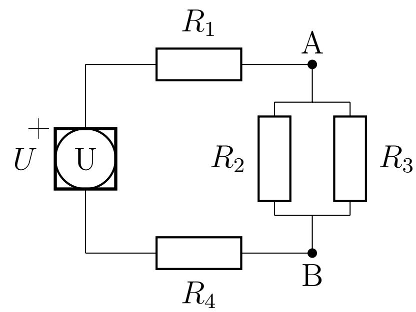
Hemuppgift nr 1 av 4, deadline 2/11 2010

Inlämning av lösta uppgifter sker den 2/11 kl 15:00-15:15 på övningen i sal E36 och E52. **Kamrarättning** sker 2/11 kl 16-17. Obs: För att uppgiften ska tillgodoräknas måste du delta i både att lösa uppgiften (före aktuellt datum) och i rättningen det aktuella datumet.
När du löser uppgiften, tänk på att **uppgifterna ska kamraträttas**, skriv därför en tydlig lösning som går lätt att följa, med tydliga bilder, introducera storheter, vad som söks, lösningsgång samt väl förenklade svar på delfrågorna.
Häfta ihop lösningsbladen och **skriv namn** på framsidan. Examinator: Lars Jonsson

---



1 av 4) Betrakta kretsen till höger. Följande uppgift ger möjlighet att öva på ett antal grundläggande begrepp som vi har gått igenom.

a) *Markera* med riktning de tre intressanta strömmarna i kretsen och *beräkna* dem till storlek och riktning. [Obs! förenkla uttrycken]

b) Kontrollera att ovanstående beräknade uttryck för strömmarna har rätt dimension. Ledning använd Ohm's lag.

c) Markera de två punkter där det är intressant att kontrollera Kirchhoffs strömlag, *kontrollera* utifrån de uträknade strömmarna om Kirchhoffs strömlag är uppfylld.

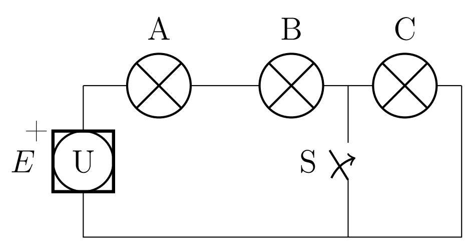
d) Beräkna potentialfallet över respektive resistor, kalla dem $U_1, \ldots U_4$. Kom ihåg att definiera vilken ände av resistorn som du antar att den har högre potential.

e) Välj nu $R_1 = R_2 = 5.0\Omega$, $R_3 = 20\Omega$, $R_4 = 11\Omega$ och $U = 10V$. Bestäm det numeriska värdet för potentialfallen över resistorerna.

f) Stämmer Kirchhoffs spänningslag? Testa två olika fall.

g) Jorda nu kretsen i punkten A. Vad händer med strömmarna? Med potentialfallen? Kan du nu ange de absoluta potentialerna V_i på alla (minst fyra) intressanta punkter i kretsen.

h) Bestäm effektutvecklingen mellan A och B.



2 av 4) Koncept förståelse. Givet en spänningskälla med spänningen $E = 6$V. Betrakta de tre identiska lamporna. Vardera kan ses som en resistans på 2Ω. Ljusintensiteten kan med god approximation antagas vara proportionell mot den effekt som förbrukas i lampan. Ökar eller minskar följande storheter när kontakten S stängs. [Beräkna lämplig storhet före och efter, och kommentera]

a) Intensiteten på lamporna A och B.

b) Intensiteten på lampan C.

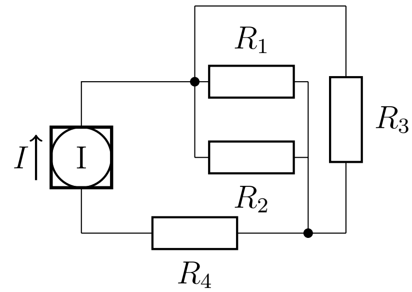
c) Strömmen som dras från källan.

d) Spänningsfallet över A och B.

e) Förbrukad effekt i kretsen.

---

3 av 4) Spänningsdelning/strömdelning, kretsdesign



a) Rita om kretsen till en bra form där det är lätt att se vad som är parallellkopplat och seriekopplat. För att underlätta för dig och den som rättar introducera namn a,b,c… på viktiga noder i originalkretsen och deras position på din förenklade krets.

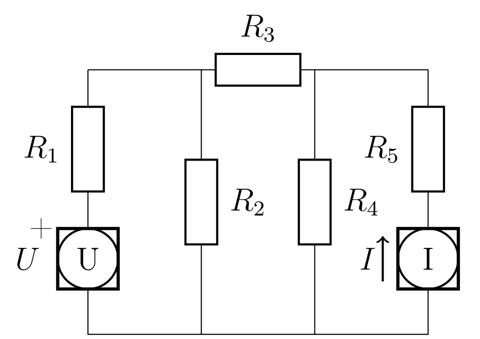
b) Låt $R_1 = R_2 = R_3 = 9\Omega$, $R_4 = 17\Omega$ och $I = 0,18A$. Bestäm spänning och ström över/genom alla resistorer. Använd om det är tillämpbart ström och/eller spänningsdelning.

c) Bestäm effekten som strömgeneratorn levererar.

d) (Design) Givet ett batteri med tomgångspänning E=12V och med den inre resistansen $R_i = 1,0\Omega$. Använd *endast* två nya resistorer till att designa en ny krets med spänningen 3,0V över en av dessa två valfria resistorerna. Antag att det finns resistorer på önskade värden mellan 10Ω till 10MΩ. Hur påverkas effektförbrukningen i kretsen med avseende på ditt val av resistorernas resistans. Hur bör du välja dina resistorer för att få en låg effektförbrukning. Använd spänning och/eller strömdelning för att visa att din krets uppfyller ovanstående specifikation. Reflektera över hur stor effektförbrukning är och hur nära det önskade värdet du kommer. Notera att du har endast två värdesiffror i detta tal.

---

4 av 4) Använd superposition för att lösa detta tal.



a) Bestäm strömmen genom R_4 och R_5 samt spänningsfallet över dem. Var noggrann med att definiera lämpliga symboler och storheter.

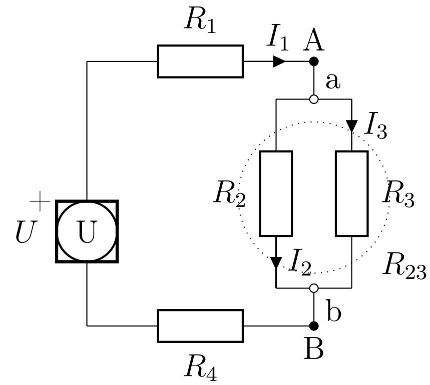
b) Dimensionskontrollera uttrycken för ovanstående strömmar.

c) Välj $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 3\Omega$, $R_4 = 4\Omega$, $R_5 = 5\Omega$. $U = 2V$, $I = 0,5A$. Vad blir spänningen över strömgeneratorn.

d) Bestäm effektutvecklingen i strömgeneratorn.

Lösning av Hemuppgift nr 1, EI1100

Lars Jonsson



1.a) Vi markerar strömmarna I_1, I_2, I_3 i de tre intressanta grenarna.

Vi ska nu bestämma strömmarna. Vi börjar med I_1. För att beräkna strömmen I_1 bestämmer vi totalresistansen i kretsen och använder där efter Ohms lag för att få ut I_1

Vi ser att R_2 och R_3 är parallellkopplade. Deras ersättningsresistans blir

$$R_{23} = R_2//R_3, \text{ dvs } \frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}, \; R_{23} = \frac{R_2R_3}{R_2+R_3}. \tag{1}$$

Resistorerna R_1, R_{23} och R_4 sitter nu på en gren och strömmen I_1 som kommer att gå genom alla dessa resistorer. Vi har en seriekoppling och får total resistansen R_{tot}

$$R_{tot} = R_1 + R_{23} + R_4. \tag{2}$$

Vi kan nu bestämma strömmen I_1 genom Ohms lag

$$I_1 = \frac{U}{R_{tot}} = U\frac{1}{R_1+R_{23}+R_4} = U\frac{R_2+R_3}{(R_1+R_4)(R_2+R_3)+R_2R_3} = \text{Svar } I_1 \tag{3}$$

För att bestämma I_2 och I_3 kan vi antingen använda strömdelning och ovanstående uttryck för I_2:

$$I_2 = I_1\frac{1/R_2}{1/R_2+1/R_3} = I_1\frac{R_3}{R_3+R_2} = U\frac{R_3}{(R_1+R_4)(R_2+R_3)+R_2R_3} = \text{Svar}I_2 \tag{4}$$

och

$$I_3 = I_1\frac{1/R_3}{1/R_2+1/R_3} = I_1\frac{R_2}{R_3+R_2} = U\frac{R_2}{(R_1+R_4)(R_2+R_3)+R_2R_3} = \text{Svar}I_3 \tag{5}$$

Ett annat sätt att bestämma strömmarna är genom att först beräkna spänningen mellan AB dvs $V_A - V_B = U_{AB}$ genom spänningsdelning:

$$U_{AB} = U\frac{R_{23}}{R_{tot}} = U\frac{R_2R_3}{(R_2+R_3)(R_1+R_4)+R_2R_3} \tag{6}$$

Vi får nu strömmarna genom Ohms lag $I_2 = U_{AB}/R_2$ och $I_3 = U_{AB}/R_3$ vilket ger samma resultat som ovan.

1b) Kontrollera att strömmen har rätt dimension. Vi ser att uttrycken för I_1 och I_2 samt I_3 är liknande i struktur. Låt oss visa resultatet för endast I_2 de andra följer på samma sätt: Vi använder oss av Ohms lag "vao"-principen dvs volt=ampere * ohm. Vi ersätter varje förekomst av strömmar med A och spänningar med V och resistanser med Ω

$$I_2 = U\frac{R_3}{(R_1+R_4)(R_2+R_3)+R_2R_3} \Rightarrow A = V\frac{\Omega}{(\Omega+\Omega)(\Omega+\Omega)+\Omega^2} = V\frac{\Omega}{\Omega^2+\Omega^2+\Omega^2} = \frac{V}{\Omega}. \tag{7}$$

Nu ser vi att vi uppfyller Ohm's lag. V/Ω=A uttrycket är dimensionskorrekt.

1c) De punkter som är markerade med ring och döpta till a och b är de intressanta punkterna att kontrollera Kirchhoffs strömlag (KCL). I båda punkterna får vi att denna relation ska hålla:

$$I_1 = I_2 + I_3. \tag{8}$$

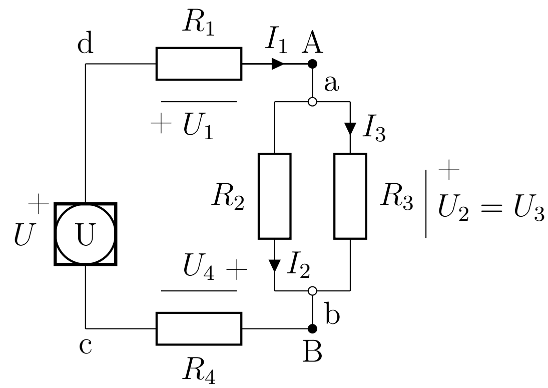
Om vi betraktar uttrycken ovan ser vi att de har gemensam nämnare. Låt oss kalla nämnaren för, N, vi får

$$N = (R_1 + R_4)(R_2 + R_3) + R_2 R_3. \tag{9}$$

Vi kan nu skriva KCL som i både a och b som

$$I_1 = U\frac{R_2 + R_3}{N} = U\frac{R_3}{N} + U\frac{R_2}{N} = I_2 + I_3. \tag{10}$$

Vilket är uppenbart korrekt. Kirchhoffs strömlag håller.



1d) Beräkna spänningen över resistorerna. I figuren till höger har jag markerat U_1, U_4 och $U_3 = U_2$ med antagna definitions riktningar.

För att beräkna spänningsfallet kan vi antingen använda de uträknade strömmarna och få spänningen enligt definitionsriktningen (med strömmen över resistorn ger ett spänningsfall, kolla med pluset) som

$$U_1 = I_1 R_1 = U\frac{R_1(R_2 + R_3)}{(R_1 + R_4)(R_2 + R_3) + R_2 R_3} = \text{Svar } U_1 \tag{11}$$

på samma sätt får vi $U_2 = I_2 R_2$ och $U_3 = I_3 R_3$ båda blir U_{AB} som står i formel (6) ovan. Det sista spänningsfallet är

$$U_4 = I_1 R_4 = U\frac{(R_2 + R_3)R_4}{(R_1 + R_4)(R_2 + R_3) + R_2 R_3} = \text{Svar } U_4 \tag{12}$$

Alternativt kan vi beräkna spänningsfallet med hjälp av spänningsdelning, på samma sätt som vi beräknade U_{AB} ovan.

1e) De numeriska värdena för spänningsfallen blir med värdena insatta

$$U_1 = 2.5V,\ U_3 = U_2 = 2.0V,\ U_4 = 5.5V \tag{13}$$

1f) Vi potential vandrar slinga abcda och kollar att Kirchhoffs spänningslag stämmer:

$$-U_2 - U_4 + U - U_1 = 0 \Leftrightarrow -2.0 - 5.5 + 10 - 2.5 = 0 \tag{14}$$

vilket stämmer. En annan möjlighet är att kontrollera slingan genom R_2 och tillbaka genom R_3:

$$-U_2 + U_3 = 0 \Leftrightarrow -2.0 + 2.0 = 0 \tag{15}$$

vilket också stämmer. Kirchhoffs spänningslag håller för denna krets.

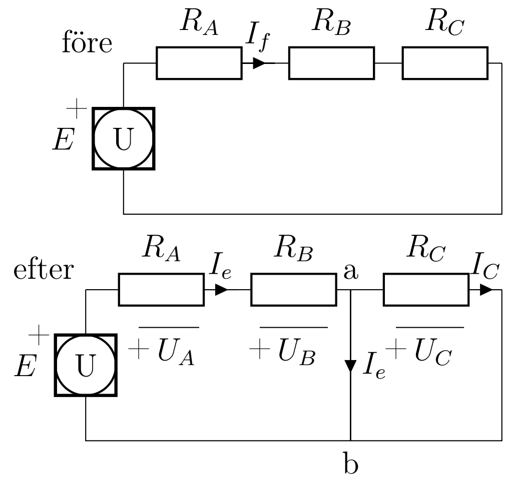
1g) Jordning i A. Detta påverkar inte strömmarna de är oförändrade. Detta påverkar inte spänningsfallen, de är oförändrade mellan olika punkter i kretsen. Vi kan nu bestämma de absoluta potentialerna på olika punkter i kretsen. I punkten A får vi potentialen $V_A = 0$ eftersom denna är jordad.

Vi potentialvandrar till punkten B och vet att $V_A - V_B = U_{AB} = U_2 = 2.0$V vilket ger $V_B = -2.0$V. Vi fortsätter att potentialvandra till punkten c. Vi vet att $V_B - V_c = U_4 = 5.5$V vilket ger att $V_c = -2.0 - 5.5 = -7.5$V. Fortsätter vi från c till d får vi $V_d - V_c = U = 10$V vilket ger att $V_d = 10 - 7.5 = 2.5$V. Potential fallet från d till A är just 2.5V så vi är nu tillbaka till jorden.

1h) Bestäm effektutvecklingen mellan AB. Vi kan göra detta på flera sätt. Vi kan använda att strömmen genom ersättningsresistansen R_{23} är I_1 och få

$$P = I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 = I_2(I_2 R_2) + I_3(I_3 R_3) = (I_2 + I_3)U_2 = U_2 * I_1 = \frac{U_2^2}{R_{23}} = \frac{2.0^2}{4.0} = 1.0\text{W} \qquad (16)$$

var jag har utnyttjat att $R_{23} = R_2//R_3 = 4.0\Omega$



2 av 4) Vi ska här betrakta ett antal storheter före och efter kontakten sluts. Vi får därför följande kretsar. Notera $R_A = R_B = R_C = R = 2\Omega$, $E = 6$V. Notera endast en värdesiffra.

2a) Intensiteten får vi genom att räkna ut effekten i lamporna, $P_{lampa} = U_{lampa} I$. De tre lamporna i "före"-fallet är seriekopplade. $R_{tot} = R_A + R_B + R_C = 3R = 6\Omega$. Vi får strömmen till $I_f = E/R_{tot} = 6/6 = 1$A. (Detta är en ganska stor ström.) Effekten i vardera lampan blir före kontakten sluts, $P_{lamp,f}$, blir

$$P_{A,f} = P_{B,f} = P_{C,f} = I_f^2 R = 2\text{W}. \qquad (17)$$

Efter kontakten sluts går det ingen ström genom lampa C, $I_C = 0$A, all ström fortsätter enklaste vägen, dvs mellan ab genom kortslutningen. Vi får att strömmen blir $I_e = E/(2R) = 1.5$A Notera att ett mellan resultat kan ha en extra siffra i noggrannhet. Vi får effekten i lampan efter kontakten sluts, $P_{lampa,e}$

$$P_{A,e} = P_{B,e} = I_e^2 R = 1.5^2 * 2 = 4.5\text{W} \qquad (18)$$

Vi bör avrunda svaret, om vi använder s.k. svensk avrundning ska vi avrunda uppåt om sista siffran är en 5:a. Vi är här intresserade av om lampan är starkare eller svagare. Det är från ovan klart att $P_{A,e} > P_{A,f}$. Därför lyser lamporna A och B starkare efter kontakten slutits.

2b) Då all ström går genom kontakten när denna slutits kommer ingen ström att gå igenom lampan och effekten blir där med noll. Lampan slocknar.

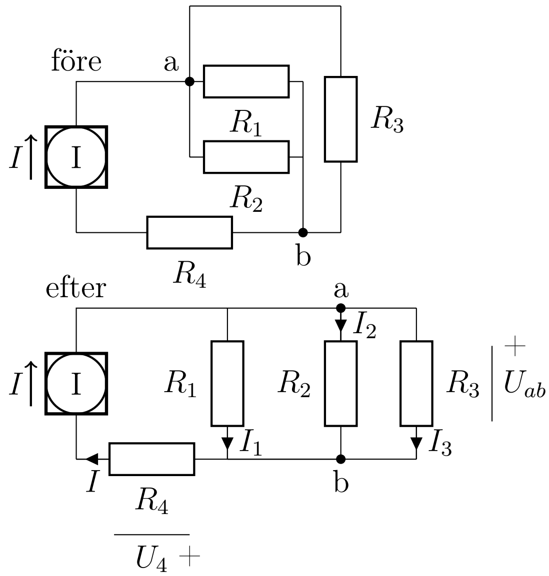
2c) Se ovan $I_f = 1$A, $I_e = 1.5A \approx 2$A. Dvs det dras mer ström från källan efter kontakten sluts.

2d) Spänningsfallet över A och B. Se figur för introducerad riktning. Vi får före $U_{A,f} = U_{B,f} = I_f R = 2$V och efter $U_{A,e} = U_{B,e} = I_e R = 3$V.

2e) Förbrukad effekt i kretsen: Vi får detta då vi tittar på effektförbrukningen i källan. Vi har redan spänningen $U = E$ och strömmen $I = I_{f,e}$ för före eller efter kontakten sluts. Vi får att effektförbrukningen före $P_f = EI_f = 6\text{W}$ och efter $P_e = EI_e = 9\text{W}$ Effektförbrukningen är större efter kontakten sluts.

---

3 av 4) Spänningsdelning/strömdelning, kretsdesign



3a) Se figurer. Notera att om vi vandrar längs båda figurerna från strömkällan till a träffar vi på R_1 R_2 och R_3 alla dessa ändar sitter på samma metallstycke (dvs de har samma potential) vilken vi kallat a. Resistorerna 1-3 är också anslutna till b dvs till det metallstycke som sitter mellan resistorerna 1,2,3 och resistorn nr 4. Likaledes gäller för "efter" figuren.

3b) Vi har tre identiska resistorer. Dvs 1/3 av strömmen I kommer att gå genom vardera resistorn. Vi kan också få detta genom strömdelning. För att bestämma strömmen genom R_1 får vi

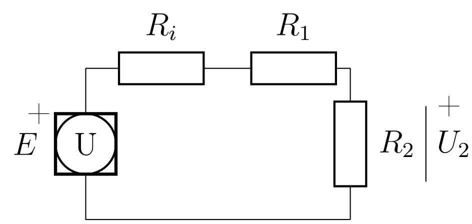
$$I_1 = I\frac{1/R_1}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3} = I/3 = 60\text{mA} \tag{19}$$

Eftersom alla resistorerna är identiska får vi $I_2 = I_3 = I_1 = 60\text{mA}$. Strömmen genom R_4 är $I = 0.18\text{A}$.

Spänningarna fås genom Ohms lag. Notera att spänningsdelning inte är trivialt tillämpbar det är lättare att räkna ut strömmen direkt genom Ohm's lag. Spänningen över R_1, R_2 och R_3 är alla den samma. Låt oss kalla denna $U_{ab} = I_1 R_1 = 0.54\text{V}$. Spänningen över R_4 är $U_4 = IR_4 = 3.06 \approx 3.1\text{V}$. Högre potential är markerad i figuren.

Svar: $I_1 = I_2 = I_3 = 60\text{mA}$, $I = 0.18\text{A}$. Spänningen över R_1 till R_3 är alla 0.54V med högre potential markerad i figuren. Spänningen $U_4 = 3.1\text{V}$.

3c) Den effekt som generatorn genererar är $P = UI$. I känner vi, spänningsfallet över generatorn är lika stort som spänningsfallet över resistorerna, dvs $U_{gen} = U_{ab} + U_4 = 0.54 + 3.06 = 3.6\text{V}$. Vi får att generatorn levererar effekten $P_{gen} = UI = 3.6 * 0.18 \approx 0.65\text{W}$ (rättat).



3d) Vi har två typer av kopplingar att välja mellan, seriekoppling och parallellkoppling. Om vi väljer parallellkoppling kommer vi få samma spänningsfall över båda. Vi bör alltså välja en seriekoppling. Vi får följande krets. Där vi kallat resistanserna för R_1 och R_2. För att få $U_2 = 3\text{V}$ över en av resistorerna säg R_2 använder vi spänningsdelning.

Vi får

$$U_2 = E\frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_i} \Leftrightarrow \frac{U_2}{E}(R_1 + R_2 + R_i) = R_2 \Leftrightarrow$$

$$\frac{U_2}{E}(R_1 + R_i) = R_2(1 - \frac{U_2}{E}) \Leftrightarrow \frac{U_2}{E - U_2}(R_1 + R_i) = R_2 \tag{20}$$

Vi har nu fått en relation mellan R_1 och R_2. Här är $U_2 = 3$V och $E = 12$V, samt $R_i = 1\Omega$. Det finns massor av lösningar till denna ekvation. Om vi sätter in dessa värden får vi

$$R_2 = \frac{1}{3}(R_1 + R_i) \tag{21}$$

Vi måste välja resistorerna. Vi har också ett begränsande villkor: att ha låg effektförbrukning i kretsen. Låt oss kalla den totala resistansen i kretsen för $R_{tot} = R_1 + R_2 + R_i$. Den totala effektförbrukningen P i resistorerna blir

$$P = \frac{E^2}{R_{tot}} = \frac{E^2}{R_1 + R_2 + R_i} \tag{22}$$

Nu ser vi att vi ska välja R_1 och R_2 så stora som möjligt, dvs i MΩ-änden av vårt intervall. För stora värden på resistanserna blir $R_i = 1\Omega$ försumbar. Detta innebär att vi ska ha $R_1 = 3R_2$.

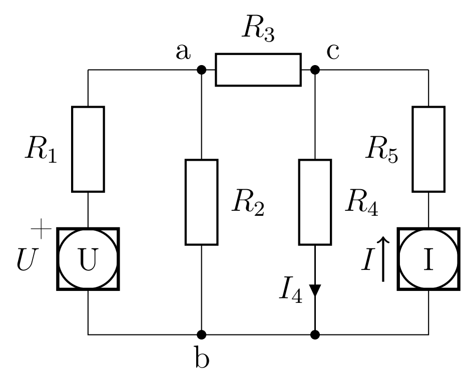
Notera att vi har två värdesiffror. En möjlig lösning är att välja $R_1 = 10$MΩ då får vi $R_2 = 10$M$\Omega/3 \approx 3.3$MΩ. Vilket ger oss en spänningsdelning som är $U_2 = 0.248$V, dvs inte precis det önskade värdet, avrundat blir det rätt. Hur får vi då ut 0.25V. Om vi tar något som går jämt i 3, dvs $R_1 = 9$MΩ och $R_2 = 9$M$\Omega/3 = 3$MΩ får vi den önskade spänningen. Vilken effektskillnad är det på att välja $R_1 = 9$MΩ istället för $R_1 = 10$MΩ?

Vi får i 10MΩ fallet: $R_{tot} = 13.3$MΩ och dess effektförbrukning: $P_{10} = 11\mu$W (rättat) och i 9MΩ fallet $R_{tot} = 12$MΩ och motsvarande effektförbrukning $P_9 = 12\mu$W. (rättat) I båda fallen är effektförbrukningen mycket liten. Därför väljer vi det senare fallet där spänningsdelnings fallet blir det önskade.

---

4 av 4) Vi ska använda superposition. Jag börjar med att introducera abc som noder i kretsen. Samt strömmen I_4.

4a) Vi börjar med att rita de två aktuella kretsarna för superposition. Fall 1: Nollställning av strömkälla: vi klipper bort strömkällan. Fall 2: Nollställning av spänningskällan: vi ersätter spänningskällan med en kortslutning. Se figurer.



I **fall 1** ser vi att R_5 faller bort. Det går ingen ström genom R_5. Hur ska vi bestämma strömmen $I_4^{(1)}$. Det enklaste sättet är att göra två *spänningsdelningar* för att få fram potentialfallet från c till b, vi kallar detta U_{cb}. Först bestämmer vi spänningsfallet från a till b, vi kallar detta U_{ab}.

Vi behöver då resistansen mellan a och b, $R_{ab} = R_2//(R_3 + R_4)$ vi får

$$R_{ab} = \frac{R_2(R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4} \tag{23}$$

Spänningsdelning ger:

$$U_{ab}^{(1)} = U\frac{R_{ab}}{R_{ab} + R_1} = U\frac{R_2(R_3 + R_4)}{(R_2 + R_1)(R_3 + R_4) + R_1 R_2} \tag{24}$$

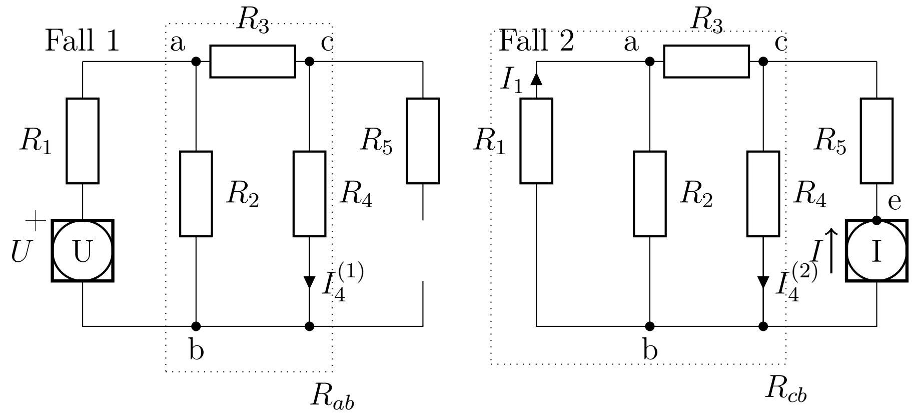
När vi nu vet spänningen över ab kan vi genom ytterligare en spänningsdelning få den över cb:

$$U_{cb}^{(1)} = U_{ab}\frac{R_4}{R_3 + R_4} = U\frac{R_2 R_4}{(R_2 + R_1)(R_3 + R_4) + R_1 R_2} \tag{25}$$

Vi får strömmen genom R_4 i fall 1 genom Ohms lag:

$$I_4^{(1)} = \frac{U_{cb}}{R_4} = U\frac{R_2}{(R_2 + R_1)(R_3 + R_4) + R_1 R_2} \tag{26}$$

Vi noterar igen att strömmen genom R_5 är noll. Spänningsfallet från c till avbrottet är noll i fall 1.



För **fall 2** ska vi också räkna ut spänningen över cb. Vi sätter samman resistanserna R_1 till R_4 till en resistans R_{cb} med avseende på cb. Noterar att R_1 och R_2 är parallellkopplade

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \tag{27}$$

Vi får nu resistansen mellan cb som

$$R_{cb} = (R_{12} + R_3)//R_4 = \frac{(R_{12} + R_3)R_4}{R_{12} + (R_3 + R_4)} = \frac{(R_1R_2 + (R_1 + R_2)R_3)R_4}{R_1R_2 + (R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} \tag{28}$$

Vi kan nu bestämma strömmen spänningen över cb som

$$U_{cb}^{(2)} = R_{cb}I = I\frac{(R_1R_2 + (R_1 + R_2)R_3)R_4}{R_1R_2 + (R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} \tag{29}$$

Givet att vi vet $U_{cb}^{(2)}$ kan vi bestämma $I_4^{(2)} = U_{cb}/R_4$ vi får

$$I_4^{(2)} = I\frac{R_1R_2 + (R_1 + R_2)R_3}{R_1R_2 + (R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} \tag{30}$$

Vi får att spänningsfallet från c till e blir $U_{ce} = -IR_5$.

Totala spänningar och strömmar. Vi får att

$$I_4 = I_4^{(1)} + I_4^{(2)} = \frac{I(R_1R_2 + (R_1 + R_2)R_3) + UR_2}{R_1R_2 + (R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} = \text{Svar} \tag{31}$$

Vi får också

$$U_{cb} = U_{cb}^{(1)} + U_{cb}^{(2)} = \frac{UR_2R_4 + (R_1R_2 + (R_1 + R_2)R_3)R_4I}{(R_2 + R_1)(R_3 + R_4) + R_1R_2} = \text{Svar} \tag{32}$$

Strömmen genom R_5 är I och spänningsfallet $U_{ce} = -IR_5$.

4b) Dimensionskontroll. Vi använder Ohm's lag och vao-igen. Vi ser också att $U_{cb} = I_4R_4$. Det räcker med andra ord att kolla I_4

$$I_4 = \frac{I(R_1R_2 + (R_1 + R_2)R_3) + UR_2}{R_1R_2 + (R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} \Rightarrow A = \frac{A\Omega^2 + V\Omega}{\Omega^2} = A + \frac{V}{\Omega} = A \tag{33}$$

dimensions korrekt. De övriga uppfyller Ohms lag direkt.

4c) Spänningen över strömgeneratorn blir $U_{eb} = U_{cb} - U_{ce}$. Sätter vi in siffror får vi att $U_{ce} = -R_5I = -2.5$V och $U_{cb} = 1.652 \approx 1.7$V. Vi får spänningsfallet över generatorn $U_{eb} \approx 1.7 + 2.5 = 4.2$V.

Vi har endast en värde siffra, vi får $U_{cb} \approx 2$V och $U_{eb} \approx 4$V.

4d) Effektutvecklingen är $P = IU_{eb} = 2.1 \approx 2$W *levererad effekt.*