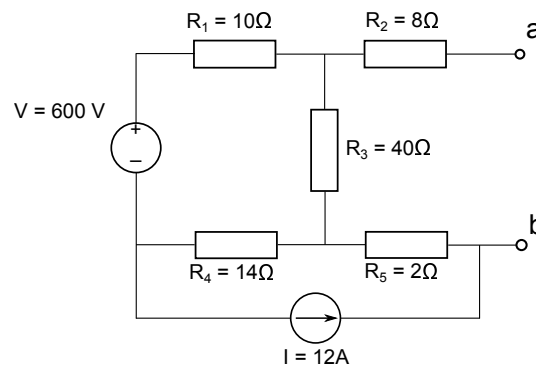
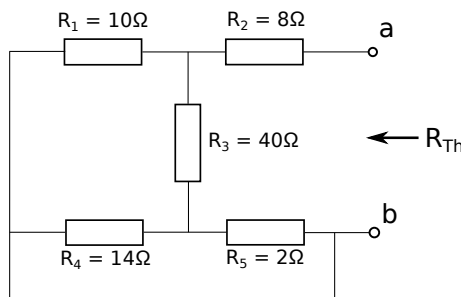


1 Oppgave 1



- a) Nullstiller kildene for å finne R_{Th} sett fra klemmene a og b . Spenningskilden blir en kortslutning og strømkilden blir en åpen krets:



Slår sammen R_1 og R_4 som nå står i serie:

$$R_{1,4} = R_1 + R_4 = 10\Omega + 14\Omega = 24\Omega$$

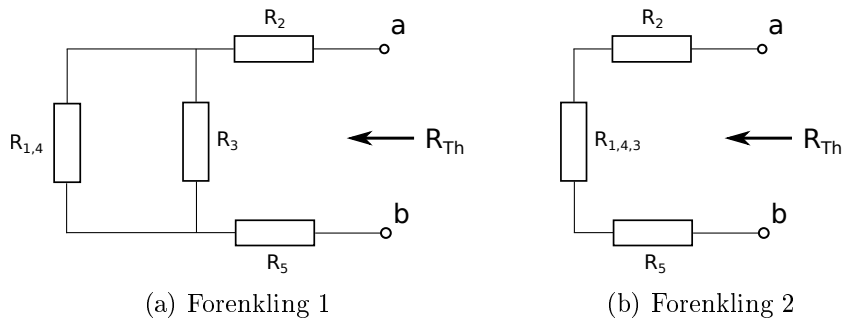
Videre slår vi sammen $R_{1,4}$ og R_3 som nå står i parallell:

$$R_{1,4,3} = R_{1,4} \parallel R_3 = \frac{24\Omega \cdot 40\Omega}{24\Omega + 40\Omega} = 15\Omega$$

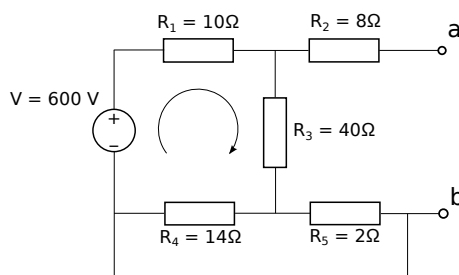
Vi kan nå finne R_{Th} ved å slå sammen de gjenstående motstandene som alle står i serie:

$$R_{Th} = R_2 + R_{1,4,3} + R_5 = 8\Omega + 15\Omega + 2\Omega = \underline{\underline{25\Omega}}$$

Forenklingene som er gjort underveis er vist i figurene nedenfor.



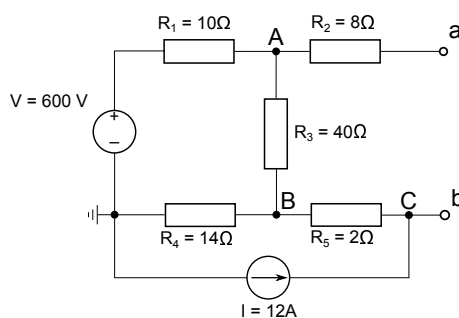
- b) Thevenin-spenningen vil være spenningen som ligger over klemmene a og b når det ikke er noen kobling mellom dem. For å finne denne spenningen bruker vi superposisjon. Vi starter med å nullstille strømkilden, som blir en åpen krets:



Siden klemmene a og b står åpne, går det ingen strøm gjennom motstandene R_2 og R_5 . Det vil bare gå strøm i sløyfa som vist i figuren. Spenningen som ligger over a og b er da lik spenningen over R_3 som kan finnes ved spenningsdeling:

$$V_{Th,1} = V_{R_3} = V \cdot \frac{R_3}{R_1 + R_3 + R_4} = 600V \cdot \frac{40\Omega}{10\Omega + 40\Omega + 14\Omega} = 375V$$

Deretter må vi nullstille spenningskilden, som blir en kortslutning, for å finne bidraget fra strømkilden på spenningen over a og b :



Bruker nodespenningsmetoden med referansenode som vist i figuren. Merk at det ikke går noen strøm gjennom R_2 .

Node B

$$\frac{V_B}{R_1 + R_3} + \frac{V_B}{R_4} - I = 0$$

$$V_B R_4 + V_B (R_1 + R_3) = I (R_1 + R_3) R_4$$

$$V_B = \frac{I(R_1 + R_3)R_4}{R_1 + R_3 + R_4} = 131,25V$$

Node A

$$V_A = V_B \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_3} = 26,25V$$

Node C

$$V_C = V_B + I \cdot R_5 = 155,25V$$

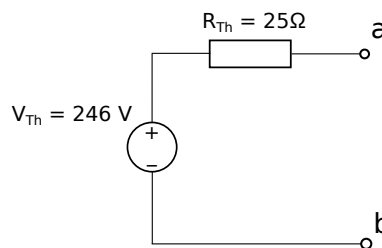
Dermed kan vi finne bidraget på V_{Th} :

$$V_{Th,2} = V_A - V_C = -129V$$

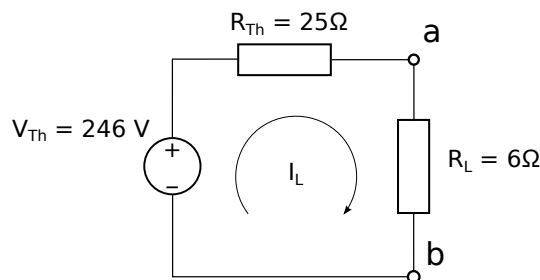
Den totale Thevenin-spenningen er summen av $V_{Th,1}$ og $V_{Th,2}$:

$$V_{Th} = V_{Th,1} + V_{Th,2} = \underline{\underline{246V}}$$

c) Thevenin-ekvivalenten til kretsen blir som vist i figuren nedenfor:



d) Vi kan benytte Thevenin-ekvivalenten til å beregne laststrømmen, noe som gjør analysen mye enklere:



$$I_L = \frac{V_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{246V}{(25 + 6)\Omega} = \underline{\underline{7,93A}}$$

Hvis vi vil finne spenningen over klemmene a og b kan vi bruke Ohms lov:

$$V_{AB} = I_L R_L = 47,6V$$

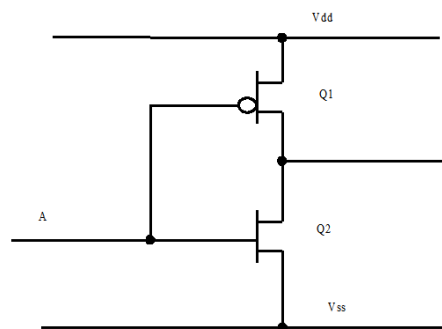
Kretsen har blitt lastet nedfra 246 V (ubelastet) til 47,6 V med 6Ω belastning.

2 Likeretter

Diodene er en brulikeretter som sørger for å likerette spenningen. Kondensatoren C glatter ut den likerettete spenningen fra brulikeretteren. Spenningen vil fremdeles følge en eksponentiell utladning. Motstanden R begrenser strømmen gjennom zenerdioden D_z . Til sammen utgjør R og C og et lavpassfilter. Zenerdioden D_z stabiliserer spenningen V_{ut} . Når V_{ut} stiger over zenerspenningen begynner det straks å gå en stor strøm gjennom zenerdioden. Dette fører til større spenningsfall over R og spenningen over D_z synker igjen. Dette medfører at D_z vil slippe gjennom strøm i den størrelsesorden som må til for at spenningsfallet over R til enhver tid er slik at V_{ut} er stabil og lik zenerspenningen til D_z .

3 CMOS-inverter

- a) Figur 2 viser en skisse av koblingen av MOSFET-transistorene i en inverter. Inverteren består av to MOSFET transistorer, en PMOS og en NMOS. PMOS transistoren leder når gaten har lav verdi, mens NMOS leder når gaten har høy verdi. Når A er høy leder NMOS transistoren Q2 og trekker utgangen X lav. Når A er lav leder PMOS transistoren Q1 og trekker utgangen X høy.



Figur 2: Koblingen av MOSFET-transistorene i en inverter

- b) Når det skjer en transisjon i inverteren forbrukes det energi på følgende måte. Utgangen X har en kapasitans i forhold til V_{dd} og V_{ss} . Denne kapasitansen er en sum av både interne kapasitanser og eksterne kapasitanser mellom ledere fra og til kretsen, samt inngangskapasitansen på de porter som kretsen driver.

I kapasitansen ligger det lagret ladning. Når inverteren skal gjøre en transisjon må ladningen flyttes gjennom en av transistorene. En transistor som leder har fremdeles en indre motstand R_{DS} . Ladningen som ligger på utgangen må passere gjennom transistorens motstand, og således har vi en motstand med en spenning over som det må passere strøm gjennom. Det er motstanden i transistoren som omsetter effekten til varme.

Skal vi ha en transisjon fra 1 til 0 på utgangen, er allerede utgangskapasitansen ladet opp med en ladning for å holde høy verdi. Denne ladningen må lades ut gjennom NMOS transistoren for å trekke utgangen ned. Tilsvarende blir det når utgangen skal fra 0 til 1. Da må utgangskapasitansen lades opp gjennom motstanden til PMOS transistoren.

4 Designrepresentasjon og abstraksjonsnivå

- 1) En strukturell representasjon beskriver produktet som et sett av komponenter og deres sammenkobling, og sier derfor ikke direkte noe om produktets funksjonalitet.
- 2) Når man skal beskrive et design med strukturell representasjon på registernivå så benyttes typisk komponenter som adderere, komparatorer, tellere, registre etc.

5 Generelle tallsystemer

- a) 1) $100,10_{(5)} = 1 * 5^2 + 0 * 5^1 + 0 * 5^0 + 1 * 5^{-1} + 0 * 5^{-2} = 25,20_{(10)}$
 2) $364,63_{(7)} = 3 * 7^2 + 6 * 7^1 + 4 * 7^0 + 6 * 7^{-1} + 3 * 7^{-2} = 193,92_{(10)}$

Her må det understrekes at svaret i 2) ikke er eksakt. Det ser man lett hvis man forsøker å konvertere svaret tilbake til 7-tallssystemet. Svaret i 1) er derimot eksakt.

- b) 1) $720,12_{(10)} \rightarrow 6\text{-tallssystemet}$:

Heltallsdel	Rest	Fraksjon	«Rest»
$720:6 = 120$	0 (LSD)	$0,12*6 = 0,72$	0 (MSD)
$120:6 = 20$	0	$0,72*6 = 4,32$	4
$20:6 = 3$	2	$0,32*6 = 1,92$	1 (LSD)
$3:6 = 0$	3 (MSD)	$0,92*6 = 5,22$	5

Svar: $720,12_{(10)} = 3200,042_{(6)}$

Legg merke til at det siste tallet må avrundes til 2 siden sifferet regnet ut etter LSD er 5 og

$$(0,0005)_6 = (5 * 6^{-4})_{10} = (0,0039)_{10} \geq 1/2(6^{-3})_{10} = (0,0023)_{10}$$

- 2) $600,75_{(10)} \rightarrow 5\text{-tallssystemet}$:

Heltallsdel	Rest	Fraksjon	«Rest»
$600:5 = 120$	0 (LSD)	$0,75*5 = 3,75$	3 (MSD)
$120:5 = 24$	0	$0,75*5 = 3,75$	3
$24:5 = 4$	4	$0,75*5 = 3,75$	3 (LSD)
$4:5 = 0$	4 (MSD)	$0,75*5 = 3,75$	3

Svar: $600,75_{(10)} = 4400,334_{(5)}$

Legg merke til at det siste tallet må avrundes til 4 siden sifferet regnet ut etter LSD er 3 og $(0,0003)_5 = (3 * 5^{-4})_{10} = (0,0048)_{10} \geq 1/2(5^{-3})_{10} = (0,0040)_{10}$.

- c) Resultat $-573,34_{(8)}$ er framkommet etter avrunding

1. Resultatet dekker tallområdet $[-573,334_{(8)}; -573,344_{(8)}]$. Dvs. fra og med $-573,334$ og opp til, men ikke inkludert, $-573,344$. $-573,3437777$ er altså for eksempel med.
2. Usikkerheten til resultatet er gitt ved $\pm \frac{1}{2} (8^{-2})_{10} = (0,0078)_{10}$.

Desimaltall	Binærtall(Sign-magnitude)	Binærtall (2's komplement)
7	0111	0111
6	0110	0110
5	0101	0101
4	0100	0100
3	0011	0011
2	0010	0010
1	0001	0001
0	0000 og 1000	0000
-1	1001	1111
-2	1010	1110
-3	1011	1101
-4	1100	1100
-5	1101	1011
-6	1110	1010
-7	1111	1001
-8	-	1000

Tabell 1: Tallrepresentasjon

6 Viktige tallsystemer

- a) $32,11_{(8)} = 011\ 010, 001\ 001_{(2)}$
b) $11100110111, 01_{(2)} = 011\ 100\ 110\ 111, 010_{(2)} = 3467,2_{(8)}$
c) $\text{FADE, BABE}_{(16)} = 1111\ 1010\ 1101\ 1110, 1011\ 1010\ 1011\ 1110_{(2)}$
d) $1101\ 1101\ 1110_{(2)} = \text{DDE}_{(16)}$
e) På BCD representasjon gir grupper av fire bit et enkelt siffer (0 - 9). Her får vi altså $0011 = 3$ og $0110 = 6$. Med andre ord 36.

7 Komplement-tall-aritmetikk

- a) Legg merke til (i Tabell 1) at man i sign-magnitude kan representere $2^N - 1$ tall med N bit siden representasjonen av 0 ikke er entydig. I 2's komplement greier man å representere 2^{N-1} negative tall. Man greier derimot bare å representere $2^{N-1} - 1$ positive tall siden fordi man må representere null også. Men tilsammen er dette 2^N tall inkludert 0. Dermed kan man representere et større område med negative tall enn positive tall med 2's komplement.

- b) $A = 6_{(10)} = 0110_{(2)}, B = 5_{(10)} = 0101_{(2)}$

A-B: $11100_{(2)}$ (Mente) $0110_{(2)}$ (A) + $1011_{(2)}$ (2's kompl. av B) = $\text{X}0001_{(2)}$ Ignorer mente ut fra MSB (trunkerer). Svaret er positivt.	B-A: $00000_{(2)}$ (Mente) $0101_{(2)}$ (B) + $1010_{(2)}$ (2's kompl. av A) = $1111_{(2)}$ Ser av MSB at svaret er negativt. 2's komplement av $1111_{(2)}$ er $0001_{(2)}$. (Se tabell.) Det betyr at svaret er -1.
---	---

- c) Generelt kan vi aldri få overflyt (overflow) hvis tallene vi adderer har motsatt fortegn—ett positivt og ett negativt tall summert må komme innenfor tallområdet. Hvis tallene derimot har likt fortegn vil overflow vise seg hvis MSB (mest signifikante bit) i svaret (etter trunkering) er ulikt MSB i hver av de to tallene som inngår i operasjonen. Når summen av to positive tall blir negativ eller summen av to negative tall blir positiv, da skyldes feilen overflyt.

For 2's komplement gjelder dessuten at det er overflyt dersom mente inn og mente ut av fortegnsbittet (MSB) er forskjellig. Hvis begge fortegnsbitt er 1, dvs. to negative tall, så vil utgående mente være 1. Hvis inngående mente til MSB er 1, så betyr det at addisjonen gir en absoluttverdi som er mindre enn tallene som summeres, dvs. feil. På samme vis hvis begge tall har fortegnsbitt 0, dvs. er positive, så er alltid mente ut fra MSB 0, men hvis mente inn til MSB er 1 så viser det at summen er større enn tallområdet, dvs. overflyt. Så istedet for å teste to komplekse tilfeller med positive eller negative tall kan betingelsen slås sammen til at inngående og utgående mente i MSB er forskjellig gir overflyt.

d) $C = -8_{(10)} = 1000_{(2)}$, $D = -3_{(10)} = 1101_{(2)}$

C+D:

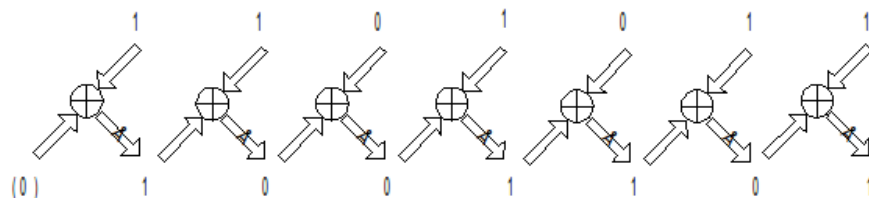
$$\begin{array}{rcl} 1000_{(2)} & \text{(mente)} & \\ 1000_{(2)} & \text{(2's komplement av C)} & \\ + & 1101_{(2)} & \text{(2's komplement av D)} \\ = & \text{0101}_{(2)} & \end{array}$$

Vi ser at MSB i svaret er ulikt MSB i tallene som inngår i operasjonen. Vi ser også at mente i kolonnen for fortegnsbittet er 0, mens resultatet av addisjonen i denne kolonnen gir mente ut = 1. (jfr. c)). Dette svaret ble galt fordi det ikke er representerbart med 4 bit. Hvis vi tar med det 5 bit'et (fortegnsforlenger før addisjonen) får vi at svaret er $10101_{(2)}$ ($-11_{(10)}$). Svaret ville dermed blitt riktig hvis vi hadde brukt 5 bit.

- e) Alternativ e1 er korrekt. Vi har foretatt fortegnsførlenging ved å repetere fortegnsbittet to ganger.

8 Gray-kode

a) 1)

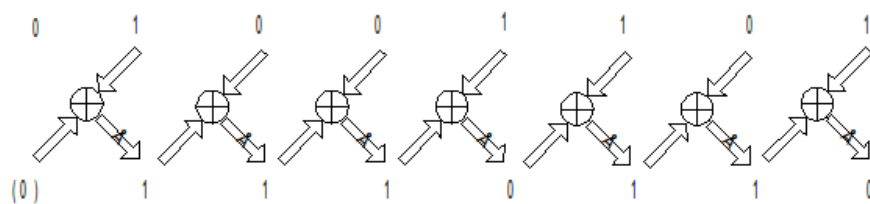


Alternativt:

$$\begin{array}{ccccccc} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ (0) \rightarrow \oplus \rightarrow 1 \rightarrow \oplus \rightarrow 0 \rightarrow \oplus \rightarrow 0 \rightarrow \oplus \rightarrow 1 \rightarrow \oplus \rightarrow 1 \rightarrow \oplus \rightarrow 0 \rightarrow \oplus \rightarrow 1 \end{array}$$

Svar: 1001101

2)



Alternativt:

$$\begin{array}{ccccccc}
 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 (0) \rightarrow \oplus \rightarrow 1 \rightarrow \oplus \rightarrow 1 \rightarrow \oplus \rightarrow 1 \rightarrow \oplus \rightarrow 0 \rightarrow \oplus \rightarrow 1 \rightarrow \oplus \rightarrow 1 \rightarrow \oplus \rightarrow 0
 \end{array}$$

Svar: 1110110

b) 1)

$$\begin{array}{ccccccc}
 (0) \rightarrow \oplus \leftarrow 0 \rightarrow \oplus \leftarrow 1 \rightarrow \oplus \leftarrow 1 \rightarrow \oplus \leftarrow 1 \rightarrow \oplus \leftarrow 1 \rightarrow \oplus \leftarrow 1 \rightarrow \oplus \leftarrow 1 \\
 \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \\
 0 \quad \quad 1 \quad \quad 0 \quad \quad 0 \quad \quad 0 \quad \quad 0 \quad \quad 0
 \end{array}$$

Svar: 0100000

2)

$$\begin{array}{ccccccc}
 (0) \rightarrow \oplus \leftarrow 1 \rightarrow \oplus \leftarrow 0 \rightarrow \oplus \leftarrow 0 \rightarrow \oplus \leftarrow 0 \rightarrow \oplus \leftarrow 0 \rightarrow \oplus \leftarrow 0 \\
 \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \\
 1 \quad \quad 1 \quad \quad 0 \quad \quad 0 \quad \quad 0 \quad \quad 0 \quad \quad 0
 \end{array}$$

Svar: 1100000

Legg her merke til at tallene i 1) og 2) følger etter hverandre i en binærsekvens, og at for å komme fra det ene til det andre må man invertere hele 7 bit. I Graykoden ser vi at de to tallene skiller seg fra hverandre i kun *en* bitposisjon.