

30 De temperatuur in een aquarium wordt geregeld met een thermostaat. Een onderdeel daarvan is de temperatuursensor: dit is een schakeling met een NTC en een weerstand. Zie figuur 5.54.

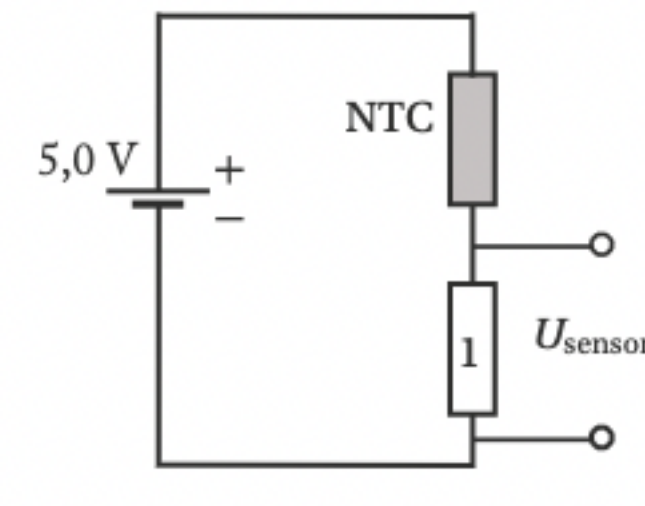
Als de temperatuur stijgt, verandert de stroomsterkte in de schakeling.

a Bereken of de stroomsterkte dan daalt of stijgt.

b Leid af dat voor de spanning over de NTC geldt:

$$U_{NTC} = \frac{R_{NTC}}{R_{NTC} + R_1} \cdot U_{bron}$$

De temperatuur van het water in een aquarium moet nauwkeurig binnen bepaalde grenzen blijven. Daarbij is een temperatuursensor nodig die gevoelig is.



Figuur 5.54

Er geldt gevoeligheid =  $\frac{\Delta U}{\Delta T}$ . Gevoelig betekent dat een kleine verandering van de temperatuur een grote verandering in spanning geeft.

Figuur 5.55 is het  $(R_{NTC}, T)$ -diagram.

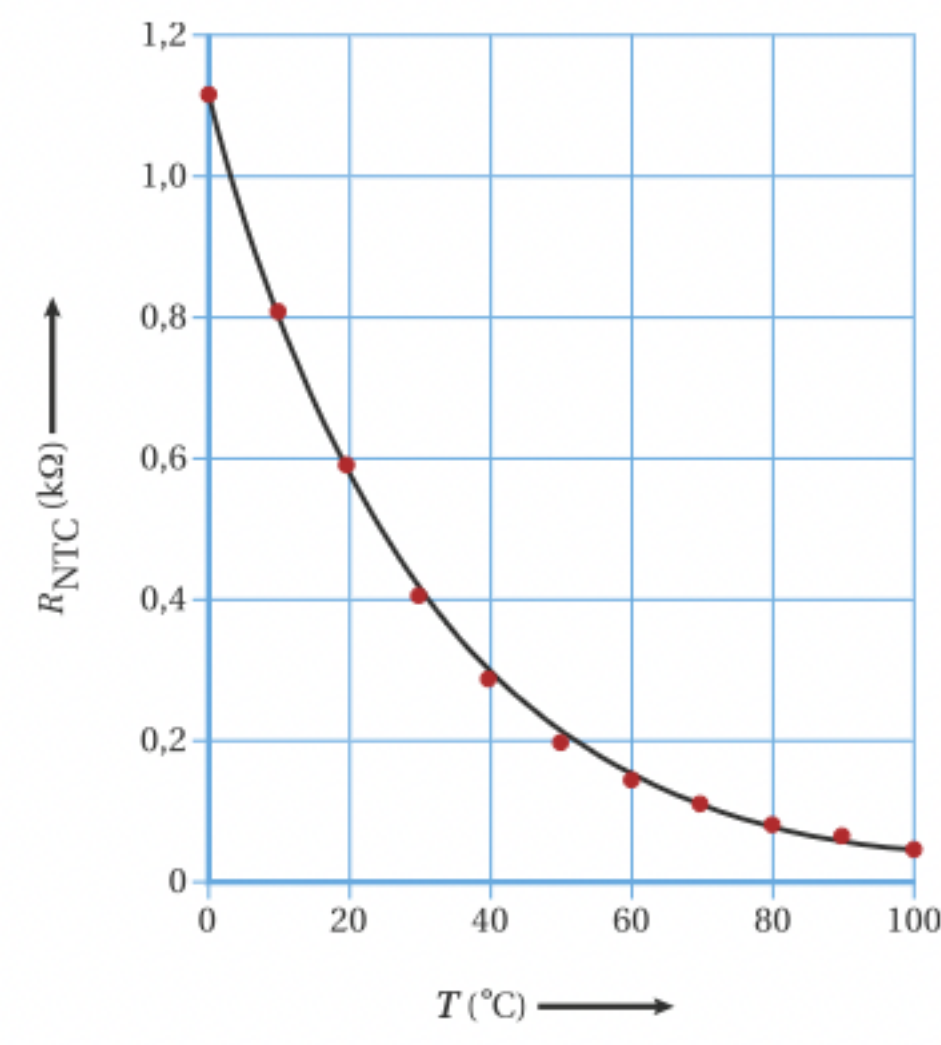
c Bepaal de gemiddelde gevoeligheid van de temperatuursensor tussen  $T = 20^\circ\text{C}$  en  $T = 40^\circ\text{C}$  als  $R_1 = 0,40\text{ k}\Omega$ .

De NTC mag niet teveel opwarmen door de stroom die er doorheen loopt: de stroomsterkte mag maximaal  $7,5\text{ mA}$  bedragen.

d Laat zien of de sensor daaraan voldoet tussen  $T = 20^\circ\text{C}$  en  $T = 40^\circ\text{C}$ .

Als een NTC te veel opwarmt, raakt hij beschadigd.

e Geef nog twee argumenten waarom de NTC niet te veel mag opwarmen.



Figuur 5.55

### Opgave 30

- a Of de stroomsterkte daalt of stijgt, bereken je met de wet van Ohm. De verandering van de weerstand bereken je met de beschrijving van een NTC.

Als de temperatuur stijgt, neemt de weerstand van de NTC af.

De spanning over de NTC verandert niet.

Dus stijgt volgens de wet van Ohm de stroomsterkte door de NTC.

- b De formule leid je af met de wet van Ohm toegepast op de NTC en toegepast op de gehele schakeling.

De weerstand volgt uit het kenmerk van weerstand in een serieschakeling.

De stroomsterkte volgt uit het kenmerk van stroom in een serieschakeling.

Voor de weerstand geldt:  $R_{tot} = R_{NTC} + R_1$

Voor de stroomsterkte geldt:  $I_{tot} = I_{NTC}$

$U_{tot} = I_{tot} \cdot R_{tot}$

$U_{tot} = U_{bron}$

$U_{bron} = I_{NTC} \cdot (R_{NTC} + R_1)$

$$I_{NTC} = \frac{U_{bron}}{R_{NTC} + R_1}$$

Voor de spanning over de NTC geldt:  $U_{NTC} = I_{NTC} \cdot R_{NTC}$

Combineren van de twee formules levert:

$$U_{NTC} = \frac{U_{bron}}{R_{NTC} + R_1} \cdot R_{NTC}$$

$$\text{Dus } U_{NTC} = \frac{R_{NTC}}{R_{NTC} + R_1} \cdot U_{bron}$$

- c De gevoeligheid bereken je met de gegeven formule.

Een spanning bereken je met de formule gegeven bij vraag b.

De weerstand bij een temperatuur lees je af in figuur 5.55.

$$\text{gevoeligheid} = \frac{\Delta U}{\Delta T}$$

$$U_{NTC} = \frac{R_{NTC}}{R_{NTC} + R_1} \cdot U_{bron} \quad (\text{zie vraag b})$$

$T = 20^\circ\text{C}$

$R_{20} = 0,60\text{ k}\Omega = 0,60 \cdot 10^3\ \Omega$

$R_1 = 0,40\text{ k}\Omega = 0,40 \cdot 10^3\ \Omega$

$U_{bron} = 5,0\text{ V}$

$$U_{NTC} = \frac{0,60 \cdot 10^3}{0,60 \cdot 10^3 + 0,40 \cdot 10^3} \times 5,0$$

$$U_{NTC} = 3,00\text{ V}$$

$T = 40^\circ\text{C}$

$R_{40} = 0,28\text{ k}\Omega = 0,28 \cdot 10^3\ \Omega$

$R_1 = 0,40\text{ k}\Omega = 0,40 \cdot 10^3\ \Omega$

$U_{bron} = 5,0\text{ V}$

$$U_{NTC} = \frac{0,28 \cdot 10^3}{0,28 \cdot 10^3 + 0,40 \cdot 10^3} \times 5,0$$

$$U_{NTC} = 1,92\text{ V}$$

$$\text{gevoeligheid} = \frac{3,00 - 1,92}{40 - 20}$$

$$\text{gevoeligheid} = 2,90\text{ V}^\circ\text{C}^{-1}$$

Afgerond:  $2,9\text{ V}^\circ\text{C}^{-1}$ .

- d De stroomsterkte bereken je met de wet van Ohm.

Omdat de spanning hetzelfde blijft, hoort bij de maximale stroomsterkte de laagste waarde voor de weerstand.

De bron levert de grootste stroomsterkte bij de laagste waarde van de NTC: bij  $40^\circ\text{C}$ .

$U_{NTC} = I_{NTC} \cdot R_{NTC}$

$U_{NTC} = 1,92\text{ V}$

$R_{NTC} = 0,28 \cdot 10^3\ \Omega$

$$1,92 = I_{NTC} \cdot 0,28 \cdot 10^3$$

$$I_{NTC} = 6,85 \cdot 10^{-3}\text{ A} = 6,85\text{ mA}$$

Dat is minder dan  $7,5\text{ mA}$ . Dus de temperatuursensor voldoet.

- e De sensor geeft een te hoge temperatuur aan, omdat deze de warmte niet snel kan afvoeren. De sensor blijft het water nog verwarmen als de maximumtemperatuur al is bereikt.