

EE466
Lab 167
Mätning på elektriska kretsar

Jonas Sjöberg
Högskolan i Gävle,
Elektronikingenjörsprogrammet,
`tel12jsg@student.hig.se`

Oscar Wallberg
Högskolan i Gävle,
Dataingenjörsprogrammet,
`tco13owg@student.hig.se`

Lab utförd: 25 Februari 2015
Instruktör: Efrain Zenteno

Sammanfattning

Syftet med laborationen är att praktiskt pröva några av de grundläggande sambanden och satserna i likströmsläran, samt att förstå enkla växelströmskretsar. Dessutom bör studenten efter genomförd laboration översiktligt förstå universalinstrumentets och oscilloskopets principiella funktionssätt, samt kunna tillämpa hanteringen av dessa instrument i mätning på elektriska kretsar.

Innehåll

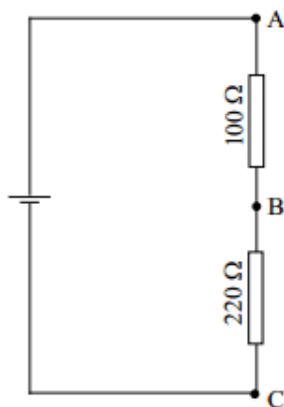
1	Introduktion	4
2	Mätning på seriekrets	4
2.1	Mätresultat	4
2.2	Kommentar	4
3	Inverkan av en parallellgren på en krets	5
3.1	Mätresultat	5
4	Mätning på parallellkrets	5
4.1	Mätresultat	6
4.2	Kommentar	6
5	Mätning av resistans	6
5.1	Mätresultat	6
5.1.1	A	6
5.1.2	B	8
5.1.3	C	8
5.1.4	D	8
5.1.5	E	8
5.2	Teoretisk beräkning	8
5.2.1	A	8
5.2.2	B	8
5.2.3	C	8
5.2.4	D	9
5.2.5	E	9
5.3	Kommentar	9
5.3.1	A	9
5.3.2	B	9
5.3.3	C	9
5.3.4	D	9
5.3.5	E	9
6	Mätning av emk och inre resistans i en tvåpol	10
6.1	Mätning	10
6.2	Teoretisk härledning med Thévenins teorem	11
6.3	Kommentar	13
7	Karakteristik hos en lysdiod	13
7.1	Mätresultat	14
7.2	Kommentar	15

8	Mätning av växelspänning med universalinstrument och oscilloskop	15
8.1	Mätresultat	17
8.2	Kommentar	19
9	Studium av frekvensgång i en reaktiv krets	21
9.1	Mätresultat	22
9.2	Teoretisk beräkning	22
9.3	Kommentar	23
10	Mätning av fasförskjutning i en reaktiv krets	23
10.1	Mätresultat	24
10.2	Teoretisk beräkning	24
11	Mätning av resonansfrekvens	24
11.1	Mätresultat	25
11.2	Kommentar	25
12	Resultat	25
13	Referenser	27

1 Introduktion

2 Mätning på seriekrets

Seriekretsen enligt figur 1 kopplades upp. 5 V valdes för spänningskällan.



Figur 1: Seriekrets

2.1 Mätresultat

Resistensen mellan A och B, R_1 , mättes upp till 100.561Ω och mellan B och C, R_2 , mättes 217.78Ω upp. Följande spänningar mättes därefter upp:

$$U_{AB} = 1.58\text{V}$$

$$U_{BC} = 3.41\text{V}$$

$$U_{AC} = 4.999\text{V}$$

2.2 Kommentar

Spänningsdelningslagen ger:

$$U_{AB} = U \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$U_{AB} = 4.999 \times \frac{100.561}{100.561 + 217.78}$$

$$U_{AB} = 1.579$$

$$U_{BC} = U \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$U_{BC} = 4.999 \times \frac{217.78}{100.561 + 217.78}$$

$$U_{BC} = 3.42$$

$$U_{AC} = U \times \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2}$$

$$U_{AC} = U = 4.999$$

Kirchhoff's 2:a lag:

Summan av samtliga emk:s som ingår i en sluten krets är lika med summan av potentialfallen, eller

$$u_1 + u_2 + \dots + u_n = 0$$

där u_k betecknar en potentialändring.

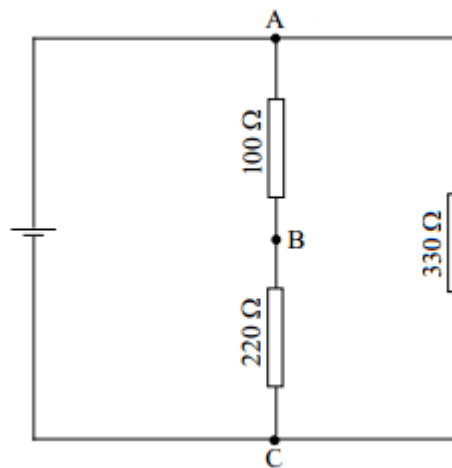
Enligt Kirchhoff's lag:

$$U - U_{AB} - U_{BC} = 0$$

$$4.99 - 1.579 - 3.42 = 0, \text{ vilket stämmer.}$$

3 Inverkan av en parallellgren på en krets

Ytterligare en resistor på 330Ω kopplades parallellt till kretsen från figur 1, se figur 2.



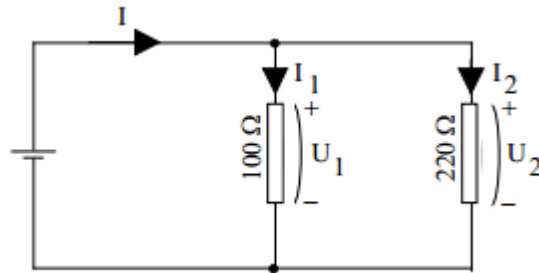
Figur 2: Parallellgren på föregående krets.

3.1 Mätresultat

Strömmen som mättes vid spänningskällan var 33mA och strömmen i punkt B var 15.466mA.

4 Mätning på parallellkrets

Två resistorer kopplades enligt figur 3. Sedan valdes 5 V för spänningskällan.



Figur 3: Parallellgren på föregående krets.

4.1 Mätresultat

$$I_1 = 47.35\text{mA}$$

$$I_2 = 22.453\text{mA}$$

$$I = 72\text{mA}$$

4.2 Kommentar

Kirchhoff's 1:a lag:

Summan av alla elektriska strömmar som flyter till en nod är lika med summan av alla strömmar som flyter från noden, eller

$$i_1 + i_2 \dots + i_n = 0$$

där i_k betecknar en nodström.

Detta ger

$$I = I_1 + I_2$$

$$I = 47.35 + 22.453 = 69.803\text{mA}$$

vilket ger en procentuell felmarginal på $\frac{72-69.803}{69.803} \times 100 = 3.147\%$.

5 Mätning av resistans

Kretsarna funna i figur 4 kopplades upp. De uppmätta resistanserna var följande:

$$R_1 = 154.4\Omega$$

$$R_2 = 177.75\Omega$$

$$R_3 = 328\Omega$$

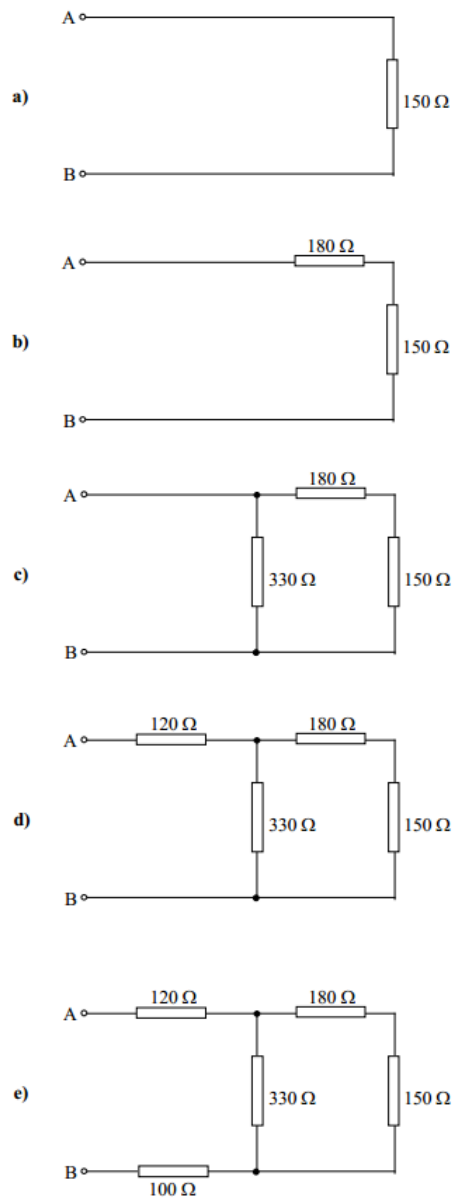
$$R_4 = 118.3\Omega$$

$$R_5 = 99.9\Omega$$

5.1 Mätresultat

5.1.1 A

$$154.4\Omega$$



Figur 4: Resistorkretsar.

5.1.2 B

331.7Ω

5.1.3 C

164.62Ω

5.1.4 D

283.52Ω

5.1.5 E

383.92Ω

5.2 Teoretisk beräkning

5.2.1 A

Resistansen R_A i A utgörs av ett enda motstånd och kan utläsas direkt till
 $R_A = R_1 = 154.4\Omega$

5.2.2 B

Resistansen R_B i B är teoretiskt;

$$\begin{aligned}R_B &= R_1 + R_2 \\&= 154.4\Omega + 177.75\Omega \\&= 332.15\Omega\end{aligned}$$

5.2.3 C

Resistansen R_C i C är teoretiskt;

$$\begin{aligned}R_C &= \frac{1}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1 + R_2}} \\&= \frac{1}{\frac{1}{328\Omega} + \frac{1}{154.4\Omega + 177.75\Omega}} \\&= 165.03\Omega\end{aligned}$$

5.2.4 D

Resistansen R_D i D är teoretiskt;

$$\begin{aligned} R_D &= \frac{1}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1+R_2}} + R_4 \\ &= \frac{1}{\frac{1}{328\Omega} + \frac{1}{154.4\Omega+177.75\Omega}} + 118.3\Omega \\ &= 283.33\Omega \end{aligned}$$

5.2.5 E

Resistansen R_E i E är teoretiskt;

$$\begin{aligned} R_E &= \frac{1}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1+R_2}} + R_4 + R_5 \\ &= \frac{1}{\frac{1}{328\Omega} + \frac{1}{154.4\Omega+177.75\Omega}} + 118.3\Omega + 99.9\Omega \\ &= 383.23\Omega \end{aligned}$$

5.3 Kommentar

Följande formel används för att beräkna den procentuella felmarginalen:

$$\frac{|\text{teoretiskt värde} - \text{uppmätt värde}|}{\text{uppmätt värde}} \times 100$$

5.3.1 A

Den teoretiska beräkningen och den uppmätta stämmer överens; 154.4 Ω .

5.3.2 B

$$\frac{|332.15-331.7|}{331.7} \times 100 = 0.136\%$$

5.3.3 C

$$\frac{|165.03-164.62|}{164.62} \times 100 = 0.231\%$$

5.3.4 D

$$\frac{|283.33-283.52|}{283.52} \times 100 = 0.067\%$$

5.3.5 E

$$\frac{|383.23-383.92|}{383.92} \times 100 = 0.18\%$$

6 Mätning av emk och inre resistans i en tvåpol

6.1 Mätning

Dessa mätningar görs i syfte att undersöka konceptet tvåpol och demonstrera konceptet av att studera och räkna med reducering av komplexa nät med hjälp av Thévenins ekvivalens.

En så kallad experimentplatta eller breadboard används för att konstruera kretsen som illustreras i Figur 5. Nätaggregatet V_1 är ett strömbegränsande laboratorieaggregat HP3631A. Spänningen U mäts över dekadresistorn R_3 med bänkmultimetern M_2 , en HP34401A. Strömmen I mäts genom att den handhållna multimetern Tenma 72-2050 kopplas mellan punkten A och R_3 . Källan som driver spänningen V_{AB} utgörs av V_1 , R_1 och R_2 .

Lasten som är ansluten till utgången består av dekadresistorn R_3 . Resistansen hos multimetern M_2 parallellkopplas med R_3 och påverkar således kretsen på ett oönskat sätt. Om man antar att M_2 har en inre resistans på $10\text{ M}\Omega$ förändras lastens effektiva resistans inte märkbart, förutsatt att de uppmätta resistanserna är lågohmiga. Det förutsätts såklart då också att kretsen ifråga inte är alltför känslig för komponenttoleranser och yttre påverkan av till exempel mätinstrument.

Generellt kan antas att förändringen är försumbar då R_3 har ett lågt värde men felvärdet blir klart påtagligt för högre värden av R_3 . Felvärdet kan beräknas med Ekvation 1 som vid en högre resistans enligt 2 blir $0,09\%$, vilket är ett signifikant mätfel. Men eftersom att den maximala resistansen som används i det här fallet är $100\text{ k}\Omega$ och felvärdet enligt Ekvation 5 då blir $\approx 0,0099\%$ kan belastningen från multimetern förbises.

Mätning på kopplingen ger att spänningen vid tvåpolens ”utgång” $V_{AB} = 7.16\text{ V}$.

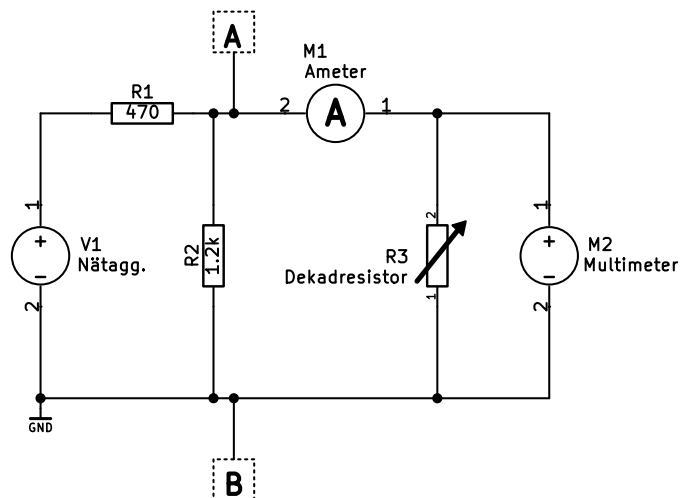
Med R_3 ställd på sin maximala resistans är spänningen oförändrad. När värdet hos R_3 sänks börjar spänningen vid tvåpolens utgång också att sjunka. Halva tomgångsspänningen $\frac{V_{AB}}{2} = 3.58\text{ V}$ avläses vid en last av $R_3 = 341\text{ }\Omega$. Strömmen genom lasten är då $I = 10.531\text{ mA}$.

$$\text{Felvärde}(\%) = \frac{\text{Uppmätt värde} - \text{Förväntat värde}}{\text{Förväntat värde}} \times 100 \quad (1)$$

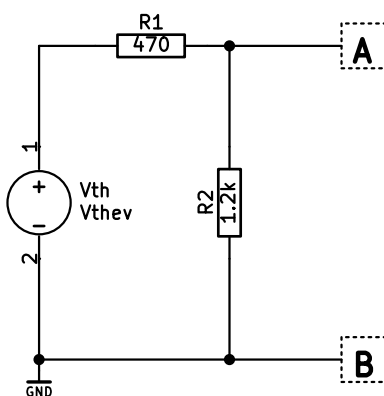
$$\text{Felvärde } R_{last}(\%) = \frac{\left(\frac{1}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{RM_2}}\right) - R_3}{R_3} \times 100 \quad (2)$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{\frac{1}{1\text{ M}\Omega} + \frac{1}{10\text{ M}\Omega}}\right) - 1\text{ M}\Omega}{1\text{ M}\Omega} \times 100 \quad (3)$$

$$= 0,09\% \quad (4)$$



Figur 5: Koppling vid mätning av EMK och inre resistans i en tvåpol.



Figur 6: Den obelastade kretsen som utgör källpolspänningen

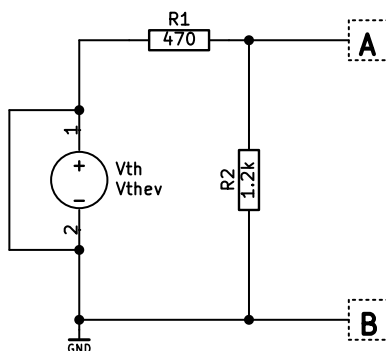
$$\text{Felvärde } R_{last}(\%) = \frac{\left(\frac{1}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{RM_2}}\right) - R_3}{R_3} \times 100 \quad (5)$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{\frac{1}{100 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{10 \text{ M}\Omega}}\right) - 1 \text{ M}\Omega}{100 \text{ k}\Omega} \times 100 \quad (6)$$

$$= 0,009901\% \quad (7)$$

6.2 Teoretisk härledning med Thévenins teorem

Kretsen som levererar spänningen ritas om till den i Figur 6.



Figur 7: Spänningskälla kortsluten för att hitta inre resistans

Den obelastade tomgångsspänningen mellan punkterna A och B, V_{AB} beräknas enligt Ekv. 8.

$$\begin{aligned}
 V_{AB} &= V_{th} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \\
 V_{AB} &= 10 \text{ V} \times \frac{1.2 \text{ k}\Omega}{470 \Omega + 1.2 \text{ k}\Omega} \\
 V_{AB} &= 10 \text{ V} \times \frac{1.2 \times 10^3}{470 + 1.2 \times 10^3} \\
 V_{AB} &= 7,185 \text{ V}
 \end{aligned} \tag{8}$$

Den inre resistansen beräknas genom att kortsluta spänningskällan. Kretsen blir då den i Figur 7.

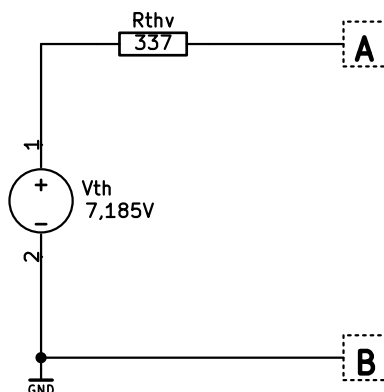
Den inre resistansen utgörs av parallellkopplingen R_1 och R_2 och beräknas enligt Ekv. 9.

$$\begin{aligned}
 R_{th} &= \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \\
 R_{th} &= \frac{1}{\frac{1}{470 \Omega} + \frac{1}{1.2 \text{ k}\Omega}} \\
 R_{th} &= 337,72 \Omega
 \end{aligned} \tag{9}$$

De teoretiska värdena för Théveninekvivalensen i 10 används i Figur 8 som har ett beteende ekvivalent med den ursprungliga tvåpolen.

$$V_{AB} = 7,185 \text{ V} \tag{10}$$

$$R_{th} = 337,72 \Omega \tag{11}$$



Figur 8: Fullständig ekvivalent krets

6.3 Kommentar

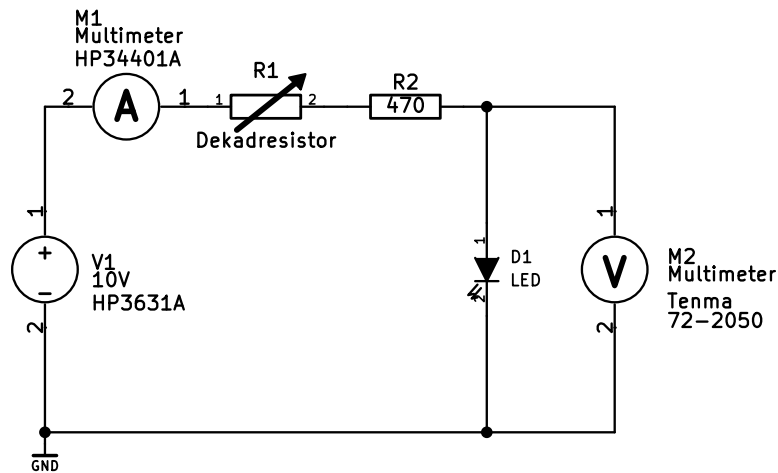
Att reducera kretsar eller hela apparater till en enkel svart låda med två anslutningar vars funktion helt kan beskrivas med Thévenins teorem är en teknik som används mycket ofta vid design och analys av kretsar. Det gör det möjligt att bryta ner en större konstruktion till mindre moduler som kan analyseras var för sig. Relevant för området är bestämning av ingångsimpedans och utgångsimpedans, förmåga att driva andra kretsar eller apparater. Det är mycket viktigt att relativt enkelt kunna förutse hur olika moduler eller sektioner skulle komma att påverkas av att kopplas samman.

7 Karakteristik hos en lysdiod

För att undersöka I/V -karakteristiken hos en lysdiod behövs kännedom om spänningen över lysdioden, V_{LED} samt strömmen genom lysdioden, I_{LED} . Kretsen i Figur 9 konstruerades på en kopplingsplatta. En röd lysdiod användes, vi kan anta att det röda ljusets våglängd är cirka 660 nm och därmed förvänta oss ett framspänningsfall på cirka 1.8 V vid 20 mA. Framspänningsfallet V_f brukar i datablad ofta specificeras vid 20 mA, som också många gånger är lysdiodens rekommenderade maxström.

Resistorn R_2 förhindrar strömmen I_{LED} att bli alldeles för stor i det fall att resistansen hos dekadresistorn R_1 är ställd till ett lågt värde eller direkt kortslutning. Den högsta ström som kan flyta genom kretsen uppskattas i Ekvation 12 till ett värde under den specificerade maxgränsen på 20 mA.

$$\begin{aligned}
 I_{LED_{max}} &= \frac{V_1 - V_{D1}}{R_2} \\
 I_{LED_{max}} &= \frac{10 \text{ V} - 1.8 \text{ V}}{470 \Omega} \\
 I_{LED_{max}} &= 17.4 \text{ mA}
 \end{aligned} \tag{12}$$



Figur 9: Labbkoppling för att bestämma I/v-karakteristik för en LED

Lysdioden är precis som namnet antyder en typ av diod och uppvisar en typisk diodkarakteristik, där strömmen I_{diod} är näst intill obefintlig då $V_{diod} < V_f$ för att sedan öka exponentiellt efter det att $V_{diod} \geq V_f$ och dioden börjar leda. Förhållandet mellan spänning och ström är olinjärt, ΔI är mycket stort över ett mycket litet område av ΔV .

Mätresultaten presenteras i Tabell 1, Figur 10 och Figur 12 under sektion 7.1.

7.1 Mätresultat

R_3	I_{LED}	V_{LED}
500 Ω	16.38 mA	1.78 V
600 Ω	13.66 mA	1.766 V
700 Ω	11.725 mA	1.755 V
800 Ω	10.269 mA	1.744 V
900 Ω	9.1342 mA	1.737 V
1 k Ω	8.260 mA	1.730 V
2 k Ω	3.3319 mA	1.685 V
3 k Ω	2.3805 mA	1.671 V
4 k Ω	1.8525 mA	1.662 V
5 k Ω	1.5176 mA	1.655 V
6 k Ω	1.2858 mA	1.648 V

R_3	I_{LED}	V_{LED}
7 k Ω	1.1159 mA	1.643 V
8 k Ω	985.6 μ A	1.637 V
9 k Ω	882.5 μ A	1.6304 V
10 k Ω	799.2 μ A	1.630 V
20 k Ω	408.7 μ A	1.605 V
30 k Ω	275.3 μ A	1.590 V
40 k Ω	2077 μ A	1.578 V
50 k Ω	1667 μ A	1.569 V
60 k Ω	139.2 μ A	1.567 V
70 k Ω	496. μ A	1.556 V
80 k Ω	104.8 μ A	1.55 V
90 k Ω	93.3 μ A	1.545 V
100 k Ω	84.0 μ A	1.541 V

Tabell 1: Mätresultat för kretsen i Figur 5.

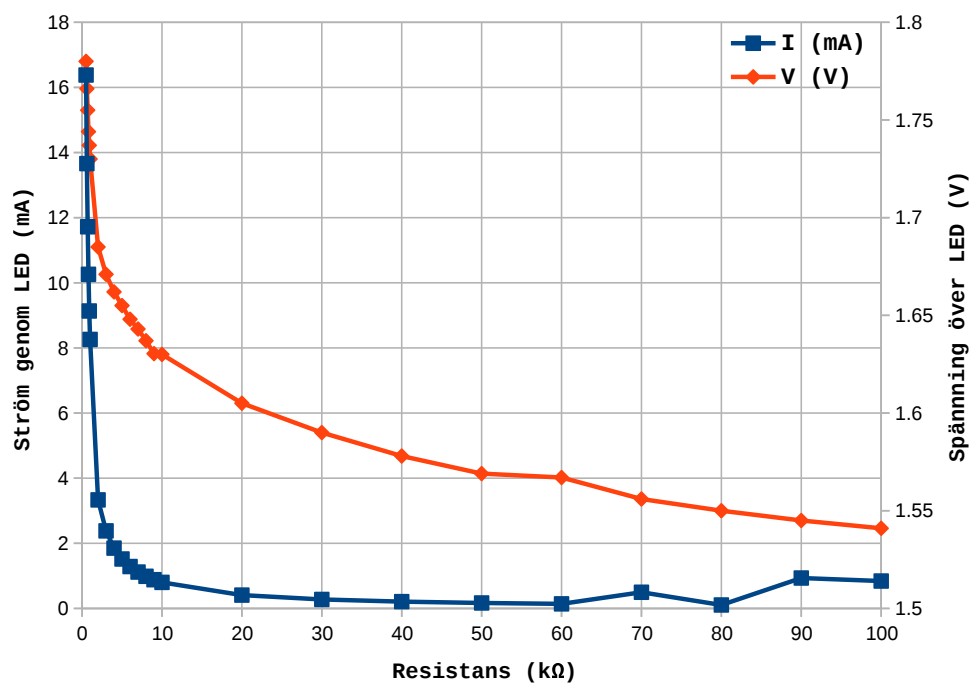
7.2 Kommentar

Mätningarna stämmer överens med antagandet att lysdiodens framspänningsfall V_f är omkring 1.8 V då $I_{LED} \approx 20$ mA.

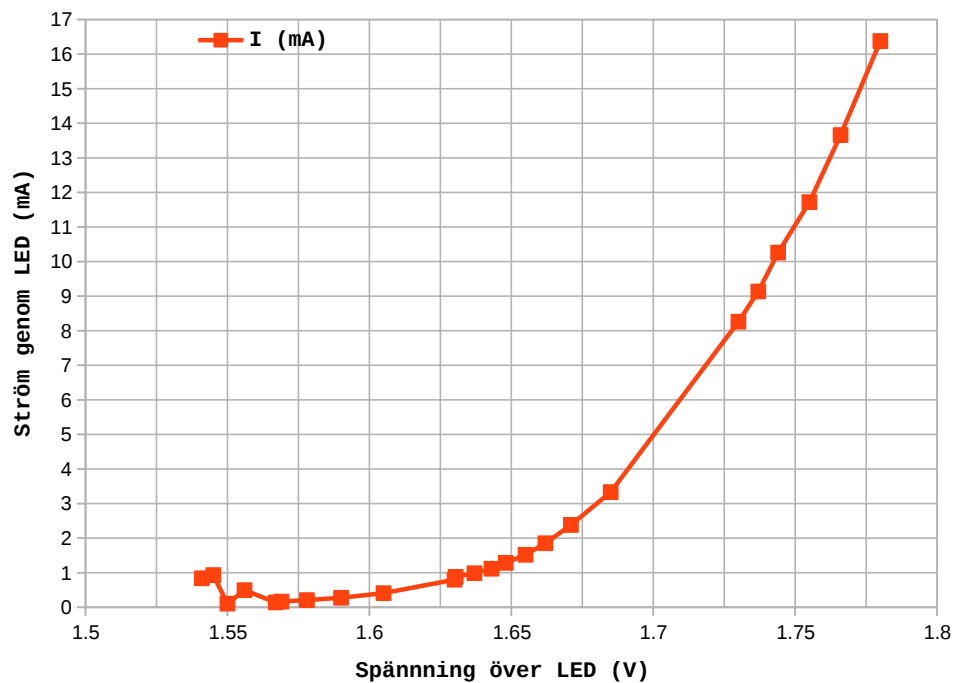
Lysdioder drivs som lämpligast med en låg spänning och en hög ström, ofta används kretsar som levererar en konstant ström, *constant current source*. till exempel kretsen i Figur ??om är en spänningsstyrd strömgenerator, som driver flera lysdioder med samma ström, med ett linjärt förhållande mellan styrspänning och diodström. Kretsen användes för att besvara en förfrågan om hur flera LEDs kan drivas med samma ström under en enkel +9V spänningsmatning.

8 Mätning av växelspanning med universalinstrument och oscilloskop

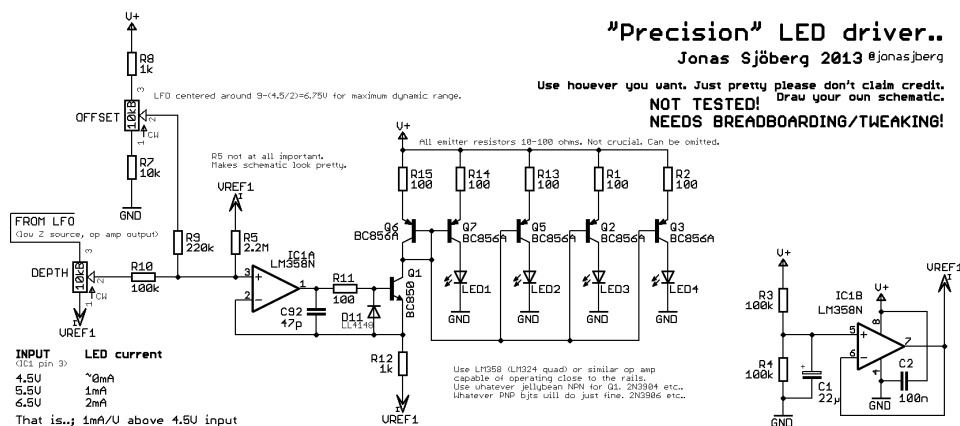
För att generera en växelspanning används signalgeneratoren HP33120A, vars utgång kopplas till en BNC T-koppling, som förgrenar signalen till både multimetern HP34401A och oscilloskopet. En adapter används för att ansluta BNC T-kopplingen till vanliga bananlabsladdar som kopplas till multimetern.



Figur 10: Ström genom och spänning över LED som en funktion av resistans



Figur 11: Ström genom LED som en funktion av spänning över LED



Figur 12: Exempel på spänningsstyrd LED-drivare för osymmetrisk spänningsmatning

Se Figur 13 och Figur 14.

Signalgeneratoren konfigureras för att generera en sinusformad signal med en frekvens på 1 kHz och en amplitud på $V_{pp}/2$. Signalgeneratoren anger amplitud som halva topp-till-topp-värdet.

Multimetern ställs för att mäta V_{AC} RMS med automatisk inställning av mätområde. På oscilloskopet används funktioner under *measure* för att direkt visa signalens amplitud i V_{pp} . Oscilloskopet visar signalens amplitud från topp-till-topp, det vill säga dubbla det hos signalgeneratoren.

8.1 Mätresultat

Mätresultatet återges i Tabell 2.

Förhållandet mellan V_{AC} RMS och V_{pp} kan skrivas som i Ekvation 13.

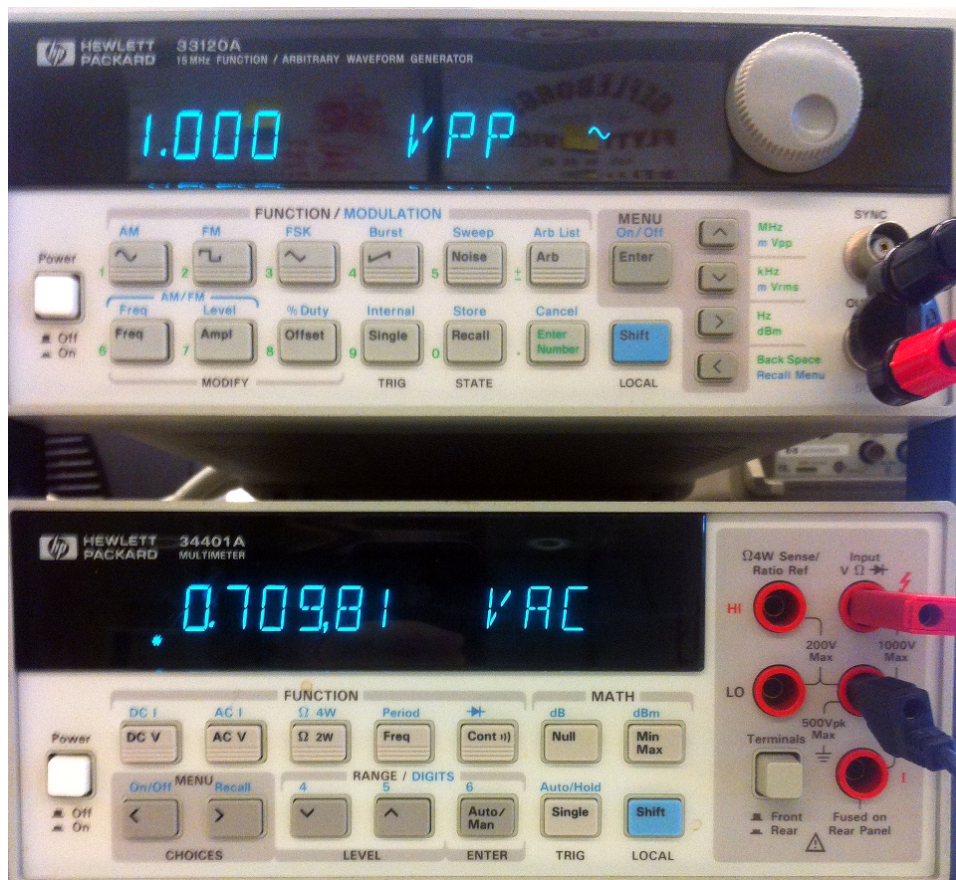
$$V_{AC} RMS = \frac{V_{pp}}{2} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (13)$$

Anmärkningsvärt är förhållandet mellan de tre storheterna, $V_{pp}/2$, V_{AC} RMS och V_{pp} i Ekvation 14. RMS-värdet förhåller sig till peak-värdet med en ratio av $\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.707106 \dots$

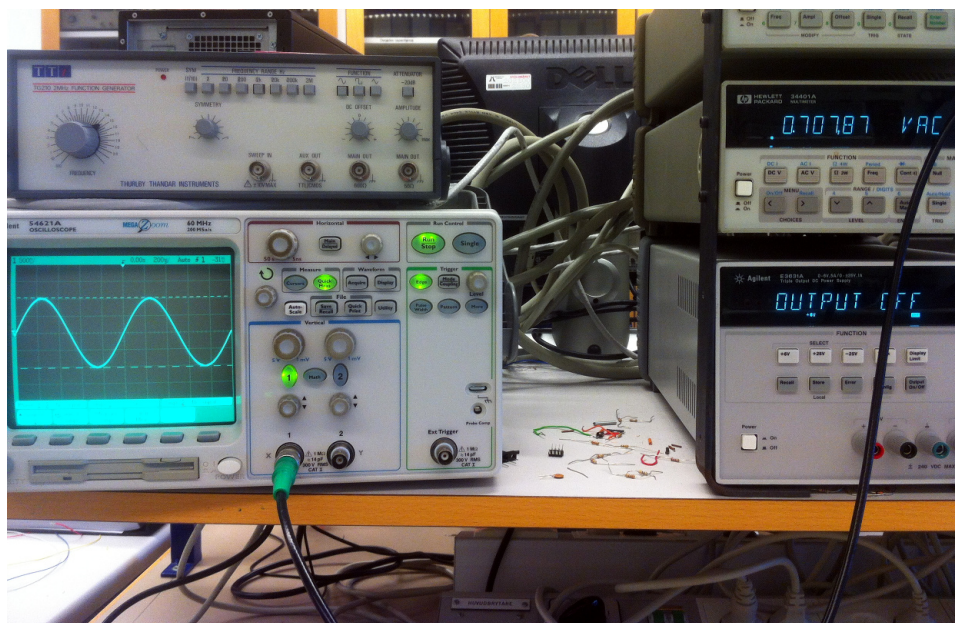
$$V_{pp}/2 = \frac{V_{pp}}{2} \quad (14)$$

$$V_{AC} RMS = \frac{V_{pp}}{2} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (15)$$

$$V_{pp} = 2 \times (V_{pp}/2) \quad (16)$$



Figur 13: Multimeter och signalgenerator under mätning



Figur 14: Multimeter och signalgenerator under mätning

Signalens frekvens utläses direkt på oscilloskopskärmen. Den kan annars lätt härledas från sambandet $f = \frac{1}{T}$, där perioden T kan utläsas direkt genom att uppskatta signalens storlek till skärmens rutnät och multiplicera med tid/div , det vill säga värdet varje ruta motsvarar. För en sinusformad signal är det lämpligt att mäta periodtiden mellan två nollgenomgångspunkter och därefter omvandla från period till frekvens.

Om en signal upprepas inom två divisioner och tid/div är ställd på $500 \mu\text{s/div}$, fås en periodtid 1 ms och frekvensen kan beräknas $f = \frac{1}{1 \times 10^{-3}} = 1 \text{ kHz}$.

8.2 Kommentar

Oscilloskopet visar sannolikt det noggrannaste värdet för signalens frekvens. Däremot är multimetern troligtvis noggrannare vid mätning av RMS-värde. Den använda multimetern HP34401A har så kallad *true RMS*-funktionalitet vilket möjliggör mätning av signaler av signaler med godtycklig vågform. Den är därför med största sannolikhet det mest precisa instrumentet för att mäta RMS i experimentet.

I enklare multimeters uppskattas ofta RMS-värdet genom att den uppmätta signalen antas vara sinusformad och omvandlingen sker med helvågslikriktning, toppvärdesdetektion och multiplikation med konstanten $\frac{1}{\sqrt{2}}$.

Vi kan vara relativt säkra på att den frekvens och amplitud som ställs in på signalgeneratoren är den som faktiskt finns vid signalgenerators utgång, detta till följd av att signalgeneratoren är digital och genererar signalerna

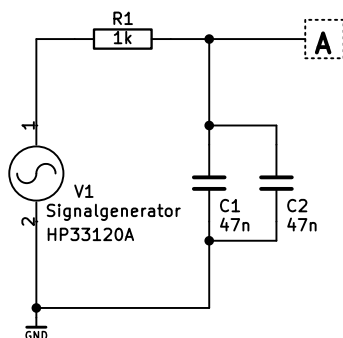
med en DAC. En analog signalgenerator uppvisar en stor intolerans för temperaturförändringar och många av komponenters icke-ideala egenskaper påverkar stabilitet och precision. Kalibrering är mycket viktigare för ett analogt instrument. Det digitala instrumentets analoga signalväg, från D/A-omvandlaren genom en drivförstärkare till utgången, är förhållandevis kort och några eventuella fel kan kalibreras bort genom komensationer i mjukvaran.

Inställd vågform	Inställd amplitud ($V_{pp}/2$)	Uppmätt med multimeter (V_{AC} RMS)	Uppmätt med oscilloskop (V_{pp})
Sinus	1	0.7081	2.06
	2	1.4149	4.13
	3	2.1253	6.06
	4	2.8324	8.19
	5	3.5421	10.13
Fyrkant	1	1.00095	2.02
	2	2.0006	4.07
	3	3.004	6.07
	4	4.0042	8.07
	5	5.0038	10.07
Triangel	1	0.5779	2.13
	2	1.1555	4.13
	3	1.7335	6.13
	4	2.3122	8.13
	5	2.8922	10.13
Ramp	1	0.5778	2.11
	2	1.1552	4.22
	3	1.7332	6.25
	4	2.3118	8.38
	5	2.8918	10.44

Tabell 2: Mätresultat för mätning av växelspanning med universalinstrument och oscilloskop.

9 Studium av frekvensgång i en reaktiv krets

Kretsen funnen i figur 15 kopplades upp.



Figur 15: Reaktiv krets.

9.1 Mätresultat

Frekvensen varierades mellan 100 Hz och 1900 Hz i steg om 200 Hz med en konstant spänning på tongeneratorn; 2.09V. Tabell 3 presenterar resultatet.

Frekvens (Hz)	$V_C(V)$	U_c/U_{TG}	Fasförskjutning (ϕ)
100	2.11	1.01	5
300	2.06	0.99	10
500	2	0.96	17
700	1.94	0.93	24
900	1.84	0.88	29
1100	1.75	0.84	33
1300	1.66	0.79	37
1500	1.56	0.75	42
1700	1.49	0.71	45
1900	1.39	0.67	49

Tabell 3: Mätresultat för kretsen i Figur 15.

9.2 Teoretisk beräkning

Följande formel används för att teoretiskt beräkna kvoten mellan kondensatorns spänning och tongeneratorns:

$$\frac{u_c}{u_{TG}} = \frac{1}{\sqrt{1+(2\pi \times f \times R \times C)^2}}$$

Det teoretiska resultatet redovisas i tabell 4.

Frekvens (Hz)	U_c/U_{TG}
22	
100	1
300	0.98
500	0.95
700	0.92
900	0.87

Frekvens (Hz)	U_c/U_{TG}
1500	0.72
1700	0.68
1900	0.64

Tabell 4: Teoretisk beräkning för kretsen i Figur 15.

9.3 Kommentar

För att beräkna felmarginalen för uppmätt och beräknat värde i kvoten

$$\frac{u_c}{u_{TG}}$$

används följande formel:

$$\frac{|\text{teoretiskt värde} - \text{uppmätt värde}|}{\text{uppmätt värde}} \times 100$$

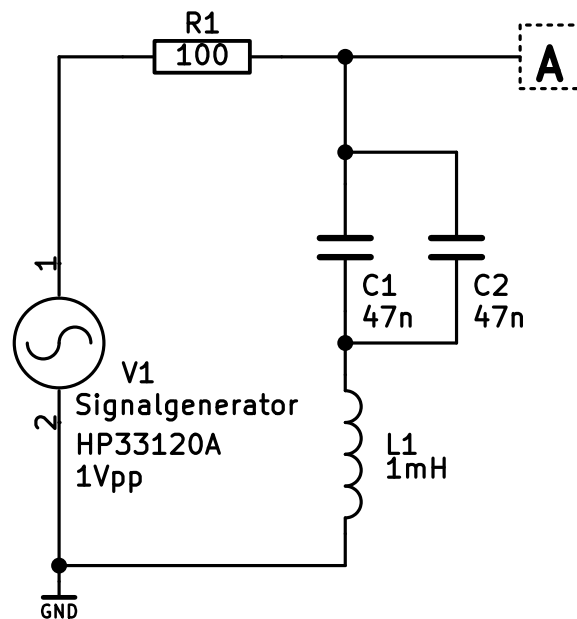
Tabell 5 beskriver detta.

Frekvens (Hz)	Teoretiskt värde	Uppmätt värde	Felmarginal (%)
100	1	1.01	0.01
300	0.98	0.99	0.01
500	0.95	0.96	0.01
700	0.92	0.93	0.01
900	0.87	0.88	0.01
1100	0.82	0.84	0.02
1300	0.77	0.79	0.03
1500	0.72	0.75	0.04
1700	0.68	0.71	0.04
1900	0.64	0.67	0.04

Tabell 5: Felmarginal.

10 Mätning av fasförskjutning i en reaktiv krets

Vid mätningen av fasförskjutning används samma kopplingsschema som vid föregående mätning.



Figur 16: Labbkoppling för att bestämma resonansfrekvensen för ett RLC-filter

10.1 Mätresultat

Vid 10Hz uppmättes fasförskjutningen till 6rad och vid 10MHz uppmättes 1.57rad.

10.2 Teoretisk beräkning

Resultatet kan kontrolleras med följande formel:

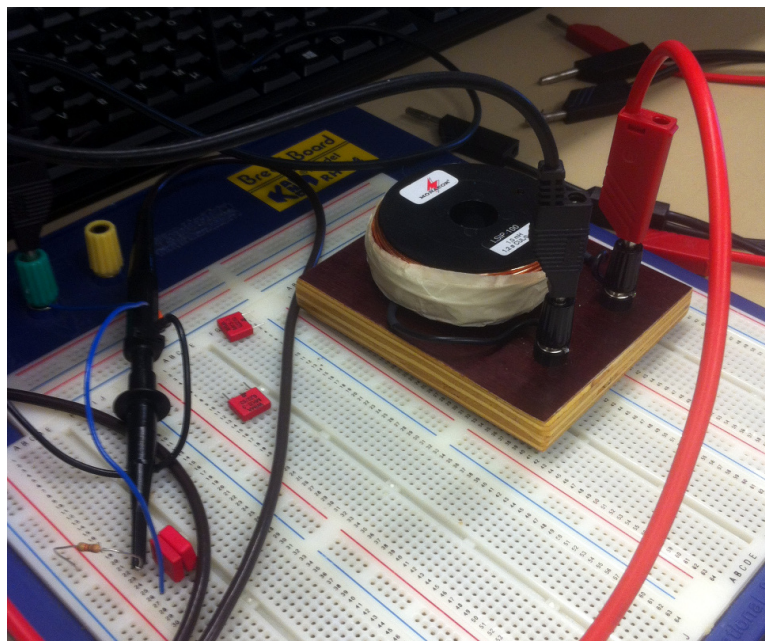
vilket för 10Hz ger:

och för 10MHz ger:

vilket förutom negationen stämmer överens med det uppmätta. Det är möjligt att avläsningen var felaktig.

11 Mätning av resonansfrekvens

Denna krets är en utveckling av de föregående, samma utrustning och konstruktionsteknik användes. En extra komponent kopplas in mellan kondensatorn C_1 och jord enligt Figur 16. Den induktiva komponenten L_1 är en stor och någorlunda tung kopparspole med en induktans på 1mH. Induktorn L_1 är placerad på träplattan högst upp till höger i bilden Figur 17.



Figur 17: Experimentplatta med induktor till RLC-filter

11.1 Mätresultat

En oscilloskopsbild på signalen som mättes då insignalens frekvens verkade vara närmast det för resonans i filtret visas i Figur 18.

Från fotot utläses direkt att fasskillnaden mellan insignalen över signalgeneratoren V_1 och utsignalen över punkten A och jord kan skrivas $\phi \approx 46^\circ$.

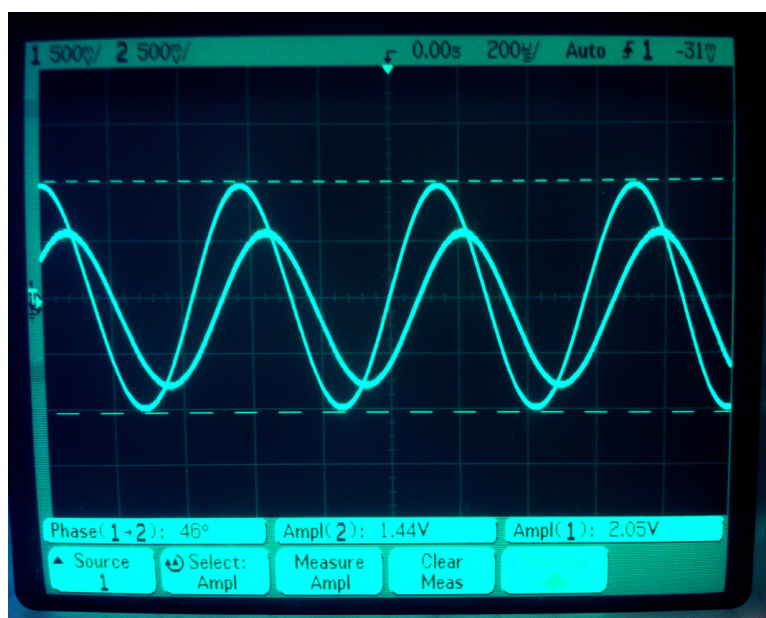
En approximation av en bode-plot för kretsen finns i Figur 19.

Resultaten överensstämmer till viss del med simuleringen av samma koppling. Många icke-ideala egenskaper påverkar kretsens frekvensåtergivning. Kapacitansen i experimentplattan och labbsladdar ger en avrullning av högre frekvenser, med en märkbar början då $F_{in} \geq 1.15 \text{ MHz}$.

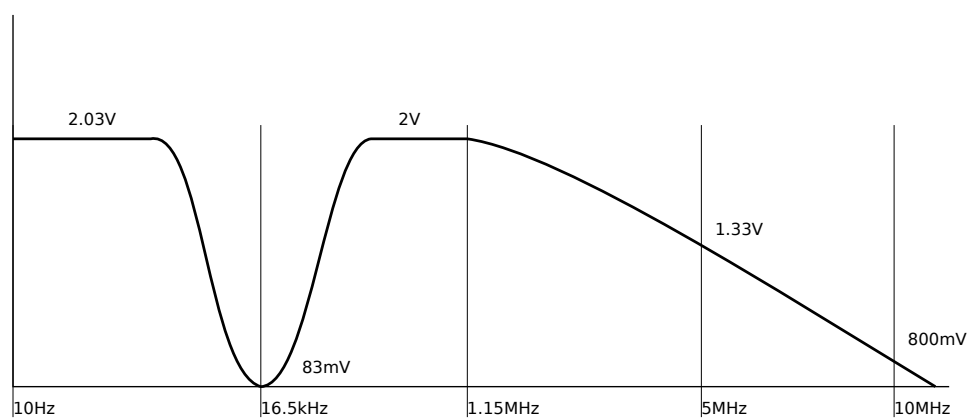
11.2 Kommentar

12 Resultat

Sammanfattningsvis kan sägas att laborationen innehåller en mängd koncept som är mycket viktiga att få en grundlig förståelse för. Vi har inte stött på några direkt problem.



Figur 18: Signal vid resonans i RLC-filtret



Figur 19: Uppskattad frekvensrespons för RLC-filter

13 Referenser