

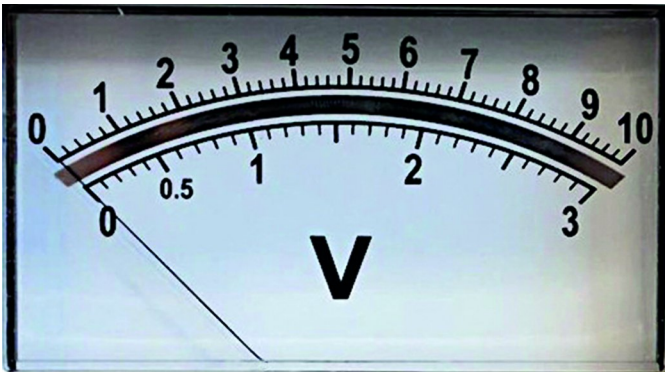
● Analoog meten met de Raspberry Pi ●

Henk Siewert

Behalve dat de Raspberry Pi een handige kleine computer is die je ook heel goed als 'standaard'-pc kunt gebruiken, is hij uitgerust met een flink aantal in- en uitgangen. Maar hij mist een aantal belangrijke ingangen: analoge poorten. Maar daar kan een Arduino uitkomst bieden.

Analoge poorten voor de Pi?

Waarom zou je analoge poorten op de Raspberry Pi willen hebben? De vraag stellen is ook bijna hem al beantwoorden: *om analoge metingen te kunnen doen*. Veel elektronica die je op de Raspberry Pi kunt aansluiten werkt met digitale signalen. Je weet wel rijen nullen en enen. Maar er zijn er ook een heleboel die een analog signaal afgeven. In theorie is een analog signaal altijd preciezer dan een digitaal signaal. Hoe dat komt? Bij een analog signaal dat ook analog wordt weergegeven krijg je elke waarde die je meet ook daadwerkelijk te zien. Kijk maar eens naar de analoge voltmeter.



Afbeelding 1 - Wijzerplaat van een analoge voltmeter

De wijzer geeft exact de gemeten waarde aan. Het nadeel is dat waarden die tussen de merkstreepjes staan moeten worden geschat. En dat kan best lastig zijn. Een voordeel is dat je het geleidelijke verloop van een voltage, bijvoorbeeld van laag naar hoog, heel goed kunt waarnemen.

Bij een digitale voltmeter krijg je het gemeten voltage te zien met een aantal cijfers achter de komma. Daardoor hoef je de waarde die wordt weergegeven niet meer te schatten, maar je kunt er redelijkerwijs vanuit gaan dat de weergegeven waarde goed is. Even tussen ons, een digitale voltmeter bestaat niet. Het voltage wordt analog gemeten. Meestal door de oplaadtijd van een condensator te meten. De gemeten waarde wordt vervolgens door een Analoo-naar-Digitaal-omzetter (ADC - Analog to Digital Converter) naar de microcontroller gestuurd, die er op zijn beurt voor zorgt dat de gemeten waarde in cijfers op een display wordt weergegeven.



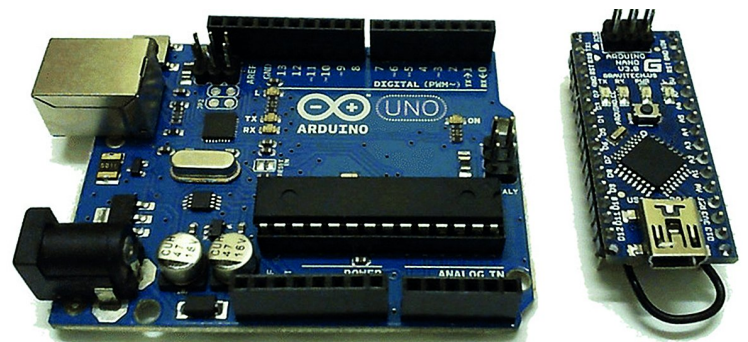
Afbeelding 2 - Weergave van een digitale voltmeter.

Veronderstel dat je een analoge temperatuursensor wilt gebruiken op de Raspberry Pi. Bijvoorbeeld een Analog TMP36. Dan zul je er voor moeten zorgen dat de Raspberry Pi over een analoge poort kan beschikken. Als je er op Googelt zul je best wel een aantal kant-en-klare analog-naar digitaal-omzeters tegenkomen. Ook zijn er genoeg met beschrijvingen met meestal een Microchip MCP3008 als centraal IC. Wil je graag zelf knutselen, dan is dat natuurlijk prima. Wil of kun je dat niet, dan ben je aangewezen op speciale kant-en-klare bordjes. Maar kijk eens naar de prijzen! Ook van een doehet-zelf-bordje. Waarschijnlijk zal dat je tegenvallen.

Arduino

Het Arduino-microcontrollerbordje is misschien niet het eerste waar je aan denkt om de Raspberry Pi uit te breiden met analoge poorten. Toch kan het een goede en economische oplossing zijn. Om makkelijk te kunnen experimenteren is een Arduino Uno nog steeds ideaal. Je kunt hem ook nog eens op een speciaal plateautje plaatsen, samen met een breadboard. Met een paar, zogenaamde, Dupont-kabeltjes heb je dan al snel een werkende schakeling opgebouwd.

Als je dan na het experimenteren en programmeren een schakeling naar je zin hebt gemaakt die je in een definitieve schakeling wilt omzetten kun je bijvoorbeeld voor een Arduino Nano kiezen. Je hebt dan een microcontroller bordje van nog geen 45 x 20 millimeter. Bovendien heeft de Nano zelfs acht analoge ingangen, dus niet zes, zoals de Uno.



Afbeelding 3 - Uno + Nano.

Als je er niet op staat om met originele Arduino's te werken, kun je bij een flink aantal Nederlandse webwinkels heel goede klonen kopen voor een meer dan schappelijke prijs. Voor een Arduino Uno-kloon betaal je dan ongeveer 10 euro. Voor een Arduino Nano ongeveer 7,50 euro.

Lijkt me niet te veel voor 6 tot 8 extra analoge poorten op je Raspberry Pi. De Arduino wordt met een USB-kabel aangesloten op de Raspberry Pi. Zowel het programmeren als het uitlezen en aansturen van de analoge poorten verloopt via deze USB-kabel.

Pico

Ik kan me voorstellen dat je op dit moment gaat vragen 'Waarom gebruik je geen Raspberry Pi Pico? Die is kleiner en goedkoper dan een Arduino en heeft ook analoge ingangen.' Goede vraag. Het antwoord is: de Pico is totaal ongeschikt om analoge metingen uit te voeren. Dat komt door een aantal aspecten. Om te beginnen gebruikt de Pico zijn interne schakelende voeding als referentie voor de analoog naar digitaal omzetter. Schakelende voedingen zijn per definitie stoorzenders. Houd maar eens een schakelende voeding bij de antenne van een gevoelige korte golfontvanger.

Daar wordt je niet blij van! De fabrikant heeft zelf ook al het probleem onderkend en stelt in zijn gegevensblad in sectie 4.3 al voor om de 'SMPS mode pin (GPIO23)' high te zetten om zo de 'PWM mode' in te schakelen en de rimpel op de voeding te beperken. Verder worden er op het net nog verschillende hardware- en software-oplossingen aangedragen. Maar neem van mij maar aan dat de storing op de analoge ingangen niet voldoende zijn weg te werken om betrouwbare metingen kunnen doen. Er zijn in het ontwerp van de Pico enkele fundamentele fouten gemaakt. Zo blijkt hij bij het gebruik van float- en double float-getallen vervelende rekenfouten te maken. Maar daar hebben wel meer microcontroller-bordjes last van. Dus voor mij geen Pico voor analoge metingen.

Analoge poorten

Zoals hierboven al is beschreven bestaat een analoge poort bij de Arduino uit een schakeling waarmee het analoge signaal wordt gemeten door de oplaadtijd van een condensator te meten. Voor meer technische informatie verwijst ik je naar de ATMEL/Microchip-documentatie voor de ATmega336 microcontroller. Speciaal pagina 257 en verder.

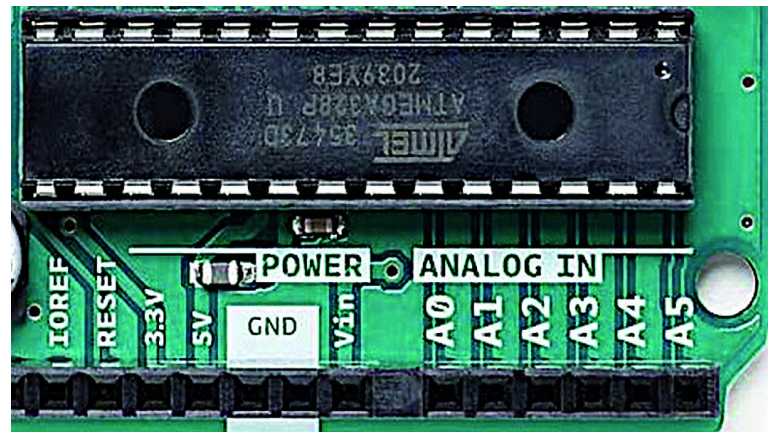
In die documentatie is ook te vinden dat de resolutie van de analoog-naar-digitaal-omzetter 10 bits is. Dat betekent dat er waarden kunnen worden gemeten tussen 0 en 1023. De standaard Uno en Nano zijn 5-voltsystemen. Dus de poorten kunnen signalen tussen 0 en 5 Volt verwerken. In tegenstelling tot de Raspberry Pi, die maximaal 3,3 Volt kan verdragen. Sluit dus nooit Arduino-poorten rechtstreeks aan op Raspberry Pi-poorten. Maar aangezien de Arduino via USB met de Raspberry Pi communiceert is dat geen probleem. USB-poorten gebruiken in principe altijd 5 Volt.

De waarden die door de Arduino op de analoge poorten worden gemeten, worden weergegeven in een geheel (integer) positief getal tussen 0 en 1023. Standaard kunnen alleen positieve voltages worden gemeten. Dus tussen +0 en +5 Volt. Het is wel mogelijk om via een speciale schakeling ook negatieve voltages te meten. Maar we houden het nu even bij positieve voltages. Uit het bovenstaande blijkt dat door de analoog-naar-digitaal-omzetter hetingangssignaal naar een evenredig getal wordt omgezet. Dat gaat via de formule:

$$\text{voltage} = \text{sensorwaarde} \times (5 / 1023)$$

De 5.0 staat voor de standaard voedingsspanning van de Arduino. Maar als je de Arduino voedt via de USB-aansluiting is het helemaal niet zeker dat het ook 5 Volt is. Veel USB-poorten kijken iets af van de standaard.

Het is daarom belangrijk om de spanning waar de Arduino mee werkt, te meten met een universeelmeter. Dat kan via de 5V en GND poorten van de Arduino. Aan de hand van de gemeten waarde kan dan de 5.0 in de formule worden aangepast.

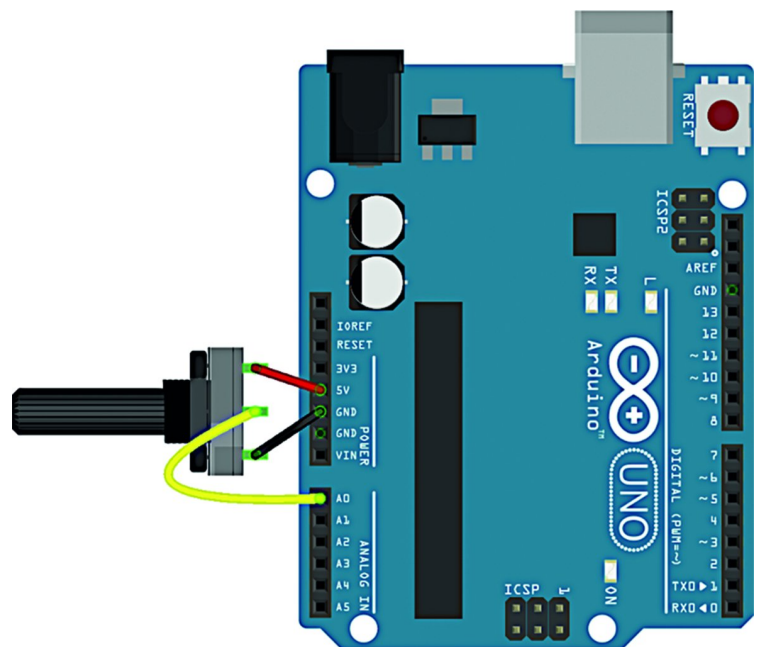


Afbeelding 4 - Analoge poorten en 5V en GND voor meter voedingsspanning.

Praktijk

Om te kijken hoe het precies werkt ga je een variabele spanning aansluiten op de analoge poort. Dat doe je door de 5 volt van de Arduino via een potentiometer aan de A0-poort aan te bieden.

Het ziet er dan zo uit:



Afbeelding 5 - Pot.meter-aansluiting

Als je aan de pot.meter draait zal de spanning op de analoge ingang variëren. Gebruik voor de pot.meter een type met 10 kilo-ohm-weerstand en een lineair verloop. Dat regelt net wat prettiger dan een pot.meter met een logaritmisch verloop, zoals meestal voor de volumeregeling van een audio-versterker wordt gebruikt. Om de spanning op A0 te kunnen meten moet je de Arduino vertellen wat hij moet doen. Met andere woorden: je gaat code in de Arduino IDE intikken

Code

De benodigde code voor de Arduino staat op de volgende pagina.

In setup() bepalen we de seriële monitorsnelheid en zetten het analoge referentievoltage op de standaard instelling, dus de voedingsspanning. Vergeet niet die te meten! In de loop () wordt de waarde op A0 gemeten en omgezet naar voltage en weergegeven in de seriële monitor. Aan het einde van de loop heb ik een pauze ingelast zodat je de waarde kunt aflezen.

```

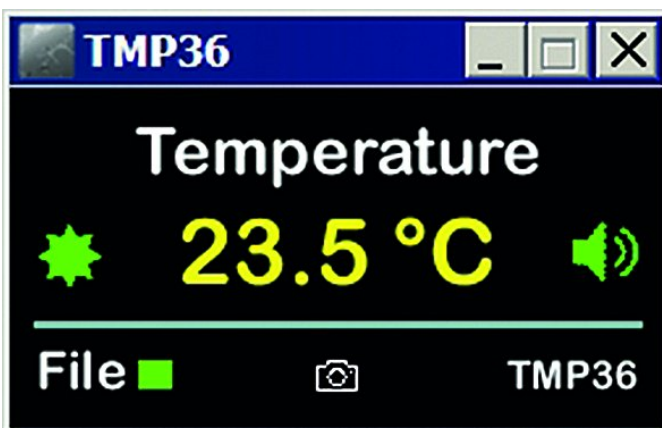
1  /*
2  Analoog meten
3  Auteur   : Henk Siewert
4  Datum    : 17 december 2013
5  Sensor   : Potentiometer
6  Versie   : 001
7  MCU      : ATmega328
8  Taal     : Arduino C++
9  Compiler : Arduino 2.2.1
10 */
11
12 #define aref_voltage 4.9 // Controleer met een multimeter!
13 #define tempPin A0      // De analoge pin die je gebruikt
14 int AnalogReading;     // Waarde gemeten op A0
15
16 void setup(void)
17 {
18   Serial.begin(9600);   // Serial monitor
19   analogReference(DEFAULT); // Zet referentie op voedingsspanning
20 }
21
22 void loop(void)
23 {
24   AnalogReading = analogRead(tempPin); // Lees spanning op A0
25   float voltage = (AnalogReading * aref_voltage) / 1023;
26   Serial.println(voltage); // Stuur gemeten voltage naar de seriële monitor
27   delay(200);             // Even wachten...
28 }

```

De code voor de Arduino

O ja, vergeet niet de voedingsspanning op de 5V-pen van de Arduino met een universeelmeter te controleren en de juiste waarde in regel 12 in te voeren. De Arduino gebruikt deze spanning als referentie. Zonder de juiste waarde klopt de omrekening van de gemeten spanning niet.

Op de Raspberry Pi kun je de door de seriële uitgang van de Arduino naar de Pi gestuurde waarde uitlezen in bijvoorbeeld een seriële monitor als Putty. Of je kunt zelf een programma maken in bijvoorbeeld Processing. Als voorbeeld een door mij gemaakt Processing-programma voor het weergeven van de door een TMP36-sensor gemeten temperatuur. Compleet met gegevensopslag, afbeeldingdump, debugmode, geluidsignalen en zelfs gesproken tekst. Wat dat aangaat is er veel mogelijk.



Misschien leuk voor een volgende aflevering?

Zo, de Pi heeft nu analoge ingangen. Laat je fantasie de vrije loop en doe er wat leuks mee.

Reacties zijn welkom op: swtobserver@outlook.com

