



Laboration 2: Seriella och parallella kretsar

1 Inledning

I den här laborationen ska ni få öva på seriella och parallella kretsar genom beräkning och mätning. Laborationen ska bidra till en grundläggande förståelse för:

- potential och spänning
- spänning, ström och resistans i seriella och parallella kretsar
- ström- och spänningsdelning
- Kirchoffs lagar
- pull-down och pull-up
- effekt

1.1 Utrustning

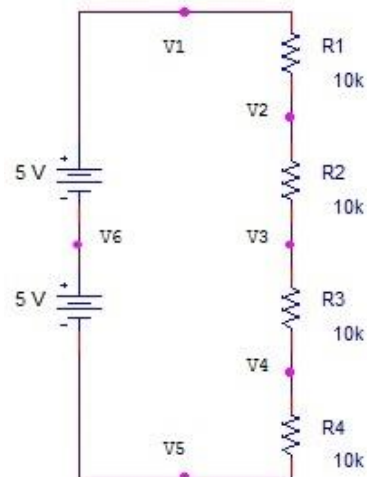
- 1st laborationsplatta med kopplingsdäck och Arduino Leonardo
- 1st likspänningsaggregat (Powerbox 3000)
- 1st multimeter (Fluke 45)
- laborationskablar
- krokodilklämmor
- kopplingstråd (entrådig)
- resistorer:
 - 1st $330\ \Omega$
 - 1st $6.8\ k\Omega$
 - 4st $10\ k\Omega$
 - 1st $10\ \Omega$ ($0.25\ W$)
- 1st lysdiod
- 1st trimpotentiometer $10\ k\Omega$
- 1st fotoresistor
- 1st mikrobrytare

2 Moment 1: Seriell krets

Ställ in spänningsaggregatets bägge individuella spänningskällor till 5 V. Spänningen indikeras på respektive panel, men det skadar inte att kontrollera detta. Stäng sedan av spänningsaggregatet. Fortsätt med att ansluta kablar till spänningsaggregatet enligt Figur 2-1, vilket innebär att de bägge spänningskällorna seriekopplas. Koppla sedan en krets enligt Figur 2-2.



Figur 2-1: Seriekopplade spänningskällor



Figur 2-2: Seriell krets

2.1 Potential och spänning

I punkterna $V_1 - V_6$ (se Figur 2-2) finns olika potentialnivåer. Genom att mäta mellan två punkter erhåller man skillnaden mellan dessa potentialer, vilket är detsamma som att mäta spänning. Därmed har både potential och spänning samma enhet, *volt* (V). Till en början kan det vara förvirrande med samma beteckning för både enhet och variabel, men det blir lättare ju mer man arbetar med det. Spänningsfallet över resistorn R_3 kan uttryckas enligt $U = V_3 - V_4$, där U representerar spänning medan V representerar potentialnivå. Termernas ordning bestäms av strömmens riktning: först kommer V_3 , sedan V_4 .

Ett vanligt sätt att felsöka kretsar är att mäta potentialer i vissa punkter. För att göra detta måste man jämföra punkten ifråga med en godtyckligt vald referensnivå. Vanligast är att välja 0 V som referens, vilket man finner vid en spänningskällas minuspol eller jord (GND på Arduinokortet). I detta fall utgörs detta av punkten V_5 . Anslut multimeterens **COM** (svart kabel) till denna punkt. Den andra kabeln (röd kabel) ska anslutas till punkten där ni ska mäta potentialnivån.

Uppgift 2.1.1 (redovisas i rapport)

För att ta reda på kretsens totala spänning ska man mäta potentialen i V_1 , vilket även kan betraktas som spänningsfallet över samtliga resistorer. Mät potentialnivån i V_1 .

Uppgift 2.1.2 (redovisas i rapport)

Fortsätt med potentialmätningarna i resten av punkterna, d.v.s. punkterna $V_2 - V_5$.

Uppgift 2.1.3

Hur stort är spänningsfallet över varje resistor?

Uppgift 2.1.4 (redovisas i rapport)

Eftersom vi nu känner till spänningsfallen över kretsen samt över varje resistor, kan det vara bra att reflektera över detta genom att relatera till Kirchoffs andra lag ("spänningslagen"). Redogör för era slutsatser samt relationen mellan resultat och teori?

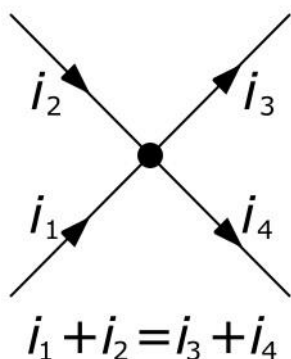
Uppgift 2.1.5 (redovisas i rapport)

Nu är det dags att byta referensnivå! Anslut multimeterens **COM** till V_6 . Upprepa mätningarna för punkterna $V_1 - V_5$.

Uppgift 2.1.6 (redovisas i rapport)

Reflektera över de nya mätvärdena från uppgift 2.1.5 och jämför dem med mätvärdena från uppgift 2.1.1 och 2.1.2. Redogör för era slutsatser och relatera till Kirchoffs andra lag.

2.2 Ström



Figur 2-3: Kirchoffs första lag

Uppgift 2.2.1

Beräkna strömmen för samma krets (se Figur 2-2).

Uppgift 2.2.2

Kontrollera den beräknade strömmen genom mätning. Vad blir strömmen?

Uppgift 2.2.3 (redovisas i rapport)

Kirchoffs första lag ("strömlagen") brukar illustreras enligt Figur 2-3. Fundera på hur kretsen i Figur 2-2 kan beskrivas och illustreras genom att relatera till denna teori. Använd gärna pilar, på samma sätt som i Figur 2-3.

2.3 Resistans

Genom tidigare mätningar har vi tagit reda på den totala spänningen över varje enskild resistor samt den totala spänningen. Det matematiska sambandet för den totala resistansen, för de seriekopplade resistorerna, uttrycks enligt:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

Uppgift 2.3.1 (redovisas i rapport)

Med hjälp av ovanstående uttryck kan man räkna ut en ersättningsresistans, baserat på kretsen i Figur 2-2. Beräkna ersättningsresistansen.

Uppgift 2.3.2

Kontrollera er beräkning genom att mäta den totala resistansen. OBS! Stäng av spänningskällan och koppla för säkerhets skull ut den ena kabeln från spänningskällan, annars kan mätningen påverkas.

Uppgift 2.3.3 (redovisas i rapport)

Ingår den beräknade ersättningsresistansen i E12-serien? Om man behöver en resistans som inte finns bland dessa värden, vad kan man då göra?

Uppgift 2.3.4 (redovisas i rapport)

Härled uttrycket för beräkning av ersättningsresistans. Hänvisa till Kirchoffs lagar.

Tips! Gå tillbaka till tidigare uppgifter och studera sambanden för spänning och ström.

3 Moment 2: Parallell krets

3.1 Potential och spänning

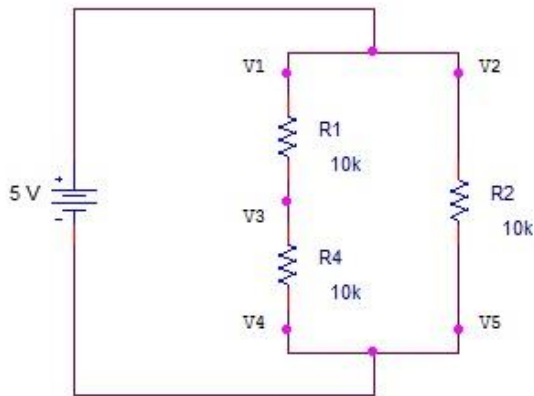
Koppla ur den ena spänningskällan och koppla en krets enligt Figur 3-1.

Uppgift 3.1.1 (redovisas i rapport)

Mät potentialerna i punkterna V_1 - V_5 .

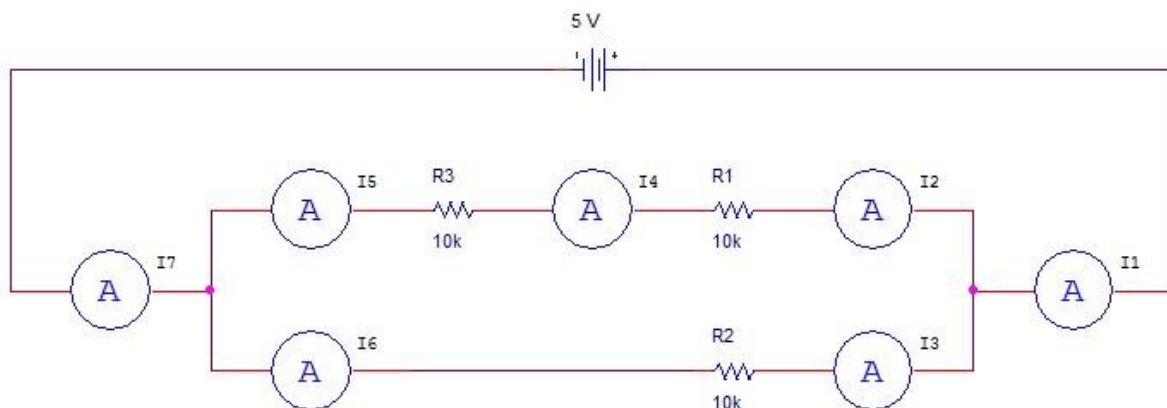
Uppgift 3.1.2 (redovisas i rapport)

Redogör för eventuella likheter och skillnader mellan mätvärdena från föregående uppgift, med hänvisning till teori.



Figur 3-1: Parallellkopplade resistorer

3.2 Ström



Figur 3-2: Mätning av ström i parallellkoppling

Uppgift 3.2.1 (redovisas i rapport)

Koppla nu om kretsen enligt Figur 3-2. Mät strömmen i punkterna $I_1 - I_7$.

OBS! Kretsschemat förtydligar hur (och var) ni ska koppla in multimetern för strömmätning. Med andra ord innebär det inte att ni ska använda sju olika mätinstrument!

Uppgift 3.2.2 (redovisas i rapport)

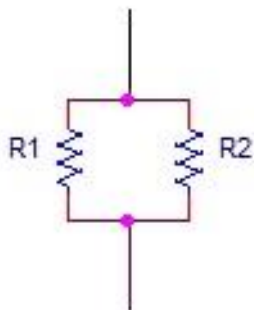
Redogör för eventuella likheter och skillnader mellan de uppmätta strömmarna. Hänvisa till Kirchoffs första lag och illustrera gärna med pilar, likt Figur 2-3.

Uppgift 3.2.3 (redovisas i rapport)

Nu när ni har fått mäta både spänning och ström i seriella respektive parallella kretsar är det hög tid att reflektera över era resultat och observationer. För respektive typ av krets kan man göra vissa

generaliseringar avseende spänning och ström. Vad gäller för spänningar i seriella respektive parallella kretsar? Vad gäller för strömmar i seriella respektive parallella kretsar?

3.3 Resistans



Ersättningsresistansen för de parallellkopplade resistorerna i Figur 3-3 beräknas enligt:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Uppgift 3.3.1

Om man vill att ersättningsresistansen (se Figur 3-3) ska bli $5\text{ k}\Omega$, hur löser man det på enklast sätt? Vilka värden ska R_1 och R_2 ha?

Figur 3-3: Parallella resistorer

Uppgift 3.3.2

Ingår ersättningsresistansen i E12 eller E24-serien?

Uppgift 3.3.3

Koppla upp kretsen (enligt Figur 3-3) med lämpliga resistorer och gör kontrollmätningar.

Uppgift 3.3.4 (redovisas i rapport)

Om ni ska ersätta resistorerna med en resistor som finns i E12-serien, vilket värde väljer ni då? Redogör för ert resonemang.

Uppgift 3.3.5 (redovisas i rapport)

Härled ovanstående uttryck för ersättningsresistansen. Hänvisa till Kirchoffs första lag. Tips! Utgå från det ni känner till om strömmar i parallella kretsar!

4 Moment 3: Spänningsdelning

4.1 Matematiskt uttryck

Vi börjar med att rita om kretsschemat i Figur 2-2. Schemat i Figur 4-1 illustrerar samma krets, dock i annan form. I uppgifterna 2.1.1 och 2.1.2 mätte ni upp potentialnivåer i punkterna $V_1 - V_5$. Dessa kan även räknas ut. Vi börjar med att sätta upp ett uttryck för kretsens ström:

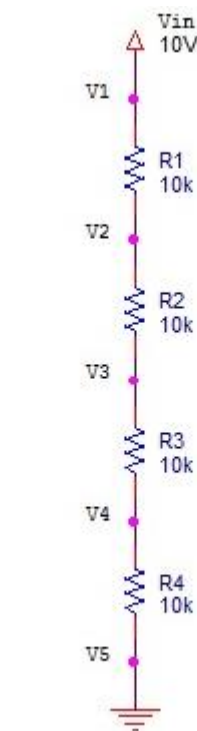
$$I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

Man kan lätt konstatera att $V_1 = V_{in}$, men detta kan även visas matematiskt. Det underlättar också förståelsen för hur man kan beräkna en spänningsdelning:

$$V_1 = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)$$

Summan av resistanserna, $(R_1 + R_2 + R_3 + R_4)$, är den totala resistansen som strömmen måste passera från V_1 till V_5 . Ersätt nu I med dess ekvivalenta uttryck:

$$V_1 = V_{in} \cdot \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$



Figur 4-1: Seriella resistorer

Nämnaren och täljaren kan därmed elimineras. Då kvarstår endast:

$$V_1 = V_{in}$$

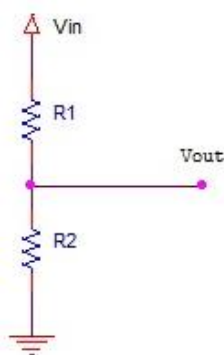
Uppgift 4.1.1 (redovisas i rapport)

Ställ upp uttryck för resten av punkterna, från V_2 till V_5 . Motivera uttrycken.

Uppgift 4.1.2

Gör beräkningar enligt de matematiska uttrycken som erhöles i föregående uppgift. Jämför detta med värdena ni erhöles i uppgifterna 2.1.1 och 2.1.2.

4.2 Tillämpa spänningsdelning



Figur 4-2: Spänningsdelning

En principiell spänningsdelning kan ritas enligt kretsschemat i Figur 4-2. Innan man räknar vet man inte vad R_1 och R_2 ska vara. De kan bestå av flera resistorer, både seriella och parallella.

Uppgift 4.2.1

Anta att vi har en given spänningsmatning, $V_{in} = 10\text{ V}$, samt att den ska skalas ner till $V_{out} = 5\text{ V}$. Vad blir R_1 och R_2 ?

Uppgift 4.2.2

Koppla upp kretsen och gör kontrollmätningar.

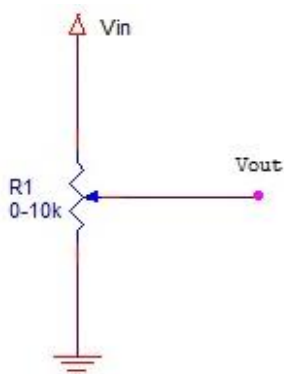
Uppgift 4.2.3

Gör nu samma sak för $V_{in} = 10\text{ V}$ och $V_{out} = 3.3\text{ V}$. Vad blir R_1 och R_2 ?

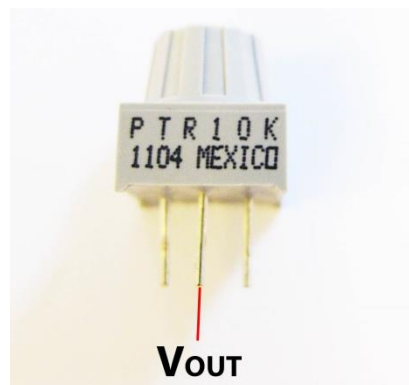
Uppgift 4.2.4

Koppla upp kretsen och gör kontrollmätningar.

4.3 Variabel resistans



Figur 4-4: Trimpotentiometer som spänningsdelare



Figur 4-3: Trimpotentiometer

I vissa sammanhang behöver man variera resistansen. Detta kan exempelvis göras med en fotoresistor eller en potentiometer. Vi börjar med att undersöka potentiometern, som i detta fall är en *trimpotentiometer*. Figur 4-3 förtydligar hur man ansluter potentiometern. Pinnen i mitten är den som ni ska mäta på. De övriga ansluts till matningsspänning (5 V på Arduinokortet) respektive jord. Kretsschemat i Figur 4-4 är i princip identiskt med kretsen i Figur 4-2, där R_1 och R_2 i så fall varieras när man vrider på ratten.

Uppgift 4.3.1 (redovisas i rapport)

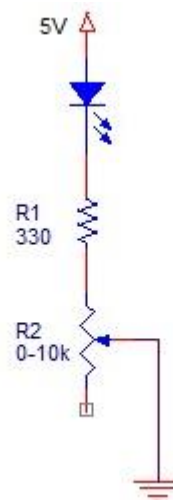
Koppla in potentiometern enligt Figur 4-4. Anta att ni har kopplat matningsspänning till den potentiometers vänstra pinne samt jord till den högra pinnen. Spelar det någon roll om ni byter plats på dessa, d.v.s. kopplar matningsspänningen till höger och jord till vänster? Vad blir resultatet jämfört med tidigare koppling?

Uppgift 4.3.2

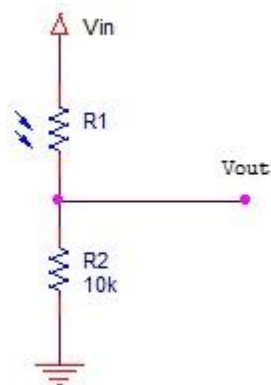
Anta en given spänningsmatning, $V_{in} = 5\text{ V}$. Denna spänning ska skalas ner. Sätt V_{out} till en valfri spänning. Beräkna därefter spänningsdelningen genom att bestämma värdena som motsvarar R_1 och R_2 . Värdena behöver inte ingå i E12- eller E24-serierna.

Uppgift 4.3.3

Nu ska ni mäta på potentiometern. Justera ratten tills ni erhåller samma värde som V_{out} , d.v.s. det värde ni valde i föregående uppgift. Koppla sedan ur spänningskällan och mät resistanserna som motsvarar R_1 och R_2 . Stämmer det enligt era beräkningar?



Figur 4-5: Lysdiod med varierande ljusstyrka



Figur 4-6: Ljusbmätning med fotoresistor

Uppgift 4.3.4

Nu ska vi istället koppla potentiometern som en variabel resistor, enligt Figur 4-5. Vrid på ratten och observera resultatet.

Uppgift 4.3.5

Varför behövs resistorn R_1 i kretsen (se Figur 4-5)? Vad kan hända om man inte kopplar in den, d.v.s. om R_2 är direkt kopplad till V_{in} ?

Vi avslutar detta stycke genom att istället göra en användbar tillämpning med fotoresistorn. Med denna komponent skulle man kunna göra en enkel rörelsedetektor eller en ljusbmätare. I detta fall indikeras ett större ljusflöde med en högre spänning (mer ljus = mindre resistans). Kretsen skulle i praktiken kunna anslutas till en analog ingång

på Arduinokortet, som i sin tur programmeras till att detektera spänningsvariationerna.

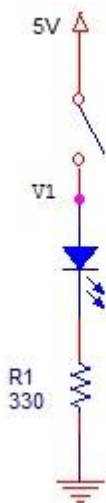
Uppgift 4.3.6

Koppla kretsen enligt Figur 4-6 och mät på V_{out} . Testa att hålla handen över fotoresistorn.

Uppgift 4.3.7

Varför behövs resistorn R_2 i kretsen (se Figur 4-6)? Vad kan hända om man inte inkluderar denna i kretsen? **OBS! Prova inte!**

5 Moment 4: Pull-down och pull-up



Figur 5-1: Krets med strömbrytare

När man arbetar med digitala kretsar är det viktigt att använda tydligt definierade spänningsnivåer. De binära talen 1 och 0, d.v.s. logisk etta och nolla, brukar definieras av 5 V respektive 0 V.

5.1 Pull-down

Uppgift 5.1.1

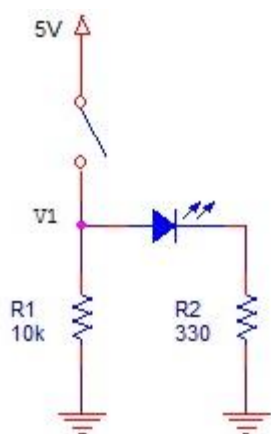
Koppla kretsen enligt Figur 5-1. När man trycker på strömbrytaren, då avges ljus från lysdioden. När strömbrytaren är nertryckt, mät potentialen i punkten V_1 .

Uppgift 5.1.2

Vad är potentialen när strömbrytaren inte är nertryckt?

Uppgift 5.1.3

Som ni märker i föregående uppgift blir inte potentialnivån 0 V. För att åstadkomma detta måste man se till att nivån *dras ner* till 0 V (logisk nolla) när kretsen är bruten. En justering är med andra ord nödvändig. Detta kallas för *pull-down*. Koppla enligt Figur 5-2 och upprepa mätningen när strömbrytaren inte är nertryckt.



Figur 5-2: Krets med pull-down

Uppgift 5.1.4 (redovisas i rapport)

Om syftet med pull-down är att dra ner potentialen till 0 V, varför behövs även resistorn R_1 i kretsen (se Figur 5-2)? Varför är det inte fullt tillräckligt att endast komplettera kretsen i Figur 5-1 genom att ansluta punkten V_1 direkt till jord? **OBS! Prova inte!**

5.2 Pull-up

Det finns en inverterad motsvarighet till pull-down, som kallas *pull-up*. Detta innebär att man istället *drar upp* nivån till 5 V (logisk etta) när strömbrytaren inte är nertryckt.

Uppgift 5.2.1 (redovisas i rapport)

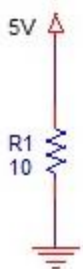
Hur ser en motsvarande pullup-krets ut? Rita kopplingsschema.

Uppgift 5.2.2

Koppla en motsvarande pullup-krets. Tänk på att sätta V_1 på ett lämpligt ställe. Mät sedan när strömbrytaren är nertryckt samt när strömbrytaren inte är nertryckt.

Fördjupande uppgifter (görs om tid finns)

6 Moment 5: Effekt



Figur 6-1: Krets med endast en resistor

Ni har under tidigare moment fått bekanta er med att räkna på olika kretsar. Nu är det dags att reflektera över strömförbrukning och effekt.

Uppgift 6.1

Koppla en krets enligt Figur 6-1. Resistorn är klassad för att tåla en effekt på 0.25 W . Slå på spänningskällan. Vänta en stund (minst 30 sekunder). Förklara vad som sker, men framför allt ska ni redogöra för varför det sker.

Uppgift 6.2

Föreställ er att ni byter ut resistorn mot en som har resistansen $33\ \Omega$ samt klarar av en effekt upp till 0.6 W . Vad blir resultatet? Blir det någon skillnad mot föregående uppgift (uppgift 6.1)?

Uppgift 6.3

Föreställ er att ni kan ersätta resistorn från uppgift 6.2 med ett antal parallellkopplade resistorer, där samtliga har resistansen $100\ \Omega$ och som dessutom tål samma effekt (0.6 W). Hur många resistorer krävs? Är det en bättre idé att ersätta resistorn med ett antal parallellkopplade resistorer? Rita kretsschema. Motivera er ståndpunkt genom att ange ström och effekt för samtliga resistorer, både i den seriella och parallella kretsen.



Referenser

Figur 2-3: Kirchhoffs första lag

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kirchhoff%27s_Current_Law.svg