

## TECHNISCHE AUTOMATISERING – HAVO

Foton is een opgavenverzameling voor het nieuwe eindexamenprogramma natuurkunde.

Foton is gratis te downloaden via [natuurkundeuitgelegd.nl/foton](http://natuurkundeuitgelegd.nl/foton)

Uitwerkingen van alle opgaven staan op [natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen)

Videolessen over de theorie zijn te vinden op [natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen)

Theorie bij dit hoofdstuk wordt behandeld in onderstaande videolessen:

[Automatische Systemen](#)

[Invoerelementen](#)

[Logische poorten/waarheidstabellen](#)

[Analoge/Digitale signalen](#)

[Uitvoerelementen](#)

[ADomzetter/comparator](#)

[Systeembord](#)

[Pulsteller](#)

[Geheugencel](#)

[Sensoren](#)



“Digitale Schakelingen” is als **keuzeonderwerp** onderdeel van het HAVO schoolexamen.

Voor dit onderwerp is geen gedetailleerde landelijke stofomschrijving. Precieze invulling kan van school tot school verschillen

### 1 Vingers

Gewoonlijk is het zo dat als je een getal met je vingers weergeeft het getal gelijk is aan het aantal vingers wat je opsteekt. Maar er bestaat ook een andere manier om getallen weer te geven waarbij je met vijf vingers veel meer getallen kunt weergeven. In het linker plaatje hieronder staat hoe dit werkt. Elke vinger heeft een bepaalde waarde. Het getal is steeds het totaal van de waarden van alle opgestoken vingers. Het getal wat links wordt weergegeven is bijvoorbeeld 31 omdat hier alle vingers opgestoken zijn ( $1+2+4+8+16$ ).

- Bepaal voor elk van de andere handen hieronder welk getal wordt weergegeven.
- Vorm met je vingers van je rechterhand het getal 6.
- Hoeveel getallen kun je weergeven als je twee handen/10 vingers gebruikt?
- Het woord digitaal is afgeleid van het Latijnse woord *digitum* wat ‘vinger’ betekent. Leg uit waarom we dit woord gebruiken voor apparaten die werken met getallen die in enen en nullen worden weergegeven.



## 2 Binair

Schrijf onderstaande getallen in de aangegeven notatie...

- a 1101 in decimale notatie
- b 11101111 in decimale notatie
- c 65 in binaire notatie
- d 3000 in binaire notatie

## 3 Aan/uitknop

Op elke mobiele telefoon zit een drukknop waarmee het apparaat uit en aan gezet kan worden. Door de knop in te drukken wordt er ergens in het apparaat een spanning doorgegeven. Als de knop niet is ingedrukt wordt er niks doorgegeven en is de spanning dus 0 V. Duncan en Wilco zijn het niet eens over deze drukknop. Volgens Duncan wordt er een spanning mee doorgegeven en kan deze spanning alle waarden hebben en is het dus een analoog signaal. Volgens Wilco heeft de knop maar twee mogelijkheden: Ingedrukt en niet-ingedrukt en is het daarom een digitaal signaal.

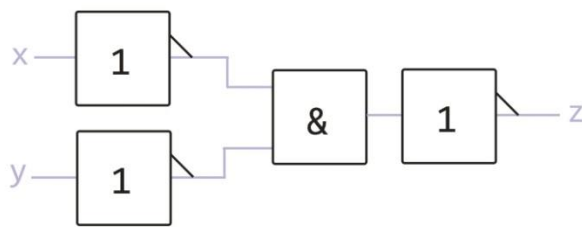
- a Leg uit wie er gelijk heeft.
- b Als je de knop wat langer ingedrukt houdt, gebeurt er wat anders dan wat je kort op de knop drukt. Dit betekent dat je niet twee maar drie mogelijk signalen kunt doorgegeven: 1) niet-ingedrukt 2) kort-ingedrukt 3) lang-ingedrukt. Volgens Xander betekent dit dat de knop géén binair invoerelement is omdat binaire invoerelementen altijd maar twee mogelijke invoerwaarden hebben. Ben jij het met Xander eens? Leg uit.

## 4 Waarheidstabel

*Gebruik bij deze opgave BINAS tabel 17C*

Een waarheidstabel geeft de uitgangswaarde van een logische schakeling bij verschillende ingangswaarden.

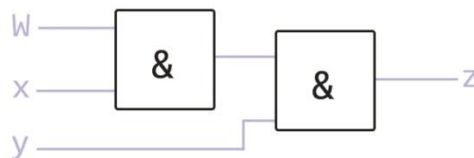
- a Een poort heeft twee ingangen en één uitgang. Als beide ingangen 0 zijn is de uitgang 1. In alle andere gevallen is de uitgang 0. Zoek aan de hand van de waarheidstabellen in BINAS tabel 17C om welke poort het hier gaat.
- b Hieronder staat een poort samengesteld uit een EN-poort en drie invertors. Complementeer door logisch redeneren de waarheidstabel van deze poort.
- c De waarheidstabel uit de vorige vraag komt overeen met één van de waarheidstabellen in BINAS tabel 17C. Dit betekent dat de hele schakeling in zijn geheel vervangen zou kunnen worden door één enkele poort. Welke poort is dit?



x	y	z
0	0	0
1	0	1
0	1	...
1	1	...

### 5 EN-poorten

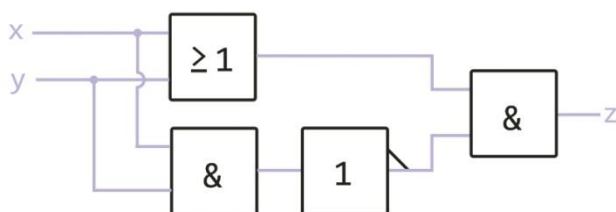
Door het samenstellen van meerdere poorten kun je een schakeling bouwen die meer dan tweeingangssignalen kan combineren. Hieronder staat een schakeling samengesteld uit twee EN-poorten die functioneert als een EN-poort met drie ingangen (w, x en y) en één uitgang (z). De uitgang is alleen 1 als alle drie de ingangen ook 1 zijn. Ontwerp met drie EN-poorten een schakeling met vier ingangen die alleen een 1 als uitgang geeft als alle vier de ingangen 1 zijn.



### 6 XOF-poort

Er bestaat er ook een poort die niet in BINAS tabel 17C genoemd staat: De XOF-poort. Het is mogelijk om een XOF-poort samen te stellen uit andere logische poorten (zie afbeelding hieronder).

- Vul onderstaande waarheidstabel van de XOF-poort in.
- De afkorting XOF staat voor 'exclusieve of'. Leg deze naam uit aan de hand van de waarheidstabel.



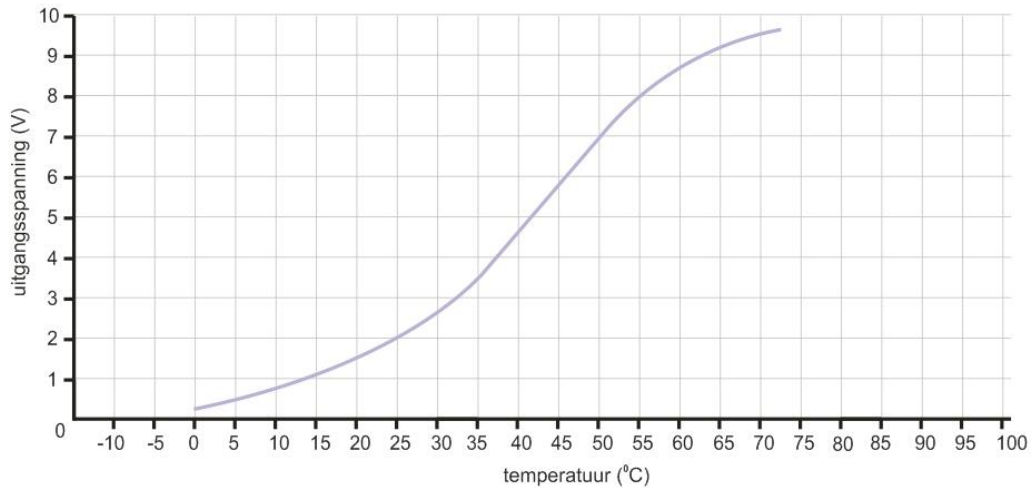
x	y	z
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

### 7 Temperatuursensor

Marit wil zelf een digitale thermometer bouwen. Ze gebruikt hiervoor een temperatuursensor waarvan ze eerst de ijkgrafiek heeft opgezocht op internet (zie hieronder).

- Leg uit wat een ijkgrafiek is.

- b Wat is het bereik van de temperatuursensor?
- c In welk gebied is de temperatuursensor lineair?
- d Bepaal de gevoeligheid van de temperatuursensor in het lineaire gebied.
- e Volgens Marit is dit een erg slechte temperatuursensor. Het gebied waar de sensor lineair is namelijk veel te beperkt. Ben jij het met Marit eens?

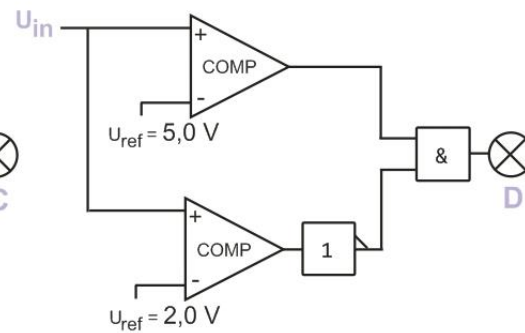
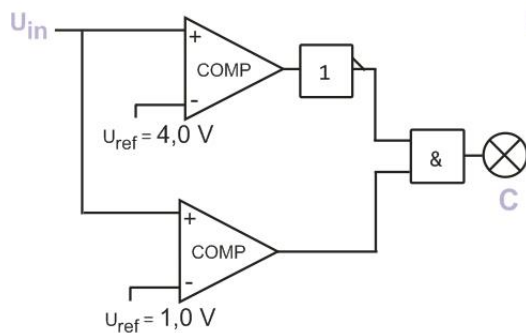
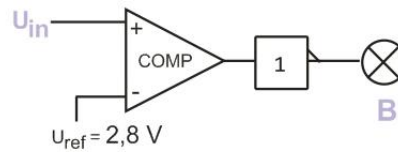
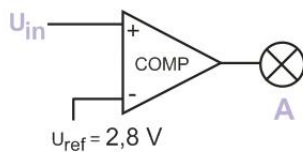


### 8 Comparator

Een comparator wordt gebruikt om van een analoge spanning een binair signaal (0 of 1 te maken). De comparator vergelijkt de ingangsspanning ( $U_{in}$ ) met een van te voren ingesteld referentiespanning ( $U_{ref}$ ).

- Als de  $U_{in} > U_{ref}$  is de uitgang van de comparator 1
- Als de  $U_{in} < U_{ref}$  is de uitgang van de comparator 0

Beredeneer voor elk van onderstaande situaties bij welke ingangsspanning het lampje gaat branden.



## 9 Systeembord

Het systeembord is een paneeltje met daarop verschillende elementen die met snoertjes met elkaar verbonden kunnen worden voor het bouwen van digitale schakelingen. Er bestaan ook simulatieprogramma's waarmee het systeembord kan worden nagebootst op de computer. De onderdelen van het systeembord kunnen worden onderverdeeld in invoerelementen, verwerkingselementen en uitvoerelementen. Beschrijf voor elk van onderstaande elementen bij welk van drie soorten elementen ze horen:

*Comparator, EN-poort, OF-poort, Druknop, Inverter, Relais, AD-converter, Pulsgenerator, Pulsteller, LED, Sensoringang, Regelbare spanning, Geluidssensor.*

## 10 Geheugencel

Een geheugencel kan "aan" gezet worden door een 1 op de 'set'-ingang en "uit" gezet worden door een 1 op de 'reset'-ingang. Een geheugencel kan dus één bit onthouden.

- Hoeveel geheugencellen heb je nodig voor het onthouden van een getal tussen 0 en 255?
- In de meeste digitale apparaten zitten de geheugencellen met miljoenen tegelijk in een chip. Voor geheugen wordt de eenheid *byte* gebruikt. Een byte is gelijk aan 8-bits. In een memorystick zitten in totaal 33554432 geheugencellen. Hoe groot is het geheugen in bytes?
- In de computerwereld wordt vaak gewerkt met machten van twee. Zo wordt met een kilobyte (kB) niet altijd 1000 Byte bedoeld maar 1024 byte omdat dit overeenkomt met een macht van twee die hier het dichtst bij zit ( $1024 = 2^{10}$ ). Hoeveel byte zitten er volgens deze redenatie in een megabyte (MB)?
- Hoe groot is het geheugen van de memorystick uit vraag b uitgedrukt in MB?

## 11 Warmtelint

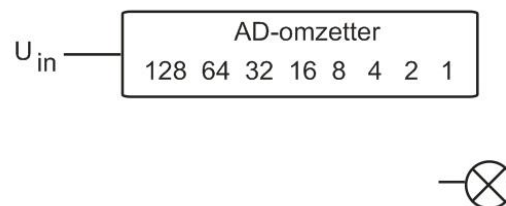
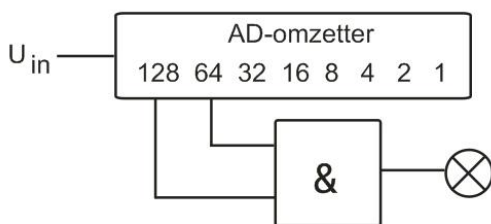
Bij veel woonschepen loopt de waterleiding via een slang van de vaste wal naar het schip. Om te voorkomen dat het water in de slang in de winter bevroest is deze slang voorzien van isolatie én een *warmtelint* dat langs de hele lengte van de slang loopt. Als het warmtelint wordt aangesloten op het stopcontact loopt er stroom door het warmtelint en warmt het lint op. Zo zorgt het er voor dat het water in de waterleiding niet kan bevriezen. Omdat een warmtelint vrij veel energie verbruikt moet het alleen aan staan als het buiten vriest en ook uit zichzelf weer uitschakelen. Ontwerp binnen de stippellijntjes hieronder een schakeling die een warmtelint automatisch aanschakelt als de temperatuur beneden de 0 °C komt en uitschakelt als de temperatuur boven de 1 °C komt. De uitgangsspanning van de temperatuursensor is bij 0 °C en 1 °C respectievelijk 2,1 V en 2,3 V en het warmtelint kan via een relais aan en uitgeschakeld worden.



## 12 AD-omzetter

Een AD-converter zet spanningen tussen de 0,00 V tot 5,00 V om in 8-bits binair getallen.

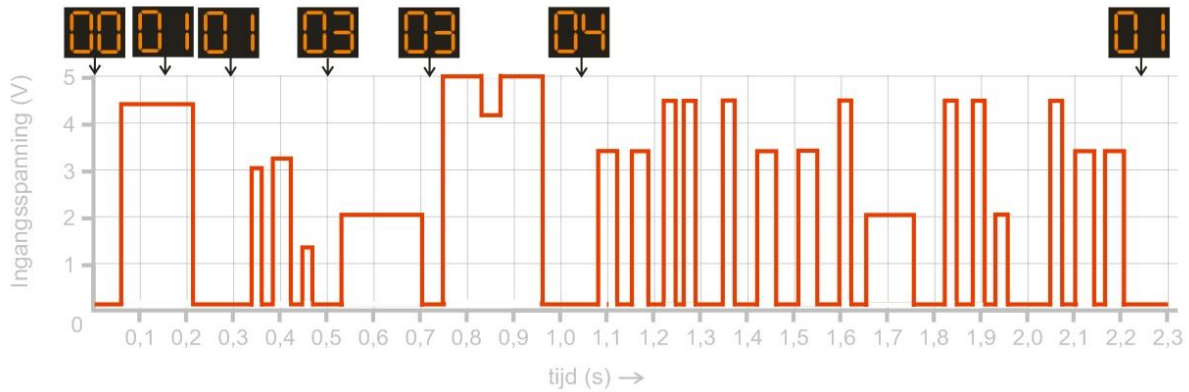
- Hoeveel verschillende uitgangswaarden kan de AD-converter weergeven?
- Bereken de resolutie van de AD-converter.
- Op de AD-omzetter wordt een ingangsspanning van 1,25 V aangesloten. Welke uitgangswaarde geeft de AD-omzetter weer.
- In de schakeling links gaat het lampje branden bij bepaalde uitgangswaarde. Volgens Younes gaat het lampje branden als de uitgangswaarde van de AD-omzetter 192 of hoger is. Volgens Karin brandt het lampje alleen als de uitgangswaarde 128, 64, óf 192 is. Leg uit wie er gelijk heeft.
- Bij welke ingangsspanningen ( $U_{in}$ ) gaat het lampje branden in de linker schakeling?
- Younes en Karin moeten een schakeling bouwen waarbij het lampje gaat branden als de ingangsspanning tussen de 1,25 V en 2,5 V ligt. In alle andere gevallen moet het lampje uit blijven. Ontwerp in het rechterschema een schakeling die hiervoor zorgt.



## 13 Pulsteller

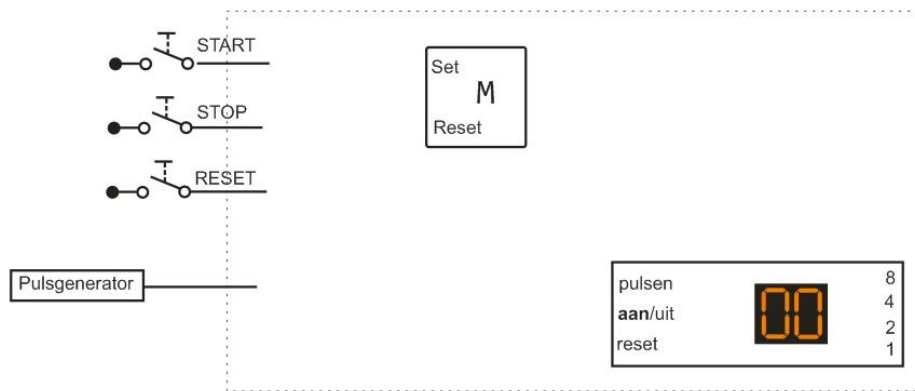
Een onregelmatige blokvormige wisselspanning wordt aangesloten op een 4-bits pulsteller. De aan/uit-ingang staat op "aan" zodat alle binnenkomende pulsen geteld worden. In de grafiek hieronder staat op verschillende momenten het schermje van de pulsteller weergegeven. Bereken in welke situaties iets geteld wordt als puls. Omcirkel telkens het juist antwoord:

- a iets telt als puls als de ingang van *hoog naar laag / laag naar hoog* gaat.
- b Om als 'hoog' geteld te worden moet de spanning hoger zijn dan *1,0 / 2,5 V*.
- c De duurt van een puls maakt hierbij *wel/niet* uit.
- d Als de teller op 15 staat bij ontvangst van een puls dan *gaat hij naar 0/ blijft op 15*.



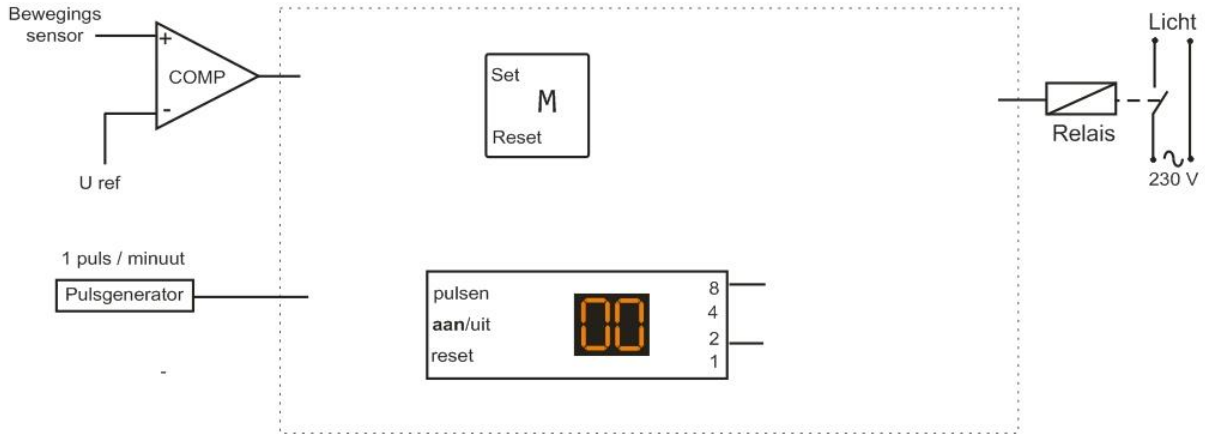
### 14 Stopwatch

Ronald wil met een pulsteller een stopwatch bouwen. De stopwatch moet drie knoppen hebben (START, STOP en RESET) en Ronald wil tot op de tiende seconde tijden kunnen meten. Complementeer onderstaande schakeling. Bedenk hiervoor eerst op welke frequentie hij de pulsgenerator moet instellen.



### 15 Lichtschakelaar

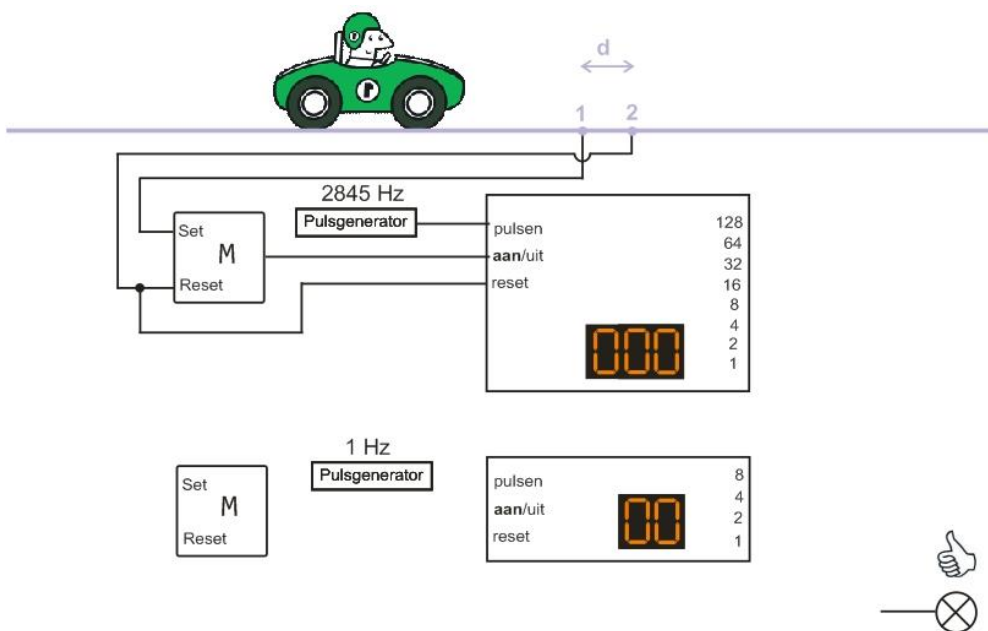
Wouter en Samira willen een lichtschakelaar ontwerpen die reageert op beweging. Zodra er in de ruimte iets beweegt moet het licht aan gaan. Als er 10 minuten lang geen beweging meer is geweest moet het licht automatisch uitgaan. Ze gebruiken een geheugencel die op "aan" staat als het licht aan moet zijn en een pulsteller om bij te houden wanneer er 10 minuten verstreken zijn. Complementeer onderstaande de schakeling zodanig dat hij doet wat hij moet doen.



## 16 Snelheidsmeting

Op een weg waar maximaal 80 km/h gereden mag worden, wordt een systeem gebruikt om automobilisten aan te moedigen om op de juiste snelheid te rijden. Het systeem maakt gebruik van sensoren in de weg. Als een auto over zo'n sensor rijdt, geeft deze even een hoog signaal af. De afstand tussen de twee sensoren ( $d$ ) bedraagt 1,00 m. Arjen ontwerpt een schakeling die een deel van het automatisch systeem nabootst (zie afbeelding hieronder).

- Laat met een berekening zien dat als de auto met een snelheid van 80 km/h over de sensoren rijdt, de pulsteller tot 128 telt.
- Arjen breidt zijn schakeling uit met nog een geheugencel en een pulsteller om ervoor te zorgen dat automobilisten die met de juiste snelheid rijden een lampje met een duimpje te zien krijgen op een bord dat langs de weg staat. Na 3,0 s moet het duimpje weer verdwijnen voor een volgende automobilist. Breidt de schakeling zodanig uit dat deze aan de eisen voldoet.





### **17 Meet- stuur, regelsysteem**

Hieronder staat steeds een bepaald systeem beschreven. Geef voor elk systeem aan of het hier om een meetsysteem, een stuursysteem of een regelsysteem gaat.

- a Een scooter is voorzien van een alarm. Als de scooter bewogen wordt zonder dat de sleutel in het contact zit gaat er een alarm af.
- b Een klaslokaal is voorzien van een automatische lichtsakelaar. Zodra in het lokaal beweging gedetecteerd wordt gaat het licht aan.
- c Een elektrische kachel is voorzien van een temperatuursensor. Zodra de temperatuur beneden een van te voren ingestelde waarde komt wordt de kachel automatisch ingeschakeld.
- d Een zonnepaneel is voorzien van een systeem wat op een schermje laat zien hoeveel energie op dat moment wordt opgewekt.

## ANTWOORDEN VAN DE REKENOPGAVEN

Uitwerkingen en uitleg van alle opgaven zijn te vinden op [natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen](http://natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen)

### 1 Vingers

- a 0, 7 en 19
- c 1024

### 2 Binair

- a 13
- b 239
- c 1000001
- d 101110111000

### 7 Temperatuursensor

- a 0 tot 72,5 °C
- b 35 tot 50 °C
- c 0,23 V/°C

### 8 Comparator

- a  $U_{in} > 2,8 \text{ V}$
- b  $U_{in} < 2,8 \text{ V}$
- c tussen 1,0 en 4,0 V
- d Nooit

### 10 Geheugencel

- a 8
- b 4194304 bytes
- c 1048576 ( $=2^{20}$ )
- d 4 MB

### 12 AD-converter

- a 256
- b 0,0195 V
- c 64
- d  $> 3,75 \text{ V}$

### 17 Meet-Stuur-Regel

- a regelsysteem
- b regelsysteem
- c stuursysteem
- d meetsysteem