

# Ellära. Laboration 2 Mätning och simulering av likströmsnät (Thevenin-ekvivalent)

Labhäftet underskrivet av läraren gäller som kvitto för labben. *Varje* laborant måste ha ett eget labhäfte med ifyllda förberedelseuppgifter och ifyllda mätvärden.

Ditt namn:

Kvitteras (Lärare):

**Mål** I denna laboration kommer Du att genomföra mätningar och simuleringar på likströmsnät. Du kommer vidare att erhålla ökad förståelse för spänningsdelning och ekvivalenta tvåpoler.

## Utrustning

- Digital multimeter (DMM) Fluke45
- Spänningsaggregat
- RCL-meter
- Kopplingsdäck och komponenter

**Litteratur** Installera programvaran **Orcad Lite** på din egen dator hemma (eller **LTSpice**). Gå igenom presentationen ”**PSpice intro**”. Läs på hur programmet skall användas på skolans datorer.

**Redovisning** Kurvor och mätvärden sammanställs i labhäftet och redovisas för läraren under laborationspasset.

## Förberedelseuppgifter, sammanfattning

### F1: Volt-Amperemeter-koppling

Rita en figur över hur volt- och amperemetern skall kopplas för att mäta ström och spänning med så litet fel som möjligt i mätuppgifterna M1 och M2.

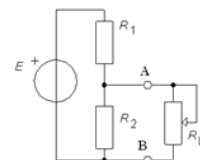
(Observera att det är tvåpolen som är mätobjektet, dvs det är *inte*  $R_L$  som skall mätas.)

### F2: Belastad spänningsdelare

Ställ upp en ekvation för  $I(U)$ , innehållande konstanterna  $E$ ,  $R_1$  och  $R_2$  samt variabeln  $U$ , när spänningsdelaren i L1 belastas.  $R_L$  skall *inte* ingå i uttrycket.

Rita in strömmen  $I$  som funktion av spänningen  $U$  i diagram1 när  $R_L$  varieras från 0 till  $\infty$ . Komponentvärden:  $E = 2V$ ,  $R_1 = 330 \Omega$ ,  $R_2 = 470 \Omega$

Symboler:  $\text{V}$   $\text{A}$

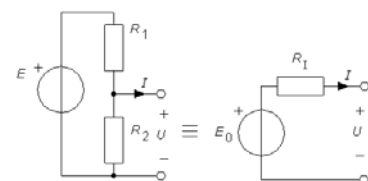


### F3: Ekvivalent tvåpol

Beräkna en ekvivalent spänningstvåpol (Thevenin-ekvivalent  $E_0$ ,  $R_1$ ) för nätet enligt M1.

Ställ upp en ekvation för  $I(U)$ , innehållande  $E_0$ ,  $R_1$ , när spänningsdelaren belastas. Jämför ekvationen med den ekvation du erhöll i F2.

Rita in strömmen  $I$  som funktion av spänningen  $U$  i diagram2 när  $R_L$  varieras från 0 till  $\infty$ .



# Mätuppgifter, redovisning av förberedelser

## M0: Mät resistanserna.

Mät med ohmmeter värdet på resistanserna  $R_1$ ,  $R_2$  och mät  $R_1 // R_2$ .

Du kommer att använda värdena från denna mätning till att senare förklara eventuella avvikelser mellan uppmätta och beräknade kurvor i M1 respektive M2.

M0:  $R_1 =$   [ $\Omega$ ]  $R_2 =$   [ $\Omega$ ]  $R_1 // R_2 =$   [ $\Omega$ ]

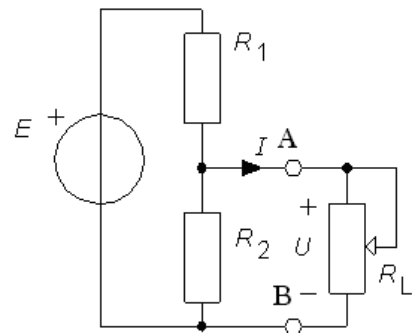
## F1: Volt-Amperemeter-koppling

### M1: I-U-karakteristik för belastad spänningsdelare.

Rita en figur över hur volt- och amperemetern skall kopplas för att mäta ström och spänning med så litet fel som möjligt i mätuppgifterna M1 och M2.

(Observera att det är tvåpolen som är mätobjektet, dvs det är *inte*  $R_L$  som skall mätas.)

Vidstående spänningsdelare skall kopplas upp och undersökas. Mellan spänningsdelarens utgång A och B ska en variabel resistans ( $R_L = 1k\Omega$  potentiometer) anslutas. Vid ökad belastning (uttag av ström från spänningsdelaren) kommer utspänningen att sjunka. Komponentvärden är



$E = 2V$ ,  $R_1 = 330 \Omega$ ,  $R_2 = 470 \Omega$

### F2: Belastad spänningsdelare

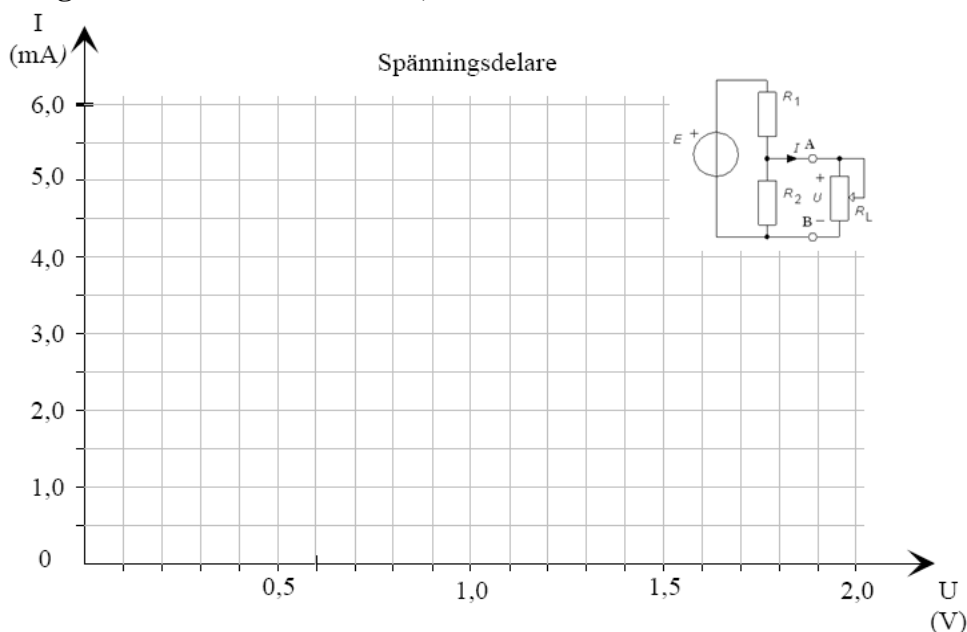
Ställ upp en ekvation för  $I(U)$ , innehållande konstanterna  $E$ ,  $R_1$  och  $R_2$  samt variabeln  $U$ , när spänningsdelaren i M1 belastas.  $R_L$  skall *inte* ingå i uttrycket.

$$I(U) =$$

Förberedelsekurva: Rita strömmen  $I$  som funktion av spänningen  $U$  när  $R_L$  varieras från 0 till  $\infty$  med de givna komponentvärdena.

## F2, M1:

### Diagram1. Förberedelsekurva, och mätvärden



Mätvärden:

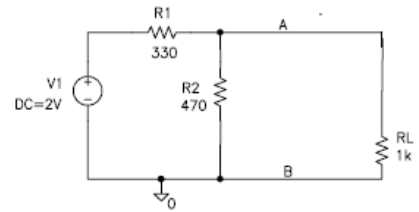
U [V]	I [mA]

För in mätvärden i diagrammet

**Simulering.**

Simulera med Pspice hur strömmen  $I$  varierar som funktion av  $U$  när Du ändrar värdet på  $R_L$  för spänningsdelarkretsen. Pspice behöver bara beräkna nätets likspänningspotentialer (dvs. Bias Point).

Rita  $I$  som funktion av  $U$  i diagram1 med hjälp av simuleringspunkterna.



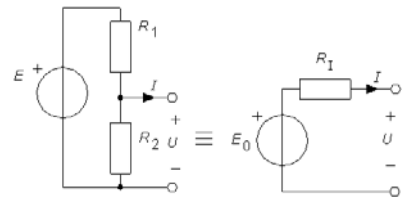
**Automatisera simuleringen.**

- Ett lite fiffigare sätt att simulera fram karakteristiken för spänningsdelaren är att lägga in en likspänningsgenerator i stället för  $R_L$  och göra ett DC-svep på den från 0 V till  $E_0$ . (Se tutorial)
- Ett annat fiffigt sätt är att göra ett parametriskt svep med  $R_L$ . (Se tutorial)

**F3: Ekvivalent tvåpol**

Beräkna en ekvivalent spänningstvåpol (Thevenin-ekvivalent  $E_0$ ,  $R_1$ ) för nätet enligt M1. Ställ upp en ekvation för  $I(U)$ , innehållande  $E_0$ ,  $R_1$ , när spänningsdelaren belastas.

Jämför ekvationen med den ekvation du erhöll i F2.



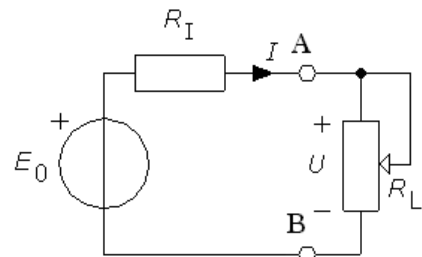
$I(U) =$

Förberedelsekurva: Rita strömmen  $I$  som funktion av spänningen  $U$ , när  $R_L$  varieras från 0 till  $\infty$  i diagram2.

**M2: Mätning på ekvivalent tvåpol**

Koppla om nätet till den ekvivalenta tvåpol som motsvarar kopplingen i M1. Ställ in spänningskällan på värdet  $E_0$ . Hur ”ordnar” Du med  $R_1$ ? Rita i figur på hur du kopplar in voltmeter och amperemeter.

Upprepa motsvarande simuleringar och mätningar som i M1 för den ekvivalenta tvåpolen. För in mätvärdena i diagram2.



Rita dessutom en kurva över effekten i lasten  $P_L (U \cdot I)$  som funktion av  $R_L (U/I)$  i diagram3.

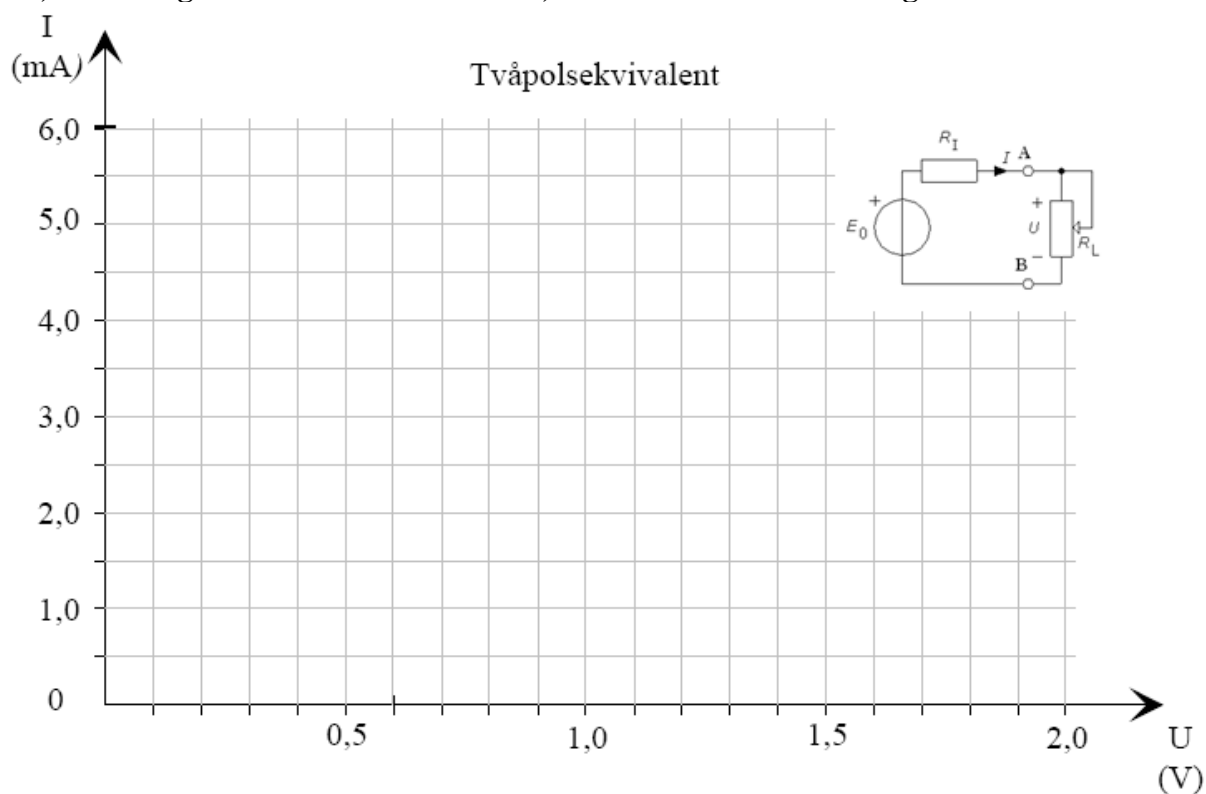
- Vid vilket  $R_L$  blir effekten maximal och hur stor är då den maximala effekten?
- Jämför med simuleringsskurvan.

Behåll kopplingen till labuppgift M3.

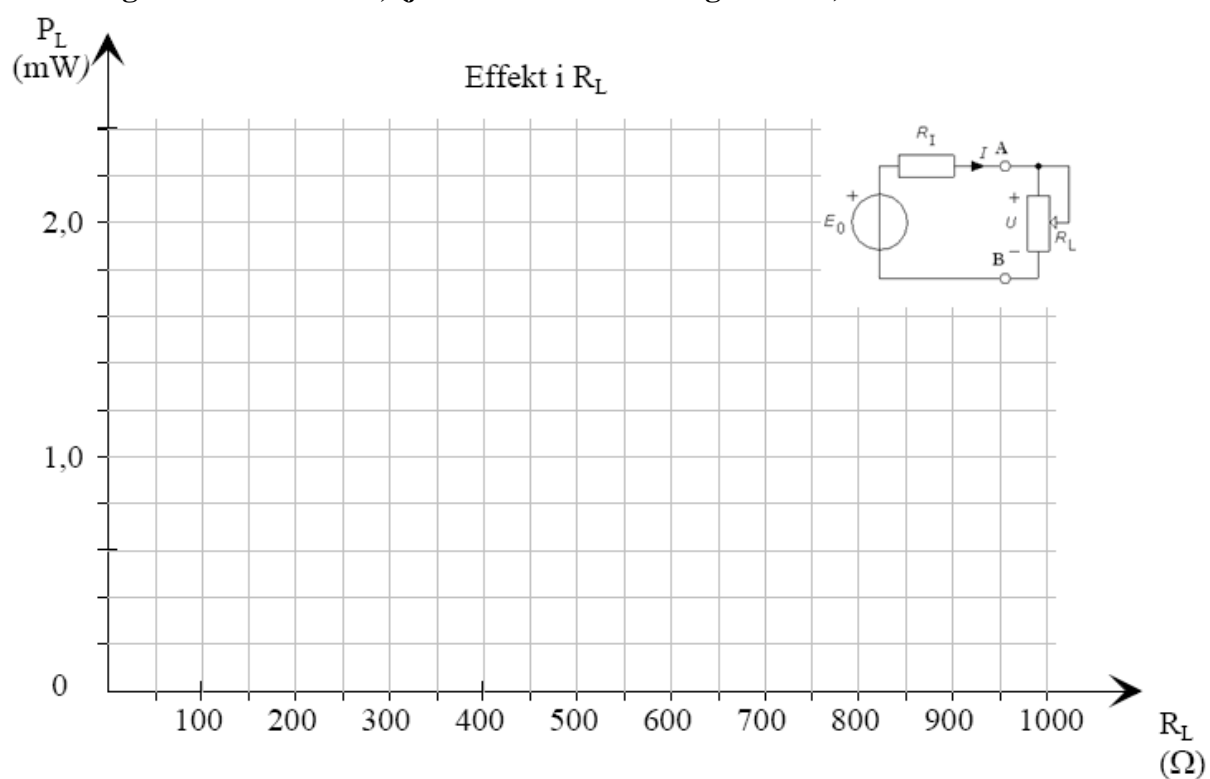
På Fluke45 kan både  $U$  och  $I$  mätas och visas samtidigt eftersom den har två displayer. Beräkna, även  $R$  och  $P$  ur mätvärdena. Tabellen är förberedd för nio mätningar.

U[V]								
I [mA]								
R[Ω]=U/I								
P[mW]=U·I								

**F3, M2: Diagram2. Förberedelsekurva, och mätvärden/simuleringsvärden**



**M2: Diagram3. Mätvärden, (jämför med simuleringskurvan)**

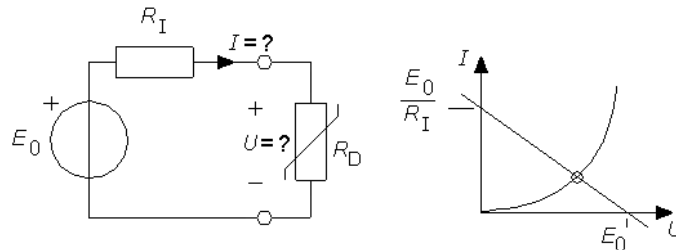
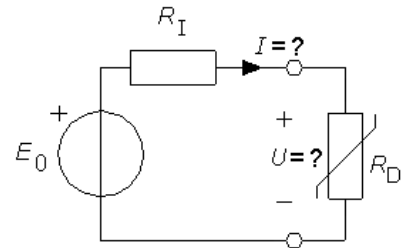


Maximal effekt  $P_{Lmax} =$   [mW]      Vid  $R_L =$   [ $\Omega$ ]

*Din kommentar:*

### M3: Teori. Olinjär komponent (diod) ansluten till tvåpol.

Strömkrets-lärans lagar gäller bara för kretsar som enbart består av linjära komponenter. Om vi till exempel seriekopplar ett vanligt linjärt motstånd  $R_I$  med ett olinjärt motstånd  $R_D$  kan vi *inte* beräkna ersättningsresistansen  $R_{ERS}$  som  $R_{ERS} = R_I + R_D$ . Det olinjära motståndets resistans påverkas av strömmen genom det, som i sin tur bestäms av hela kretsens ersättningsresistans – det vill säga av det vi skulle beräkna!

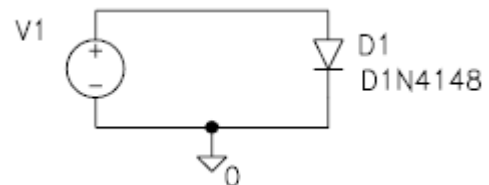


Den resulterande resistansen kan däremot bestämmas grafiskt. Tvåpolens I-U-karakteristik ritas tillsammans med den olinjära komponentens I-U-karakteristik i samma diagram. De båda komponenterna har endast en punkt, skärningspunkten, gemensam. Eftersom samma ström flyter i hela kretsen måste  $I$  (och därmed  $U$ ) få just de värden som svarar mot kurvornas skärningspunkt. Detta är kretsens **arbetspunkt**.

### Simulera dioden.

Som exempel på en olinjär komponent skall vi ansluta en diod, 1N4148, till nätet enligt M2. En diod är en komponent som i princip enbart kan leda ström i ena riktningen (framriktning) och spärrar strömmen i andra riktningen (backriktning). Beroende på hur man vänder den kan den alltså leda eller inte leda ström. I framriktningen är I-U-karakteristiken en exponentialfunktion.

Rita vidstående schema i Schematics (D1N4148 i eval). Gör ett likspänningssvep (DC-svep) från -5V till +1V så ser du att strömmen är nära noll i backriktningen och exponentiell i framriktningen.



Gör sedan ett likspänningssvep från 0V till 0.75V med steget 0.01 V. Rita i Probe upp kurvan för diodströmmen som funktion av diodspänningen.

### Dioden tillsammans med tvåpolens ekvation i Probe.

Rita i Probe in även tvåpolens karakteristik i samma diagram som diodens karakteristik, enligt den ekvation som du härlett i F2. Sätt in siffervärden för  $E$ ,  $R_1$  och  $R_2$ , gör Trace/Add i Probe och skriv in ekvationen för tvåpolens karakteristik (från förberedelseuppgift F3). Ekvationen skall innehålla x-variabeln, dvs. spänningen som sveps ( $V_{V1}$ ).

Notera värdet på spänningen och strömmen i skärningspunkten. (Använd gärna markören för att läsa av värdet.).

### Mätning. Anslut dioden till tvåpolen.

Koppla upp tvåpolen från M2 med dioden på kopplingsdäck och mät spänning  $U$  och ström  $I$  för dioden.

Diodens arbetspunkt	$U$ [V]	$I$ [mA]
Simulering		
Mätning		

### ( Simulering. Tvåpol med ansluten diod. )

Pspice kan naturligtvis lösa problemet med "tvåpol och diod" direkt. Simulera tvåpolen från M2 med ansluten diod ( i stället för  $R_L$  ), kör enbart **vilopunktsberäkning** (operational point) och läs ström  $I$  och spänning  $U$  för dioden ur figuren. Jämför simuleringarna med din mätning.

**Denna sida kan användas till dina beräkningar.**