

Svar till Hambley edition 6

Carl Gustafson, Bertil Larsson

2011-01-20, mod 2012-11-07, mod 13-11-19, mod 17-03-15, mod 17-04-18

Svar Kapitel 1

P1.21 $P_a = i \cdot v = -i_a \cdot v_a = -(-2A)(-30V) = -60 \text{ W}$

$P_b = i_b \cdot v_b = (-4A)(-15V) = 60 \text{ W}$

$P_c = i_{ED} \cdot v_{ED} = -i_{DE} \cdot v_{ED} = -(6A)(35V) = -210 \text{ W}$

Positiv: absorbered (=upptagen, förbrukad) och negativ: supplied (=avgiven)

P1.25 $E = \frac{60}{0.12} = 500 \text{ kWh}$. $P = \frac{E}{t} = \frac{500}{30 \cdot 24} = 694 \text{ W}$. $I = \frac{690}{120} = 5.78 \text{ A}$. $\frac{60}{694} \cdot 100 = 8.6\%$.

P1.32 $i_a = -i_b = -2 \text{ A}$

$i_c = 1 \text{ A}$

$i_d = 4 \text{ A}$, ($i_a - i_c + i_d - i_e = 0$)

Om komponenten C tas bort stämmer inte strömlagen: $i_B = 2 \text{ A}$ borde då vara 3A

P1.35 A och C är parallellkopplade. B, D och G är seriekopplade.

P1.37 Börja nederst: $i_h = 0$, vilket ger $i_d = 5 + 6 - 3 = 8 \text{ A}$

$i_f = 6 \text{ A}$

$i_a = -2 \text{ A}$

Komponenten H har ingen ström genom sig och bidrar inte till spänningar och strömmar i nätet, den kan tas bort.

P1.41 $v_b = -6 \text{ V}$, $v_c = 4 \text{ V}$,

$i_b = -2 \text{ A}$, $i_c = 1 \text{ A}$,

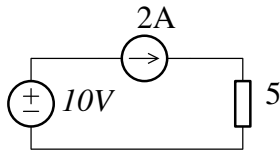
$P_a = -20 \text{ W}$, $P_b = 12 \text{ W}$, $P_c = 4 \text{ W}$ och $P_d = 4 \text{ W}$,

$P_a + P_b + P_c + P_d = 0$.

P1.42 $v_a = -5 \text{ V}$

$v_b = -5 \text{ V}$

$v_c = 10 \text{ V}$



P1.53 T.ex. Strömmen i kretsen blir 2A pga strömkällan.

P1.62 a) OK

b) Motsägelse

c) OK

d) Motsägelse

e) Motsägelse

P1.70 a) $v_x = \frac{5}{3} \text{ V}$.

b) $i_x = \frac{5}{9} \text{ A}$.

c) $P_{source} = -10i_x \text{ W}$, $P_{resistor} = \frac{5}{3}i_x = \text{W}$, $P_{contr.} = \frac{25}{3}i_x \text{ W}$

$P_{source} + P_{resistor} + P_{contr.} = (-10 + 5/3 + 25/3)i_x = 0 \text{ W}$.

P1.71 Den beroende källan är en spänningsstyrd strömkälla

$v_x = 4\Omega \cdot 1A = 4V$, $av_x = 0.5 \cdot 4 = 2 \text{ A}$, $v_s = 1A \cdot (2 + 4)\Omega + (1 + 2)A \cdot 3\Omega = 15 \text{ V}$.

Svar Kapitel 2

P2.1 a) $R_{eq} = 20\Omega$

b) $R_{eq} = 23\Omega$

P2.2 $R_x = 8\Omega$

P2.3 $R_{eq} = 10.07\Omega$

P2.4 $R_{eq} = 10\Omega$

P2.5 T.ex. $2k\Omega$ och $2k\Omega$ i serie med fyra $2k\Omega$ parallellkopplade resistorer.

P2.24 $i_1 = -1.5 \text{ A}$, $i_2 = -0.5 \text{ A}$.

Strömkällorna kan sättas tillsammans som en källa med värdet 2A , som pekar nedåt.
Strömgenring ger svaret.

Förbrukad effekt: $P = RI^2$, $P_{5\Omega} = 5 * (1.5)^2 = 11.25\text{W}$ och $P_{15\Omega} = 15 * (0.5)^2 = 3.75\text{W}$.

För källorna gäller att 8A levererar effekt medan 6A förbrukar effekt.

$R_{eq} = 3.75\Omega$ $V = (8 - 6) * 3.75 = 7.5\text{V}$. ($P_{R_{eq}} = V^2/R = 7.5^2/3.75 = 15 \text{ W}$)

$P_{8\text{A}} = -8 * 7.5 = -60\text{W}$. $P_{6\text{A}} = 6 * 7.5 = 45\text{W}$. $P_{8\text{A}} + P_{6\text{A}} + 11.25 + 3.75 = 0\text{W}$.

P2.35 $i_1 = 2.5\text{A}$

$i_2 = 0.833\text{A}$

P2.36 $v_x = \frac{R_x}{\sum R_i} v_{tot}$, $v_1 = \frac{5}{5+7+13} 25 = 5\text{V}$,

$v_2 = 7\text{V}$

$v_3 = 13 \text{ V}$.

P2.37 $i_x = \frac{\frac{1}{R_x}}{\sum \frac{1}{R_i}} i_{tot}$, För två resistorer faller det samman till $i_1 = \frac{R_2}{R_1+R_2} 5\text{A}$, $i_1 = 2\text{A}$

$i_2 = 3\text{A}$

P2.49

$$\begin{cases} -1 + \frac{v_1}{20} + \frac{(v_1-v_2)}{10} = 0 \\ \frac{(v_2-v_1)}{10} + \frac{v_2}{5} - 2 = 0 \end{cases}$$

$v_1 = 100/7\text{V} \approx 14.29\text{V}$,

$v_2 = 240/21\text{V} \approx 11.43\text{V}$

$i_1 = 285, 7 \text{ mA}$.

P2.53 Här finns en supernod, $v_1 - v_2$. Noderna är kopplade via källan 10V och de behandlas som en nod. Uppställning av ekvationerna blir:

$$\begin{cases} \frac{v_1}{5} + \frac{v_2}{10} = 1\text{A} \\ (v_1 - v_2) = 10\text{V} \end{cases}$$

$v_1 = 20/3 \approx 6.6 \text{ V}$

$v_2 = -10/3 \approx -3.3 \text{ V}$

$i_s = -v_1/5 - 10/5 = -10/3 \approx -3.3 \text{ A}$

P2.57 $v_1 = 2.31\text{V}$

$v_2 = 1.54\text{V}$

P2.58 $v_1 = 4.32\text{V}$

$v_2 = 7.84\text{V}$

P2.83 Med superposition fås: $v_{Th} = v_1 + v_2 = 1\text{A}(5 \parallel 10) + 5/(10 + 5) \cdot 10 = 100/15\text{V} \approx 6.67\text{V}$,
 $R_{Th} = 5 \parallel 10 \approx 3.33\Omega$

Med superposition fås: $I_N = 1A + 10/10A = 2A$; vidare är $R_N = 5 \parallel 10 = 10/3\Omega = R_{Th}$.

P2.84 $R_{Th} = 50\Omega$

P2.95 $R_{Th} = 0\Omega$, detta är inte effektanpassning eftersom det är R_{Th} som kan varieras.

Störst effekt i R_L blir det alltså för maximal spänning. $P = 80W$.

P2.97 $i = i_v + i_c = 40/(20 + 10) + 6 \cdot (20/(10 + 20)) = 5\frac{1}{3}A$.

P2.98 $i_s = i_v + i_c = -10/(5 \parallel (10 + 5)) + 10/(10 + 5) \cdot (-1) = -3.33A$.

P2.100 $i_1 = 1.5A$.

Svar Kapitel 3

P3.5 $i_c = \cos(1000t)$ $P = 100 \sin(1000t) \cos(1000t) = 50 \sin(2000t)$, $E = 5 \sin^2(1000t)$

P3.6 $v_C = \frac{1}{C} \int_0^t i dt = I \cdot t/C$, $t = 10000 \cdot 10^{-6} \cdot 10/100 \cdot 10^{-6} = 1000$ sekunder ≈ 16 minuter

P3.24 a) $2\mu F$, b) $8\mu F$

P3.25 $C_1 = C_2 = 200\mu F$, $I_{avg} = 10\mu A$, Amperetimmar är produkten av uttagen ström och den tid som strömmen tas ut, (utan att batteriet minskar sin spänning nämnvärt).

Svar: $0.44Ah$

P3.31 $C = 40pF$

P3.3.43 $i_L(t) = \frac{1}{L} \int v_L(t) dt$. I intervallet 0 till 0.1s blir strömmen $i_L = 7.5t^2$. I de andra intervallen blir det också parabler så kurvan blir en spetsig olinjär triangelvåg.

P3.44 $V = 10V$

P3.45 $i_L = \frac{1}{L} \int_0^t i dt + i_L(0) = V \cdot t/L - 0.1 = 0.1A$, $t = 1\mu s$

P3.60 a) 3H, b) 6H

P3.63 $i_1 = \frac{L_2}{L_1+L_2}i$ och $i_2 = \frac{L_1}{L_1+L_2}i$ dvs samma strömgening som för resistanser.

Svar Kapitel 4

P4.3 $v_C(t) = v_s(1 - e^{-t/RC}) = 100(1 - e^{-t/0.001})$

P4.4 $v_C(t) = v_s(1 - e^{-t/RC}) + v(0)e^{-t/RC} = 100(1 - e^{-t/0.001}) - 50e^{-t/0.001}$

P4.5 90% av energin (proportionell mot v_C^2) ger att $v_{90\%} = 100\sqrt{0.9} = 100(1 - e^{-t/RC})$
vilket ger $R = 201k\Omega$

P4.6 $V_i = 52.9V$

P4.10 50% av energin (proportionell mot v_C^2) ger att $t_2 = 3.5s$

P4.16 $v(t) = V_1 e^{-(t-t_1)/RC}$, $t \geq t_1$

P4.22 Steady state: $v_C = 10$ V.

$$t = -\ln(0.01)RC \approx 4.6 \text{ ms.}$$

P4.29 $v_R(t) = 0$, $t < 0$,

$$v_R(t) = 10e^{-t/RC}$$
, $t > 0$.

P4.33 $i(t) = 1 - e^{-2tR/L} = 1 - e^{-20t}$, $t \geq 0$,

$$i(t) = 0$$
, $t < 0$.

P4.34 $i_L = 0.1(1 - e^{-tR/L})$, $t \geq 0$.

P4.45 $i(t) = -e^{-t} + e^{tR/L}$, $t \geq 0$.

P4.47 $v_c = 10^6 e^{-t} - 10^6 e^{-3t}$

P4.48 $v(t) = 25e^{-tR/L} + 25 \cos(10t) - 25 \sin(10t)$, $t \geq 0$.

Svar Kapitel 5

P5.4 $v(t) = 10\cos(1000\pi t - 60)$

$$\omega = 1000\pi \text{ rad/s} = 2\pi f,$$

$$f = 500 \text{ Hz},$$

$$\theta = -\pi/3 \text{ radianer} = -60^\circ,$$

$$T = 2 \text{ ms},$$

$$V_{rms} = 10/\sqrt{2} \approx 7.071 \text{ V}$$

$$t_{\text{peak}} = 0.33 \text{ ms},$$

$$P_{\text{medel}} = 1 \text{ W}.$$

P5.6 $v(t) = 20\sqrt{2}\cos(2\pi 10^4 t - 0.4\pi)$.

I grader fås 0.4π radianer = 72° , $T = 100\mu\text{s} \Rightarrow f = 1/T = 10^4 \text{ Hz}$.

max amplitud då cosinus är 1 d.v.s. $2\pi 10^4 20\mu\text{s} - \varphi = 0$ vilket ger $\varphi = 0.4\pi$

P5.12 $V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int v^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{4} * (25 * 2 + 4 * (4 - 2))} = 3.8079$.

P5.38 Svar:

$$\mathbf{Z} = R + j\omega L = 100 + j500 * 0.2 = 100 + j100$$

$$\mathbf{I} = \frac{10}{100 + j100} \approx 0.0707e^{-j\pi/4} = 0.0707\angle(-\pi/4),$$

$$\mathbf{V}_R = \frac{100}{100 + j100} 10 \approx 7.07e^{-j\pi/4} = 7.07\angle(-\pi/4),$$

$$\mathbf{V}_L = \frac{j100}{100 + j100} 10 \approx 7.07e^{j\pi/4} = 7.07\angle(+\pi/4).$$

\mathbf{I} ligger 45° efter \mathbf{V}_S .

P5.40 Svar:

$$\mathbf{Z} = R + \frac{1}{j\omega C} = 1000 + \frac{1}{j500 * 10^{-6}} = 1000 - j2000$$

$$\mathbf{I} = \frac{10}{1000 - j2000} \approx 0.004472e^{j1.1} = 0.004472\angle(+1.1),$$

$$\mathbf{V}_R = \frac{1000}{1000 - j2000} 10 \approx 4.4721e^{j1.1} = 4.4721\angle(+1.1),$$

$$\mathbf{V}_L = \frac{-j2000}{1000 - j2000} 10 \approx 8.9443e^{-j0.4637} = 8.9443\angle(-0.4637).$$

\mathbf{I} ligger 1.1 radianer före \mathbf{V}_S .

P5.42 Svar:

$$Z(\omega) = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})$$

$$Z(\omega)|_{\omega=500} = 50 - j150 \approx 152.07e^{-j1.41},$$

$$Z(\omega)|_{\omega=1000} = 50,$$

$$Z(\omega)|_{\omega=2000} = 50 + j150 \approx 152.07e^{j1.41}.$$

Kommentar: Observera att impedansen, Z , blir rent reell vid vinkelfrekvensen $\omega = 1000$ rad/s i det här fallet.

P5.52 Serie: $Z(\omega) = j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = j(\omega L - \frac{1}{\omega C})$

Öppen krets då $\omega = 0$ eller $\omega = \infty$, kortsluten då $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Parallell: $Z(\omega) = j\omega L * \frac{1}{j\omega C} / (j\omega L + \frac{1}{j\omega C}) = j\omega L / (-\omega^2 LC + 1)$

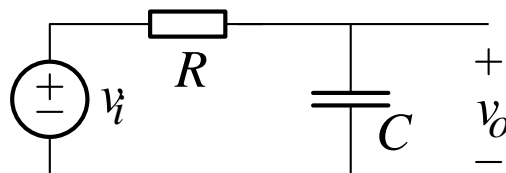
Öppen krets då $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, kortsluten då $\omega = 0$ eller $\omega = \infty$

P5.83a Thévenin: $V_{TH} = 2A * 100\Omega = 200V$, $Z_{TH} = 100 + j50\Omega$

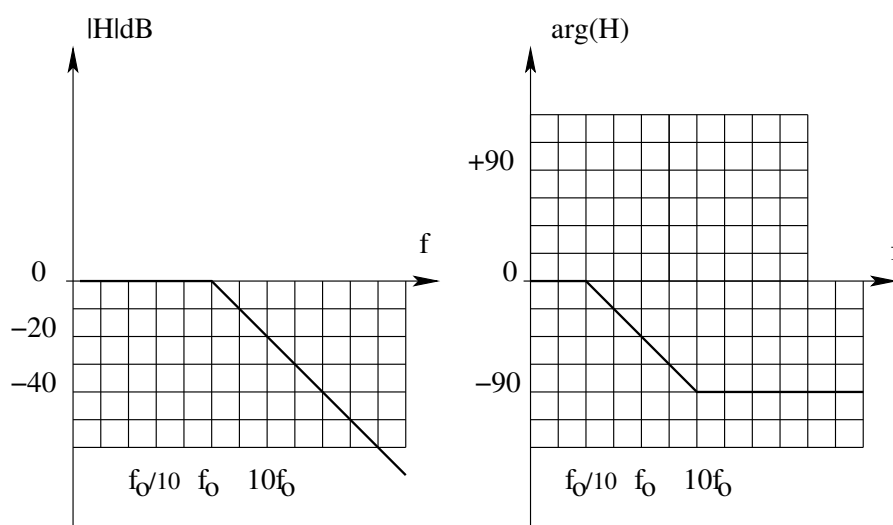
Norton: $I_N = I_{sc} = 2A * 100 / (100 + j50\Omega) = 200(100 - j50\Omega) / (10000 + 2500)$
 $= 1.6 - j0.2 = 1.6125e^{-j0.12435}$, $Z_N = Z_{TH} = 100 + j50\Omega$

Svar Kapitel 6

P6.21 Svar: $f_o = 1/(2\pi RC)$

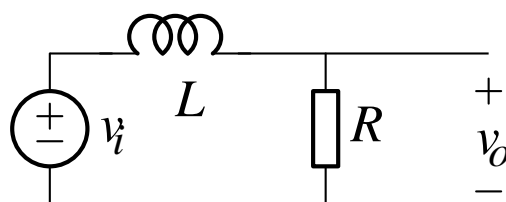


Figur 1: Lågpasfilter, RC-nät



Figur 2: Bodediagram, amplitud och fas, LP-filter (RC och RL)

P6.22 Svar: $f_o = 1/(2\pi \frac{L}{R}) = R/(2\pi L)$
 Samma Bodediagram som ovan, figur 2



Figur 3: Lågpasfilter, RL-nät

P6.29 Ett LP-filter dämpar 20dB per dekad, d.v.s. 10 gånger dämpning för varje ökning av f med $\times 10$. Dämpa med 100 gånger (-40dB) ger brytfrekvensen 2 dekader under 20kHz, dvs 200Hz. 2kHz dämpas 10 gånger

P6.50 Bodediagrammen visar amplituden och fasen för överföringsfunktionen, $H(j\omega)$
 $H(j\omega) = \frac{v_{ut}}{v_{in}}$. Amplituddiagrammet visar $|H(j\omega)|$ i log-log skala med dB på y-axeln och ω på x-axeln. Fasdiagrammet visar $\arg(H(j\omega))$ i lin-log skala med grader eller radianer på y-axeln och ω på x-axeln.

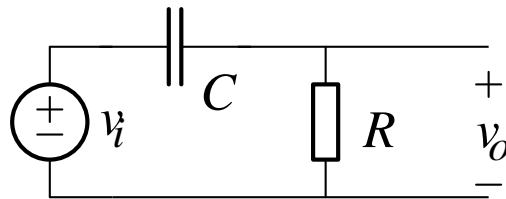
P6.53 Överföringsfunktionen innehåller två delar: $|H(0)| = 100$ och ett frekvensberoende $\frac{1}{1+j(f/1000)}$

Det senare är samma som i figur 2. $|H(0)| = 100$ innebär att kurvan i amplituddiagrammet höjs till nivån $+40dB$. Fasdiagrammet påverkas inte.

P6.56 Överföringsfunktionen blir $H(j\omega) = \frac{1}{1+j\omega RC} = \frac{1}{1+j2\pi f * 100 * 270 * 10^{-12}}$. Brytfrekvensen är $f_o = 1/(2\pi RC) \approx 5.9MHz$. Bodediagrammet visas i figur 2.

P6.57 Överföringsfunktionen blir $H(j\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{\frac{R_2}{1+j\omega R_2 C}}{R_1 + \frac{R_2}{1+j\omega R_2 C}} = \frac{R_2}{R_2 + R_1(1+j\omega R_2 C)} =$
 $= \frac{R_2}{R_2 + R_1} \cdot \frac{1}{(1+j\omega \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C)}$. Brytfrekvensen är $f_o = 1/(2\pi \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C) = 500Hz$. Bodediagrammet har samma utseende som i figur 2, men amplituddiagrammet börjar på $|H(0)| = 0,5$ ($-6dB$).

P6.63



Figur 4: Högpasfilter, RC-nät

$$H(j\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{j\omega RC}{1+j\omega RC}. f_o = 1/(2\pi RC)$$

P6.65 Insignalen består av en konstant likspänning på $5V$ och en sinusformad signal med amplituden $5V$ och med vinkelfrekvensen $2000\pi t$. Överföringsfunktionen är

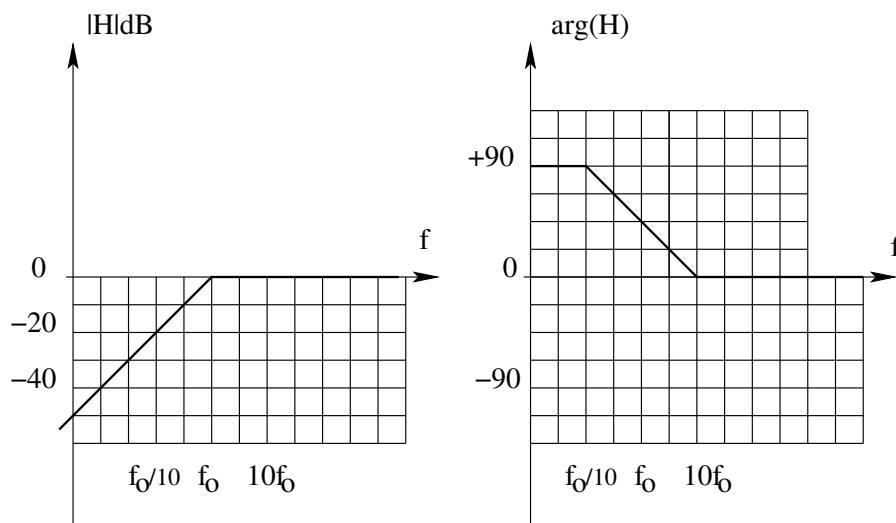
$$H(j\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{j\omega RC}{1+j\omega RC} \text{ och brytfrekvensen är } f_o = 1/(2\pi RC) = 1/(2\pi \frac{1000}{2\pi} 10^{-6}) =$$

$$= 1000Hz (= 2\pi 1000 \text{ rad/s}). \text{ Likspänningsdelen kommer inte att passera RC-nätet eftersom det är ett högpasfilter. Växelspänningsdelen har samma frekvens som brytfrekvensen. Där är dämpningen } -3dB \text{ d.v.s. } 0.707 \text{ och fasvridningen } +45^\circ.$$

Utsignalen blir alltså $v_{out}(t) = (5/\sqrt{2}) \cos(2000\pi t + \pi/4) \approx 3.5 \cos(2000\pi t + \pi/4)$

P6.68 Överföringsfunktionen blir $H(j\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{j\omega L}{R+j\omega L} = \frac{j\omega L/R}{1+j\omega L/R}$

Brytfrekvensen är $f_o = 1/(2\pi(L/R)) = 1/(2\pi(50 * 10^{-6}/200\pi)) = 2MHz$.



Figur 5: Bodediagram, amplitud och fas, HP-filter (RC och RL)

Svar Kapitel 12

P12.6

$v_{GS} < V_{to}$	$v_{GS} \geq V_{to}$	$v_{DS} < v_{GS} - V_{to}$	$v_{DS} \geq v_{GS} - V_{to}$
a	b, c, d	c	(a), b, d

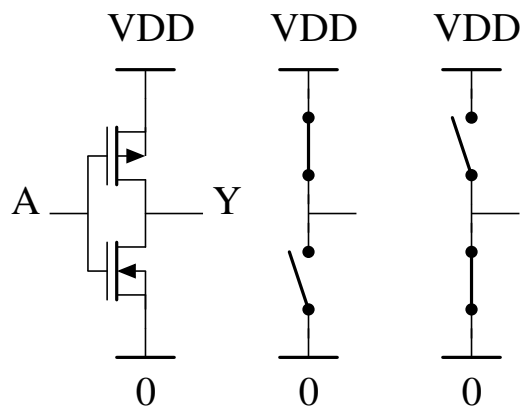
Tabell 1: Resultat för uppgift a-d

Cutoff ($v_{GS} < V_{to}$): a

Triodomr. ($v_{GS} \geq V_{to}$ och $v_{DS} < v_{GS} - V_{to}$): c

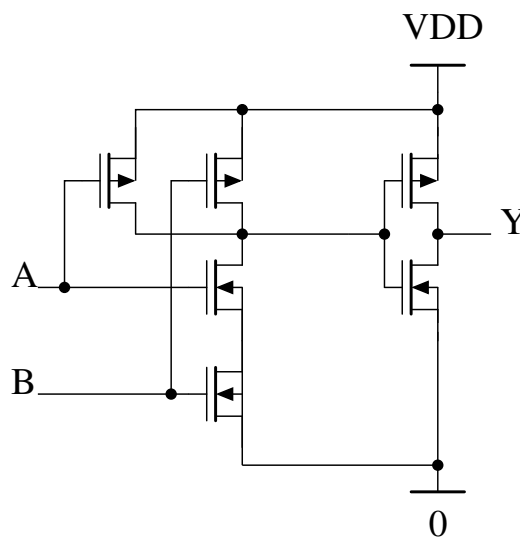
Mättnadsomr. ($v_{GS} \geq V_{to}$ och $v_{DS} \geq v_{GS} - V_{to}$): b, d

P12.61



Figur 6: CMOS-inverterare. Ekvivalent krets om $A=0$ respektive $A=V_{DD}$

P12.62



Figur 7: CMOS AND-grind. NAND följd av inverterare