

Analog IO

Tot nu toe stuurde de microcontroller externe devices aan door een GPIO-pin HIGH (spanning 3.3v) of LOW (0V) te maken (*Output*). Nu gaan we de spanning meten die binnenkomen van externe devices (*Input*), zoals een lichtsensor (LDR) en temperatuursensor (TMP36). De waarden van deze soort devices kunnen elk mogelijke waarde hebben (**analoge** metingen).

☛ Zeer belangrijk is te weten wat de **maximale spanningswaarden (en stroomwaarden)** mogen zijn om de microcontroller niet te beschadigen!

De [LoPy4 Datasheet](#) geeft op pagina 26 de volgende **maximale** waarden voor spanning en stroom die een externe device mag geven:

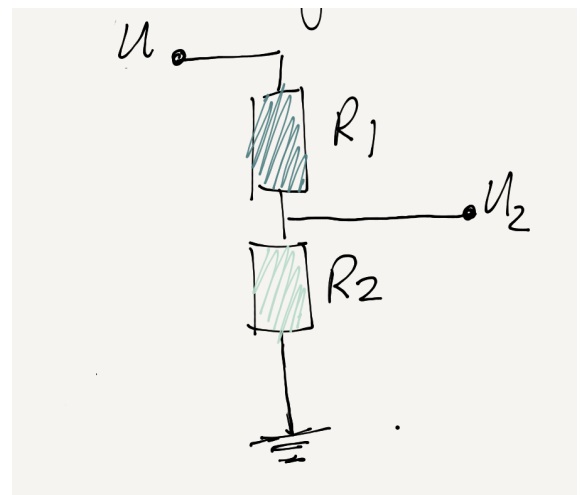
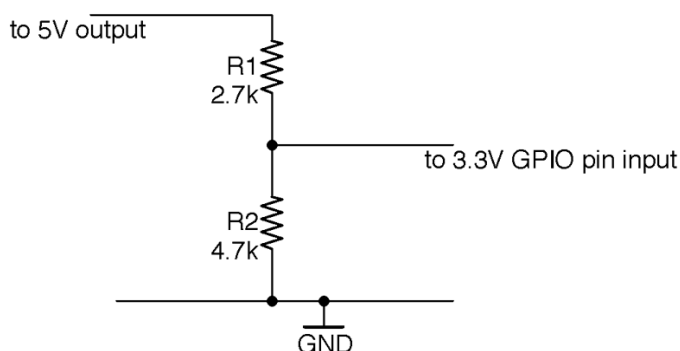
Ingangsspanning V_{in}	3.3 - 5.5	V
Input high voltage	$V_{3v3} + 0.3$	V
Max Input/Output current	12	mA

Spanningsdeler

Sommige externe devices geven een hogere spanning dan gewenst, je hebt dan een **spanningsdeler** nodig om een lagere spanning te krijgen. Er zijn ook schakelingen te koop, die een spanningsverlaging kunnen geven (zgn. 'level shifters').

Een eenvoudige spanningsdeler schakeling ziet er uit als in figuur 1.

Voorbeeld 5V naar 3.3V - vaak toegepast om Arduino circuits (5V) naar ESP8266/ESP32/Raspberry PI spanningsnivo te gaan:



Figuur 1

Voorbeeld; 5V -> 3.3 V
Als $U=5V$, $R_1 = 2k7\Omega$, $R_2=4k7\Omega$
dan is $U_2 = 3.3 V$

Een spanningsdeler schakeling gebruiken we o.a. ook om licht te meten met een analoge lichtsensor, zoals LDR, dat niets anders is dan een lichtgevoelige weerstand - zie paragraaf [Lichtsensor](#).

Bronnen

- [Monk] [Electronics Cookbook](#), Simon Monk, O'Reilly Media Inc, 2017
- [DiCola] Micropython hardware: [digital IO](#), en [Analog IO](#), Adafruit Learning, *seen 10-09-2018*.
- [Losant] [How to read the TMP36 temperature sensor with Pycom and Sigfox](#), June 5, 2018, *seen 10-09-2018*.
- Wikipedea artikelen, Pycom forum, Pycom documentatie

Temperatuur sensor - analoge TMP36

De TMP36 is een analoge temperatuur sensor dat jou kan vertellen wat de omgevingstemperatuur is (Engels: *ambient temperature*). Het heeft drie pinnen, zie figuur 2. Adafruit heeft een mooie [gide geschreven over de TMP36 sensor](#), als je geïnteresseerd bent in details.

Het meten van de temperatuur is relatief eenvoudig. De analoge input van de sensor is linear proportioneel met de temperatuur - zie diagram uit de TMP datasheet. Om een spanning te vertalen naar temperatuur, gebruik je de volgende formule:

$$\text{Temp in } ^\circ\text{C} = [(V_{\text{out in mV}} - 500) / 10]$$

Voorbeeld: als V_{out} is 1V, dan is de temperatuur $((1000 \text{ mV} - 500) / 10) = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$

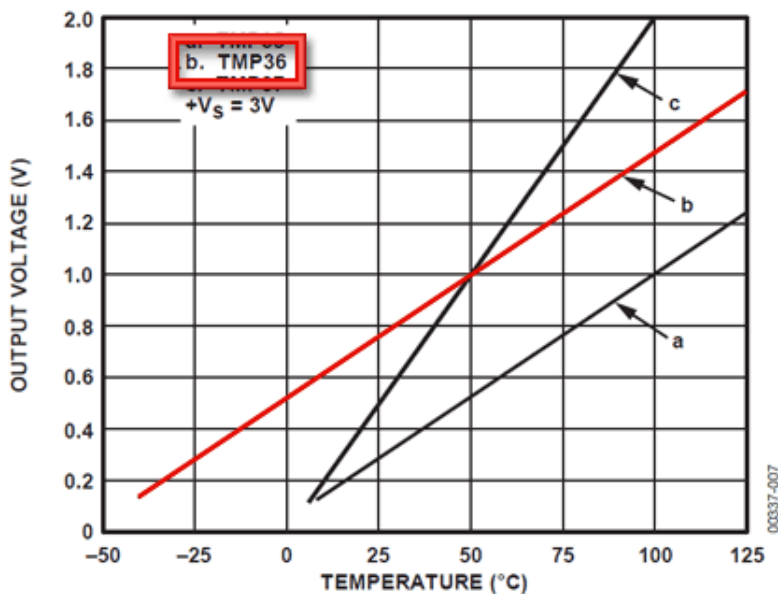
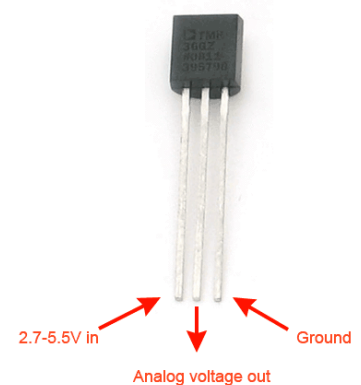


Figure 6. Output Voltage vs. Temperature



Figuur 2

Enkele karakteristieken van de sensor: 10 mV/°C schaal factor, ±2°C precisie over de temperatuur en Operating Range: -40°C to +125°C

AANSLUITSCHEMA

Let op de aansluiting van voedingsspanning V_{in} en GND (**figuur 2: vlakke kant van sensor!**). Het is heel makkelijk deze te verwisselen. Sensor wordt dan erg heet!

Het is *good practice* om een **rode draad** te gebruiken voor de voedingsspanning (3V3) en een **zwarte draad** voor GND.

Expansion Board	TMP36	Opmerking
G3 (P16)	Analog voltage out	TMP36: middle pin
3V3	V_{in}	TMP36: left pin
GND	Ground	TMP36: right pin
Let op: dat je aankijkt tegen de vlakke kant van TMP36		

BASIS CODE voor uitlezen analoge ingang.

ADC staat voor **A**nalog **D**igital **C**onversion, vrij vertaald het digitaliseren van analoge waarden.

```
from machine import ADC

adc = ADC()

# Set calibration - zie Pycom documentatie(*)
adc.vref(1100)

# Check calibration by reading a known voltage
adc_c = adc.channel(pin='P16', attn=ADC.ATTN_11DB)
print(adc_c.voltage())
```

(*) De ESP32 ADC is niet gekalibreerd vanuit de fabriek. In de [Pycom documentatie sectie ADC](#) staat, hoe je de ADC kalibreert. Een multimeter is beschikbaar.

Calibreren: gebruik pin P6 / G13 voor de 1.1V referentiespanning. Meet de spanning met multimeter. De waarde in mV gebruik je in de aanroep `adc.vref(value)` - zie basis code.

Zie verder opdrachten om de temperatuursensor te gebruiken.

Tip

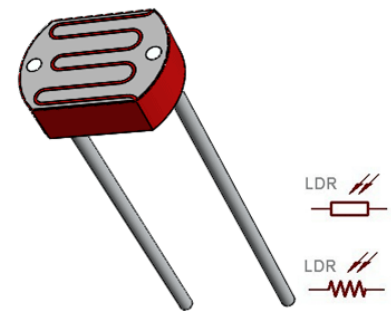
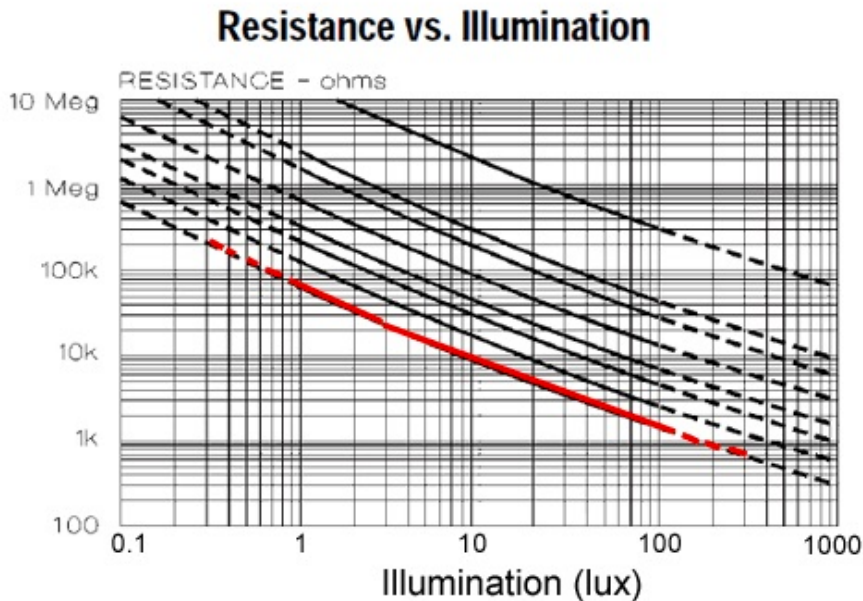
Er is een class TMP36 beschikbaar op mijn Github site. Je kan er gebruik van maken.

Lichtsensoren - analoge LDR

Materiaal

1x LDR - fotocel
1x 10KΩ weerstand

De LDR is een lichtgevoelige weerstand (focel), wiens weerstand afneemt naarmate er méér licht opvalt. Als het donker is, dan gedraagt de fotocel zich als een grote weerstand van plm.10 MΩ. Als het licht-niveau toeneemt, neemt de weerstand af. De grafiek toont de weerstand van de fotocel bij verschillende licht-niveaus. Let wel op, elke fotocel zal iets anders reageren, dus zie de grafiek als een richtlijn.



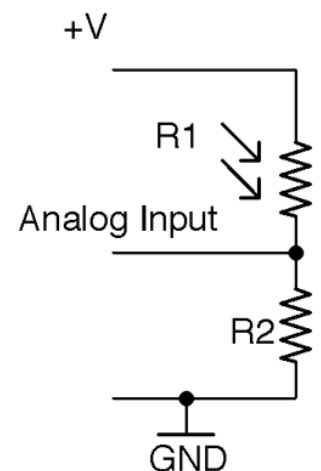
SCHAKELSCHEMA

De lichtsensor varieert zijn weerstand onder invloed van het opvallende licht. Zet de lichtsensor in een spanningsdeler schakeling, zoals figuur 3, om de lichtwaarde om te zetten in een spanning, die gemeten wordt op een analoge input GPIO-pin. De spanning op de GPIO-pin is dan als volgt:

$$V_{\text{analoge input}} = V \cdot (R2 / (R1 + R2))$$

Gegeven: $V = 3.3V$, $R2 = 10k\Omega$, $R1$ is de variabele weerstand van de LDR.

Met de specificaties van de LDR (zie LDR datasheet, of, bovenstaande diagram), kun je uitrekenen wat de spanning op de GPIO-pin is, als het donker ($R1 \approx 1M\Omega$ is en er veel licht op LDR valt ($R1 \approx 1k\Omega$), en, dus, welke getallen je kan verwachten ([Opdracht 1](#)).



Figuur 3

Opdrachten analoge IO

Maak zowel circuits en de Micropython programma's om (omgevings)licht te meten (lichtsensor) als (omgevings)temperatuur te meten en op het beeldscherm te laten zien.

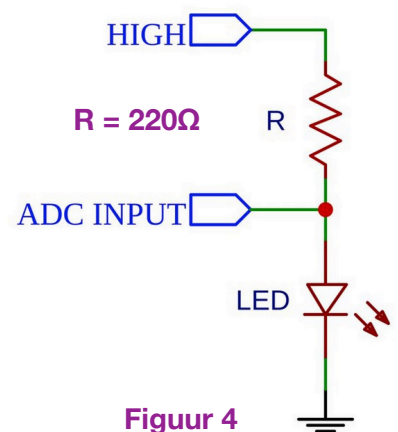
In latere colleges kan je de gemeten waarden tonen op een OLED display en overbrengen naar Lorawan dashboard. In feite heb je met een temperatuur- en lichtsensor al een (eenvoudig) weerstation gebouwd!

Calibreren: gebruik pin P6 / G13 voor de 1.1V referentiespanning. Meet de spanning met multimeter. De waarde in mV gebruik je in de aanroep `adc.vref(value)` - zie basis code. De calibratie-waarde kan je zowel bij temperatuursensor als bij de lichtsensor gebruiken.

1. **LDR lichtsensor:** Bereken de spanning bij $V_{\text{analoge input}}$ van de schakeling, gegeven $V_{cc} = 3.3$ volt, $R_2 = 10K$ en R_{ldr} . Haal uit figuur **Resistance vs. Illumination** wat de minimale en maximale waarden zijn van R_{ldr} en bereken met de spanningsdeler formule wat de minimale en maximale spanning zal zijn.
2. **LDR lichtsensor.** Maak het lichtsensor circuit met de fotocel (LDR). Maak gebruik van een multimeter om de spanning te meten, afhankelijk van de lichtinval. Let er op dat spanning op analoge input lager blijft dan **3.3 volt**.
 1. Maak Micropython programma dat de sensor-waarden uitleest en print de waarden in volt op het laptopscherm (voer de code uit in de Pymakr panel).
 2. Bouw een LED met weerstand erbij (zie 'Hello World' schakeling) en laat de LED knipperen in een frequentie afhankelijk van de lichtsensor-waarde.
3. **TMP36 temperatuursensor:** Maak het circuit om de TMP36 aan te sluiten op het development board. Let op de orientatie van de TMP36 zodat je niet verwisseld de V_{in} en GND (*TMP36 wordt dan heel erg warm*).
 - Maak de micropython code waarmee je het voltage op de analoge poort uitleest en vertaalt naar een temperatuur in Celsius. Gebruik je formule, of, bovenstaande grafiek voor de "ijking".
 - gebruik eerst de Pymakr panel om de ADC-port van het development board uit te lezen (interactief Python).
 - maak op je computer een Python bestand met alle code, en gebruik Atom met Pymakr plugin (**upload**) op het development board te zetten. Wijzig `main.py` voor uitvoeren van de code. Toon ook de temperatuur in Fahrenheit en Kelvin.
4. **LDR lichtmeter. Maak een (soort van) lichtmeter:** bouw een schakeling met meerdere LED's (en weerstanden). Naarmate er meer licht op de fotocel valt lichten meerdere LED's op. Voeg LED's toe volgens 'Hello World LED' schema.
5. **LDR lichtsensor - Advanced:** Maak een [Theremin](#) schakeling. Je hebt ook de buzzer (*sound actuator*) nodig. Gebruik volgende referentie, maar let op: code is Arduino C/C++ en er wordt een andere microcontroller gebruikt. [Make a pocket-size theremin](#).
6. **Optioneel/uitdaging:** een LED die je kan "uitblazen". Schakeling als in figuur 4.

Inspiratie: artikel op instructables.com

Let wel: ik heb geen idee of dit gaat werken. Laat het zien.
7. **Optioneel:** Zoek op wat de afkorting **LDR** betekent.



Figuur 4