

Dag 1

(C) Richèl Bilderbeek 

February 13, 2014

0.1 Vandaag

1. Introduction: introductie
2. WhatIsArduino: wat is een Arduino?
3. ConnectLed: een LEDje aansluiten
4. SwitchLed: een LEDje laten knipperen

Arduino cursus introductie

(C) Richèl Bilderbeek 

January 30, 2014

0.1 Overzicht

1. Wie zijn wij?
2. Wie zijn jullie? Wat willen jullie?
3. Wat willen we?
4. Hoe doen we dat?

0.2 Wie zijn wij?

- Peter
 - Weet veel van elektronica
 - Werkt veel met Arduino, kent veel Arduino projecten
- Richèl
 - Weet veel van programmeren
 - Weet veel van les geven

0.3 Wie zijn jullie?

- Wie ben jij?
- Wat wil je?

0.4 Vorm cursus

- De vorm van de cursus is vrij
 - Niveau van de uitleg hoger/lager?
 - Uitleg door deelnemers?
 - Wedstrijd?
 - Grote projecten?
- Samen zoeken naar onze favoriete vorm

0.5 Vorm cursus vandaag

- Schoolse traject
 - begint bij de basis
 - stap-voor-stap uitleg, oefening en nabespreking
- Projectgebaseerde traject
 - vrij

0.6 Hoe handelen we?

- Concentreren: we zijn alleen bezig met Arduino
- Uittesten: fouten maken is goed
- Slim: we gedragen ons als Einsteins
- Samen: we proberen het goede voorbeeld te geven en ons best te doen

0.7 Tijdsindeling avond

- ☒ introductie
- ☐ Wat is Arduino?
- ☐ Ontwerp: LED
- 20:30-21:00 pauze
- ☐ Bouwen: LED
- ☒ Programmeren: LED
- ☐ Ontwerp: schakelbare LED
- ☐ Bouwen: schakelbare LED
- ☐ Programmeren: schakelbare LED

Wat is Arduino?

(C) Richèl Bilderbeek 

February 13, 2014

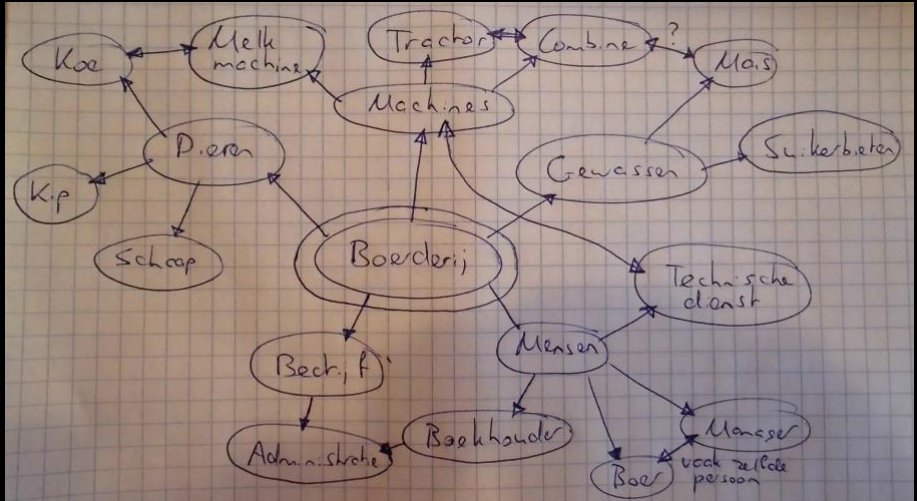
0.1 Overzicht

1. Wat weten jullie al?
2. Wat is een mindmap?
3. Maken mindmap
4. Wat is Arduino volgens Richèl
5. Conclusie

0.2 Wat weten jullie?

- Wij willen weten wat jullie al weten!
- Hiervoor hebben we een mindmap van jullie nodig

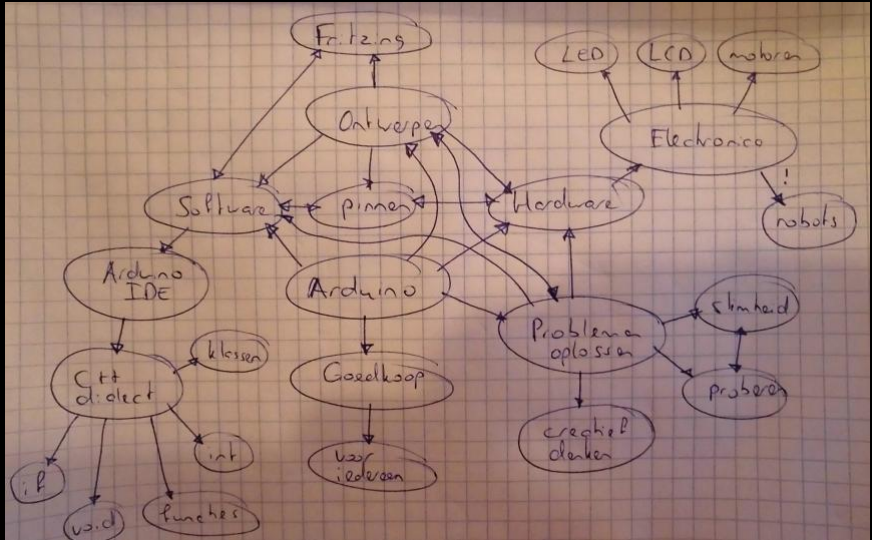
0.3 Wat is een mindmap?



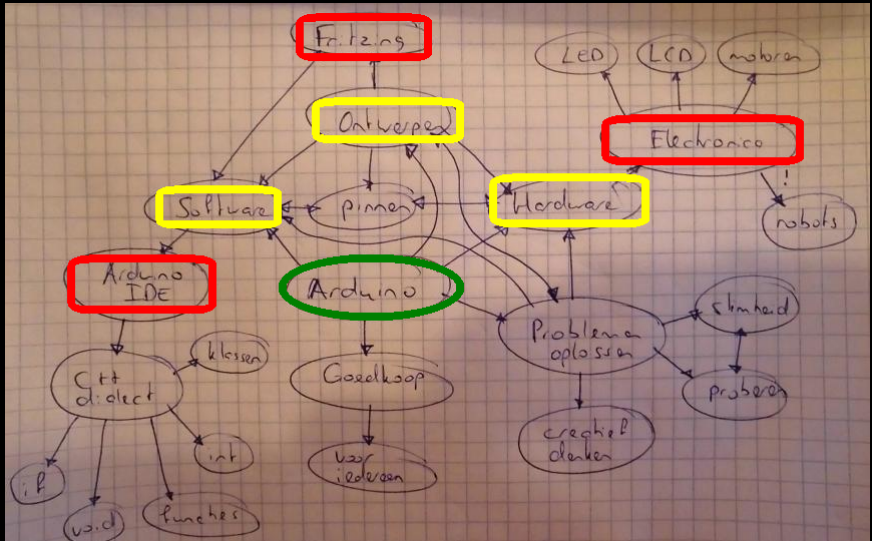
0.4 Maken mindmap

- Opdracht: maak een mindmap met de tekst 'Arduino' in het midden
- Mijn voorbeeld is maar een voorbeeld: alles mag!

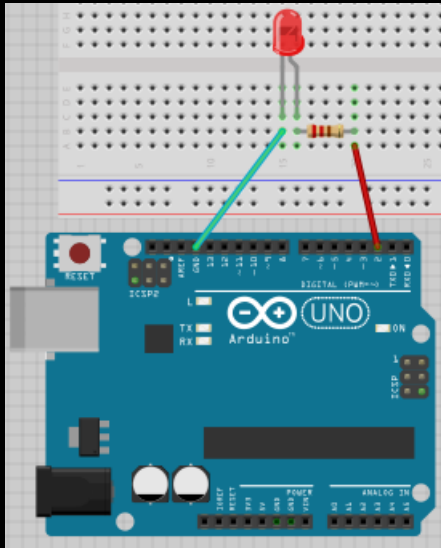
0.5 Wat is Arduino volgens Richèl?



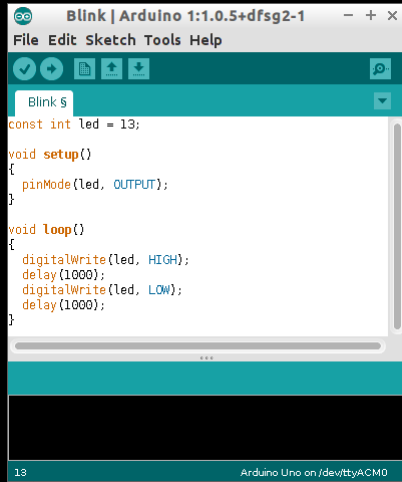
0.6 Wat is Arduino volgens Richèl?



0.7 Elektronika



0.8 Software



The screenshot shows the Arduino IDE interface. The title bar reads "Blink | Arduino 1:1.0.5+dfsg2-1". The menu bar includes "File", "Edit", "Sketch", "Tools", and "Help". The toolbar contains icons for checking, saving, opening, uploading, and downloading. The sketch editor shows the following code:

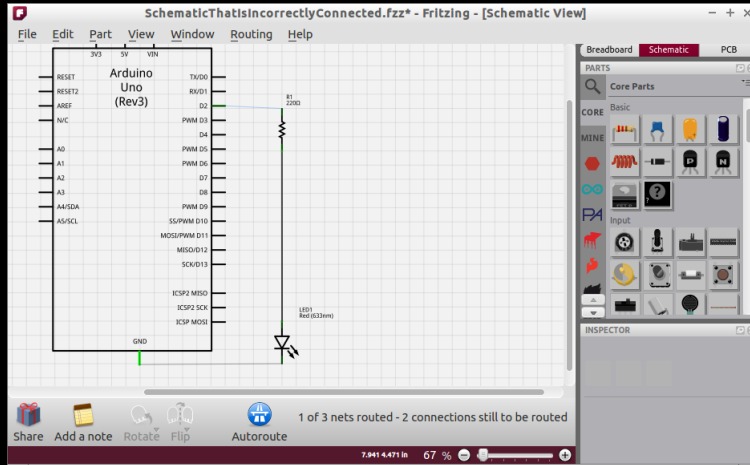
```
Blink 5
const int led = 13;

void setup()
{
  pinMode(led, OUTPUT);
}

void loop()
{
  digitalWrite(led, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(led, LOW);
  delay(1000);
}
```

The status bar at the bottom indicates "13" and "Arduino Uno on /dev/ttyACM0".

0.9 Ontwerpen



0.10 Conclusie

Wat we doen is divers:

- Ontwerpen: Fritzing
- Bouwen: Elektronica
- Programmeren: Arduino IDE

Wij bouwen dit stap voor stap op

Hoe sluit ik een LED aan?

(C) Richèl Bilderbeek 

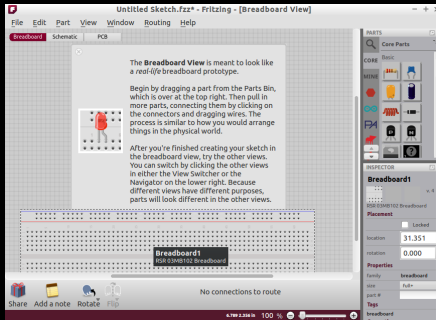
February 13, 2014

0.1 Overzicht

1. Fritzing
2. Er is een probleem?
3. Wat weten we?
4. Er is een probleem?
5. Hoe gaan we daar mee om?
6. Opdracht: vind dit uit! Noteer in je logboek

0.2 Fritzing

- Vrije software
- Linux, Mac OS X, Windows



0.3 Fritzing installatie

- `sudo apt-get install fritzing`
- `yum install fritzing`
- Download van fritzing.org/download

0.4 Opdracht

- Installeer Fritzing
- Bekijk wat Fritzing kan: 'Breadboard view', 'Schematic' en 'PCB'
- Ontwerp: stroomschema van een LED die altijd brandt

Welk probleem kom je tegen?

0.5 Er is een probleem?

Ja: je kunt een LED niet direct op een Arduino aansluiten

- Hoe kun je dat merken?
- Dat gaan we doen!
- Waarom is dat zo?

0.6 Wat weten we?

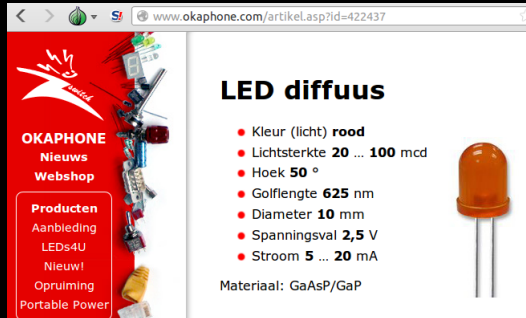
1. Wat is volt?
2. Wie weet hoeveel volt een LED gebruikt?
3. Wie weet hoeveel volt een Arduino levert?

0.7 Antwoorden

1. Volt = de hoeveelheid energie die stroom levert
2. Een LED (diffuus, zonder [...]) gebruikt 1,8-2,5 Volt (zie volgende slide)
3. Een Arduino levert 3,3 of 5,0 Volt

Wat kun hieraan doen?

0.8 Antwoorden



The screenshot shows a web browser window with the URL www.okaphone.com/artikel.asp?id=422437. The page features a red sidebar on the left with the OKAPHONE logo and navigation links: 'Nieuws', 'Webshop', 'Producten', 'Aanbieding', 'LEDs4U', 'Nieuw!', 'Opruiming', and 'Portable Power'. The main content area is white and displays the title 'LED diffuus' in bold. Below the title is a list of specifications: 'Kleur (licht) rood', 'Lichtsterkte 20 ... 100 mcd', 'Hoek 50 °', 'Golflengte 625 nm', 'Diameter 10 mm', 'Spanningsval 2,5 V', and 'Stroom 5 ... 20 mA'. To the right of the list is an image of a red, dome-shaped LED. At the bottom of the specifications, the material is listed as 'Materiaal: GaAsP/GaP'.

LED diffuus

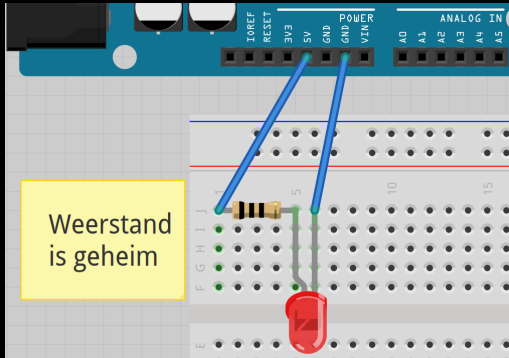
- Kleur (licht) **rood**
- Lichtsterkte **20 ... 100 mcd**
- Hoek **50 °**
- Golflengte **625 nm**
- Diameter **10 mm**
- Spanningsval **2,5 V**
- Stroom **5 ... 20 mA**

Materiaal: GaAsP/GaP

Wat kun hieraan doen?

0.9 Hoe hoge spanningen tegen te gaan?

- Met een weerstand!



0.10 Welke weerstand?

- Proberen: start met hoge weerstand en ga omlaag
- Berekenen

The screenshot shows the OKAPHONE website's LED calculator interface. On the left is a red sidebar with navigation links: 'Nieuws', 'Webshop', 'Service', 'Kleurcodes', 'LED-calculator', 'UTP-kabels', 'Webcam', 'Links', 'Contact', and 'Zoeken:'. The main content area is white and contains the following sections:

- Voeding**: 'Spanning' is set to 5 V, 'Maximale stroom' is set to 1 A.
- Schakeling**: 'in serie' is selected, 'type(n) LEDs' is set to 1.
- LED**: A dropdown menu shows '0,30-LED diffuus, rood'. Below it, specifications are listed: 'rood 12,5...32mcd 70° 625nm 1,8mm 1,8V 5...20mA'. The 'LED' dropdown is set to '1', and 'L2060ID' is selected. Below this, 'Spanningsval' is 1,8 V, 'Stroom' is 20 mA, and 'Vermogen' is 36 mW.
- Weerstand**: A table shows the calculated resistor values:

	1 × R1	
Spanning	3,2	V
Stroom	20	mA
Vermogen	64	mW
- Verbruik**: A table shows the power consumption:

Stroom	0,02 A
Vermogen	0,1 W


On the left side of the main area, there is a visual representation of a red LED and a resistor. Below them is a circuit diagram showing the LED (D1) in series with a resistor (R1) connected to a 5V source. The LED's anode is connected to the positive terminal, and the cathode is connected to the resistor, which is then connected to ground.

0.11 Welke weerstand?

- Zij Bracht ROzen Op GERrits GRAf Bij Vies GRIJS Weer

www.weerstandcalculator.nl

bruin zwart oranje goud



Weerstand Ω

Tolerantie \pm %

Temperatuur coëfficiënt ppm/ $^{\circ}\text{C}$

Reeks ☐ E3 ☐ E6 ☐ E12 ☒ E24 ☐ E48 ☐ E96 ☐ E192

☒ De beste standaard weerstand is **10 Kilo Ω**

☒ ... Ω in serie met ... Ω geeft ... Ω

☒ ... Ω parallel aan ... Ω geeft ... Ω

"Zij bracht rozen op Gerrits graf bij vies grijs weer."

0.12 Bouwen!

- Wat gebeurt er als je de LED omdraait?
- Welke problemen loop je tegen aan?

0.13 Geniet

- Wat zijn logische volgende stappen?
- Welke problemen loop je tegen aan?

Hoe schakel ik een LED?

(C) Richèl Bilderbeek 

February 13, 2014

0.1 Overzicht

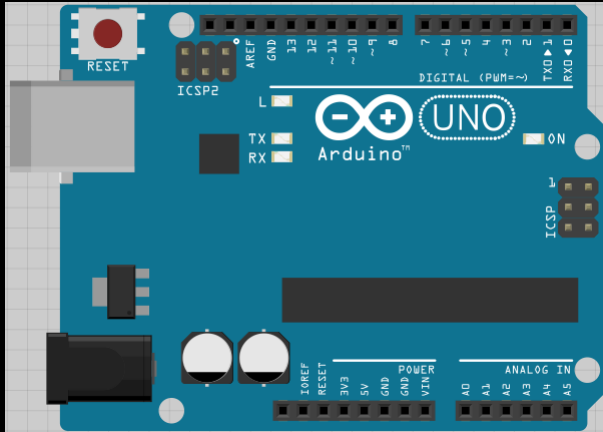
1. Doel
2. Hoe ontwerpen?
3. Arduino IDE
4. Bouwen!

0.2 Doel

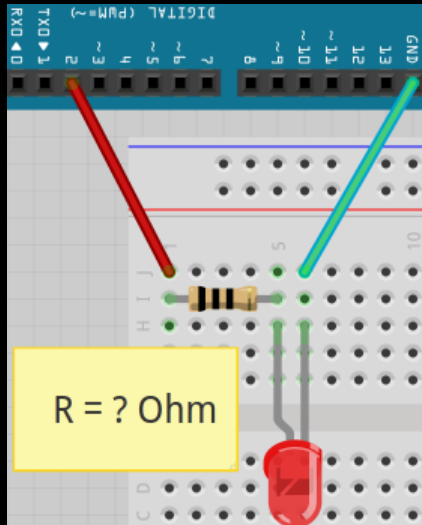
Een machine maken die een LED na een seconde aan doet, en deze een seconde later weer uit doet

0.3 Hoe ontwerpen?

- Waar denk je dat de Arduino dit mee kan?



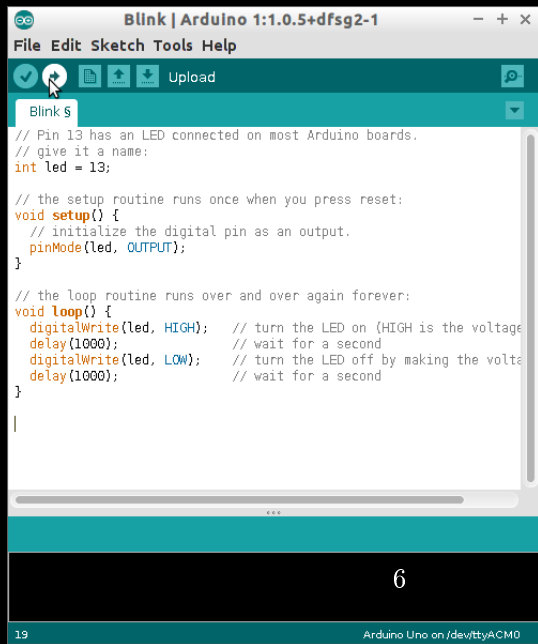
0.4 Ontwerp



0.5 En nu?

- Programmeren!
- Met Arduino IDE ('Integrated Development Environment' \approx 'Programmeeromgeving')

0.6 Arduino IDE



0.7 Arduino IDE installatie

- `sudo apt-get install arduino`
- `yum install arduino`
- Download van <http://arduino.cc/en/main/software>

0.8 Opdracht

- Installeer Arduino IDE
- Bekijk wat de Arduino IDE kan: de voorbeelden, het uploaden¹
- Ontwerp: stroomschema van een LED die knippert
- Programmeer: vind de code van een LED die knippert
- Bouw, test, noteer

Dag 1 Oefeningen

(C) Richèl Bilderbeek 

February 13, 2014

0.1 Overzicht

1. Installeer Fritzing
2. Ontwerp in Fritzing
3. Installeer Arduino IDE
4. Programmeer een knipperende LED

0.2 Fritzing installatie

- `sudo apt-get install fritzing`
- `yum install fritzing`
- Download van fritzing.org/download

0.3 Ontwerp in Fritzing

- Installeer Fritzing
- Bekijk wat Fritzing kan: 'Breadboard view', 'Schematic' en 'PCB'
- Ontwerp: stroomschema van een LED die altijd brandt
- Bouw, test, noteer

0.4 Arduino IDE installatie

- `sudo apt-get install arduino`
- `yum install arduino`
- Download van <http://arduino.cc/en/main/software>

0.5 Programmeer een knipperende LED

- Installeer Arduino IDE
- Bekijk wat de Arduino IDE kan: de voorbeelden, het uploaden¹
- Ontwerp: stroomschema van een LED die knippert
- Programmeer: vind de code van een LED die knippert
- Bouw, test, noteer

Dag 2

(C) Richèl Bilderbeek 

February 13, 2014

0.1 Vandaag

1. shortCircuit: kortsluiting & breadboard
2. analogRead: belangrijk basisschakelingen met weerstandjes
3. readInput: nog een belangrijke basisschakeling met een drukknop
4. Per groepje: solderen bij Tonnie & bouwen met sensoren en motortje
5. Einddoel: een zo ingewikkeld mogelijke machine bouwen

Kortsluiting & Breadboard

(C) Richèl Bilderbeek 

February 13, 2014

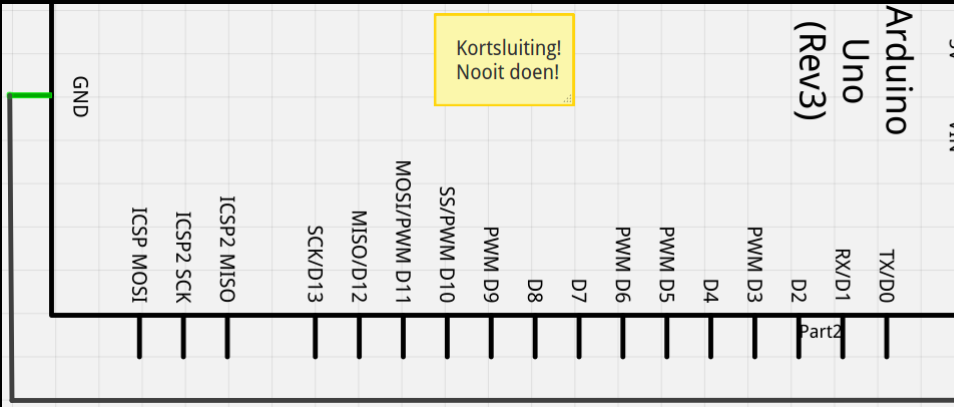
0.1 Overzicht

1. Wat is kortsluiting?
2. Hoe dit te voorkomen?
3. Hoe werkt een breadboard?

0.2 Wat is kortsluiting?



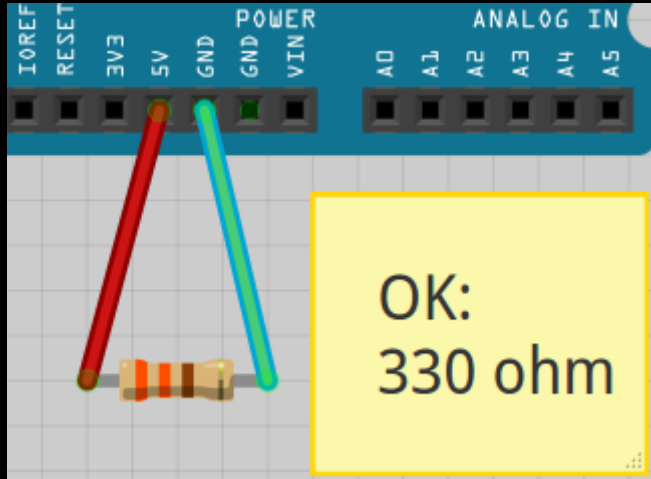
0.3 Wat is kortsluiting?



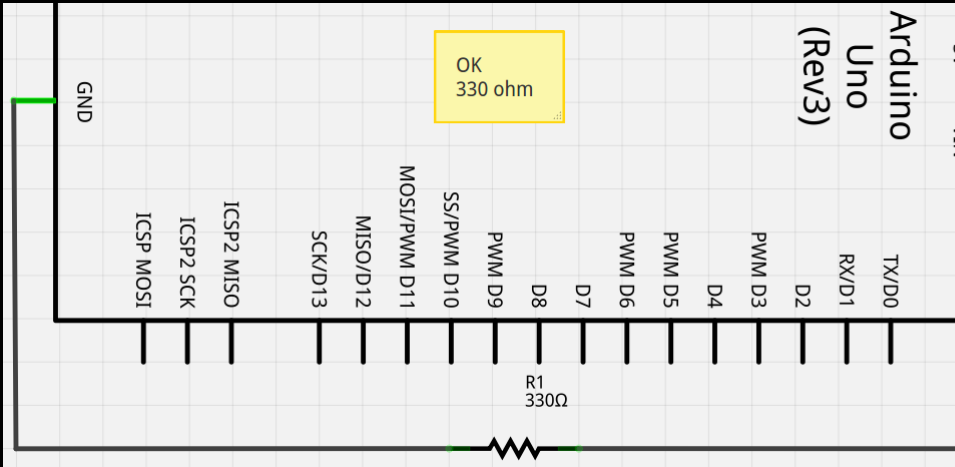
0.4 Hoe dit te voorkomen?

- Weerstand van minimaal 270 ohm
- Ander nuttig gebruik van de spanning

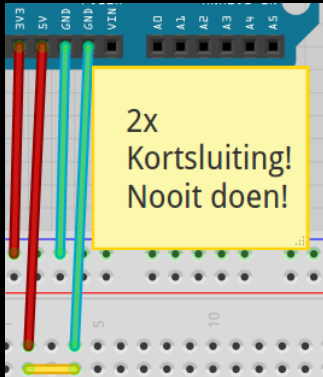
0.5 Wat is kortsluiting?



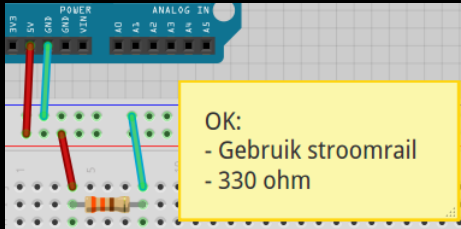
0.6 Wat is kortsluiting?



0.7 Breadboard



0.8 Breadboard



analogRead

(C) Richèl Bilderbeek 

February 13, 2014

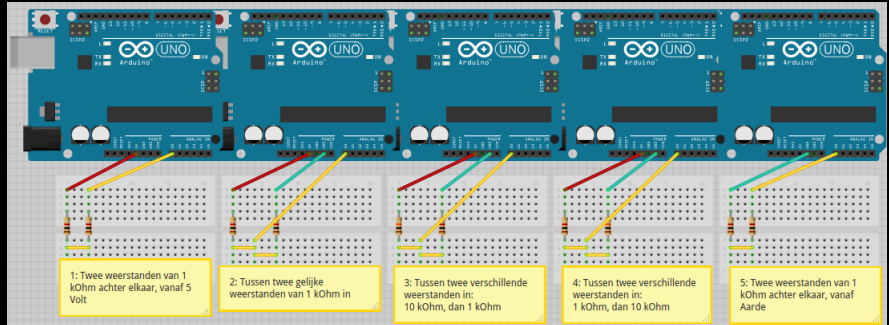
0.1 Overzicht

1. Doel
2. Opdracht
3. Meten
4. Opschrijven

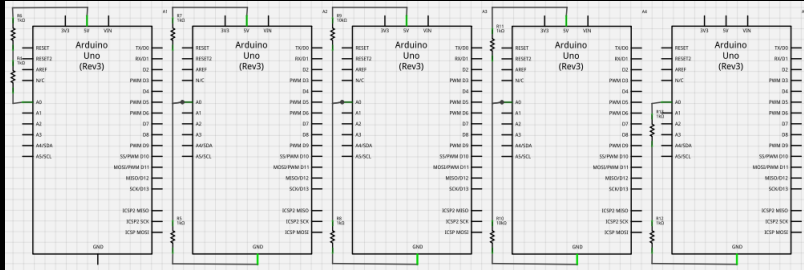
0.2 Doel

- Spanning meten met Arduino: `analogRead`
- Basisschakelingen herkennen
- Bouwen van minstens vijf schakelingen
- Dit niet kennen = domme fouten gaan maken: drukknop, sensor, etcetera

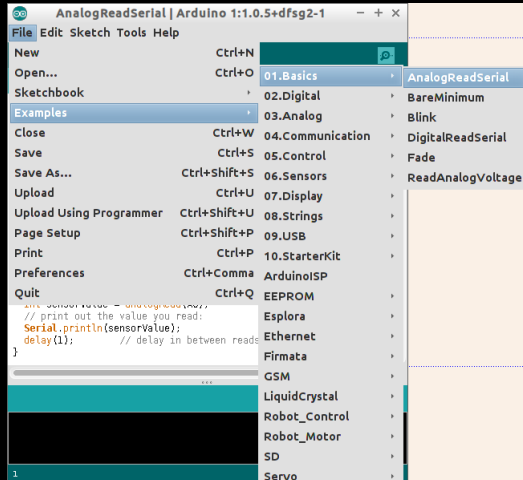
0.3 Opdracht



0.4 Opdracht



0.5 Programma



0.6 Programma

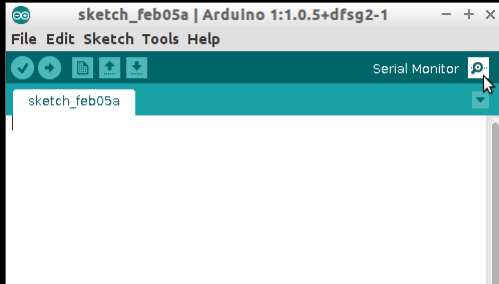


```
/*
 * AnalogReadSerial
 * Reads an analog input on pin 0, prints the result to the serial monitor.
 * Attach the center pin of a potentiometer to pin A0, and the outside pins
 * to ground and +5V.
 *
 * This example code is in the public domain.
 */

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize serial communication at 9600 bits per second:
  Serial.begin(9600);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  // read the input on analog pin 0:
  int sensorValue = analogRead(A0);
  // print out the value you read:
  Serial.println(sensorValue);
  delay(1);        // delay in between reads for stability
}
```

0.7 Bekijken



0.8 Opschrijven

- Welke waarden meet je bij elk van de vijf schakelingen?
- Kun je voorspellingen maken? Maak gerust nieuwe schakelingen!
- Noteer! Deze schakelingen zul je vaak gaan bekijken!

Hoe lees ik input?

(C) Richèl Bilderbeek 

February 13, 2014

0.1 Overzicht

1. Doel
2. Vraag
3. Naief & experiment
4. Zo werkt het
5. Slim & experiment

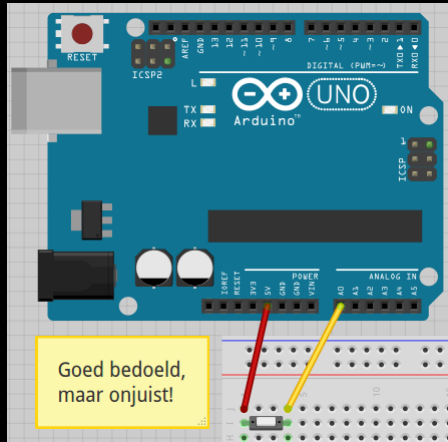
0.2 Doel

- Kunnen reageren op een drukknop
- Een nieuwe basisschakelingen leren
- Dit niet kennen = domme fouten gaan maken

0.3 Vraag

- Bouw een machine die kan reageren op een drukknop
- Gebruik je kennis van 'analogRead'
- ... dit gaat echter anders dan verwacht!

0.4 Ontwerp: naief



0.5 Opdracht

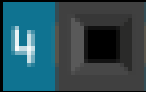
- Bouw dit!
- Wat voorspel je?
- Gebruik weer programma 'Examples | Basics | AnalogReadSerial'
- Wat meet je als de schakelaar wel/niet ingedrukt is?
- Noteer! Dit onverwachte gedrag zal je vaker tegenkomen!
- (tijd over: probeer de schakeling te laten werken)

0.6 Doen...

- Volgende slide de oplossing...

0.7 Waarom onjuist?

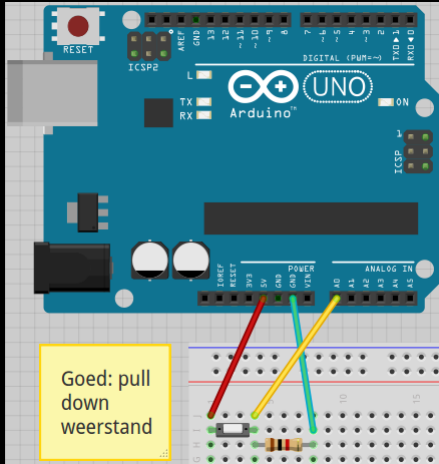
- Als de drukknop open is, is de spanning op de input onbepaald: dit kan elke waarde tussen nul en vijf Volt zijn!
- Dit wordt een zwevende input genoemd
- Hoe dit op te lossen?



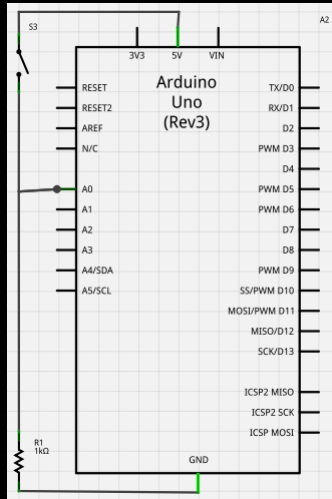
0.8 Ontwerp: oplossing

- Verbind de input via een weerstand met de Aarde
- Hierdoor kan restspanning wegvloeien tot nul Volt
- Dit wordt een pull-down weerstand genoemd

0.9 Ontwerp: oplossing



0.10 Ontwerp: oplossing



0.11 Opdracht

- Bouw dit!
- Wat voorspel je?
- Gebruik weer programma 'Examples | Basics | AnalogReadSerial'
- Wat meet je als de schakelaar wel/niet ingedrukt is?
- (tijd over: gebruik analogWrite naar een LEDje)

Dag 2 Oefeningen

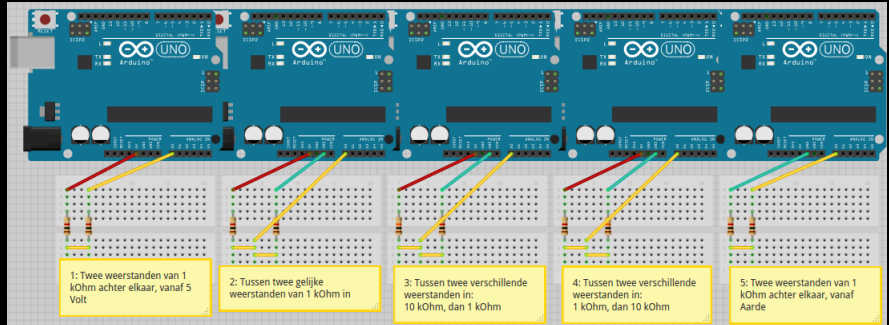
(C) Richèl Bilderbeek 

February 13, 2014

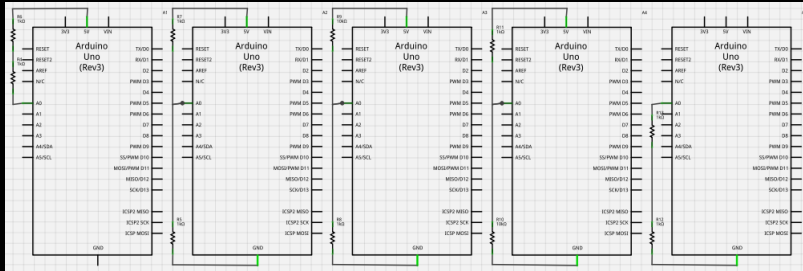
0.1 Overzicht

1. De vijf basisschakelingen
2. De drukknop

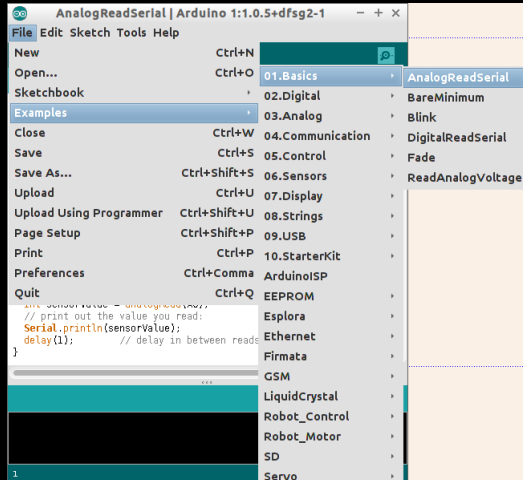
0.2 Basisschakelingen



0.3 Basisschakelingen



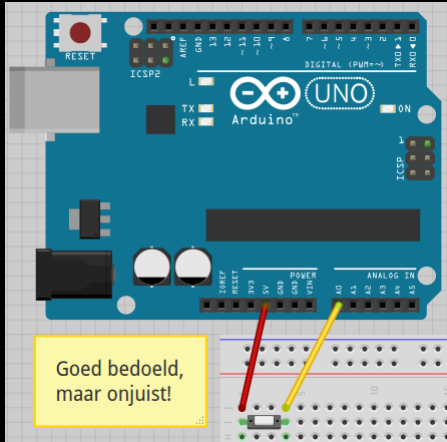
0.4 Programma



0.5 De Vijf Basisschakelingen

- Gebruik het programma: 'Examples | 01. Basics | AnalogReadSerial'
- Bouw omstebeurt de vijf basisschakelingen
- Welke waarden meet je bij elk van de vijf schakelingen?
- Noteer! Deze schakelingen zul je vaak gaan bekijken!

0.6 De Druknop: naief ontwerp



0.7 De Drukknop

- Bouw dit!
- Wat voorspel je?
- Gebruik weer programma 'Examples | Basics | AnalogReadSerial'
- Wat meet je als de schakelaar wel/niet ingedrukt is?
- Noteer! Dit onverwachte gedrag zal je vaker tegenkomen!
- Daarna: krijg de schakeling juist werkend

Dag 3

(C) Richèl Bilderbeek 

February 13, 2014

0.1 Vandaag

1. RgbLed: aansluiten RGB led
2. Cpp01: C++ basis
3. ReadSensor: lezen van een sensor

Arduino C++ #1

(C) Richèl Bilderbeek 

February 13, 2014

0.1 Overzicht

1. Doel
2. Arduino IDE
3. 'setup' en 'loop'
4. Fouten
5. data typen
6. if
7. for

0.2 Doel

- Fouten leren lezen
- Internet zoektermen
- Basis van programmeren

0.3 Arduino IDE

- Doel: gemakkelijk programmeren voor beginners (NB: voor gevorderden minder geschikt)
- taal: C++, volgens de C++03 standaard (niet C++0x, niet C++11)
- bibliotheken: C, Arduino
- voegt zelf nog dingen toe (zoals de main functie)

0.4 Van code naar machinetaal

- Code is bedoeld voor mensen om te lezen en te schrijven
- Een chip begrijpt alleen maar machinetaal
- Een compiler doet de vertaling van code naar machinetaal (NB: er zijn meer programma's die helpen, die noem ik vandaag allemaal 'compiler')
- De compiler is erg precies, en dat is goed
- De compiler heeft altijd gelijk!

0.5 Minimum programma

```
void setup() {}  
void loop() {}
```

0.6 Fouten

De code:

```
//(alle code gewist)
```

Foutmelding:

```
core.a(main.cpp.o):  
In function 'main': /[...] /main.cpp:11:  
undefined reference to 'setup'  
collect2: error: ld returned 1 exit status
```

Kern:

```
undefined reference to 'setup'
```

Wat bedoelt de compiler:

De compiler heeft gehoord dat 'setup' moet bestaan, maar kan deze niet vinden

0.7 Opdracht

- Start 'Examples | Basics | Bare minimum'
- Probeer zoveel mogelijk verschillende fouten te maken, alleen in 'setup' ('loop' is immers precies hetzelfde)
- Noteer (1) de code (2) de kern van de foutmelding (3) wat je denkt dat de compiler bedoelt (4) laat ruimte over voor later; als je snapt wat de
- Ik vind er met gemak achttien!
- Deze fouten zul je nog vaak tegen komen!

0.8 Fouten

<pre>//Een letter weg oid setup() {} vid setup() {} vod setup() {} voi setup() {} voidsetup() {} void etup() {} void stup() {} void seup() {} void setp() {} void setu() {}</pre>	<pre>void setup ({} void setup) {} void setup () } void setup () { //Een woord of tekencombinatie weg setup() {} void () {} void setup {} void setup ()</pre>
---	---

0.9 Variabelen en data typen

- Variabele: iets wat een computer moet onthouden, iets dat een mens kan lezen
- int: een geheel getal, bijvoorbeeld: een pin nummer, een aantal seconden

```
const int pin_led = 2;
```

- double: een gebroken getal, bijvoorbeeld: een voltage

```
const double voltage = 3.3; // Volt
```

- bool: een ja/nee, bijvoorbeeld: is de drukknop ingedrukt?

```
const bool is_ingedrukt = /* iets ingewikkelds */;
```

- nog veel meer

0.10 Ombouwen van data type

- Soms gebeurt dit stiekum of per ongeluk
- Maar dit kan ook open en expres, met `static_cast`

```
const int waarde
    = analogRead(A0);
const double voltage
    = static_cast<double>(waarde)
      / 1024.0;
```

0.11 if statement

- Als je iets soms wel en soms niet wil

```
if (analogRead(A0) < 512) { digitalWrite(2,HIGH); }  
else { digitalWrite(2,LOW); }
```

Teken	Spreek uit
==	is gelijk aan
!=	is ongelijk aan
<	is kleiner dan
<=	is kleiner of gelijk dan
>	is groter dan
>=	is groter of gelijk dan

0.12 for loop

- Als je een teller wilt laten lopen

```
for (int teller=0; teller!=255; ++teller)
{
    analogWrite(2,teller);
}
```

- Lees dit als:
 1. Zet een int genaamd 'teller' op de beginwaarde nul
 2. Doe de code tussen accolades zo lang 'teller' niet gelijk is aan 255
 3. Na de code tussen accolades: tel één op bij teller ('++teller') en ga naar stap 2

0.13 Testen

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  const double x = 2.0 / 7.0; Serial.println(x);
  const int i = 123; Serial.println(i);
  const bool b = true; Serial.println(b);
  for (int i=0; i!=255; ++i) Serial.println(i);
}
```

0.14 Opdracht

- Zoek een toepassing voor een if statement
- Zoek een toepassing voor een for loop

Hoe lees ik een sensor?

(C) Richèl Bilderbeek 

February 13, 2014

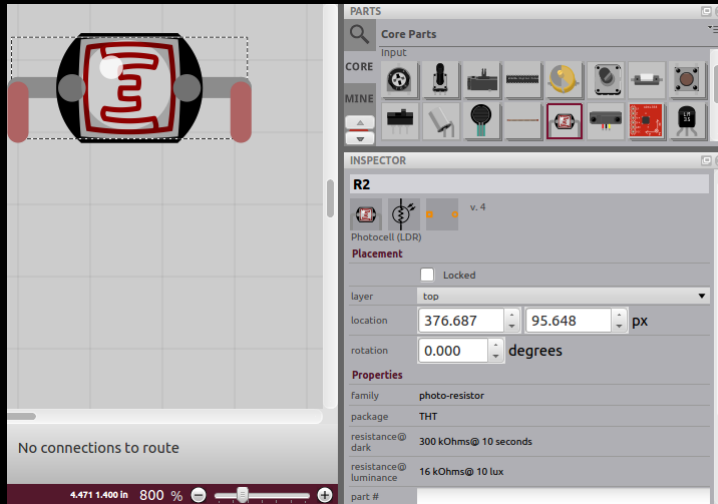
0.1 Overzicht

1. Doel
2. Vraag
3. Naief & experiment
4. Zo werkt het
5. Slim & experiment

0.2 Doel

- Zelf uitvinden hoe een lichtsensor werkt
- Experiment: ontwerpen, bouwen, meten, noteren

0.3 Waar in Fritzing?



0.4 Opdracht

- Weet: een lichtsensoren krijgt een andere weerstand bij meer/minder licht
- Weerstanden kennen we!
- Ontwerp een (of meer) schakeling(en) in Fritzing die bij meer/minder licht een andere waarde meet
- Bouw de schakeling, programmeer, meet de waarden, noteer!
- (tijd over: meet alleen de waarde als er op een drukknop wordt gedrukt, gebruik 'if' in je code)

0.5 Doen!

0.6 Conclusie

- Waar liep je tegen aan?
- Hoe reageert een lichtsensoren?

Hoe stuur ik een zonnemotor?

(C) Richèl Bilderbeek 

February 13, 2014

0.1 Overzicht

1. Doel

0.2 Doel

- Zelf uitvinden hoe een zonnemotor werkt

0.3 Waar in Fritzing?

- Niet

0.4 Opdracht

- Weet: een zonnemotor werkt op maximaal 5 Volt
- Gebruik de code van 'Examples | Analog | Fading' met analogWrite erin
- Ontwerp een (of meer) schakeling(en) in Fritzing om de zonnemotor aan te sturen
- Bouw de schakeling, programmeer, bekijk, noteer

0.5 Doen!

0.6 Conclusie

- Waar liep je tegen aan?
- Hoe reageert een lichtsensoren?

Dag 4

(C) Richèl Bilderbeek 

February 13, 2014

Arduino & werkwijze

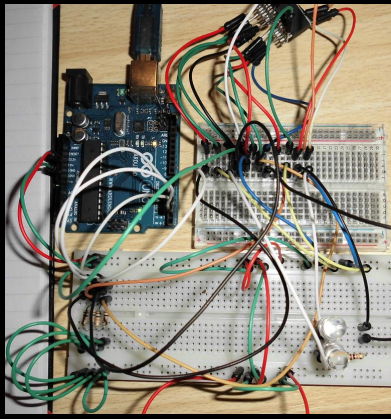
(C) Richèl Bilderbeek 

February 13, 2014

0.1 Overzicht

1. Waarom een werkwijze?
2. Welke werkwijze?

0.2 Hoezo?

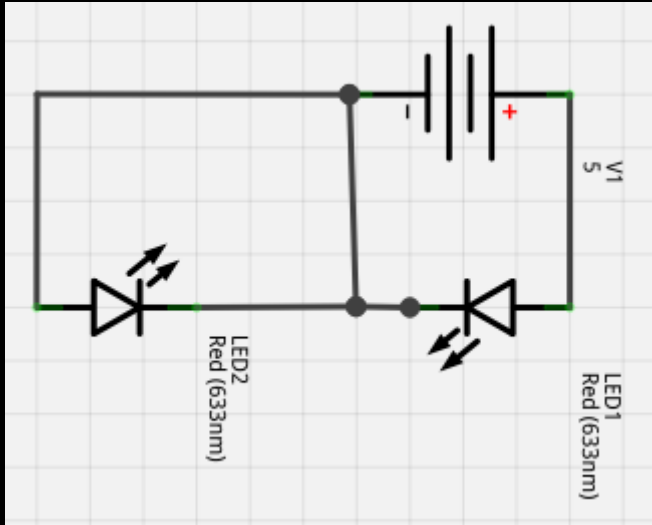


Hij doet het niet!

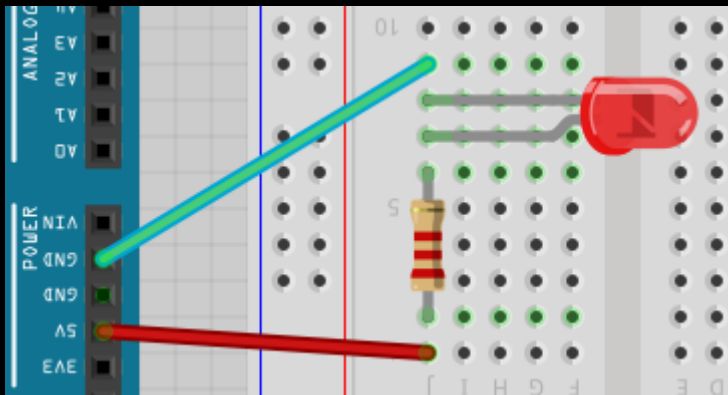
0.3 'Hij doet het niet'

- Wat is je stroomschema?
- Wat is je programma?
- Wat had je verwacht? Wat zie je gebeuren?

0.4 Stroomschema



0.5 Stroomschema



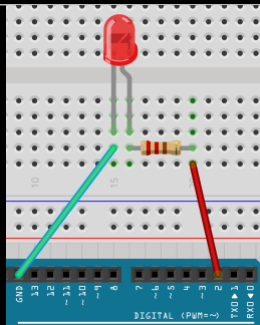
0.6 Wat is je programma?

```
void setup()
{
    pinMode(2,OUTPUT);
}

void loop()
{
    int x = 0;
    if (x == 10)
    {
        digitalWrite(2,HIGH);
    }
    ++x;
}
```

0.7 Wat is je programma?

```
int led = 13;  
void setup()  
{  
  pinMode(led , OUTPUT);  
}  
void loop()  
{  
  digitalWrite(led , HIGH);  
  delay(1000);  
  digitalWrite(led , LOW);  
  delay(1000);  
}
```



0.8 Wat had je verwacht? Wat zie je gebeuren?

- 'Dat er dingen gebeurden'
- 'Dat als ik op de knop druk, er een lampje elke second aan en uit gaat, de pieper gaat piepen met afwisselend elke twee seconde een hoge en een lage toon, het LCD scherm met een snelheid van een letter per seconde als een lichtkrantje het Wilhelmus toont ... camera ... robotarmen ... koude kernfusie
- 'dat het LEDje om de seconde aan en uit gaat'
- [andere citaten van vage verwachtingen]

0.9 Wat had je verwacht? Wat zie je gebeuren?

- 'als ik de drukknop indruk, dat dit bij de Arduino binnenkomt'
- 'dat er elke seconde afwisselend wel en geen spanning op het LEDje staat'
- Dit zijn verwachtingen die wijzen richting de oplossing
- Elke verwachting omvat een aanname, die blijkbaar onjuist is gebleken

0.10 Werkwijze

- Ontwerp precies
 - maak een stroomschema
- Werk precies:
 - sluit het stroomschema juist aan
 - laat het stroomschema met de software overeenkomen
- Denk precies
 - bedenk wat je verwacht
 - bedenk wat je aanneemt
- Als je dit doet, kun je alles