



Co-funded by the  
Creative Europe Programme  
of the European Union

Project 2020-1-TR01- KA201-094533



The Key To Global Life,  
Digital Change Of Nature



Totale duur: 2 of 3 uur



Leeftijd van de student: 14-18



- Toepassingsgebied:
- Klimaatverandering
- natuurkunde
- elektronica



Trefwoorden: temperatuur,  
data-analyse, klimaat, Arduino,  
technologie



## G1 - Temperatuurbewakingssysteem met Arduino UNO

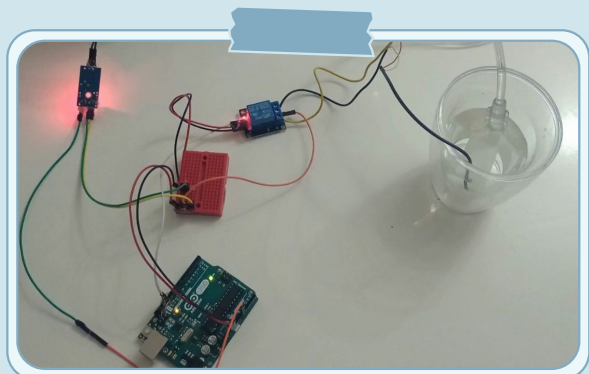


- Module
- Opwarming van de aarde

### G1 - Nederlandse versie

#### Materialen:

- Papier (A3)
- (Kleur)potloden
- Laptop
- Arduino ([www.arduino.cc](http://www.arduino.cc))
- Breadplank
- Temperatuursensor (LM35 of alternatief)
- Jumperdraden



- Opmerkingen:
- Grootte van elke groep: 3-4 studenten.
- Fase 1: Maak het eerst in een virtuele omgeving.
  - o Gebruik Tinkercad (circuits):
  - o Schets een nette, gedetailleerde schets van de opstelling: inclusief temperatuursensor, Arduino en breadboard.
  - o Verbind alles met elkaar, gebruik verschillende kleuren 'draad' en gebruik de juiste kleur draad voor positieve en negatieve pool.
  - o Maak het programma op de schakeling in Tinkercad en test het eerst online.
- Fase 2: Maak het werkelijkheid:
  - o Vind alle componenten en sluit alles aan.
  - o Sluit de Arduino nog niet aan op de pc! De docent controleert dit eerst.



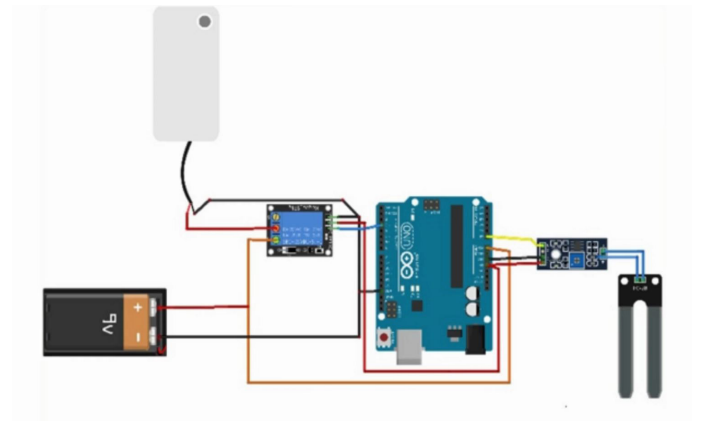
@digitalchangeon

## Invoering

We zullen een betaalbare, draagbare doe-het-zelf-installatie bouwen die de temperatuur en lichtintensiteit bewaakt. We gebruiken een Arduino UNO om gegevens te verzamelen en koppelen deze aan een computer om de gegevens in Excel weer te geven. Om deze activiteit uit te kunnen voeren, moet de leraar basiskennis hebben van het onderwerp Arduino, Arduino IDE en basisgebruik van Excel.

Weer en klimaat zijn van groot belang in de huidige samenleving. Door de toenemende computerkracht kunnen we weermodellen op steeds hogere resoluties draaien, maar hierdoor ontstaat er behoefte aan meer lokale weergegevens. Stel je een land voor waar elke school het weer in de gaten houdt, dan kunnen we zeer nauwkeurige gegevens op grondniveau verkrijgen (Afbeelding 1).

Meten is niet alleen belangrijk, je moet ook visualiseren wat je meet.



Picture 1. Tempurtare Monitoring System

## Overwegingen

Grootte van elke groep: 3-4 studenten.

Fase 1: Maak het eerst in een virtuele omgeving

Gebruik Tinkercad (circuits):

Schets een nette, gedetailleerde schets van de opstelling: inclusief temperatuursensor, Arduino en breadboard.

Verbind alles met elkaar, gebruik verschillende kleuren 'draad' en gebruik de juiste kleur draad voor de positieve en negatieve pool.

Maak het programma op het circuit in Tinkercad en test het eerst online.

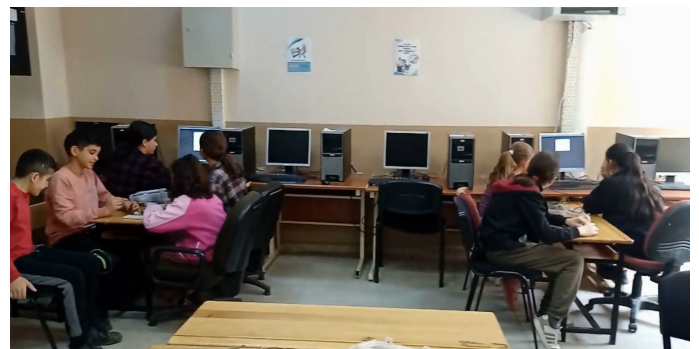
Fase 2: Maak het werkelijkheid:

Vind alle componenten en sluit alles aan.

Sluit de Arduino nog niet aan op de pc! De docent controleert dit eerst.

## Doel van de activiteit

- Maak het eenvoudiger om de temperatuur met regelmatige tussenpozen te meten
- Gebruik een analysetool zoals Excel waarvan algemeen bekend is dat deze gegevens verzamelt en visualiseert
- Leer in het algemeen met sensoren werken om gegevens te verzamelen:
- Begrijp de relatie tussen de gemeten spanning en de te meten fysieke grootte
- Leer het concept van het kalibreren van een sensor, leer werken met een technisch gegevensblad
- Leer programmeren in C++
- Maak kennis met lineaire functies



Afbeelding 2. Doel van de activiteit

## Activiteitsproces

## Vóór activiteit

- Licht de opdracht toe: achtergrond, doel, tijdsbestek voor elk onderdeel
- Verdeel de klas in groepen van 2-4 studenten, elke groep aan hun eigen tafel. Elke groep heeft een laptop, papier en potloden.

## Laten we beginnen

## 1 Circuitontwerp (30 minuten)

- Teken het circuit op een pagina.
- Je kunt Tinkercad Circuits gebruiken om het online te tekenen. Wat je nodig hebt is (Afbeelding 3 en 4).
- een Arduino
- een breadplank
- de temperatuursensor (LM35 of TMP36)



Afbeelding 3. Meng met een lepel



Afbeelding 4. Materialen

## 2 Sluit het aan!

- Plaats de temperatuursensor op het breadboard en zorg ervoor dat deze op de juiste manier wordt geplaatst, zodat de pinnen niet worden kortgesloten.
- De sensor heeft spanning nodig om te werken. Het kan de 5V-pin van de Arduino gebruiken. Controleer de afbeelding voor de juiste pin-indeling. Sluit pin 1 aan op de 5V-pin van de Arduino. Verbind de GND met de GND van de Arduino.
- De Arduino moet 'luisteren' naar de meetwaarden van de sensor. Dit is een analoge ingang, je moet een van de analoge ingangspinnen van de Arduino gebruiken. Sluit de middelste pin van de sensor aan op de A0.

### 3 Programmering: weergave van de uitvoer van de sensor

We beginnen met lezen wat uw Arduino ontvangt van de sensor (de INPUT) en geven dit weer in de seriële monitor. Dit doe je door te programmeren in C++. We beginnen met een eenvoudig programma dat de sensormetingen elke seconde leest en deze afdrukt naar de console van de computer (Afbeelding 5).



- Gebruik `analogRead(A0)` om de spanning op pin A0 te lezen.
- Je slaat de spanning op in een variabele genaamd 'waarde'. In deze programmeertaal (C++) moet je altijd aangeven wat voor informatie je in een variabele wilt opslaan als je de variabele aanmaakt. Het aanmaken van de variabele heet "declareren" en dat gebeurt in regel 1 van het programma. In dit geval zal de variabele een geheel getal bevatten, genaamd "integer". Vandaar de int-waarde helemaal bovenaan de code.

```

1 int value;
2
3 void setup() {
4     Serial.begin(9600);
5 }
6
7 void loop() {
8     value = analogRead(A0);
9     Serial.println(value);
10    delay(1000);
11 }

```

Afbeelding 5. C++-codes



Tabel 1. Andere soorten informatie in C++

int	Geheel getal (0, 1, 2, -3, 19839, -78, ...)
vlot	Decimaal getal (0,13, 713,24, -3,0, ...)
verkoold	Eén enkel teken ('a', 'B', 'c', 'D', '0' '*', 'µ', ...)
Snaar	tekst ("Hallo wereld!", "Dit is een test", "123", ...)

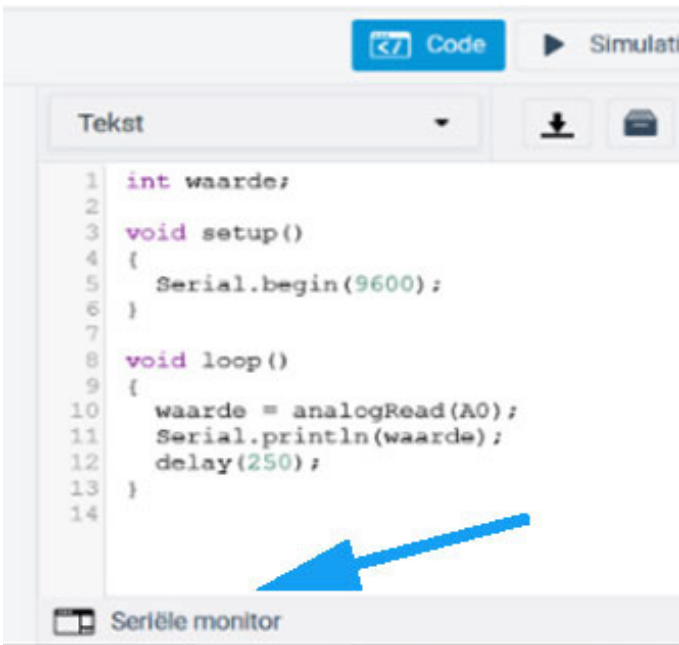
### 4 Communicatie tussen de Arduino en pc



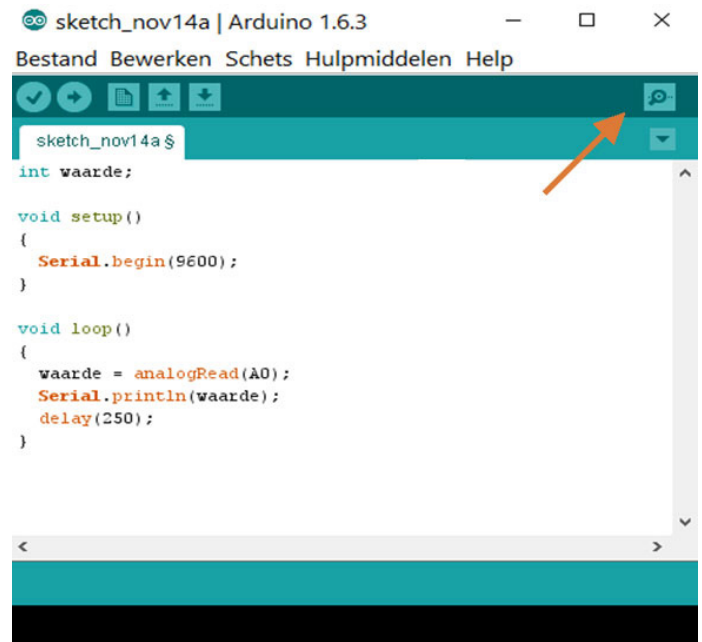
- Zoals u zich wellicht herinnert, 'uploadt' u een programma naar de Arduino, en het programma draait op de Arduino, niet op de computer. Het is de Arduino die de sensorwaarde uitleest, maar de computer die deze waarde op het scherm moet weergeven. De Arduino moet deze informatie eerst naar de computer sturen.
- Om een verbinding tussen de Arduino en de computer tot stand te brengen, gebruikt u `Serial.begin(9600)` in het setup-blok (omdat u de verbinding maar één keer hoeft in te stellen, helemaal aan het begin). Het getal tussen haakjes () vertelt de computer hoeveel bits hij per seconde zal verzenden. Dit wordt de 'baudrate' genoemd. Hoe hoger dit getal, hoe meer data er per seconde worden verzonden, maar ook hoe groter de kans op fouten tijdens de communicatie (dat een 0 per ongeluk een 1 wordt en andersom). Voor sommige toepassingen is het belangrijk om een hoge snelheid te behalen, bijvoorbeeld bij 3D-printen. 9600 is ruim voldoende voor de applicaties die wij gebruiken.
- Nadat de Arduino de communicatie met de computer tot stand heeft gebracht en de waarde van de middelste pin heeft uitgelezen en in een variabele heeft opgeslagen, is het tijd om deze waarde naar de computer te sturen.
- `Serial.println(value)` zorgt ervoor dat een regel op de computer wordt afgedrukt (vandaar `println`, vertaald als 'printregel'). Zet tussen haakjes wat er afgedrukt moet worden.



- De uitgang is te vinden in de 'Seriële monitor'. In Tinkercad kun je dit vinden door onderaan het Codescherm op 'Seriële monitor' te klikken (Afbeelding 6).
- In Arduino IDE kun je dit oproepen door in het menu 'Tools' op 'Seriële monitor' te klikken. Of klik op het icoontje (Afbeelding 7).



Afbeelding 6. Seriële monitor in Tinkercad



Afbeelding 7. Seriële monitor in Arduino IDE

## 5 Programmeren: kalibreren van de sensor

- Je krijgt een bepaalde waarde van je sensor, maar wat betekent die waarde precies? Daarom is het belangrijk dat je je sensor kalibreert, zodat je een bepaalde waarde correct kunt interpreteren. In dit geval: wat betekent de waarde 523? Is het 'warm' of 'koud'? Deze keer moeten we in de datasheet van de LM35/TMP36-sensor kijken om de specificaties te vinden. Als we ze vinden, weten we de meetwaarde om te zetten naar de juiste temperatuur.



- Voeg het zoekwoord 'datasheet' toe



- Zoek op internet wat de specificaties zijn van de temperatuursensor. Noteer in onderstaande tabel wat je hebt gevonden.

Voorwaarde	Theoretische meetwaarde
Minimale temperatuur	
Maximale temperatuur	
Helling (mV/graad Celsius)	
Nauwkeurigheid	
Uit bij 150°C	
Vuit bij 0°C	
Vuit bij -20°C	



Nu moeten we een formule vinden om onze temperatuur te berekenen. Maar hoe werkt `analogRead()`?

Arduino vertaalt de gemeten spanning op de analoge pin (0-5V) altijd naar een getal (0-1023).

0V vertaalt zich naar 0

5V vertaalt zich naar 1023

Je moet dus delen door 1023 en weer vermenigvuldigen met 5 om van waarde naar spanning te gaan.

Het volgende onderdeel is afhankelijk van de sensor die je gebruikt, let dus op dat je de juiste specificaties gebruikt! Ons onderstaande voorbeeld is alleen geldig voor LM35:

Dat weten we uit de specificaties in de datasheet

0°C vertaalt zich naar 0V

150°C vertaalt zich naar 150mV = 0,150V

5000°C vertaalt zich naar 5000mV = 5V

Dus elke 10mV (0,01V) is 1°C.

Je moet de gemeten spanning met 100 vermenigvuldigen om de °C te krijgen

De formule om de temperatuur te berekenen op basis van de waarde als resultaat van `analogRead()`

$Temp = (5,0 * waarde * 100,0) / 1023,0$



Ons programma om de temperatuur te meten en te berekenen met een LM35 sensor (Afbeelding 8)



Let op: decimale getallen worden weergegeven met een punt (.) en niet

```

1 int value = 0;
2 float temperature = 0;
3
4 void setup() {
5   Serial.begin(9600);
6 }
7
8 void loop() {
9   value=analogRead(A0);
10  Serial.print("our sensor reads: ");
11  Serial.println(value);
12  temperature = 5.0 * value * 100.0 / 1023.0;
13  Serial.print("this means in degrees Celsius: ");
14  Serial.println(temperature);
15  delay(1000);
16 }
```

Afbeelding 8. DBereken de temperatuur



Voor de slimme leerlingen die sneller klaar zijn:  
Reken het uit voor een ander sensortype zoals TMP36, TMP37 of de veelgebruikte DHT11 of DHT22.

## 6 Leg de gegevens vast in Excel

We kunnen de waarden al afdrukken via de seriële monitor. Nu zien we hoe we deze gegevens in plaats daarvan naar Excel kunnen streamen. Dit kan van pas komen.

Er is geen verandering aan de ingang of uw circuit. Het enige wat we moeten doen is een invoegtoepassing in Excel inschakelen en configureren. Deze legt de gegevens vast die naar de seriële monitor worden verzonden en geeft deze waarden weer in een aantal speciaal daarvoor geconfigureerde cellen.

De add-in die we nodig hebben heet 'Microsoft Data Streamer for Excel' en is standaard aanwezig in de nieuwste versies van Microsoft Excel. Je moet het nog steeds inschakelen.

Klik op:

'Bestand' >> 'Opties' >> "Invoegtoepassingen"

klik op de pijl naast "Beheren: Excel-invoegtoepassingen" >> 'COM-invoegtoepassingen' >> 'Start'

Vink het vakje aan naast 'Microsoft Data Streamer voor Excel'

OK'

Nu verschijnt er uiterst rechts een nieuw tabblad in het lint, genaamd 'Data Streamer'. Open nu het tabblad "Data Streamer". Klik op 'Apparaat verbinden' en kies 'Arduino Uno (COMX)'.  
Er wordt een nieuwe werkmap gemaakt. Om gegevens te streamen, klikt u op 'Gegevens starten'. Elke tweede tijd en temperatuur worden hier nu afgedrukt. De tijd wordt automatisch toegevoegd door Excel. In het werkblad 'Instellingen' kun je onder andere aanpassen hoeveel rijen met gegevens zichtbaar moeten zijn (max. 500). Stel nu het aantal gegevensrijen in op 50.

Pas het programma zo aan dat u alleen de waarden afdrukt, en niet de tekst. Druk nu beide waarden op dezelfde regel af, gescheiden door een komma.

```
Serieel.print(waarde);  
Serieel.print(",");  
Serial.println(temperatuur);
```

Hiermee wordt één regel afgedrukt, bestaande uit de temperatuur, een komma en de luchtvochtigheid. als u de komma ertussen niet gebruikt, beschouwt Excel dit als één grote waarde in plaats van als twee afzonderlijke waarden. Houd er rekening mee dat de gegevens die naar de seriële monitor worden verzonden, op dezelfde manier zijn geformatteerd.

## 7 Grafieken

Maak twee lijngrafieken, één voor de gemeten waarde en één voor de temperatuur. Als alles goed is gegaan, moeten deze grafieken live worden bijgewerkt.

## 8 Redden

U kunt ook gegevens opslaan voor later gebruik. Klik hiervoor op de knop "gegevens vastleggen". Nadat u de opname stopt, wordt u gevraagd waar u het bestand wilt opslaan. Het formaat van dit bestand is '.csv', een afkorting van 'comma Separated Values'. Dit formaat kun je achteraf in veel datagerelateerde programma's uitlezen, waaronder Excel.

## 9 Nu sleutelen, uitbreiden



- Gebruik een tweede sensor, b.v. een LDR, bodemvochtsensor, ... Voeg de sensorwaarden die je inleest toe aan de Excel. Bereken voor de bodemvochtsensor de relatieve luchtvochtigheid.
- Zet alles in een grafische visualisatie

## Onderzoek

## Evaluatie

Het ontwerp van leerlingen kan binnen de school tentoongesteld worden. Door de gebruikte afvalmaterialen te diversifiëren kunnen verschillende producten worden gecreëerd.

Doelen	Moet verbeterd worden (1)	Medium (2)	Goed (3)	Erg goed (4)
Het (her)formuleren van een probleem zodat het kan worden opgelost door een computer of ander hulpmiddel.	( .... )	( .... )	( .... )	( .... )
Actieve participatie	( .... )	( .... )	( .... )	( .... )
Het creëren van een set instructies om vanuit een uitgangspunt (=algoritme) een doel te bereiken lukt zelfstandig.	( .... )	( .... )	( .... )	( .... )
Het selecteren en implementeren van nuttige informatie uit de gespecificeerde bron lukt zelfstandig.	( .... )	( .... )	( .... )	( .... )
Kritisch denken	( .... )	( .... )	( .... )	( .... )
Total				

## Links

- Colorfulworld. (2018). How to easily make a penguin, ice and igloo for a small amount of money / DIY. <https://www.youtube.com/watch?v=Es-rCelq6YU>
- Cristofari, R., Liu, X., Bonadonna, F., Cherel, Y., Pistorius, P., Le Maho, Y., . . . Trucchi, E. (2018). Climate-driven range shifts of the king penguin in a fragmented ecosystem. *Nature Climate Change*, 8(3), 245-251.
- ScienceBuddies. (2020). Ocean Currents: Modeling the 'Global Conveyor Belt' in Your Kitchen. Retrieved 10/10/2022 from [https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/OceanSci\\_p012/ocean-sciences/ocean-currents-modeling-global-conveyor-belt](https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/OceanSci_p012/ocean-sciences/ocean-currents-modeling-global-conveyor-belt)
- <https://www.sciencebuddies.org/stem-activities?s=global%20warming>
- <https://www.sciencebuddies.org/stem-activities/polar-ice-caps-melting>
- [https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/OceanSci\\_p015/ocean-sciences/will-ice-melting-at-poles-cause-sea-levels-to-rise](https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/OceanSci_p015/ocean-sciences/will-ice-melting-at-poles-cause-sea-levels-to-rise)
- <https://www.tinkercad.com/things/c3BkCJdQxel>
- <https://www.tinkercad.com/things/9UeZJTri0zD>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Gkw45JaEQio>
- <https://www.youtube.com/watch?v=ztQYbRwBboU>
- <https://science.howstuffworks.com/environmental/earth/oceanography/ocean-current.htm>
- <https://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/convect/convect.htm>