

# Embedded C

Week 5: Integratie – Individueel Project

---

# Overzicht

- Week 1: Hello Arduino - Basics - LED
- Week 2: Buttons - Interrupts
- Week 3: Potentiometer – the LED Screen
- Week 4: Timers - Sound
- Week 5: Integratie en individueel project
- Week 6: Integratie en individueel project

---

# Content

- Overzicht
- Demo 1 – Temperatuursensor
- Tips & Tricks
- Extra: muziek – een toontje hoger...
- Individueel project
- Examenplanning

---

# Week5 - Embedded

- ↪ Algemene afspraken
- ↪ Lijst sensors
- ↪ Demo
- ↪ Tips & Tricks
- ↪ Projectideeën

---

# Week 5 – Algemene afspraken



## Overzicht

- Je werkt *individueel* tegen het einde van P4 een programmeerproject uit in ANSI-C gebruikmakende van je Arduino en extension shield.
- Individueel project:
  - ofwel formuleer je zelf een projectvoorstel
  - ofwel geef je je voorkeur uit de lijst van projectideeën door aan de docent
- Je mag (vrijblijvend) externe componenten aan je extension shield koppelen (sensors)
- Vereisten:
  - C programma qua volume dubbel van een weekproject
  - Zoveel mogelijk leerstofelementen erin verwerken (interrupts, structs, timers, ADC, gebruik shift registers, arrays, strings, dynamische allocatie geheugen,...)
  - Gebruik van de serial monitor
- Gebruik zoveel mogelijk eigen geschreven libraries
- Extra: communicatie met een Java-programma
- Deadline: zondag 30 mei middernacht
- Evaluatie: 50% programmeercode en 50% mondeling examen

# Week 5 – Lijst sensoren



## Overzicht

Omschrijving	Link	Prijs
Jumperkabels (heb je ALTIJD nodig)	<a href="https://www.conrad.be/p/mikroelektronika-mikroe-511-jumper-kabel-raspberry-pi-banana-pi-arduino-10">https://www.conrad.be/p/mikroelektronika-mikroe-511-jumper-kabel-raspberry-pi-banana-pi-arduino-10</a>	€ 3,70
Temperatuursensor	<a href="https://www.conrad.be/p/duino-1485301-temperatuursensor-1485301">https://www.conrad.be/p/duino-1485301-temperatuursensor-1485301</a>	€ 4,36
Vochtigheidssensor	<a href="https://www.conrad.be/p/vochtigheidssensor-me014-duino-me014-1616238">https://www.conrad.be/p/vochtigheidssensor-me014-duino-me014-1616238</a>	€ 5,94
Naderingssensor	<a href="https://www.conrad.be/p/duino-1485298-naderingssensor-1485298">https://www.conrad.be/p/duino-1485298-naderingssensor-1485298</a>	€ 3,92
Lijnherkenningsensor	<a href="https://www.conrad.be/p/duino-1485324-1485324">https://www.conrad.be/p/duino-1485324-1485324</a>	€ 5,58
Lichtevoelige weerstand	<a href="https://www.conrad.be/p/duino-1485310-lichtgevoelige-weerstand-arduino-1485310">https://www.conrad.be/p/duino-1485310-lichtgevoelige-weerstand-arduino-1485310</a>	€ 3,35
Bodemvochtigheidssensor	<a href="https://www.conrad.be/p/bodemvochtigheidssensor-me110-duino-me110-1616242">https://www.conrad.be/p/bodemvochtigheidssensor-me110-duino-me110-1616242</a>	€ 1,82
Bewegingssensor - Makerfactory	<a href="https://www.conrad.be/p/makerfactory-pir-bewegingsmelder-vma314-geschikt-voor-arduino-boards-ard">https://www.conrad.be/p/makerfactory-pir-bewegingsmelder-vma314-geschikt-voor-arduino-boards-ard</a>	€ 5,38
Bewegingssensor - iduino	<a href="https://www.conrad.be/p/duino-1485335-pir-bewegingssensor-1485335">https://www.conrad.be/p/duino-1485335-pir-bewegingssensor-1485335</a>	€ 7,62
Regenmeldersensor	<a href="https://www.conrad.be/p/regenmelder-sensor-me111-duino-me111-1616243">https://www.conrad.be/p/regenmelder-sensor-me111-duino-me111-1616243</a>	€ 5,58
Waterpeilsensor	<a href="https://www.conrad.be/p/duino-vochtsensormodule-1-stuk-s-se045-1485323">https://www.conrad.be/p/duino-vochtsensormodule-1-stuk-s-se045-1485323</a>	€ 2,02
Waterpeilsensor + Bodemvochtigheidssensor	<a href="https://www.conrad.be/p/makerfactory-vochtigheidssensor-en-waterpeilsensor-1612748">https://www.conrad.be/p/makerfactory-vochtigheidssensor-en-waterpeilsensor-1612748</a>	€ 4,99
Trillingssensor - 1 stuk	<a href="https://www.conrad.be/p/duino-1485326-trillingssensor-arduino-1485326">https://www.conrad.be/p/duino-1485326-trillingssensor-arduino-1485326</a>	€ 3,35
Trillingssensor - 2 stuks	<a href="https://www.conrad.be/p/makerfactory-trillings-stootsensor-2-delig-compatibel-met-arduino-1612798">https://www.conrad.be/p/makerfactory-trillings-stootsensor-2-delig-compatibel-met-arduino-1612798</a>	€ 5,03
Trillingsensor	<a href="https://www.conrad.be/p/duino-1485302-trillingsensor-arduino-1485302">https://www.conrad.be/p/duino-1485302-trillingsensor-arduino-1485302</a>	€ 11,50
Hellingsensor	<a href="https://www.conrad.be/p/duino-1485333-hellingsensor-arduino-1485333">https://www.conrad.be/p/duino-1485333-hellingsensor-arduino-1485333</a>	€ 3,35
Klopsensor	<a href="https://www.conrad.be/p/duino-1485312-klopsensor-arduino-1485312">https://www.conrad.be/p/duino-1485312-klopsensor-arduino-1485312</a>	€ 2,77
Microfoonvolumesensor	<a href="https://www.conrad.be/p/duino-1485297-microfoonvolumesensor-1485297">https://www.conrad.be/p/duino-1485297-microfoonvolumesensor-1485297</a>	€ 4,86
Schakelsensor	<a href="https://www.conrad.be/p/duino-se032-schakelsensor-1-stuks-1485321">https://www.conrad.be/p/duino-se032-schakelsensor-1-stuks-1485321</a>	€ 4,36
Infraroodzender	<a href="https://www.conrad.be/p/duino-1485309-infrarood-zender-arduino-1485309">https://www.conrad.be/p/duino-1485309-infrarood-zender-arduino-1485309</a>	€ 3,35
Infraroodontvanger	<a href="https://www.conrad.be/p/duino-1485322-infrarood-ontvanger-arduino-1485322">https://www.conrad.be/p/duino-1485322-infrarood-ontvanger-arduino-1485322</a>	€ 3,35
Afstandssensor	<a href="https://www.conrad.be/p/ultrasoonsensor-st1099-diverse-duino-st1099-diverse-1616245">https://www.conrad.be/p/ultrasoonsensor-st1099-diverse-duino-st1099-diverse-1616245</a>	€ 3,85
Magnetisch veld detector	<a href="https://www.conrad.be/p/duino-1485303-hall-sensor-arduino-1485303">https://www.conrad.be/p/duino-1485303-hall-sensor-arduino-1485303</a>	€ 4,36
Alcoholsensor	<a href="https://www.conrad.be/p/alcohol-ethanol-gas-sensor-me075-duino-me075-1616239">https://www.conrad.be/p/alcohol-ethanol-gas-sensor-me075-duino-me075-1616239</a>	€ 9,66
Rook - en gassensor	<a href="https://www.conrad.be/p/rook-gassensor-me084-duino-me084-1616241">https://www.conrad.be/p/rook-gassensor-me084-duino-me084-1616241</a>	€ 6,09
Aanraaksensor	<a href="https://www.conrad.be/p/capacitieve-aanraaksensor-me130-duino-me130-1616251">https://www.conrad.be/p/capacitieve-aanraaksensor-me130-duino-me130-1616251</a>	€ 5,58
Joystick	<a href="https://www.conrad.be/p/sensorkit-ky023jm-arduino-banana-pi-pduino-raspberry-pi-1707629">https://www.conrad.be/p/sensorkit-ky023jm-arduino-banana-pi-pduino-raspberry-pi-1707629</a>	€ 3,75
Kleurenled (+ aankoop 3 weerstanden 560 Ohm n	<a href="https://www.conrad.be/p/rgb-led-module-st1090-duino-st1090-1616259">https://www.conrad.be/p/rgb-led-module-st1090-duino-st1090-1616259</a>	€ 2,84

### Opmerkingen:

- Er is geen verplichting om sensors aan te kopen.
- De opgegeven webwinkel is een voorbeeld, iedereen die eventueel sensors wenst aan te schaffen kan dit doen in de (web)winkel van zijn keuze.

---

# Week 5 - Demos



Overzicht

## 1 – Temperatuursensor

*Hoe connecteer je een (temperatuur)sensor op je extension shield (video) en hoe gebruik ik deze sensor?*

---

# Week 4 – Tips & Tricks



Overzicht

1 – Java: communicatie over de seriële poort

2 – My API: pinMode en digitalWrite

3 – My API: digitalRead en analogRead



---

# Week 5 - Projectideeën



Opdracht










Overzicht

- ☐ [Bankattack.pdf](#)
- ☐ [Cijfervormer.pdf](#)
- ☐ [Covid Oppressor 2.pdf](#)
- ☐ [Dubbel 8.pdf](#)
- ☐ [Elf hoog.pdf](#)
- ☐ [Guitar Hero.pdf](#)
- ☐ [HogerLager.pdf](#)
- ☐ [Roulette.pdf](#)
- ☐ [Slot Machine.pdf](#)
- ☐ [Stille Jan.pdf](#)

---

# Niet vergeten: Portfolio

○...

- ▼  arduino
  - >  libraries
  - >  Project Week 1 - MorseCode
  -  Project Week 2 - Simon
  -  Project Week 3
  -  Project Week 4
  -  Project Week 5 & 6



---

# **Demo 1 – Temperatuursensor**



---

# Demo 1' – Temperatuursensor- C-code

```
#include <avr/io.h>
#include <stdlib.h>
#include <util/delay.h>
#include <display.h>

#define Vref 1000          // Vref is 1V, maximale output

void initADC() {
    ADMUX |= _BV(REFS0);           // zie demo potentiometer!!
    ADCSRA |= _BV(ADPS2) | _BV(ADPS1) | _BV(ADPS0); // kies interne 5V (VCC) als referentiespanning
    ADCSRA |= _BV(ADEN); // stel prescaling factor in op 16 Mhz / 128 = 125 Khz
    // enable AD conversie
}

uint16_t readADC(uint8_t channel) {
    ADMUX = (ADMUX & 0xf0) | channel; // plaats het gewenste channel in de laagste 4 bits van ADMUX-register
    ADCSRA |= _BV(ADSC); // trigger conversie
    loop_until_bit_is_clear(ADCSRA, ADSC); // wacht tot ADSC nul (cleared) is, dan is conversie gedaan
    return ADC;
}
```

---

# Demo 1' – Temperatuursensor- C-code

```
double to_voltage(int rawADC) {  
    return rawADC * (Vref / 1023.0); // 0 = 0V en 1023 = 1V  
}  
  
double to_temperature(int rawADC) {  
    return to_voltage(rawADC) / 10.0;  
}  
  
int main() {  
    initDisplay();  
    initADC();  
    uint16_t rawADC;  
    double temp;  
    double voltage;  
    while (1) {  
        rawADC = readADC(PC5); // lees ADC waarde op A5 (PC5)  
        voltage = to_voltage(rawADC); // zet ADC om naar spanning  
        temp = to_temperature(rawADC); // zet ADC om naar temperatuur  
        writeNumberAndWait(temp,1000);  
    }  
    return 0;  
}
```

# Demo 1 – Temperatuursensor - Achtergrond

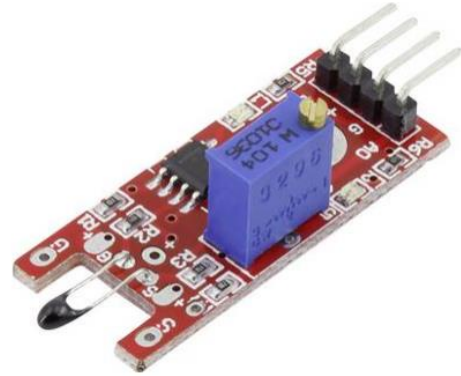
## Iduino 1485301

**Sensormodule als afzonderlijke sensor**, te gebruiken in combinatie met het Arduino-platform, maar ook met andere systemen. Een thermistor met NTC-karakter ((Negative Temperature Coefficient) vormt de basis van de digitale temperatuursensormodule.

Een **thermistor** is een elektrische weerstand (de weerstand is afhankelijk van de temperatuur). Het woord thermistor is een samenvoeging van de Engelse woorden *thermal* en *resistor*.

## LM35DZ

Integrated-circuit temperatuursensor waarbij de output voltage lineair proportioneel is met de temperatuur in °C (centigrade)



# Demo 1' – Temperatuursensor - Achtergrond

## LM35DZ

Integrated-circuit temperatuursensor waarbij de output voltage lineair proportioneel is met de temperatuur in °C (centigrade)

### Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10,0 mV/°C scale factor
- 0,6 °C accuracy guaranteeable (at +25 °C)
- Rated for 0...100 °C range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than 60 µA current drain
- Low self-heating, 0,08 °C in still air
- Nonlinearity only ±0,25 °C typical
- Low impedance output, 0,1 W for 1 mA load

### Technical data

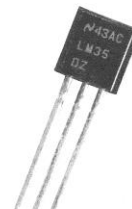
#### Precision temperature sensor LM35DZ

Voltage output	10 mV / °C
Operating range	0...100 °C
Housing	TO92
Accuracy	±0,6 °C (at +25 °C)

## DATA SHEET

### Precision temperature sensor LM35DZ

Description



### Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear +10,0 mV/°C scale factor
- 0,6 °C accuracy guaranteeable (at +25 °C)
- Rated for 0...100 °C range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than 60 µA current drain
- Low self-heating, 0,08 °C in still air
- Nonlinearity only ±0,25 °C typical
- Low impedance output, 0,1 W for 1 mA load

### Technical data

Precision temperature sensor LM35DZ	
Voltage output	10 mV / °C
Operating range	0...100 °C
Housing	TO92
Accuracy	±0,6 °C (at +25 °C)

Article	Art.No.
Temperature sensor LM35DZ	0385 0003-10

### General description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the users not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain consistent Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of ±0,25 °C at room temperature and ±0,75 °C over a full 0...100 °C temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35DZ is low output impedance, linear output, and precise inherent calibration making interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only 60 µA from its supply, it has very low self-heating, less than 0,1 °C in still air. The LM35DZ is rated to operate over a 0...100 °C temperature range. The LM35 series is available packaged in the plastic TO-92 transistor package.

Front view



For further information, visit our website: [www.bb-sensors.com](http://www.bb-sensors.com)

# Demo 1' – Temperatuursensor - Achtergrond

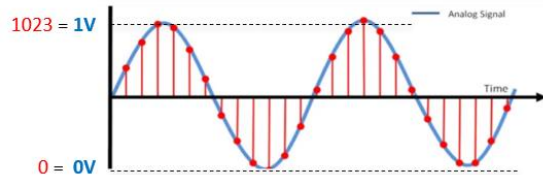
## LM35DZ

Technical data

Precision temperature sensor LM35DZ

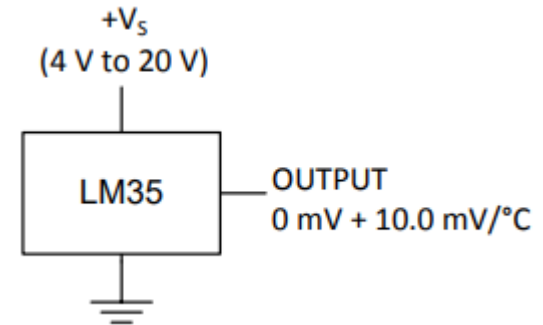
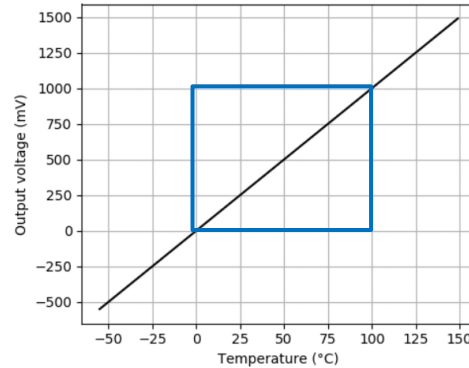
Voltage output	10 mV / °C
Operating range	0...100 °C
Housing	TO92
Accuracy	±0,6 °C (at +25 °C)

10mV/°C & 0...100 °C => max  $V_{OUT} = 1 \text{ V}$



$0 \text{ V} \Rightarrow 0$   
 $1 \text{ V} \Rightarrow 1023$

Spanningsresolutie =  $1\text{V}/1024 = 9,766 \text{ mV}$



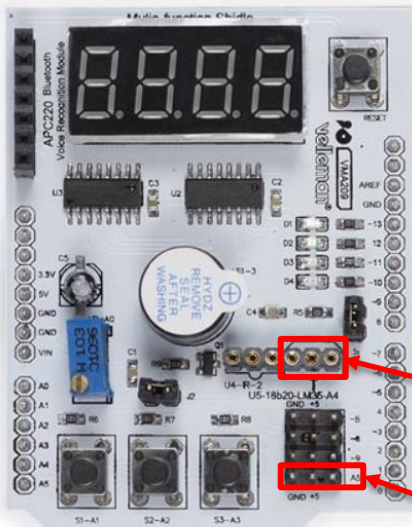
10 mV/°C =>  $V_{OUT} = 250 \text{ mV} = 25^\circ\text{C}$

$$V_{OUT} / 10 = \text{Temp } (^\circ\text{C})$$

$$V_{OUT} = \text{ADC} * (V_{REF} / 1024)$$



# Demo 1 – Temperatuursensor - Achtergrond

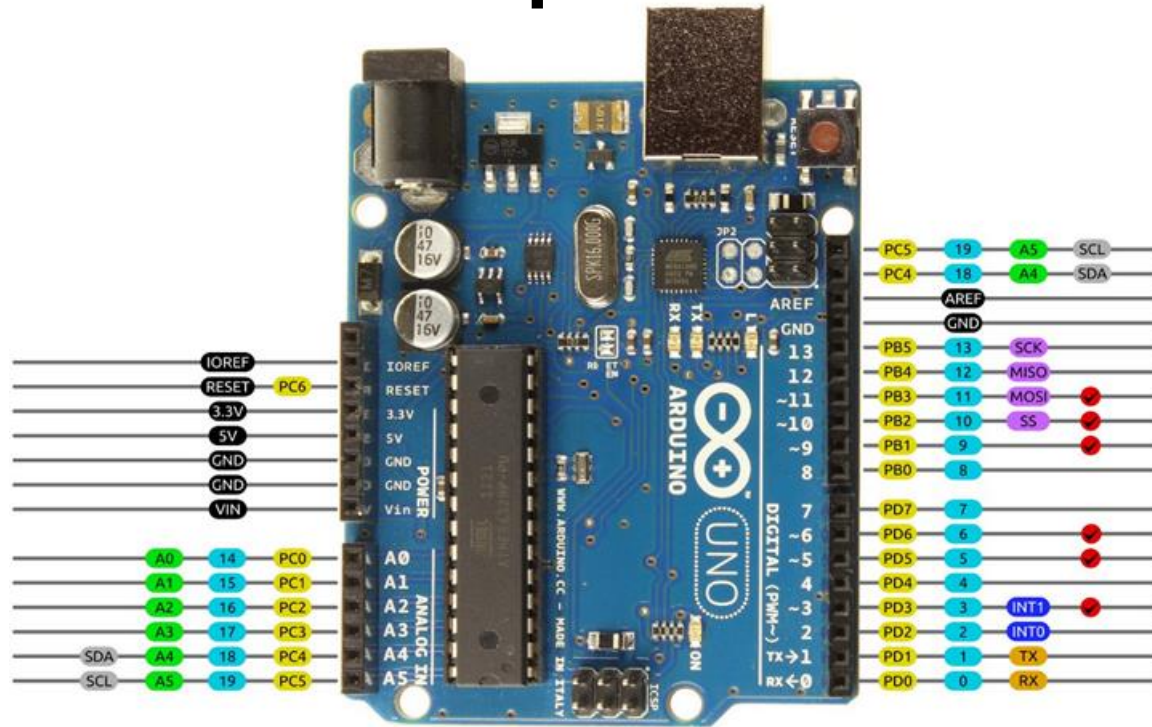


4 red LEDs  
3 buttons + reset button  
potentiometer (10 kΩ)  
4-digit, 7-segment LED tube driven by 74HC595  
buzzer  
socket for IR receiver (remote control)  
socket for temperature sensor **LM35** or DS18B20 (polarity!)  
header for APC220 shield  
free pins (PWM)

10, 11, 12, 13  
A1, A2, A3  
A0  
latch 4, clock 7, data 8  
3 (digital on-off)  
2  
A4  
GND, +5V, 0, 1 (RX/TX)  
5, 6, 9, A5

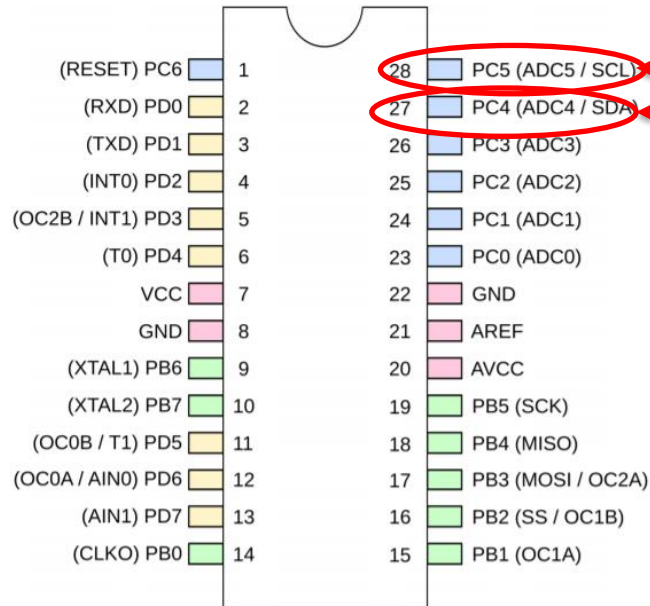


# Demo 1 – Temperatuursensor - Achtergrond



AVR DIGITAL ANALOG POWER SERIAL SPI I2C PWM INTERRUPT

# Demo 1 – Temperatuursensor - Achtergrond



Multi-Function shield V2	Digital pin (Dn)	Analog pin (An)	AVR pin	AVR port	AVR function(s)	AVR PWM
Bluetooth header - tx	0		2	PD0	RxD	
Bluetooth header - rx	1		3	PD1	TxD	
IR receiver	2		4	PD2	INT0	
Buzzer	3		5	PD3	INT1, OC2B	Yes
7-seg display Pin latch	4		6	PD4	T0, XCK	
header	5		11	PD5	T1	Yes
header	6		12	PD6	AIN0	Yes
7-seg display clock	7		13	PD7	AIN1	
7-seg display data	8		14	PB0	CLK0, ICP1	
Red LED	9		15	PB1	OC1A	Yes
Red LED	10		16	PB2	OC1B, SS	Yes
Red LED	11		17	PB3	OC2A, MOSI	Yes
Red LED	12		18	PB4	MISO	
Red LED	13		19	PB5	SCK	
Variable resistor	14	0	23	PC0		
Switch 1	15	1	24	PC1		
Switch 2	16	2	25	PC2		
Switch 3	17	3	26	PC3		
DS18B20 header	18	4	27	PC4	SDA	
header	19	5	28	PC5	SCL	

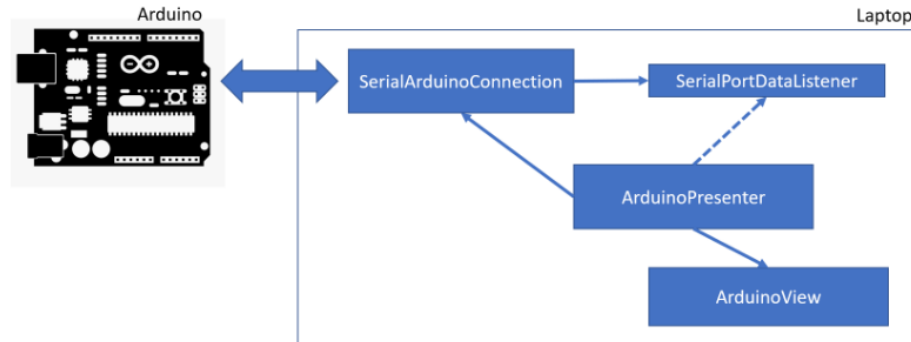
---

## Tips & Tricks

- ↪ Java: communicatie over seriële poort
- ↪ MyAPI

# Tips & Tricks - Java: communicatie over seriële poort

- Gebruik hiervoor een library zoals [jSerialComm \(Koppelingen naar een externe site.\)](#).
  - download de jar file van deze library
  - zorgt ervoor dat je java applicatie deze library kan gebruiken.
- Voorbeeldprojectje beschikbaar op Canvas



---

# Tips & Tricks - MyAPI

## Doel:

een **library** met een aantal **high-level functies** om rechtstreeks naar een pin te schrijven, of er van te lezen, ... i.p.v. te werken met bitmanipulaties

## Welke high-level functies?

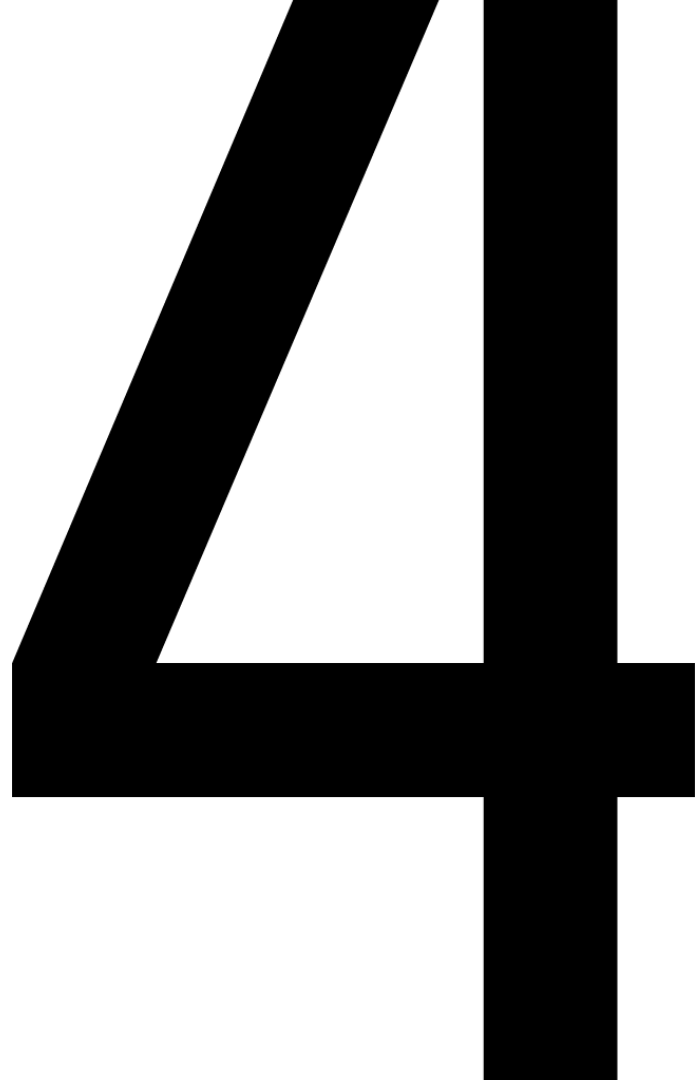
- **pinMode**: om een pin in bepaalde *modus* te zetten: *output*, *input* of *pull-up*.
- **digitalWrite**: om een *hoge* of *lage waarde* naar een pin te schrijven.
- **digitalRead**: om *digitale waarde* van een pin te lezen,
- **initADC en analogRead**: om een *analoge waarde* van een pin te lezen.

## Voordeel:

Arduino code te vinden op internet bijna copy-paste gebruiken.

---

**Extra: Muziek – een  
toontje hoger...**



---

# Extra: muziek – een toontje hoger...

```
// Star Wars - the Imperial March - Darth Vader Theme
int melody[] = {NOTE_A4, NOTE_A4, NOTE_A4, NOTE_F4, NOTE_C5, NOTE_A4, NOTE_F4, NOTE_C5, NOTE_A4, 0,
                NOTE_E5, NOTE_E5, NOTE_E5, NOTE_F5, NOTE_C5, NOTE_GS4, NOTE_F4, NOTE_C5, NOTE_A4};
uint8_t noteType[] = {4,4,4,6,16,4,6,16,4,4,4,4,4,6,16,4,6,16,4}; //2 = 1/2; 4 = 1/4; 8 = 1/8; 16 = 1/16;...
bpm = 108; // beats per minute
```

Library pitches

👉 enkel **pitches.h** bestand

```
/******
 * Public Constants (in Hz)
 *****/

#define NOTE_C0 16.35
#define NOTE_CS0 17.32
#define NOTE_D0 18.35
#define NOTE_DS0 19.45
#define NOTE_E0 20.6
#define NOTE_F0 21.83
#define NOTE_FS0 23.12
:
#define NOTE_GS8 6644.88
#define NOTE_A8 7040
#define NOTE_AS8 7458.62
#define NOTE_B8 7902.13
```



---

# Extra: muziek – een toontje hoger...

```
#define __DELAY_BACKWARD_COMPATIBLE__    // to allow variables as parameter for the _delay-functions
#include <util/delay.h>
#include <avr/io.h>
#include <itches.h>
```

```
void enableBuzzer() {
    DDRD |= (1 << (PD3));    // The buzzer is at PORTD3
}
```

```
void soundBuzzer(){
    PORTD &= ~(1 << (PD3));
}
```

```
void noSoundBuzzer(){
    PORTD |= (1 << (PD3));
}
```



Best een buzzer-library aanmaken

---

# Extra: muziek – een toontje hoger...

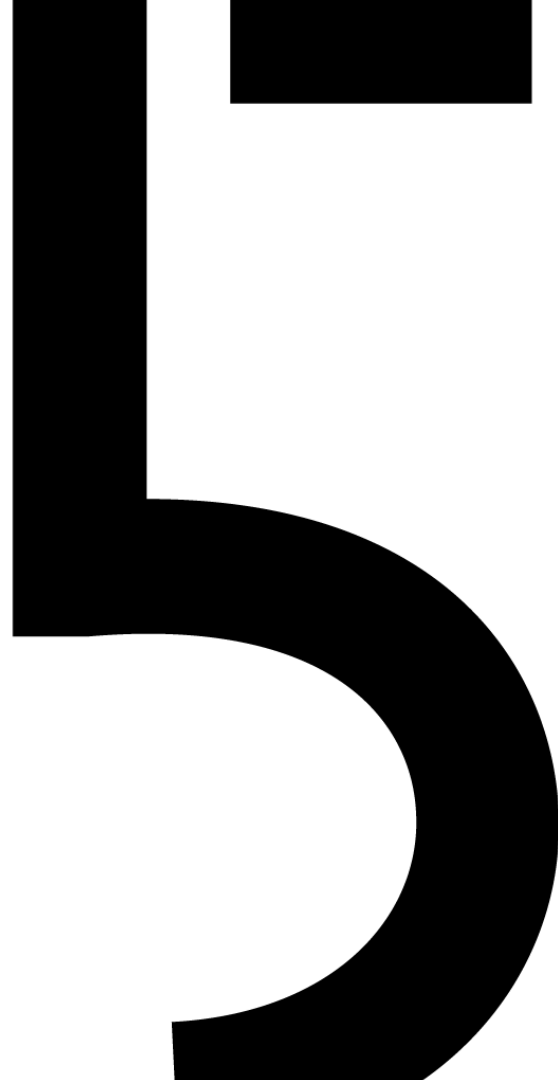
```
void wait(long period) {
    _delay_ms (period / 1000);    // First delay for the number of whole milliseconds
    _delay_us (period % 1000);    // Then delay for the remainder of microseconds
}

void playOneNote(int frequencyInHz, uint8_t noteType, uint8_t bpm) {
    float beatDuration = (60.0 / bpm) * 1000000L;    // Time between two beats in microseconds
    float noteGap = beatDuration * 0.1;    // Time of the gap between two notes in microseconds
    long halfPeriod = (1000000L/frequencyInHz) / 2;    // in microseconds
    long noteDuration = beatDuration * (4.0 / noteType);    // in microseconds
    long elapsed = 0;
    while(halfPeriod > 0 && elapsed < (noteDuration - noteGap)) {
        soundBuzzer();
        wait(halfPeriod);
        noSoundBuzzer();
        wait (halfPeriod);
        elapsed += halfPeriod * 2;
    }
    wait((noteDuration - elapsed));
}

int main () {    // play melody only once
    enableBuzzer();
    for(int i = 0; i < sizeof(melody)/sizeof(int); i++) {
        playOneNote(melody[i],noteType[i], bpm);
    }
}
```

---

# **Toewijzing Projecten**



---

# Toewijzing projecten

...

---

# **Mondeling Examen - Planning**



# Mondeling Examen - Planning

Uur	Woensdag 16 juni - INF107A	Uur	Vrijdag 18 juni - INF107B
8:30		8:30	
8:50		8:50	
9:10		9:10	
9:40		9:40	
10:00		10:00	
10:20		10:20	
10:40		10:40	
11:10		11:10	
11:30		11:30	
13:00		13:00	
13:20		13:20	
13:40		13:40	
14:10		14:10	
14:30		14:30	
14:50		14:50	
15:20		15:20	
15:40		15:40	

