

Mätteknik TSIU05 Laborationer

Exempelrapport

Lab1 Logikkretsar

Lab2 Tempmätning

Lab3 Inre resistans

Lab4 Tonkontroll

Michael Josefsson

4 oktober 2021

Undersökning av fasförskjutning i RC-länk

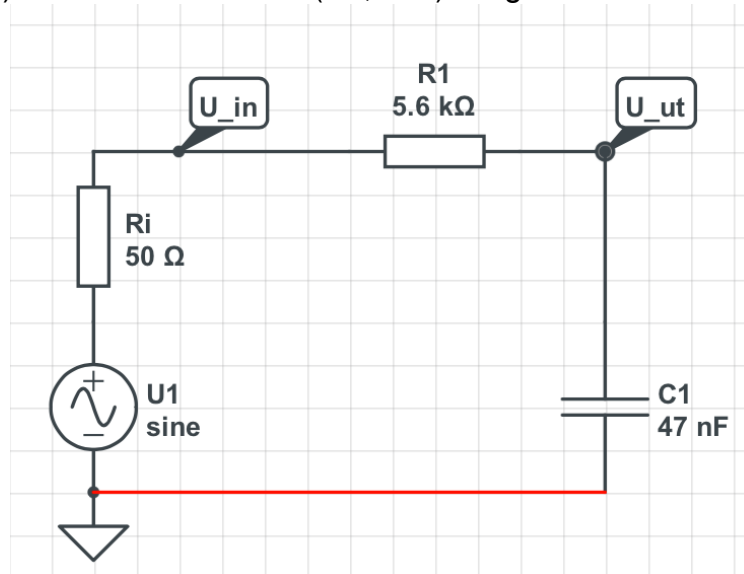
Laborant: John Doe, johdo666

Granskad: Anna Nym, annny123

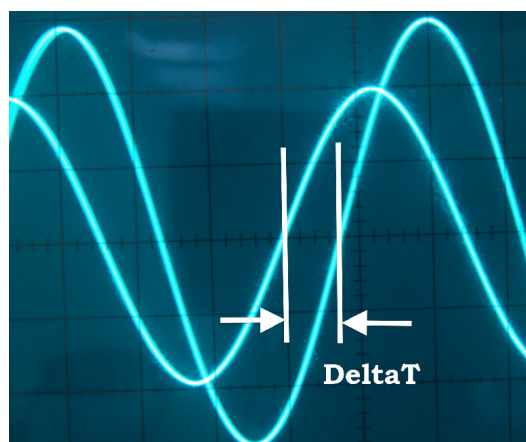
Syfte: Mätningarna går ut på att studera hur en sinussignal fasförskjuts i en RC-länk. En avslutande jämförelse mot teorin görs också.

Metod: Mätningarna genomfördes med oscilloskop på samhörande värden på in- och utsignal vid ett antal olika frekvenser i området 0.1 – 20 kHz.

Materiel och genomförande: Laboratoriets funktionsgenerator (TG210) respektive oscilloskop Instek GOS-620 (20 MHz) användes. Provvuppkopplingen bestod av ett motstånd (R_1 , 5k6) och en kondensator (C_1 , 47n) enligt schemat nedan:



Insignalen U_{in} , som togs från funktionsgeneratorns 50-ohmiga utgång, var sinusformig med spänningen 4 Vtt. Utsignalen U_{ut} mättes med 1:1 prob.



Bilden ovan visar hur tidmätningen gick till. Signalen med amplituden 4 rutor är insignalen, den andra är utsignalen. Vid nollgenomgångarna mättes en tidsskillnad som sedan överfördes till en fasskillnad i tabell 1.

Mätningar: För de olika frekvenserna i tabellen nedan mättes fasförskjutningen. I tabellen redovisas också originaldata på oscilloskopets inställning, uppmätta antal rutors förskjutning och beräkningar för att erhålla fasförskjutningen i grader.

f (kHz)	Osc.T	#rutor	Δt (ms)	Pertid= $1/f$ (s)	$\Delta t/\text{pertid}$	Fas (°)
0.1	1 ms	0.25	0.25	0.01	0.025	-9
0.2	1 ms	0.25	0.25	5	0.050	-18
1	0.2 ms	0.8	0.16	1	0.160	-57
2	0.2 ms	0.5	0.10	0.0005	0.200	-72
5	0.1 ms	0.45	0.045	0.0002	0.225	-81
10	50 μ s	0.48	0.024	0.0001	0.240	-87
20	20 μ s	0.58	0.0116	0.00005	0.232	-83

Tabell 1. Hela mätserien som den mättes på labben. (Fas= $-360\Delta t/\text{pertid}$)

Not: En mätning vid $f = 200$ kHz gjordes också vilken resulterade i 86 graders förskjutning.

Teori: Då utspänningen är en spänningsdelning mellan resistansen R och reaktansen för C , dvs $-j/\omega C$, kan ett teoretiskt uttryck beräknas som $-\arctan(X_C/R)$.

f (kHz)	X_C (kohm)	$\arctan(R/X_C)$ (°)	Mätt enl tabell 1	Skillnad (°)
0.1	33.9	-9	-9	0
0.2	16.9	-18	-18	0
1	3.39	-59	-57	2
2	1.69	-73	-72	1
5	0.677	-83	-81	2
10	0.339	-87	-87	0
20	0.169	-88	-83	5

Tabell 2. Jämförelse mellan teoretiska beräkningar och uppmätta värden.

Diskussion: På grund av kondensatorns komplexa reaktans, $-jX_C$, påverkas utsignalen så att en fasförskjutning mellan in- och utsignal uppstår. Fasförskjutningen kan beräknas teoretiskt och i den använda kopplingen verifierades att mätningarna och teorin stämmer. Fasförskjutningen är nära noll vid låga frekvenser och går asymptotiskt mot -90 grader vid höga frekvenser.

TSIU05 Mätteknik

LAB1 Logikkretsar

Michael Josefsson

Läs igenom hela labhäftet
(så du vet vad du skall göra på
laborationspasset)

Syfte: Att med multimeter bestämma de elektriska spänningar som motsvarar digitala nollor och ettor i 5-voltslogik. Att koppla upp, och mäta på, en kombinatorisk krets i TTL-logik för att bestämma dess spänningsnivåer. Att introducera begreppet *störmargin*.

Förkunskaper: För att tillgodogöra dig laborationen behöver du

- veta hur en multimeter används för att mäta spänning.
- ha läst databladerna för de i laborationen använda TTL-grindarna¹ AND, OR och NOR samt känna till grundläggande logiska funktioner.

Bakgrund: Det är lätt att tro att digitalteknik bara handlar om "ettor och nollor". I den rent teoretiska delen av digitalteknik är det så, men när det kommer till att förverkliga konstruktionen är det höga och låga spänningar som är informationsbärarna. Men vilken spänning är "hög", vilken är "låg"? Var går gränsen mellan dem? Det skall du undersöka i den här laborationen.

Materiel: Labplatta, kopplingstrådar, logikkretsar, multimeter.

Labplattan: Labplattan (fig 1) består dels av tre kontakter för matningsspänning, dels en kopplingsyta med en massa hål. De olika hålen är elektriskt sammanbundna med varann enligt de röda strecken i bilden (bara några få har ritats in, de andra följer samma struktur).

Man placerar komponenternas ben i hålen så att önskad elektrisk koppling erhålls. För integrerade kretsar av kapseltypen "DIL" (*Dual-In-Line*) placeras de som visas i figuren. Man får då möjlighet att ansluta varje ben till ytterligare fyra kontaktpunkter.

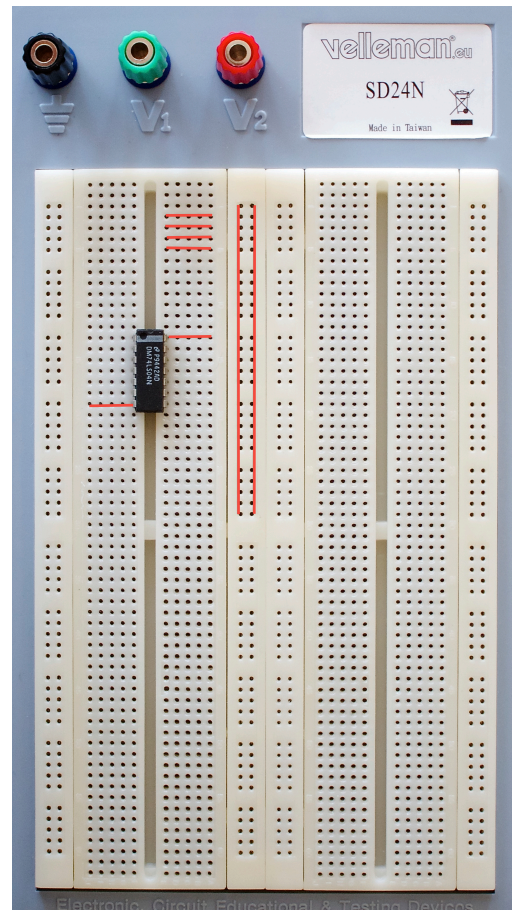


Fig 1. Labplattan. Labplattans hål är förbundna med varann enligt de röda strecken i bilden. På komponentens pinne 7 och 14 har matningsspänningskolumnerna ritats in. Du måste själv dra ledningarna till röd (+5 V) och svart (0 V) banankontakt.

Till labplattan följer en sats med kopplingsstråd i olika färger som används för att förbinda de olika elektriska komponenterna med varann. Denna kopplingsstråd har en diameter avsedd för labplattan. Använd aldrig komponenter med för tjocka anslutningsben i en sådan här labplatta.

Matningsspänning 5 V och 0 V ansluts från spänningsaggregatet till RÖD respektive SVART banankontakt. Använd **alltid** röd färg för "plus" och svart för "jord" på detta sätt. Matningsspänningen skall alltid vara 5 V till TTL-kretsar.

Notera att inspänningen till en TTL-krets aldrig någonsin får överstiga 7 V. Du skall här inte använda en större spänning än 5 V så det finns lite marginal innan kretsarna riskerar förstöras.²

¹TTL=Transistor-Transistor-Logik.

²Databladerna anger att matningsspänningen skall vara $5 \pm 0.25V$ för funktion. De tål 7 V men man garanterar ingen funktion då.

Förberedelser: (Ska alltså vara gjorda innan laborationstillfället.)

- Välj lämpliga kretsar ur 74-serien för att koppla upp funktionen enligt nedan. Ange bennummer och komponentnamn i figuren så kan du snabbare koppla upp den på laborationen:

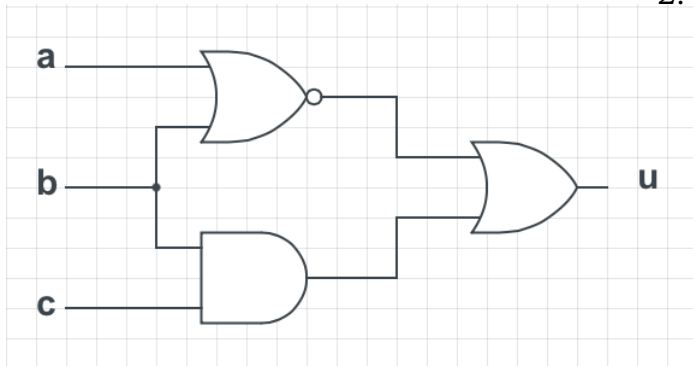


Fig 2. Laborationens kombinatoriska nät ritat med amerikanska kretssymboler.³ Rita schemat med europeiska symboler här:

- Ange kretsens logiska funktion i boolesk algebra och fyll i sanningstabellen nedan!

a	b	c	$u = u(a, b, c)$
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

På laborationen:

1. Koppla på labplattan upp nätet enligt schemat. Glöm inte ansluta matningsspänningen till ben 7 och 14 på kapslarna. Använd tillräckligt långa kopplingsladdar för att kunna ansluta de tre ingångarna a , b och c till 5 V respektive 0 V i fortsättningen.
2. Mät spänningen på utsignalen med multimeter för alla olika insignalkombinationer (0 respektive 5 V), totalt åtta mätningar. Ange spänningen u i V med en decimals noggrannhet. Redovisa mätningarna i en tabellen och jämför sedan med förberedelseuppgiften.

Inspänning, V			Utspänning, V
a	b	c	u
0	0	0	
0	0	5	
0	5	0	

3. Sätt nu insignalen $a = 0$, $b = 1$ (dvs 0 resp 5 V) och låt c tas från det variabla spänningsaggregatet. Den spänningen kopplar du till plattans gröna anslutning och därifrån till c -ingången på uppkopplingen. Du ska nu genomföra en mätserie med spänningen c som invärde och spänningen u som utvärde.

Ställ in spänningen så att c är 0 V. Öka spänningen från 0 till 5 V i 0.5 V steg. Notera utsignalens värde i tabellen nedan.

In c , V	Ut u , V	In c , V	Ut u , V
0.0		3.0	
0.5		3.5	
1.0		4.0	
1.5		4.5	
2.0		5.0	
2.5			

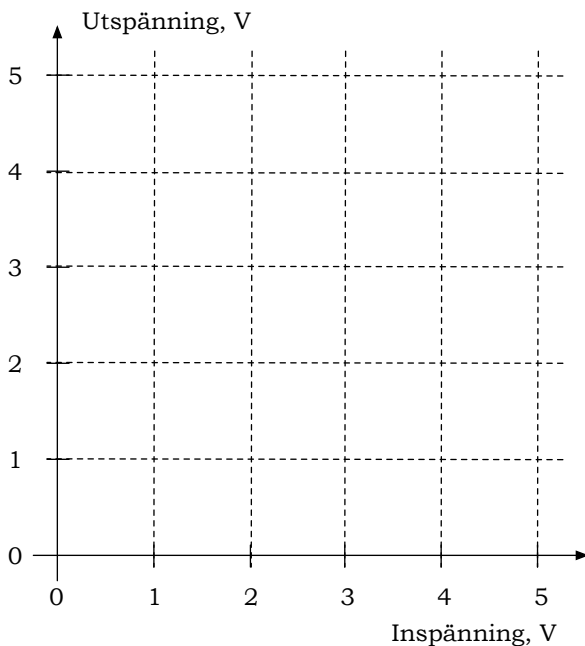
Försök hitta mer exakta inspänningsnivåer för omslag på u , men ägna inte jättemycket

³Alla kretsar återfinns inte i "Allmänna anvisningar för laborationer i digitalteknik". Sök på internet "74LS32" osv.

tid på just det. Obs: Vissa spänningsaggregat kan ha lite svårt att komma ner till exakt 0 V, använd isåfall aggregatets lägsta värde istället för 0 V. Det intressanta för laborationens skull händer vid mellan cirka 1 och 2 V. I "ingenmanslandet" mellan de två digitala värdena 0 och 1 skall signalen egentligen aldrig befinna sig!

Om den högre utspänningen motsvarar logisk etta och den lägre motsvarar logisk nolla, stämmer då utsignalen med sanningstabellen du gjorde i förberedelserna? (Det skall den förstås göra om du kopplat rätt! Kontrollera annars uppkopplingen och gör om mätningen.)

4. Fyll i diagrammet med din mätserie.



Slutsats och rapport Till denna laboration skall du författa en labrapport. Tänk dig att du ska skriva rapporten som dokumentation för framtida bruk till dig själv eller en kompis. Var så komplett du kan och se till att få med vad syftet var, uppkopplingar, mätdata, diagram, slutsatser och annat relevant. Rapporten får inte överstiga 2 A4-sidor i omfattning så det gäller att du formulerar dig koncentrerat, koncist och korrekt.

I denna laboration **måste** rapporten till exempel förklara vilka spänningar räknas som digitalt 0 och vilka som räknas som digitalt 1.

Dessutom **skall** rapporten innehålla motiverade svar på följande frågeställningar:

- Hur stor måste en yttre störning (räknad i volt) vara för att en logisk nolla ska tolkas som en logisk etta i denna krets? (Den s.k. *störmarginalen*. Var i diagrammet kan du mäta upp den direkt?)
- Jämför dina resultat med databladet. Håller man specifikationen?

Rapporten kommer att bedömas utgående från både utseende och tekniskt innehåll.

Epilog: Du har nu undersökt vilka spänningar som behövs för att en TTL-grind ska tolka signalen som en digital 1:a respektive 0:a. I verkligheten är alla insignalers spänningar på detta sätt. När vi studerar digitalteknik förklarar vi för oss och förutsätter att signalerna är tydliga 1:or och 0:or. Det gör att exempelvis boolesk algebra blir mer hanterlig. Man måste dock komma ihåg att det alltid handlar om spänningar i verkliga uppkopplingar.

TSIU05 Mätteknik

LAB2 Tempmätning

Michael Josefsson

Läs igenom hela labhäftet
(så du vet vad du skall göra på
laborationspasset)

Syfte: Laborationens syfte är att bestämma glödtrådens temperatur när en lampa lyser vid sin märkspänning. För detta genomförs en mätserie över sammanhängande värden på *spänning över* och *ström genom* lampan. Lampans resistans kan då beräknas vid varje spänning, bland annat vid märkspänningen. Härur kan glödtrådens temperatur beräknas.

Förkunskaper: För att tillgodogöra dig laborationen behöver du

- kunna använda en multimeter för att mäta spänning, ström och resistans
- förstå reostatens princip och användning
- ha kännedom om resistansens temperaturberoende (ohm/K)

Materiel: Multimeter, reostat 135 ohm, glödlampa 6 V/300 mA (glödtråd av volfram, märkspänning 6 V), spänningsaggregat.

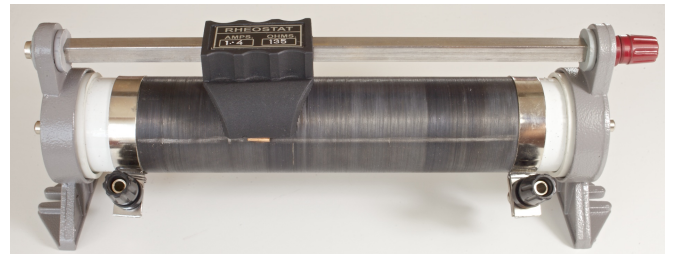
Förberedelser: (Ska alltså vara gjorda innan laborationstillfället.)

- Läs på om reostaten nedan och om resistansens temperaturberoende i föreläsningsunderlagen.

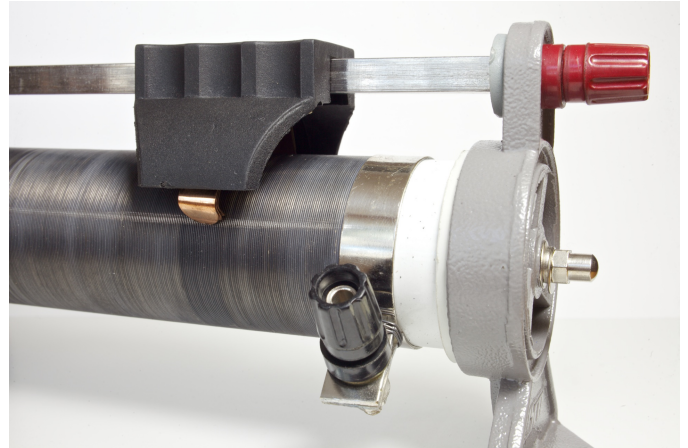
Reostat En reostat är ett variabelt effektmotstånd. Den består av en resistansstråd upplindad på en keramisk form för att klara höga temperaturer och effekter. Reostaten i laborationen kan ställas in mellan 0 och 135 ohms resistans och tål maximalt en ström av 1.4 A. En *potentiometer* kan kopplas som reostat enligt nedan:



Reostatens schemasymbol till vänster. Om en potentiometer kopplas som till höger i bilden erhålls en reostatfunktion.



Reostaten som den ser ut i laborationen. Den övre ryttaren kan skjutas i sidled och kopplar då in olika längder av resistansstråden.



Detalj av reostaten med banankontakter för inkoppling och ryttare med släpkontakt av koppar. Mellan svart och röd banankontakt erhålls varierande resistans, 0–135 ohm.

På laborationen: Koppla upp utrustningen enligt nedan. Använd en multimeter för att mäta ström genom lampan och en annan för att mäta spänningen över lampan.



Lampan inkopplad via reostaten. På labben använder du naturligtvis röda och svarta sladdar för positiv spänning respektive jord (0V).

Kontrollera uppkopplingen: Ställ in spänningsaggregatet på 6 V. Du behöver sedan inte röra spänningsaggregatet under laborationen. Med reostaten i sitt "minsta läge" (dvs lägsta resistans, var skall ryttaren stå isåfall?) skall lampan lysa, annars är något fel. Vad kan vara fel om lampan inte lyser?

Genomför en mätserie med samhörande värden på ström genom lampan och spänning över den. För att kunna göra tydliga diagram över dessa behövs cirka 10 mätvärden över hela området från 0 A upp till lampans maximala ström på 0.3 A. Spänningen över lampan ändras du genom att skjuta på reostatens ryttare. Glöm inte att mäta lampans resistans vid rumstemperatur med multimeter i ohm-mätningssläge också!

Dubbelkolla avslutningsvis med några stickprov på mätvärden. Det är på laborationen du hämtar grunddata till rapporten så det är viktigt att dessa mätningar blir så pålitliga som möjligt.

Slutsats och rapport Till denna laboration skall du författa en labrapport. Tänk dig att du ska skriva rapporten som dokumentation för framtida bruk till dig själv eller en kompis. Var så komplett du kan och se till att få med vad syftet var, uppkopplingar, mätdata, diagram och slutsatser. Rapporten får inte överstiga 2 A4-sidor i omfattning så det gäller att du formulerar dig koncentrerat, koncist och korrekt. Rapporten måste förklara experimentets förutsättningar, genomförande och resultat.

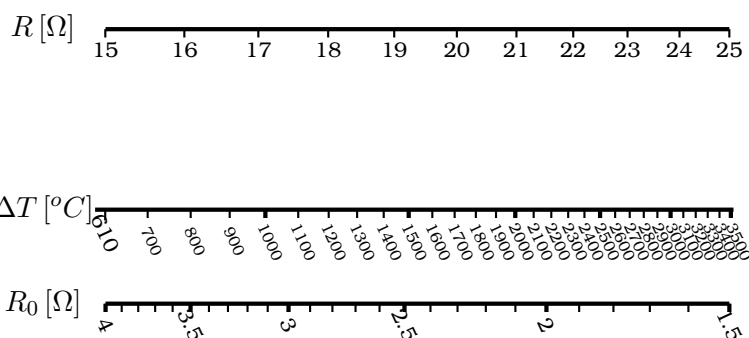
I denna laboration **måste** rapporten åtminstone dessutom innehålla

- elektriskt **schema** med schemasymboler över mätsituationen (dvs foto av labutrustningen duger inte)
- ange i schemat **vilken** ström respektive spänning som mättes och **hur** detta gjordes
- komplett resulterande **mätserie**
- **diagram** över hur spänningen över lampan ändras som funktion av strömmen genom den
- **diagram** över lampans resistans som funktion av strömmen genom den
- en **beräkning** av glödtrådens temperatur vid full spänning ($\alpha \approx 4.5 \cdot 10^{-3}/^{\circ}C$).

Rapporten kommer att bedömas utgående från både utseende och tekniskt innehåll.

Epilog: Vi kan inte direkt mäta glödtrådens temperatur hos en lysande lampa men via omvägarna att mäta ström och spänning kan lampans resistans likväl beräknas vid ett antal olika driftsbetingelser. Vi vet att resistansen är en funktion av temperaturen hos glödtråden. I laborationen har vi antagit att resistansen är linjärt beroende av temperaturen och kan därmed indirekt bestämma glödtrådens temperatur. Denna form av beröringsfri mätning används ofta för att på avstånd uppskatta fysikaliska storheter. Man kan till exempel beräkna ett bildäcks lufttryck genom (avancerad) signalbehandling av accelerometermätningar av hjulets skakningar/rotation!

Nomogram för att bestämma ΔT



TSIU05 Mätteknik

LAB3 Inre resistans

Michael Josefsson

Läs igenom hela labhäftet
(så du vet vad du skall göra på
laborationspasset)

Syfte: I denna laboration skall du bekanta dig med det viktiga begreppet *inre resistans*.

Förkunskaper: För att tillgodogöra dig laborationen behöver du

- kunna använda en multimeter för att mäta spänning, ström och resistans
- känna till hur man beräknar théveninekvivalenten för ett batteri
- känna till inre resistans och dess effekter på polspänning vid olika belastning
- kunna definitionerna av kortslutningsström och tomgångsspänning
- känna till ideala spännings- och strömkällors egenskaper

Bakgrund: En vanlig strategi för att analysera elektriska nät är att klumpa ihop en grupp komponenter till större enheter och, om möjligt, betrakta dessa s.k. *lumped elements* som "svarta lådor" och genomföra en beräkningsmässigt enklare analys på dessa. Man bryr sig då inte om exakt hur innehållet i denna "svarta låda" ser ut utan koncentrerar sig på dess *beteende* utifrån sett. I detta sammanhang är *inre resistans* centralt och en förtrogenhet med detta begrepp är en förutsättning för fortsatta studier i elektronik.

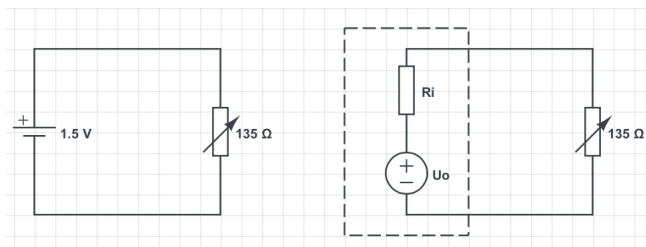
Materiel: 2 multimetrar, reostat 135 ohm, 1.5 V batteri, batterihållare.

Förberedelser: (Ska alltså vara gjorda innan laborationstillfället.)

- Markera i schemat, till vänster i figuren uppe till höger, var och på vilket sätt, du kopplar in multimetrarna för att mäta polspänning och uttagen ström ur batteriet. Du kommer alltså ha två multimetrar anslutna under hela laborationen, en för att mäta spänning och en för att mäta ström.
- Bekanta dig med théveninekvivalenten till höger i samma figur.

På laborationen: Du skall nu ta upp en mätserie bestående av sammanhängande värden på ström och spänning för att bestämma den inre resistansen hos ett 1.5 V batteri.

Koppla in reostaten enligt schemat till vänster nedan. I förberedelseuppgiften skall du redan ha markerat var spänning och ström skall mätas. Anslut instrumenten enligt detta.



Till vänster visas schemat för laborationens uppkoppling. Som förberedelseuppgift skall du rita in var en volt- respektive amperemeter skall placeras för att kunna ta ut den önskade mätserien. Till höger visas samma uppkoppling med théveninekvivalenten (som lumped element med vilospänning U_0 , inre resistans R_i) inkopplad istället för batteriet.

Genomför en mätserie med samhörande värden på strömuttag ur batteriet och polspänning, U_p , över det, vid olika belastning. Du bör kunna få åtminstone 4–5 mätningar. Belastningen ändrar du genom att skjuta på reostats ryttare.

Ett batteri som belastas värms upp och ändrar sina egenskaper, dvs behåller varken sin tomgångsspänning eller kortslutningsström någon längre stund! Lösningen är att göra mycket korta mätningar, och däremellan låta batteriet vila.

Börja mäta med låg ström och gå mot successivt högre strömmar.⁴ I början händer inte så mycket med polspänningen, mot slutet händer desto mer. . . Det kan vara svårt att få flera mätvärden vid större strömmar, strömmen ökar hoppvis.

Slutsats och rapport Till denna laboration skall du författa en labrapport. Tänk dig att du ska skriva rapporten som dokumentation för framtida bruk till dig själv eller en kompis. Var så komplett du kan. Visa schema, uppkopplingar, mätdata, diagram och slutsatser. Rapporten får inte överstiga 2 A4-sidor i omfattning så det gäller att du formulerar dig koncentrerat, koncist och korrekt. Rapporten måste förklara experimentets förutsättningar, genomförande och resultat.

⁴Varför? Varför inte tvärtom?

I denna laboration **måste** rapporten åtminstone dessutom innehålla

- elektriskt **schema** över mätsituationen med mätpunkter insatta
- **diagram** över de erhållna sambanden mellan uttagen ström (x -axeln) och polspänning (y -axeln). Låt diagrammen börja i $(x, y) = (0, 0)$. Vad betyder linjens lutning?
- **värden** på batteriets tomgångsspänning (U_0), korslutningsström (I_k) och var dessa bestäms ur diagrammet.
- ett **resonemang** (ev. med ekvationer) som visar att du förstått egenskapen *inre motstånd*. Ett sådant resonemang kan till exempel utveckla någon, eller flera, av följande frågeställningar:
 - Hur kommer det sig att polspänningen minskar vid ökande strömuttag?
 - Vilken är spänningen över R_i ?
 - Vad bestämmer spänningen över R_i ?
 - Var är spänningen som *inte* är över R_i ?
 - Ett nytt batteri kan man dra hög ström ur, utan att polspänningen sjunker. Vad säger det om batteriets R_i ?
 - Ett gammalt batteri har svårt att hålla polspänningen vid strömuttag. Vad säger det om hur R_i ändras över tid?

Rapporten kommer att bedömas utgående från både utseende och tekniskt innehåll.

Epilog: I denna laboration har vi betraktat ett batteri enligt en mycket förenklad modell av verkligheten. Vi har sett att batteriet *i stora drag* kan kännetecknas av en tvåpol ("en-port") enligt Thévenin. Modellen håller streck över ett ganska stort område men förlorar i precision vid speciella förhållanden (stort strömuttag är ett exempel).

Modeller av den här typen är ovärderliga för att kunna analysera elektriska nät och deras påverkan av omgivningen.

På liknande sätt kan man utveckla en fyrpolsteori ("två-portsteori") med signaler såväl som utsignaler. Sådana modeller ligger bakom de flesta beräkningar på exempelvis transistorkopplingar och förstärkarsteg — det är helt enkelt för svårt, omfattande och tidskrävande att analysera situationen utan modellens förenklade antaganden. I verkligheten duger dessutom ofta modellernas noggrannhet då en konstruktion måste utföras med stora toleranser i komponentegenskaper, driftstemperatur med mera.

TSIU05 Mätteknik

LAB4 Tonkontroll

Michael Josefsson

Syfte och metod: I denna avslutande del på mätteknikdelen av kursen ska du utföra mätningar på en tonkontroll från Velleman⁵. Tonkontrollen har två kanaler för stereo med separata kontroller för bas- respektive diskant. Det finns även en potentiometer för gemensam *master volume*.

Vill du använda apparaten för eget bruk och bestämmer dig för en mer permanent installation måste du själv hitta en lämplig transformator som ger 2x12 V.⁶

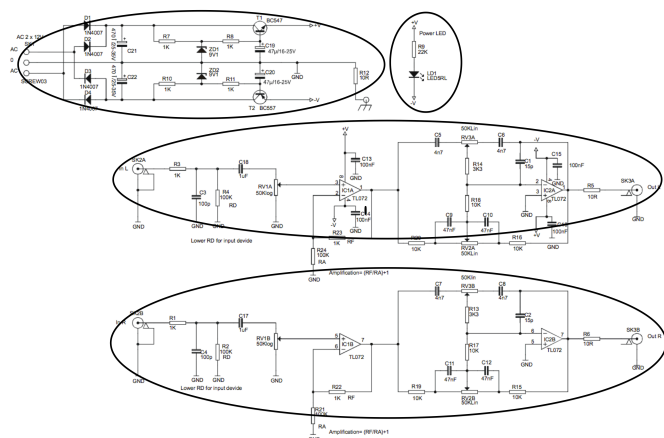
Förberedelser: Förberedelserna utgör den gång att studera tonkontrollens schema så du förstår signalvägarna i mellan in- och utgång på ett översiktligt sätt. Vi kan inte gå in i alla konstruktionsdetaljer i denna kurs.

Schemabeskrivning

Schemat sönderfaller i fyra delar:

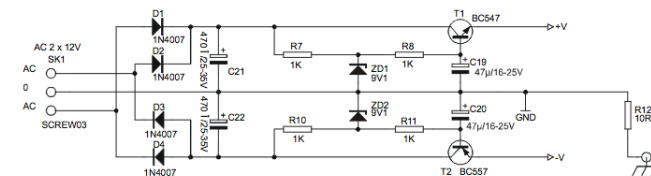
- Spänningsregulator,
- höger kanal,
- vänster kanal och
- en lysdiod.

I schemat nedan ser vi spänningsregulatorn upp till vänster följt av lysdioden uppe i mitten. De båda ljudkanalerna återfinns därefter, en *vänster(L)*- och en *höger(R)*-kanal.



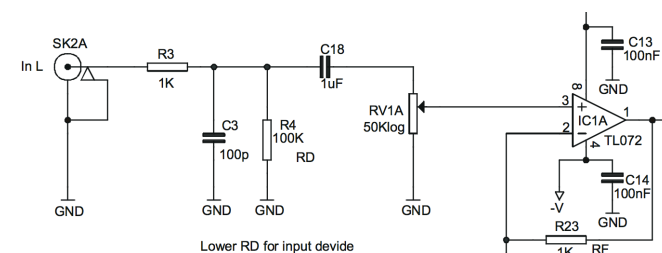
Spänningsreglering Spänningsregulatorn gör om en 2x12 V växelspänning till de likspänningar på $\pm 10V$ som den övriga kretsen behöver. Vi ser att spänningsregulatorn är symmetrisk längs 0 V, med en överdel för positiv spänning och en underdel för den negativa likspänningen. Från skruvterminalen SCREW03 till vänster påförs den inkommande växelspänningen (AC-0-AC) en likriktarenhet bestående av fyra dioder (1N4007). Efter dioderna har de negativa halvperioderna hos växelspänningen eliminerats, bara de positiva halvperioderna består, men likspänningen är fortfarande väldigt rå med ett kraftigt brum på 100 Hz om man skulle lyssna på den. Den lågfrekventa brumkomponenten kortsluts till jord via filterkondensatorn C21 (470 μ). Den resulterande likspänningen regleras till önskad nivå via transistoren T1. Själva regleringen sköts av zenerdioden ZD1 som håller en konstant spänning (9.1 V) på transistorernas bas. Utspänningen "+V" blir då summan av zenerdiodens spänning och bas-emitterspänningsfallet (det senare cirka 0.5 V) dvs ungefär 10 V. Den negativa regleringen förklaras på motsvarande sätt.

OBS! För att kunna göra mätningar på apparaten i labbet skall du inte montera transistorerna T1 och T2. Lägg dem för sig så du inte löder dit dem av bara farten.



Lysdiod En lysdiod är kopplad mellan +V och -V och bringas att lysa fullt då kortet har en matningsspänning bestående av både positiv och negativ spänning.

Tonkontroll Vänster och höger kanal innehåller tonkontrollen. De båda kanalerna är identiska och reglagen för *master volume*, bas- och diskant är samma för båda kanalerna, här diskuteras enbart vänster kanal. Insignalen påförs, via SK2A⁷ en inledande lågpassfilterande ingångskrets bestående av R1/C3/R4/C18 och avslutas i potentiometern och volymkontrollen RV1A.



⁵K8084 från <http://www.velleman.nl>

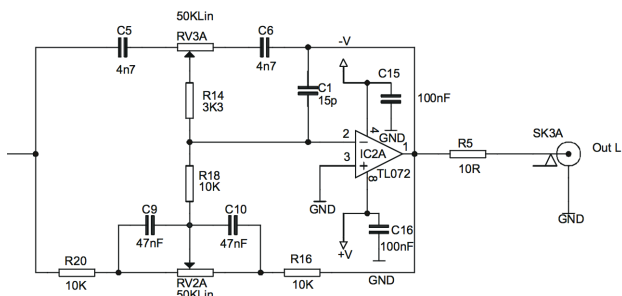
⁶De eftersökta matningsspänningarna finns troligen nägonstans i resten av förstärkaren som du kanske vill ansluta tonkontrollen till.

⁷Från engelskans *socket*, kontakt.

Från volymkontrollen leds signalen direkt in på ett förstärkarsteg (IC1A) bestående av den mycket lågbrusiga, och för audiosammanhang därför mycket lämpliga, operationsförstärkaren TL072. IC1A fungerar som buffer med låg utgångsimpedans för att kunna driva⁸ tonkontrolldelen till höger om denna.

Om så önskas kan kanalens totala förstärkning ändras genom resistorerna R23/R24.

Den via IC1A buffrade signalen går sedan in i själva tonkontrollenheten som är av klassisk *Baxendall*-typ där bas- och diskant kan påverkas var för sig med potentiometrarna RV2A och RV3A. Tonkontrollens utsignal tas mellan R14 och R18 där den leds till en avslutande buffring och förstärkning i operationsförstärkaren IC2A. För att inte riskera att operationsförstärkaren överlastas vid kortslutning på kortets utgång sitter en 10 ohms resistor i serie med dess utgång (som strömbegränsare) innan signalen leds ut till kortets ut-kontakt SK3A.



Höger kanal är identisk med vänster kanal och kan förklaras på motsvarande sätt.

På laborationen Laborationen är en upptagning av tonkontrollens frekvenskaraktistik. I laborationen använder du en signalgenerator som insignal och mäter utsignalen med oscilloskopet. Mätningarna genomförs enbart på en kanal. Insignalen påförs via SK2A och utsignalen tas från SK3A. Hitta dessa mätpunkter i schemat. Anslut matningsspänning till tonkontrollen (2 x 9 V batteri).

Signalgeneratorns utsignal skall vara sinusformig med medelvärde 0 V och $U_{tt} = 1$ V under hela mätningen. Välj mätfrekvenser logaritmiskt på sådant sätt att du tydligt får med hela överföringskaraktistiken, dvs från låga frekvenser till höga frekvenser.⁹

På signalgeneratorn avläser du frekvenserna (dess frekvensnoggrannhet räcker) och på oscilloskopet mäter du amplituderna.

Med potentiometern RV1A kan du initialt testa att utsignalen överhuvudtaget påverkas när du vrider på RV1A. För mätningarna ställer du

sedan potentiometern så att maximal utsignal erhålls.

Genomför mätningar med tonkontrollerna i tre lägen:

- maximal bas respektive diskant
- kontrollerna i neutralläge
- minimal bas respektive diskant

Slutsats och rapport Till laborationerna skall du och din labpartner författa en gemensam labrapport.

Tänk dig att du ska skriva rapporten som dokumentation för framtida bruk till dig själv eller en kompis. Var så komplett du kan och se till att få med vad syftet var, uppkopplingar, mätdata, schema, diagram och slutsatser.

Rapporten får inte överstiga 2 A4-sidor i omfattning så det gäller att du formulerar dig koncentrerat, koncist och korrekt. Rapporten måste förklara förutsättningar, genomförande och resultat.

I denna laboration **måste** rapporten åtminstone dessutom innehålla

- linlogdiagram med frekvens på x -axeln och dB på y -axeln. (Då ett oscilloskop mäter spänning, glöm inte "20"-faktorn vid dB-beräkningen!)

Innan inlämning av rapporten skall den genomgå *peer review* genom laborantens försorg. Labbade du ensam skall den ändå vara *peergranskad* innan inlämning. Rapporten kommer att bedömas utgående från både utseende och tekniskt innehåll.

⁸IC1A är kopplad som s.k. *spänningsföljare* med vilket menas att den har hög ingångsimpedans, låg utgångsimpedans samt ingen fasvridning.

⁹Då mätningarna skall presenteras på logaritmisk frekvensskala är lämpliga mätfrekvenser 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20 och 50 kHz.

