_3=1$

	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	1	1	1	1
11	1	0	0	0
10	1	1	1	1

$$q_3^+ = q_3 q_0' x' + q_3 q_2' + q_3 q_1' + q_3' q_2 q_1 x + q_3' q_2 q_1 q_0$$

(12) s3

q_2^+ ($q_3=0$)

q_2q_1 \ q_0x	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	1	1	1
11	1	0	0	0
10	1	1	1	1

$q_3=1$

q_2q_1 \ q_0x	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	1	1	1
11	1	0	0	0
10	1	1	1	1

Obs: Identiska k-maps $\Rightarrow q_2^+$ beror ej av q_3.

$$q_2^+ = q_2q_1' + q_2q_0'x' + q_2'q_1x + q_2'q_1q_0$$

q_1^+ ($q_3=0$)

q_2q_1 \ q_0x	00	01	11	10
00	0	1	1	1
01	1	0	0	0
11	1	0	0	0
10	0	1	1	1

$q_3=1$

q_2q_1 \ q_0x	00	01	11	10
00	0	1	1	1
01	1	0	0	0
11	1	0	0	0
10	0	1	1	1

Återigen, identiska $\Rightarrow q_1^+$ beror ej av q_3

$$q_1^+ = q_1q_0'x' + q_1'x + q_1'q_0$$

	00	01	11	10
00	1	0	1	0
01	1	0	1	0
11	1	0	1	0
10	1	0	1	0

Samma igen $\Rightarrow q_0^+$ beror ej av q_3

$= \Rightarrow$

$$q_0^+ = q_0'x' + q_0x$$

A3 s,1

(a)

Var 1: Kretsen känns igen som en (inverterande) summerare

Från min formelsamling: $U_{ut} = -\left(\frac{R_3}{R_1}U_1 + \frac{R_3}{R_2}U_2\right) =$

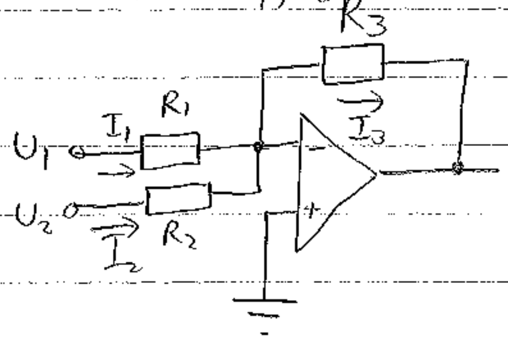
$$= -\left(\frac{10\cdot 10^3}{2\cdot 10^3}\cdot 0{,}5 + \frac{10\cdot 10^3}{2\cdot 10^3}\cdot 1\right) = -\left(5\cdot 0{,}5 + 5\cdot 1\right) = -7{,}5\,V$$

Variant 2: Känner inte igen dem. Härleder sambandet istället.

Antar ideal OP $\Rightarrow$ (i) Ingen ström mellan U_+ o U_-

Negativ återkoppling $\Rightarrow$ $U_- = U_+$ (ii)

Inför strömmar I_1, I_2 och I_3.



Gäller att $I_3 = I_1 + I_2$ (pga (i))

Dessutom har vi $U_- = U_+ = 0$ (U_+ är kopplad direkt mot jord)

Ohms lag för resistor R_1: $(U_1 - 0) = R_1 \cdot I_1$

$\Rightarrow I_1 = \frac{U_1}{R_1}$

pss för R_2 $\Rightarrow$ $I_2 = \frac{U_2}{R_2}$

$\left.\begin{matrix} I_1 = \frac{U_1}{R_1} \\ I_2 = \frac{U_2}{R_2} \end{matrix}\right\} \Rightarrow I_3 = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}$

(A3) s. 2

Ohms lag för R_3: $0 - U_{ut} = R_3 \cdot I_3 = R_3 \cdot \left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}\right)$

$$\Rightarrow U_{ut} = -\frac{R_3}{R_1}U_1 - \frac{R_3}{R_2}U_2$$

$\Rightarrow$ samma svar som i ~~lösnings~~svariant 1 när vi stoppar in värdena.

(b) Från (a) har vi att $I_3 = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} = \frac{0{,}5}{2 \cdot 10^3} + \frac{1}{2 \cdot 10^3} = 0{,}75 \cdot 10^{-3} = 0{,}75\,mA$

(c) Om nedre matningsspänningen höjs till 0 V

kan inte OP-förstärkaren leverera negativa spänningar.

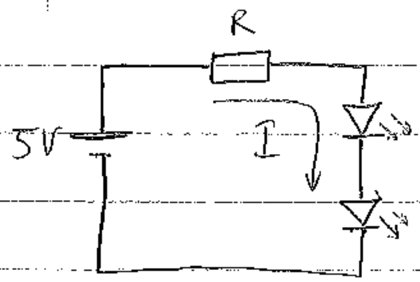
Vi kan som lägst erhålla (strax över) 0 V

kvalificerad gissning $U_{ut} \approx 0{,}5\,V$

(Pga negativ återkoppling kommer utspänningen söka läggs sig så att skillnaden mellan U_- och U_+ blir så liten som möjligt $\Rightarrow$ U_{ut} lägger sig på den spänning som är den lägsta som OP-förstärkaren kan ge ut i detta fall.)

A4 s.1

(a)



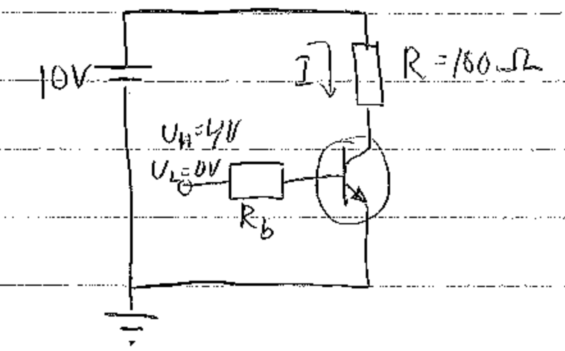
spänningsfall 1,5 V vardera vid $I = 15\,mA$.

Potentialvandring: $5 - RI - 1{,}5 - 1{,}5 = 0$

$\Rightarrow 2V = RI$ där $I = 15\,mA$

$\Rightarrow R = \frac{2}{I} = \frac{2}{15 \cdot 10^{-3}} \approx 133\ \Omega$

(b)



Antar att NPN-transistorn är bottnad då $U_H = 4V$.

(i) Ström genom R i detta fall?

V_{CE} då ordinär kisel-transistor (antar en sådan)

Potentialvandring: $10 - R \cdot I - 0.2 = 0$

$\Rightarrow \quad RI = 9{,}8 \quad \Rightarrow I = \frac{9{,}8}{R} = \frac{9{,}8}{100} = 0{,}098 = 98\,mA.$

(A4) s2

(b)

(ii) Maximalt tillåtna värde på R_b för att garantera bottning?

Vid bottning gäller att $I_c < h_{FE} \cdot I_b$

$$\Rightarrow I_b > \frac{I_c}{h_{FE}} = \frac{98 \cdot 10^{-3}}{100} = 980 \cdot 10^{-6} = 980\,\mu A$$

enligt uppgiftstext.

Notera olikhet: $I_b > 980\,\mu A$.

Potentialvandring över Bas-emittor övergången vid U_H

$$4 - R_b I_b - 0{,}7 = 0$$

V_{BE} i normalfallet.

$$\Rightarrow R_b I_b = 3.3 \Rightarrow R_b = \frac{3.3}{I_b} < \frac{3{,}3}{980 \cdot 10^{-6}} \approx 3{,}37\,k\Omega$$

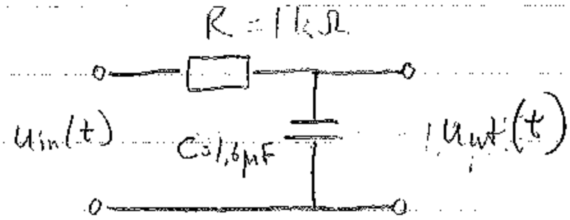
utnyttja olikheten

Svar: Vi ska välja R_b mindre än $3{,}37\,k\Omega$ för att garantera bottnad transistor.

A5

Se dis. kvalitt.

(B1) s.1



Utnyttja växelströmsteori/impedanser m.m. för att beräkna $u_{ut}(t)$

(i) Beskriv $u_{in}(t)$ m.h.a komplex spänning.

$$u_{in}(t) = \cos(\omega t) = \mathrm{Re}\left(1 \cdot e^{j\omega t}\right) \quad \text{där} \quad \omega = 2\pi \cdot \underbrace{1000}_{f=1000\,Hz}$$

$\Rightarrow$ Komplex spänning $U_{in} = 1$

(ii) Skriv U_{ut} (komplex spänning som svarar mot $u_{ut}(t)$) som komplext (och frekvensberoende) tal $H(\omega)$. ggr U_{in}.

Vi får fram $H(\omega)$ genom spänningsdelning:

$$U_{ut} = \frac{Z_c}{Z_c + R} U_{in} \quad \left(Z_c = \frac{1}{j\omega C} \text{ är impedans för } C \right)$$

$$= \frac{\frac{1}{j\omega C}}{\frac{1}{j\omega C} + R} U_{in} = \underbrace{\frac{1}{(1 + j\omega RC)}}_{H(\omega)} U_{in}$$

Vi kan nu skriva $H(\omega)$ på polär form

$H(\omega) = |H(\omega)| \cdot e^{j\theta}$ där $|H(\omega)|$ är absolutbeloppet och θ är s.k. fasvinkel, $\theta = \arg H(\omega)$

(B1) s.2

Då kan vi skriva $U_{ut} = H(\omega) U_{in} = |H(\omega)| \cdot e^{j\theta} \underbrace{U_{in}}_{=1} =$

$$\Rightarrow U_{ut} = |H(\omega)| e^{j\theta}$$

$$\Rightarrow u_{ut}(t) = Re\left\{|H(\omega)| e^{j\theta} \cdot e^{j\omega t}\right\} = Re\left\{|H(\omega)| \cdot e^{j\omega t + j\theta}\right\} =$$

$$= Re\left\{|H(\omega)| \cdot e^{j(\omega t + \theta)}\right\} = |H(\omega)| \cdot Re\left\{e^{j(\omega t + \theta)}\right\} = |H(\omega)| \cdot \cos(\omega t + \theta)$$

Kvar återstår att bestämma $|H(\omega)|$ och θ.

$$|H(\omega)| = \left|\frac{1}{1 + j\omega RC}\right| = \frac{|1|}{|1 + j\omega RC|} = \frac{1}{\sqrt{1^2 + \omega^2 R^2 C^2}}$$

Sätt in $\omega = 2000\pi$, $R = 1000$, och $C = 1{,}6 \cdot 10^{-6} \Rightarrow \omega \cdot R \cdot C = 10{,}05$

$$\Rightarrow |H(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + 10{,}05^2}} \approx 0{,}1$$

$$\theta = \arg H(\omega) = \arg \frac{1}{1 + j\omega RC} = \underbrace{\arg 1}_{=0} - \arg(1 + j\omega RC) =$$

$$= -\arctan \omega RC = -\arctan(10{,}05) \approx -1{,}47 \text{ rad}$$

$$\Rightarrow \boxed{u_{ut}(t) \approx 0{,}1 \cdot \cos(2000\pi \cdot t - 1{,}47)}$$

B1 s3

(b) Brytfrekvens?

$|H(\omega)|$ beskriver förstärkning som funktion av frekvens

(Notera: $\omega = 2\pi f$) ... frekvens i svängningar/s [Hz]

"vinkelfrekvens" rad/s

$|H(\omega)| =$ enl. (a) $= \dfrac{1}{\sqrt{1+\omega^2 \cdot R^2C^2}}$. Vi ser att max för $|H(\omega)|$

fås då $\omega = 0 \Rightarrow |H(\omega=0)| = 1$.

Söker nu (enligt uppgiftstexten) den frekvens

sådan att $|H(\omega)| = \dfrac{1}{\sqrt{2}} \cdot 1$

Lös $\dfrac{1}{\sqrt{1+\omega^2R^2C^2}} = \dfrac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \omega^2R^2C^2 = 1 \Rightarrow \omega RC = 1$

$\Rightarrow \omega = \dfrac{1}{RC}$, eller $2\pi f = \dfrac{1}{RC} \Rightarrow f = \dfrac{1}{2\pi RC}$

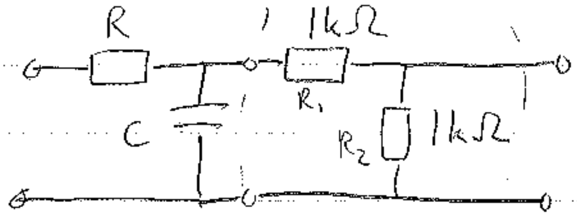
$\Rightarrow f = \dfrac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-6}} \approx \underline{\underline{99{,}47 \text{ Hz}}}.$

(B1) 5.4

(c) Omskalning av signal. Halvera amplituden.

Idé 1: Spänningsdelning tex. $R_1 = R_2 = 1k\Omega$

tex



En stunds funderande ⇒ Inser att det inte fungerar.
Vi ändrar på egenskaperna hos hela kretsen.

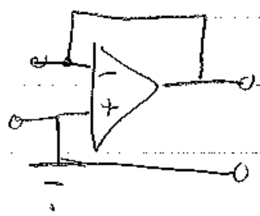
(analysera tex ytterligheten $\omega = 0$

⇒ C spärrar, vår spänningsdelning ger $\frac{\overbrace{1k\Omega}^{\text{förstärkning } R_2}}{\underbrace{1k\Omega}_{R_2} + \underbrace{1k\Omega}_{R_1} + \underbrace{1k\Omega}_{R}}$

$= \frac{1}{3}$ och inte $\frac{1}{2}$ som önskat.

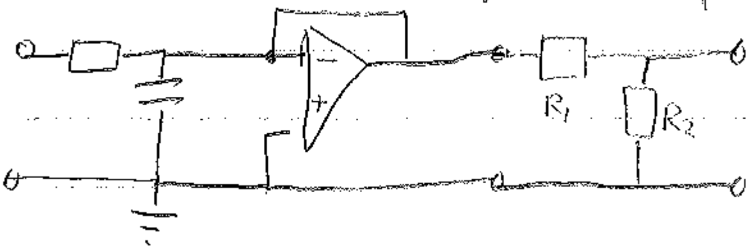
Problemet är att spänningsdelaren belastar RC-kretsen.

Lösning: Sätt tex en spänningsföljare ⇒



direkt efter RC-länken.

Lägg sedan en spänningsdelare efter denna.



med $R_1 = R_2$

(B2) s 1

Från A1 har vi Karnaughdiagram och logiskt uttryck

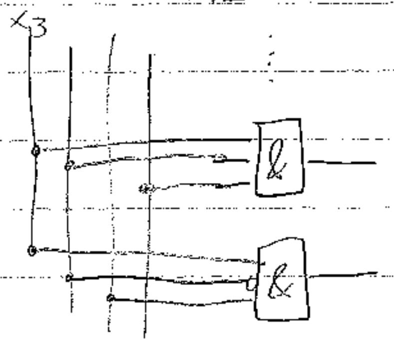
$$f = x_3'x_0' + x_3x_2x_0 + x_3x_2'x_1$$

x_3x_2 \ x_1x_0	00	01	11	10
00	–	0	0	1
01	1	0	0	–
11	0	1	1	0
10	0	0	1	1

Varje inringning motsvarar en AND-grind.

Kapplöpningsproblemet består i att när vi växlar mellan två insignalkombinationer som båda ska resultera i att $f=1$ så kan vi pga olika propageringstid genom grindarna tillfälligt få ut 0:or ur båda

Ex: Se, A1



Dessa grindar motsvarar de streckade inringningarna i diagrammet.

Om vi går tex från kombinationen $x_3=x_2=x_1=x_0=1$ till $x_3=1$, $x_2=0$, $x_1=x_0=1$

dvs att x_2 går från 1 till 0, så har vi först en etta ut från den övre & (0:a från undre) och sedan 0:a ut från övre men 1:a från undre. Om den övre går ner på 0 innan undre går upp på 1 går alla & -grindar 0 $\Rightarrow$ f tillfälligt 0

(B2) s.2

Lösningen består i att lägga till AND-grindar som täcker upp för dess övergångar

Förslag

x_3x_2 \ x_1x_0	00	01	11	10
00	–	0	0	1
01	1	0	0	–
11	0	1	1	0
10	0	0	1	1

OBS även här kan vi få problem när vi har $x_2=0, x_1=1, x_0=0$ och x_3 växlar mellan 0 och 1.

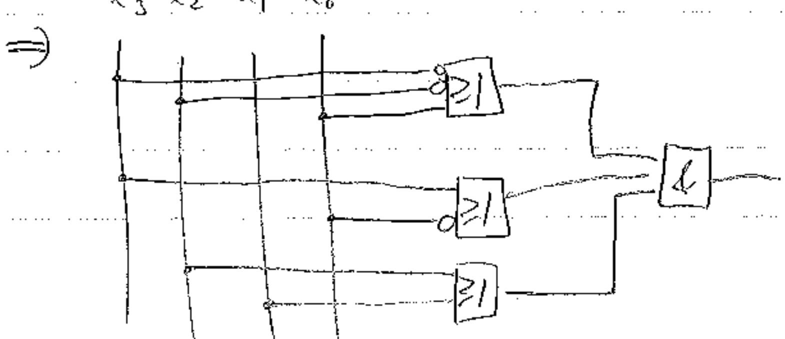
Lägg till denna

(b) PS-form för samma funktion? ("Vänd på allt")

x_3x_2 \ x_1x_0	00	01	11	10
00	–	0	0	1
01	1	0	0	–
11	0	1	1	0
10	0	0	1	1

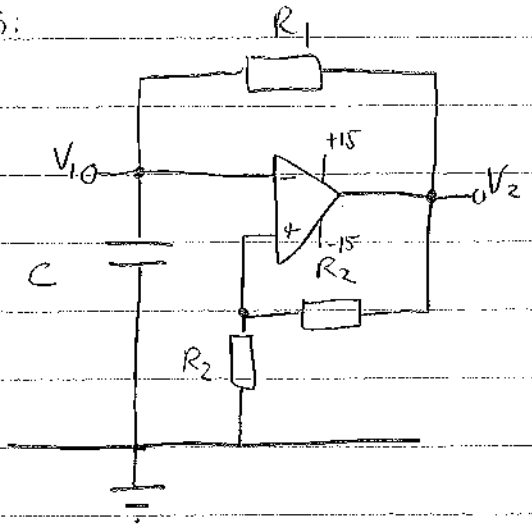
$$\Rightarrow f=(x_3'+x_2'+x_0)(x_3+x_0')(x_2+x_1)$$

$\Rightarrow$



B3 s, 1

Krets:



Vad gör den?

$C = 100\,\mu F$

$R_2 = 10\,k\Omega$

R_1 fri parameter.

I uppgiftstexten antyds att den negativa återkopplingen inte leder till att $U_- = U_+$ som vi annars är vana.

Om så är fallet (vi litar på det), bör V_2 slå i "taket" = +15 V och "källaren" = −15 V beroende på om $U_- < U_+$ respektive $U_- > U_+$

Anta att vi vid en viss tidpunkt har $U_- < U_+$

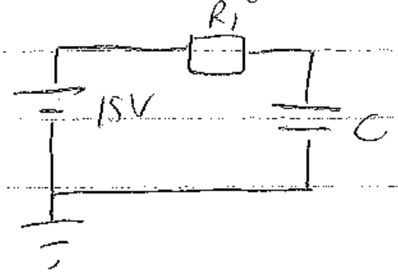
$\Rightarrow V_2 = +15\ V$

$$\Rightarrow \quad U_+ = \frac{R_2}{R_2 + R_2} V_2 = \frac{1}{2} \cdot 15 = 7{,}5\ V$$

(spänningsdelning från 15 till jord via två lika stora motstånd)

Vad händer med slingan genom R_1 och C till jord.

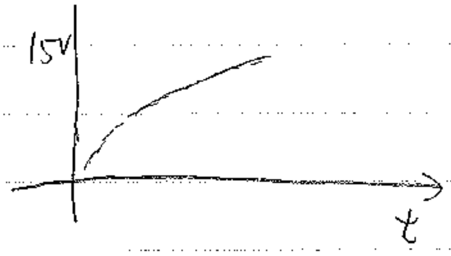
Vi har då situationen (tillfälligt)



dvs en RC-länk.

(B3) 5.3

Spänningen över C (vilket är samma som potentialen V_1) ges av uppladdningskurvan



Denna kurva planar ut först vid 15 V (all spänning över C)

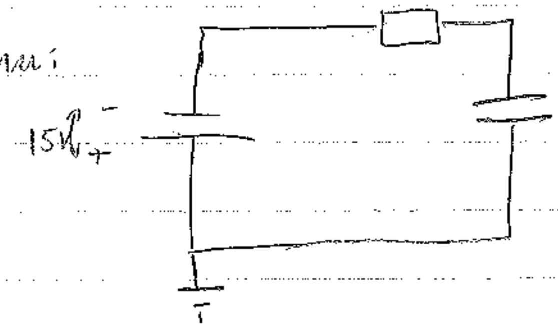
Intressant är nu vad som händer då $V_1 = U_-$ överstiger $U_+ = 7{,}5$ V.

Då ändras förutsättningarna eftersom $U_- > U_+ \Rightarrow V_0 = -15V$
"källaren".

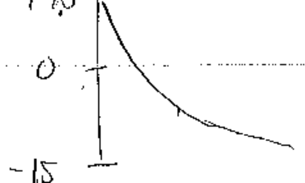
Nu kommer U_+ ges av en spänningsdelning från −15 V till jord
$$\Rightarrow U_+ = -7{,}5 V$$

På liknande sätt ändras situationen för R_1 och C

Vi har nu:



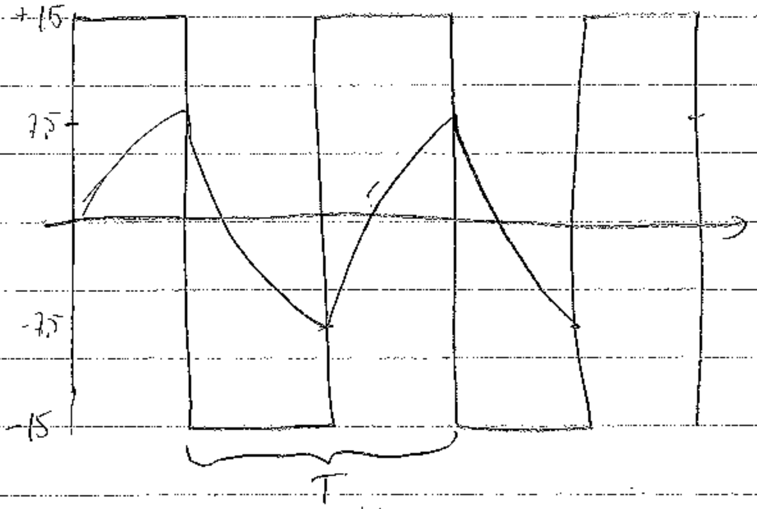
Vi bör få en urladdningkurva från +7,5 siktande ned mot −15 V.



B3 s.3

Efter en viss tid passeras $U_+ = -7.5$ och vi slår återigen i taken $V_0 = 15\,V$

V_L och V_0 bör bete sig så här

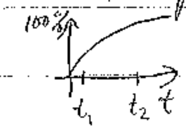


osv.

Kretsen är en oscillator.

Svängningstiden beror på hur snabb upp- och urladdning sker.

$\frac{T}{2}$ = tiden att gå från 25% till 75% på en vanlig uppladdningskurva



$$1 - e^{-t_1/R_1C} = \frac{1}{4} = 25\% \Rightarrow t_1 = R_1C \ln\frac{4}{3}$$

$$1 - e^{-t_2/R_1C} = \frac{3}{4} = 75\% \Rightarrow t_2 = R_1C \cdot \ln 4$$

$$\Rightarrow \frac{T}{2} = t_2 - t_1 = R_1C \cdot \left(\ln 4 - \ln\frac{4}{3}\right) \approx R_1 \cdot C \cdot 1.1$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{T = 2.2 \cdot R_1C}}$$