

# Schakeling: Een goedkope windmeter

*Ing. Jeroen  
Bastemeijer*

De redactie van Maxwell vroeg mij enige tijd geleden of ik een “technisch” artikeltje wilde schrijven voor Maxwell. Na even nadenken heb ik toegezegd dat te zullen schrijven, zie hier het resultaat. Het onderwerp: ‘een goedkope windmeter’.

Op het Laboratorium voor Elektronische Instrumentatie waar ik werk, zijn we bezig met het ontwikkelen van sensoren voor het meten van allerlei fysische en chemische grootheden. Het toepassen van sensoren, in de breedste zin van het woord, is momenteel “de mode”. Kijk maar naar mobiele telefoons met beeldsensoren, finger-print sensoren voor de PC (zodat je je password mag vergeten), goedkope weerstations etc. etc. Voorwaarde voor al deze (consumenten) toepassingen is dat de sensoren goedkoop en eenvoudig van constructie moeten zijn. Zo is hier op het lab een elektronische windmeter ontwikkeld zonder bewegende delen! Deze windmeter kan zowel de windsnelheid als de windrichting bepalen. De complete windmeter, inclusief interface-elektronica, is ondergebracht op één chip. Deze nieuwe chip, zal de bestaande windmeterchip (zonder interface-elektronica), gaan vervangen in een commerciële windmeter zonder bewegende delen.

## Thermisch principe

De bovengenoemde windmeter werkt volgens een thermisch principe. Een onderdeel/element met een temperatuur hoger dan de omgevingstemperatuur zal als gevolg van luchtstroming langs dat element afkoelen. Vergelijk het met de ventilatorkoeling op de processor in de PC.

Hoe zou een praktische implementatie eruit kunnen zien? Je kunt hierbij denken aan een weerstand, waar je een bepaald vermogen in dissipeert. De weerstand wordt warm, koelere lucht die langs de weerstand stroomt zal een gedeelte van de warmte (energie) meevoeren. Resultaat: de temperatuur van de weerstand wordt lager. In plaats van een weerstand kun je ook een transistor gebruiken. Door een stroom door de transistor te laten lopen bij een bepaalde collector-emitter spanning zal de temperatuur toenemen. De temperatuur van de transistor kan vervolgens bepaald worden door de basis-emitter spanning te meten. Deze spanning zal als gevolg van de temperatuurstijging met ongeveer 2,1 mV/K dalen.

In formulevorm ziet zo iets er zo uit:

$$[1] \quad P = (A + B \sqrt{|U|}) \Delta T$$

In deze formule zijn:

- P = gedissipeerde vermogen
- A & B = constanten bepaald door de constructie/eigenschappen van de sensor
- U = flowspeed
- ΔT = het temperatuurverschil

Het gedissipeerde vermogen is afhankelijk van de flowspeed. Door het gedissipeerde vermogen te bepalen kun je dus de windsnelheid meten.



temperatuursensor<sup>1</sup>. Een snelle schets van zo'n systeem leerde mij dat de eenvoud dan spoedig verloren zou gaan.... (een microprocessor gestuurd systeem met auto-calibratie, niet-lineariteitscorrectie en businterface lag op de loer).

### Terug naar de tekentafel

Een andere mogelijkheid is het scheiden van de meet- en de verwarmingsfunctie. Dit kan door één transistor te gebruiken voor de meting en een andere transistor voor de verwarming en deze transistoren thermisch te koppelen (tegen elkaar klemmen/plakken). Weer een andere optie is het gebruik van een zogenaamde dubbeltransistor (twee transistoren op één chip in één behuizing). Vanwege de hoge prijs van dergelijke componenten is hier gekozen voor twee aparte transistoren. Een snelle ontwerpschets leverde figuur 2.

In dit schema meet  $Q_1$  de omgevingstemperatuur.  $Q_2$  meet de temperatuur van "verwarmingselement"  $Q_3$  ( $Q_2$  en  $Q_3$  zijn tegen elkaar aan bevestigd).  $U_1$  regelt de temperatuur van  $Q_2+Q_3$ . Weerstanden  $R_4$  en  $R_5$  bepalen het temperatuursverschil (offset in  $U_{bcq1}$  t.o.v.  $U_{bcq2}$ ).

In deze schakeling is de spanning over  $Q_3$  constant. Doordat de de stroomversterking van  $Q_3$  (redelijk) constant is, is  $I_b$  van  $Q_3$  een maat voor de stroom door de transistor. Deze  $I_b$  wordt door  $R_1$  en  $U_{outw1}$  ingesteld. De dissipatie is dus lineair met  $U_{out1}$ , welke weer een maat is voor de wortel van de windsnelheid! Deze wortelfactor kun je makkelijk 'verwerken' als je een LED-bar uitlezing gebruikt, zoals in figuur 3. Met weerstanden  $R_4$  t/m  $R_9$  kun je de diverse schakelpunten instellen. De schakelpunten zullen afhankelijk zijn van het bereik en het type schaal (lineair/logaritmisch) van de windmeter.

### Prestaties....

Deze schakeling werd in elkaar gesoldeerd en..... het werkte! Oké, niet helemaal perfect... Door de thermische massa van de transistoren (TO-92) behuizing is er een vertraging in de thermische overdracht. Deze vertraging in combinatie met de P-regelaar zorgt ervoor dat het systeem langzaam oscilleert. De amplitude van deze oscillatie is klein. De nu gebouwde P-regelaar is dus eigenlijk niet zo geschikt, maar voldoet wel aan de gestelde eis dat het geheel eenvoudig moet zijn. Uiteraard valt er een beter regelmechanisme te ontwerpen, maar dit zou ten koste gaan van de eenvoud.....

### Bouw

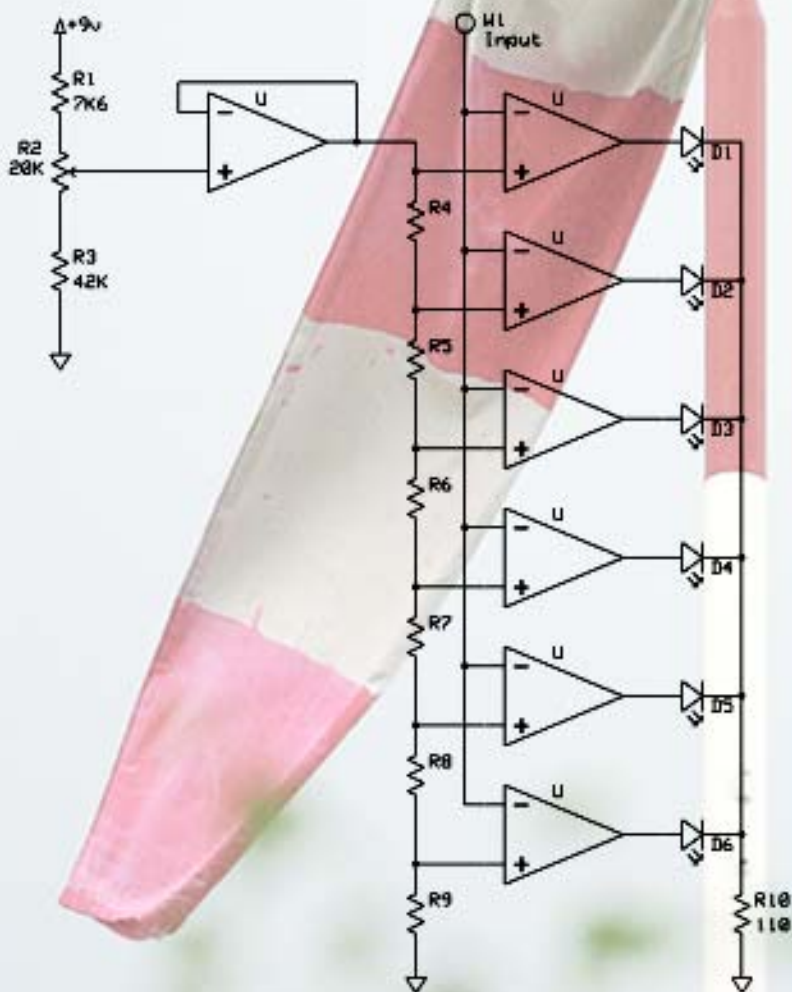
Omdat deze schakeling slechts een ontwerpidee is, is er dus ook geen printontwerp, maar een handige klusser ontwerpt (en etst) die natuurlijk zelf. Je kunt deze schakeling ook makkelijk opbouwen op een stukje gaatjesprint. Als je hem gebruikt om de flowspeed van je chassisfan meten, kun je de schakeling voeden met 12 volt.

### Ideeën blijven borrelen

Hoewel deze schakeling "leuk" werkt, blijft het borrelen... het moet eenvoudiger kunnen! Het vervolg-idee is om deze schakeling te maken met een PIC-Microcontroller. Deze kan gebruikt worden voor het meten van  $V_{be}$  (interne A/D omzetter), het regelen van de temperatuur (PID-regeling in software!) en het aansturen van de uitlezing! Mischien iets voor een vervolgartikel.....

Veel succes met knutselen! Ik ben benieuwd naar jullie creaties, ideeën en toepassingen.

1. Kofi A.A. Makinwa, "Flow sensing with thermal Sigma-Delta modulators", Ph.D. Thesis, Delft University of Technology, 2004.



Figuur 3: Simpele LED-bar uitlezing.