

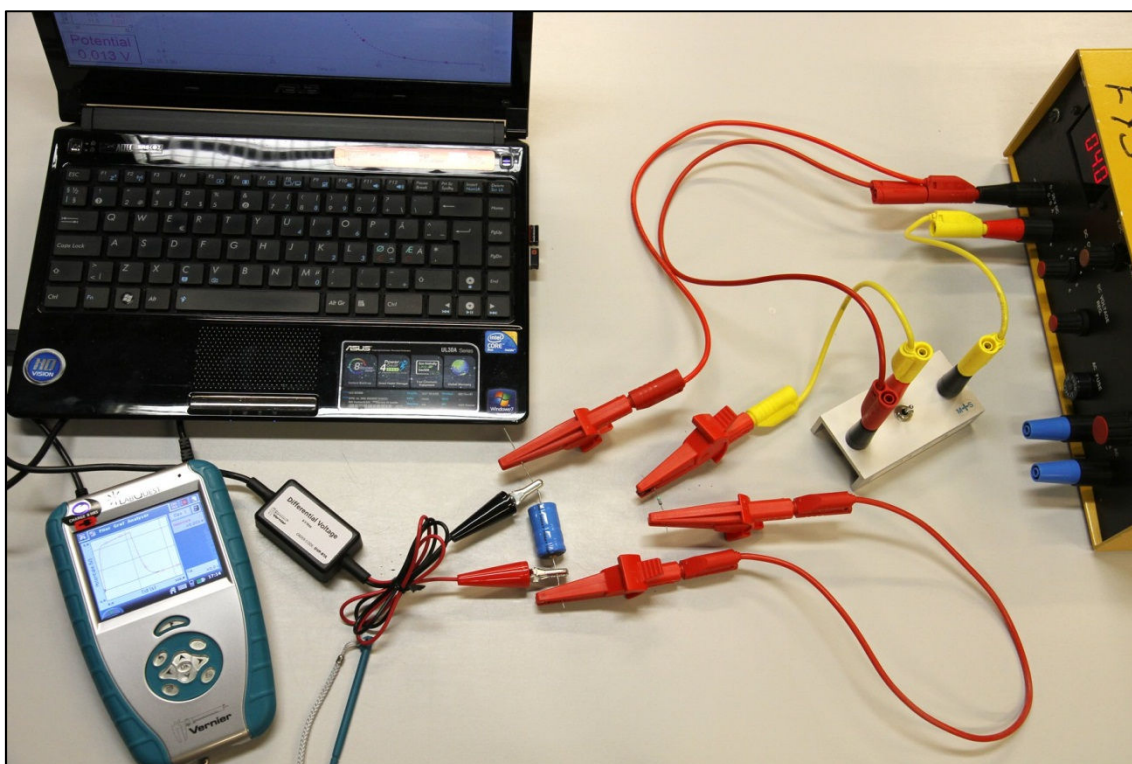
# Opladning og afladning af en kapacitor

## Formål

I denne øvelse skal vi måle spændingen over en *kapacitor*, når denne oplades henholdsvis aflades igennem en modstand.

## Apparatur

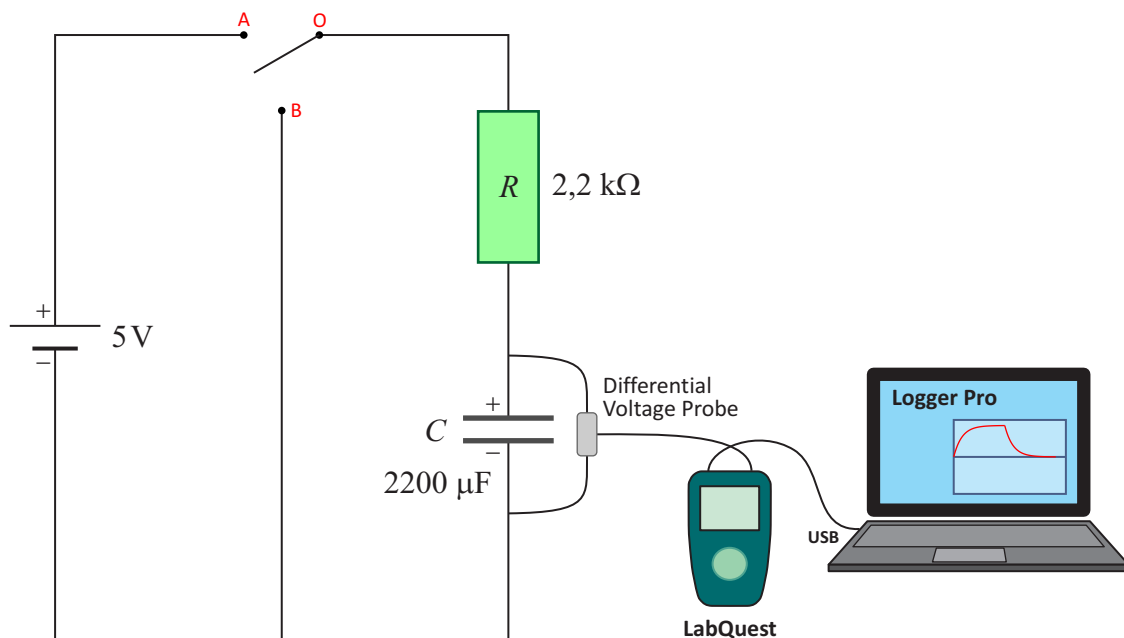
En computer med USB kabel, en *LabQuest* og en *Differential Voltage Probe* fra Vernier. En kapacitor på  $2200\mu\text{F}$ , en modstand på  $2,2\text{ k}\Omega$ , en strømforsyning, en elektrisk omskifter, krokodillenæb samt ledninger.



## Forsøg

Du skal bruge en strømforsyning, og dens spænding sættes på den faste værdi 5V jævnspænding. Vær opmærksom på ikke at skrue for højt op, for *Differential Voltage Probe* fra Vernier kan kun tåle max 6 Volt!! Opstil kredsløbet beskrevet på figuren på næste side. Da vi har at gøre med en *elektrolyt* kapacitor er det vigtigt, at du anbringer den med den rigtige retning, ellers kan den eksplodere og ødelægges! Du kan vælge at tilslutte computeren straks via et USB-kabel til LabQuest'en eller du kan optage det hele på LabQuest'en først og derefter overføre målingerne til computeren via en USB pen. I det følgende antager jeg, at computeren er tilsluttet. Spændingsmåleren *Differential Voltage Probe* kan sandsynligvis bruges uden videre, men hvis den skulle kræve en kalibrering, kan det ske i *Logger Pro* via menuen *Experiment > Calibrate*. Vælg først

den konkrete føler og udfør følgende i kalibreringsvinduet: *One Point Calibration* > *Calibrate Now* > indtast 0 i feltet "Reading 1" > *Keep* > *Done*. Jeg går nu ud fra, at spændingsmåleren er kalibreret. Du skal herefter indstille, hvor lang tid og hvor tit sensoren skal foretage sine målinger. Vælg menuen *Experiment* > *Data Collection*.... Der fremkommer et vindue, hvori du skal sætte længden af målingen. Det kan passende være 120 sekunder. Sæt desuden hurtigheden til 2, så der foretages 2 målinger pr. sekund. Du er nu klar til at foretage målingerne. Kontakten på den elektriske omskifter skal være lukket, forstået på den måde O hverken er forbundet med A eller B (jf. figuren). Tryk nu på den grønne *Collect* knap i værktøjslinjen i *Logger Pro* og sæt straks kontakten, så O og A er forbundet. Det vil betyde at kapacitoren vil blive opladet med positiv ladning på plussiden og negativ ladning på minussiden. Efter ca. 30 sekunder kan du skifter kontakten om, så O og B er forbundet. Det vil betyde at strømforsyningen er koblet fra og kapacitoren vil blive afladet igennem modstanden. Spændingsmåleren måler hele tiden spændingen over kapacitoren.



## Teori

Ifølge teorien vil spændingen over kapacitoren under opladningen gennem modstanden vokse efter følgende formel:

$$(1) \quad U(t) = U_0 \cdot \left( 1 - \exp\left(-\frac{t}{R \cdot C}\right) \right)$$

hvor  $U_0 = 5\text{V}$  er spændingen i hovedkredsløbet,  $R$  er modstandens størrelse,  $C$  er kapacitorens kapacitans og  $t$  er tiden. Det tilsvarende udtryk i tilfældet med afladning igennem modstanden er:

$$(2) \quad U(t) = U_0 \cdot \exp\left(-\frac{t}{R \cdot C}\right)$$

Formel (2) giver anledning til følgende udtryk for *halveringstiden* for spændingen:

$$(3) \quad T_{1/2} = R \cdot C \cdot \ln(2)$$

## Opgaver

- a) Prøv i Logger Pro at foretage et *Curvefit* med en aftagende eksponentialfunktion af formen  $5 \cdot \exp(-k \cdot (t - t_0))$  for den del af grafen, som hører til afladningen. Bemærk at  $t_0$  her er medtaget for at tage højde for tidsforskydningen! Lad programmet Logger Pro afstemme de to parametre  $k$  og  $t_0$ , så funktionen bedst muligt tilnærmer måledata, der hører til afladningen. Efter fittet er genereret på hele intervallet, kan man trække i de sorte klammer i Logger Pro, så man kun foretager fit på den relevante del af grafen. Man kan skrive  $t_0$  som  $t_0$ . Hvor godt stemmer fittet med måledata? Stemmer værdien af  $k$  nogenlunde overens med  $1/(R \cdot C)$ ?
- b) Udled formlen (3) ved hjælp af (2).
- c) Formel (3) kan bruges til at styre, hvor hurtigt afladningen foregår. Afprøv dette ved at foretage nogle passende andre valg af  $R$  og  $C$ . Husk at vælge komponenter, der kan klare mosten. Her skal du nok ikke vælge modstande på meget under 1 k $\Omega$ . Vær også opmærksom på at kapacitorer har en maksimal spænding, de kan klare!
- d) Hvor og med hvilket formål bliver kapacitorer anvendt i praksis? Hvordan fungerer de, og hvordan produceres de? Brug Internettet til at besvare dette.