

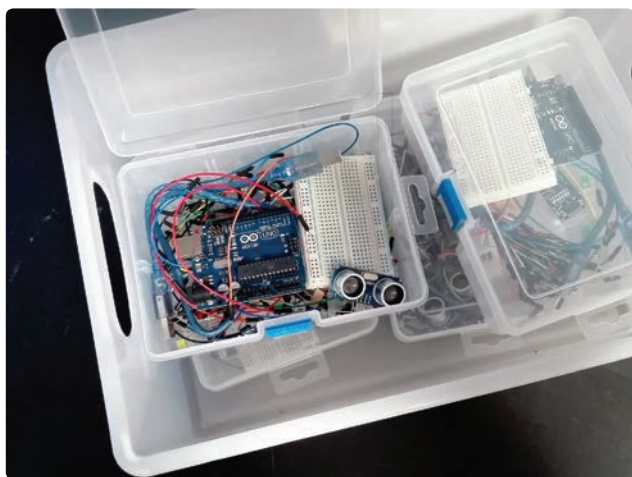
Arduino og elektriske sensorer

DANNI THORKILD PEDERSEN, Odense Katedralskole

Arduino og elektriske sensorer

Her gives en kort, kronologisk beskrivelse af et forløb, der sigter mod at opfylde de nye niveau A- og B-læreplaners krav om "... styring af fysiske systemers opførsel ..." og "... eksempler på kredsløb med elektriske sensorer". Forløbet, der strakte sig over godt 6 moduler á 95 minutter, kørte som supplerende stof i en 2.g fysik A-klasse med 30 elever.

Fysikfaggruppens samlingspasser har indkøbt 16 sæt Arduino-boards og pakket dem i små kasser med diverse ledninger, resistorer, fotoresistorer, termistorer, knapper og et breadboard (fumlebrædt) til at bygge kredsløb på, se Figur 1. Således kunne de fleste elever arbejde i par, mens enkelte valgte tremandsgrupper og nogle få var alene.



Figur 1. Kasser med Arduino-boards og diverse komponenter.

Forløbet startede løbende med, at eleverne, efterhånden som de blev færdige med en række opgaver fra et forløb om kernereaktioner, fik downloadet den nødvendige Arduino-software og prøvet at uploade et eksempel på et simpelt program (kaldt en sketch) til Arduinoen. Softwaren indeholder en række eksempler på sketches. Vi valgte en meget simpelt sketch, der får Arduino-boardets indbyggede led til at blinke med en bestemt frekvens. Eleverne fik da til opgave at ændre i koden, så led'en blinkede på andre måder, fx med en anden frekvens eller med skiftende korte og lange blink. Undervejs læste eleverne en kort note om Arduino-boardet og sketches.

Modul 1: Termistorer og fotoresistorer

Modulet startede med, at eleverne fik afleveringsopgaver retur. Denne ene af opgaverne var en tidligere eksamensopgave (nr. 200 fra [1]), som handler om anvendelse af en fotoresistor. Eleverne skulle selv bruge en fotoresistor på tilsvarende måde i et senere modul.

En tavlegennemgang af forskellen på ledere, halvledere og isolatorer illustreret vha. begreberne valensbånd, ledningsbånd og båndgab, gav en god forståelse for, hvordan fx en temperaturstigning eller en stigning i lysstyrke kan føre til større ledningsevne og dermed lavere resistans hos halvledere. Det gør halvledertermistorer til såkaldte NTC-termistorer (Negative Temperature Coefficient) til forskel fra materialer, som fx kobber og sølv, hvor resistansen vokser med temperaturen (PTC-termistorer). I klassen har vi tidligere målt resistansens afhængighed af temperatur for kobber.

Som optakt til eksperimenter med termistorer og fotoresistorer så vi på matematiske modeller for resistans som funktion af temperatur og resistans som funktion af lysstyrke.

For termistorerne tog vi udgangspunkt i den empiriske sammenhæng (se fx [2], s. 467)

$$\ln(R) = A_0 + \frac{A_1}{T} + \frac{A_2}{T^2} + \frac{A_3}{T^3}$$

hvor A 'erne er konstanter. Hvis $A_2 = A_3 = 0$ fås

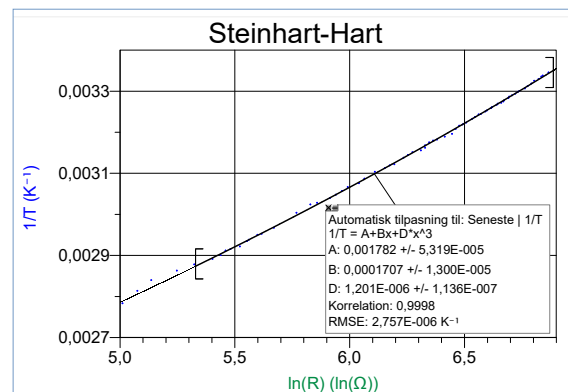
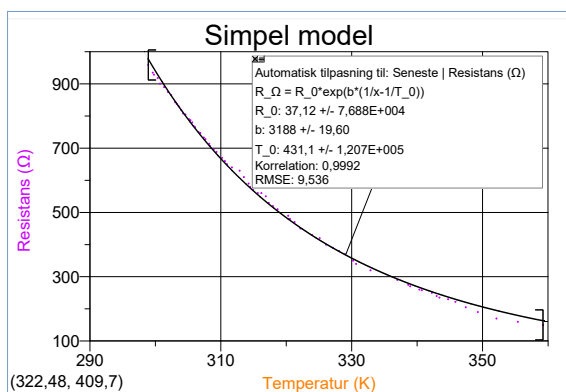
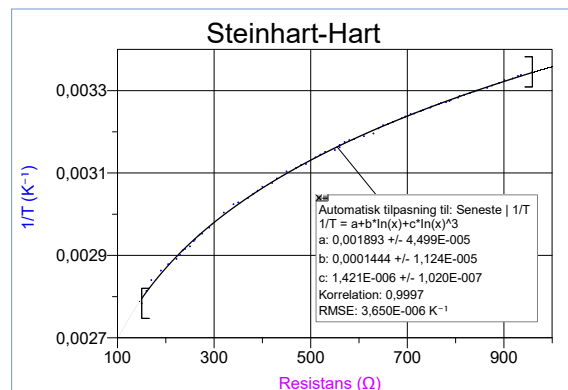
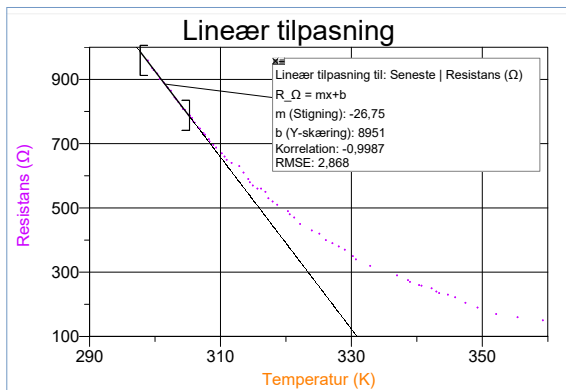
$$R(T) = R_0 \cdot e^{A_1 \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

hvor R_0 og T_0 er sammenhørende værdier af resistans og temperatur. Med kun $A_2 = 0$ fås Steinhart-Hart ligningen

$$T(R) = \left(a + b \cdot \ln(R) + c \cdot (\ln(R))^3 \right)^{-1}$$



Figur 2. Forsøgsopstilling med NTC-termistor.



Figur 3
Forsøgsresultater ved måling på en termistor. Der er anvendt forskellige matematiske modeller.

Konstanterne a , b og c kan fx bestemmes vha. tre sæt sammenhørende værdier af resistans og temperatur.

For fotoresistorer bruges en potenssammenhæng

$$R(L) = b \cdot L^{-\gamma}$$

hvor L er lysstyrken i enheden lux, og b og γ er konstanter for den valgte fotoresistor (se fx [3]).

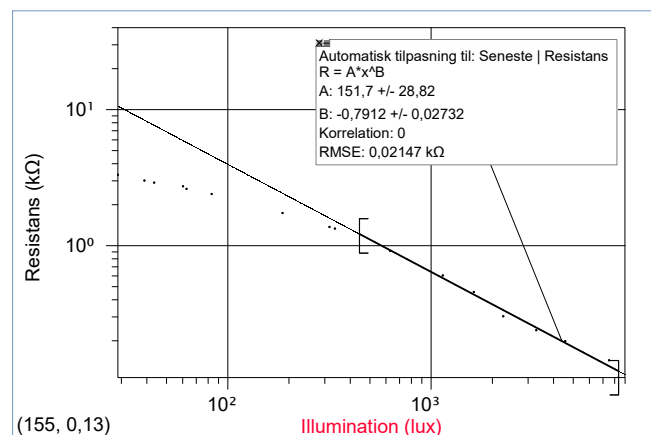
Målet med at introducere modellerne var at verificere dem eksperimentelt og efterfølgende bruge dem i programmeringen af Arduinoerne.

Sidste del af dette modul fik eleverne til at planlægge målinger af $R(T)$ for en termistor og $R(L)$ for en fotoresistor.

Modul 2: Forsøg med termistor og fotoresistor

For at måle $R(T)$ blev "hovedet" af en termistor dyppet i opvarmet vand, mens termistorens ben var forbundet til et multimeter, se Figur 2. Hyppigt under afkølingen blev sammenhørende værdier af temperaturen og resistansen noteret.

Graferne i Figur 3 viser, hvordan de forskellige matematiske modeller passer med målingerne. Læg mærke til, at der også er lavet en lineær tilpasning på et lille interval. Dette blot for at vise, at hvis vi kun arbejder med små temperaturændringer, kan vi nøjes med en meget simpel model.



Figur 4
Forsøgsresultater ved måling på en fotoresistor.

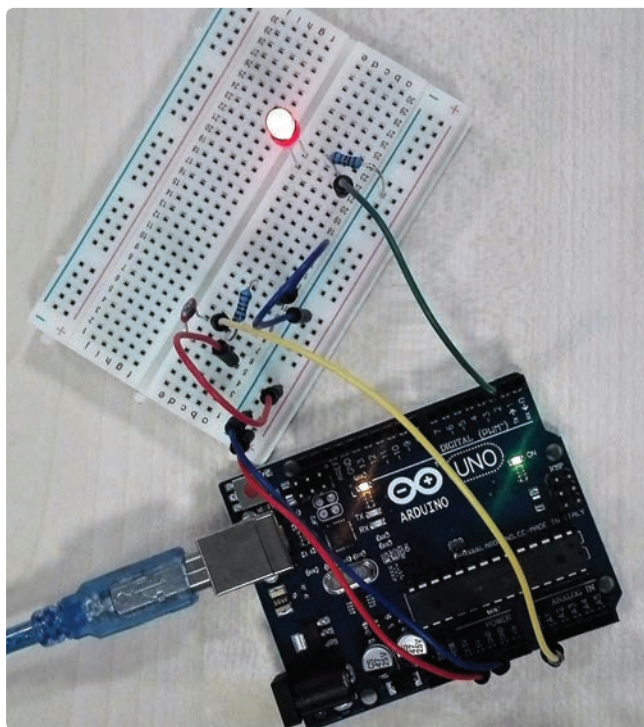
I fittet med Steinhart–Hart ligningen er valgt at sætte $1/T$ på andenaksen. På opfordring af en af klassens kvikke elever er der også lavet et fit med et tredjegradspolynomium, hvor vi har $\ln(R)$ på førsteaksen.

Måling på fotoresistorerne tog ikke mange minutter. Det foregik ved at holde et Vernier luxmeter og en fotoresistor (forbundet til et multimeter) på en måde, så de begge peger mod en lyskilde (mobiltelefon), der flyttes nærmere og nærmere fotoresistoren, mens sammenhørende værdier af resistans og lysstyrke noteres.

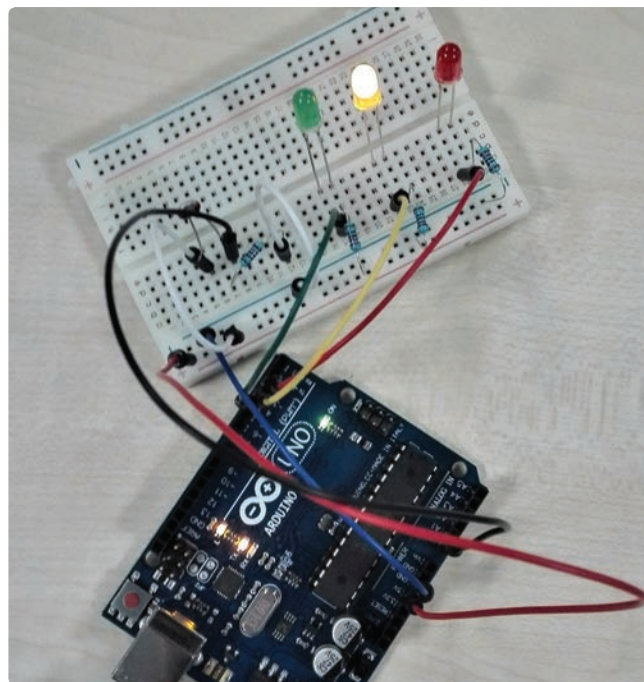
Figur 4 viser målingerne i et dobbeltlogaritmisk koordinatsystem. Det er tydeligt, at modellen ikke er god i hele måleintervallet.

Modul 3: Kredsløb med termistor

Omtrent halvdelen af dette modul gik med behandling af forsøgsdata. Resten af tiden blev brugt på at bygge et kredsløb og skrive en sketch, så Arduinoen får en led til at lyse, når temperaturen af termistoren er mindre end ca. 30°C . Det gøres ved, at lave en spændingsdeler med termistoren og en $1\text{ k}\Omega$ resistor. Arduinoen kan bruges til at måle spændingsfaldet over termistoren, og samtidig få led'en til at lyse, hvis spændingsfaldet kommer under en bestemt værdi, se Figur 5. For at få Arduinoen til at give spændingsfaldet over resistoren udledtes en sammenhæng mellem det totale spændingsfald, spændingsfaldet over termistoren og resistorens resistans.



Figur 5. Tænd/sluk for led vha. temperaturændring.



Figur 6. Opstilling til simpel angivelse af temperatur.

Eleverne fik som udgangspunkt en tegning af kredsløbet og koden til sketchen, så første del af aktiviteten bestod i at opbygge kredsløbet og genskrive sketchen. Efterfølgende kunne eleverne udvide sketchen, så Arduinoen blandt andet kunne give temperaturen. Her blev den lineære sammenhæng mellem termistorens resistans og temperatur brugt. Nogle grupper tilføjede flere led'er, så temperaturen blev angivet på en simpel farveskala bestående af farverne rød, gul, grøn, se Figur 6. Andre fik led'en til at blinke med en temperaturafhængig frekvens.

Modul 4: Kredsløb med fotoresistor

Eleverne arbejder med at opbygge kredsløb og sketches til brug af fotoresistorer. Ideen var helt parallelt til brugen af termistorer. Der blev lavet spændingsdelere, så led'er kunne tænde og slukke ved enten for høj eller lav lysstyrke. Figur 7 viser et eksempel, hvor lysstyrken angives med tre led'er.

En af opgaverne i modulet var at omskrive sketchen, så lysstyrken af led'en varierer kontinuert, når lysstyrken på fotoresistoren varierer kontinuert.

Modul 5: Afstandsmåler

På figur 8 ses en ultralydssender- og modtager til Arduino. Med en sådan byggede eleverne en simpel afstandsmåler, som enkelte grupper udvidede til også at måle hastighed. Som i de foregående moduler startede eleverne med en given sketch. Efterfølgende skulle de så ændre dele af koden for at løse bestemte problemer.

BLIV KLAR TIL FORÅRETS FORSØG I NATUREN



STORT JORDANALYSESÆT FRA VISOCOLOR

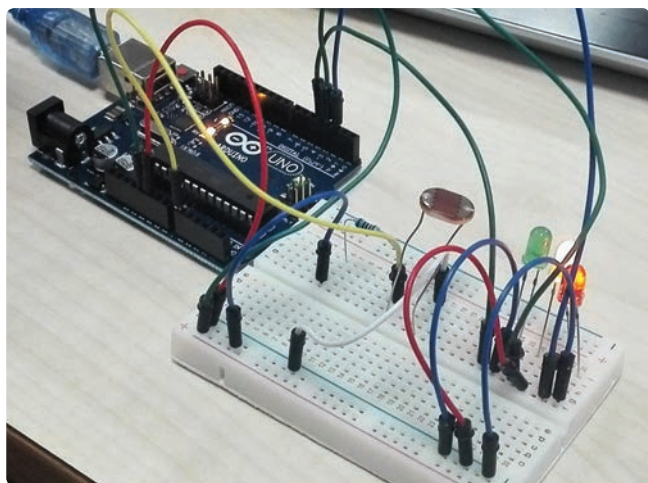
Omfattende sæt til jordbundsanalyser. Indeholder alle reagenser, instrumenter og tilbehør til ekstraktion af næringsstoffer i jord samt analyse af disse.

ANALYSEPARAMETRE:

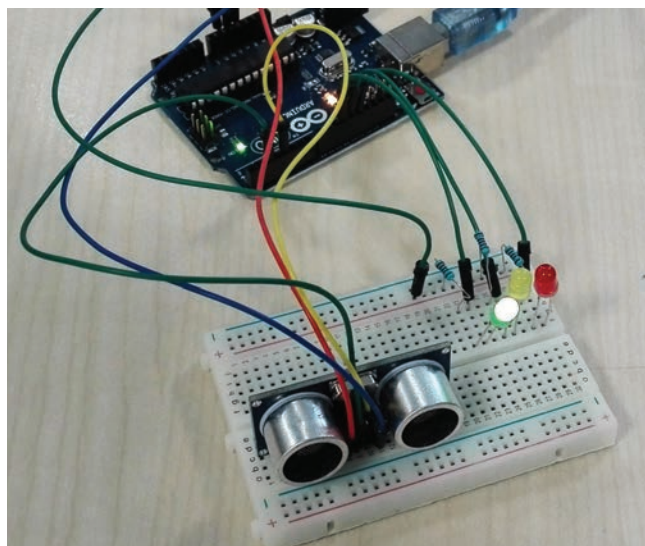
- Ammonium
- Nitrit
- Nitrat (N)
- Kalium (K)
- Phosphat (P)
- pH

3.995,- / Førpris 4.800,-
Varenummer: 847860

Frederiksen Scientific A/S · Viaduktvej 35 · DK-6870 Ølgod · Tel. +45 7524 4966 · Fax +45 7524 6282 · info@frederiksen.eu · www.frederiksen.eu



Figur 7. Lysstyrken angives ved 3 led'er.



Figur 8. Arduino og ultralydssender.

I dette modul var der også afsat tid til at arbejde med udledninger knyttet til de matematiske modeller for termistoren. Udledningerne hører til teorien i modul 1, men vi sprang dem over af hensyn til tiden. Formålet med at tage dem op i modul 5 var primært at tilfredsstille elevernes sans for "gøre det færdigt", men udledningerne er også en god anledning for eleverne til at anvende forskellige logaritmeregninger.

Modul 6: Vær kreativ

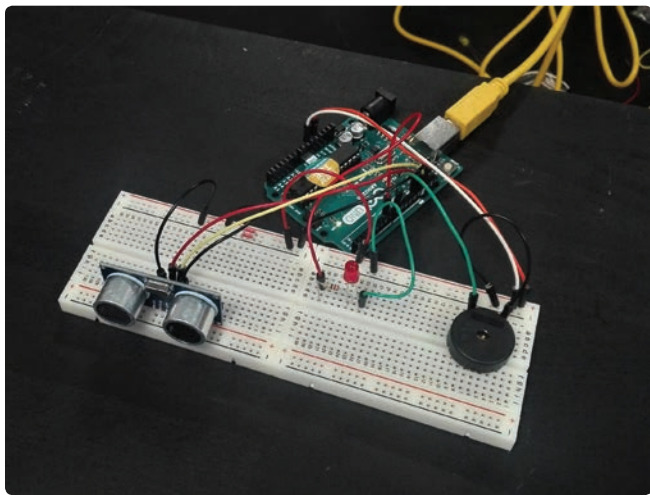
Lektionen til dette modul var at finde på en opgave, som eleverne selv kunne løse ved hjælp af en Arduino og diverse komponenter. Elevernes ideer blev i starten af modulet samlet i en padlet. Derefter var det frit for eleverne, hvilken opgave de ville kaste sig over.

Fordi eleverne blev bedt om at finde på en opgave, som de selv kunne løse, var de fleste af ideerne kombinationer af de opgaver, de havde arbejdet med i de foregående moduler. Eleverne havde altså ideer til, hvordan de kunne sammenstykke kredsløb og tilhørende programbidder, for at skabe noget nyt.

Blandt de mange forslag og succesfuldt løste opgaver var

- En bak-sensor, der lyser hhv. grøn, gul og rød, hvis afstanden til sensoren bliver for lille, se Figur 8.
- Et lyskryds, der kan styres med en knap, så man tvinger lyset til at være grønt, når knappen holdes nede.
- En alarm, der blinker og hyler, hvis afstanden til alarmen bliver for lille. Hyletonen laves af en piezo buzzer, se Figur 9.
- En julelyskæde (fra lærerens eget hjem), der begynder at blinke, når afstanden til den kommer under en bestemt værdi.

Enkelte grupper kom i gang med opgaver, som de desværre ikke kunne nå i mål med i løbet af ét modul, men den overvejende del af klassen havde succes med deres valgte opgave.



Figur 9. Arduino med piezo buzzer.

Konklusion

Jeg har ikke haft anledning til at evaluere forløbet med klassen, så derfor er de afsluttende kommentarer herunder blot baseret på egne indtryk fra modulerne.

Godt 6 moduler er for lidt. Specielt den kreative del af forløbet bør være længere og om muligt afvikles i moduler, der ligger på samme dag. Det vil give eleverne mulighed for at gå i dybden med deres idéer og forfine både kredsløb og sketch. Det er lidt trist, at netop som man har fået ført sin idé ud i livet og set, at både kredsløb og sketch virker efter hensigten, så skal det hele skilles ad og lægges tilbage i de små kasser.

Det eksperimentelle arbejde omkring termistor og fotoresistor kunne have været behandlet i en journal eller en rapport. Det er der åbenlyse fordele ved. Tilsvarende burde elevernes selvvalgte opgave fra forløbets sidste modul have været præsenteret i et mundtligt oplæg.

De forskellige grupper arbejdede i meget forskellige tempi, men man kan let holde gang i de hurtige med et væld af småopgaver. Og så længe alle grupper får lavet de opgaver, som kræves af hensyn til progressionen i forløbet, giver det ikke anledning til problemer at nogle når mere.

Eleverne var generelt mere motiverede for emnet end jeg havde forventet. Allerede fra de første simple opgaver, hvor de fik en led til at blinke med en bestemt frekvens, lyste nogle af eleverne op og fandt det tydeligvis motiverende at kunne styre led'ens opførsel. Ved senere opgaver opstod både situationer med "a-ha"-oplevelser og situationer med frustrationer, når det ikke lige var til at finde en fejl i koden eller kredsløbet. Eleverne var dog generelt gode til i fællesskab at hjælpe hinanden videre, når den travle lærer var optaget af at hjælpe andre.

Litteratur

- [1] *Opgaver i fysik A-niveau*, Fysikforlaget 2017.
- [2] Jacob Fraden, *Handbook of Modern Sensors, Physics, Designs, and Applications*, Third edition, 2004, Springer.
- [3] lednique.com/opto-isolators-2/light-dependent-resistor-ldr