



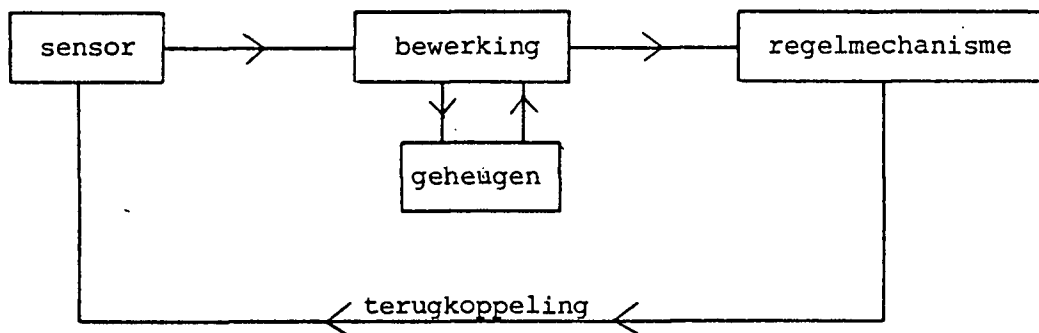
THEMA

AUTOMATISERING

waarnemen

denken

handelen



Een lessenserie waarin leerlingen:

- de rol van de automatisering in allerlei sectoren van de maatschappij bekijken
- een automatisch systeem leren onderscheiden in een sensor, een bewerker en een regelmachine
- eenvoudige elektrische en elektronische schakelingen onderzoeken op hun eigenschappen en werking

Experimentele uitgave voor de vijfde klas VWO

PLON UvA RUG © 1984

Rijksuniversiteit Utrecht
Universiteit van Amsterdam
Rijksuniversiteit Groningen

Deze AVOL maakt deel uit van experimenteel lesmateriaal. Overname of referentie uitsluitend na toestemming van de medewerkers van het PLON, Lab. Vaste Stof, Postbus 80.008, 3508 TA Utrecht, tel. 030-532717.



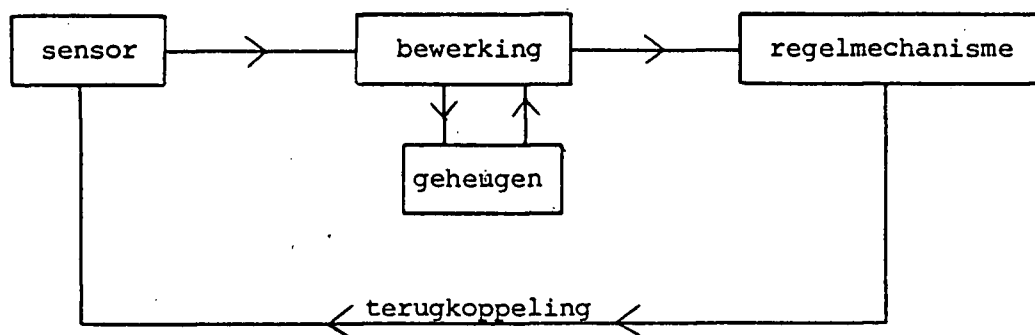
THEMA

AUTOMATISERING

waarnemen

denken

handelen



Een lessenserie waarin leerlingen:

- de rol van de automatisering in allerlei sectoren van de maatschappij bekijken
- een automatisch systeem leren onderscheiden in een sensor, een bewerker en een regelmachine
- eenvoudige elektrische en elektronische schakelingen onderzoeken op hun eigenschappen en werking

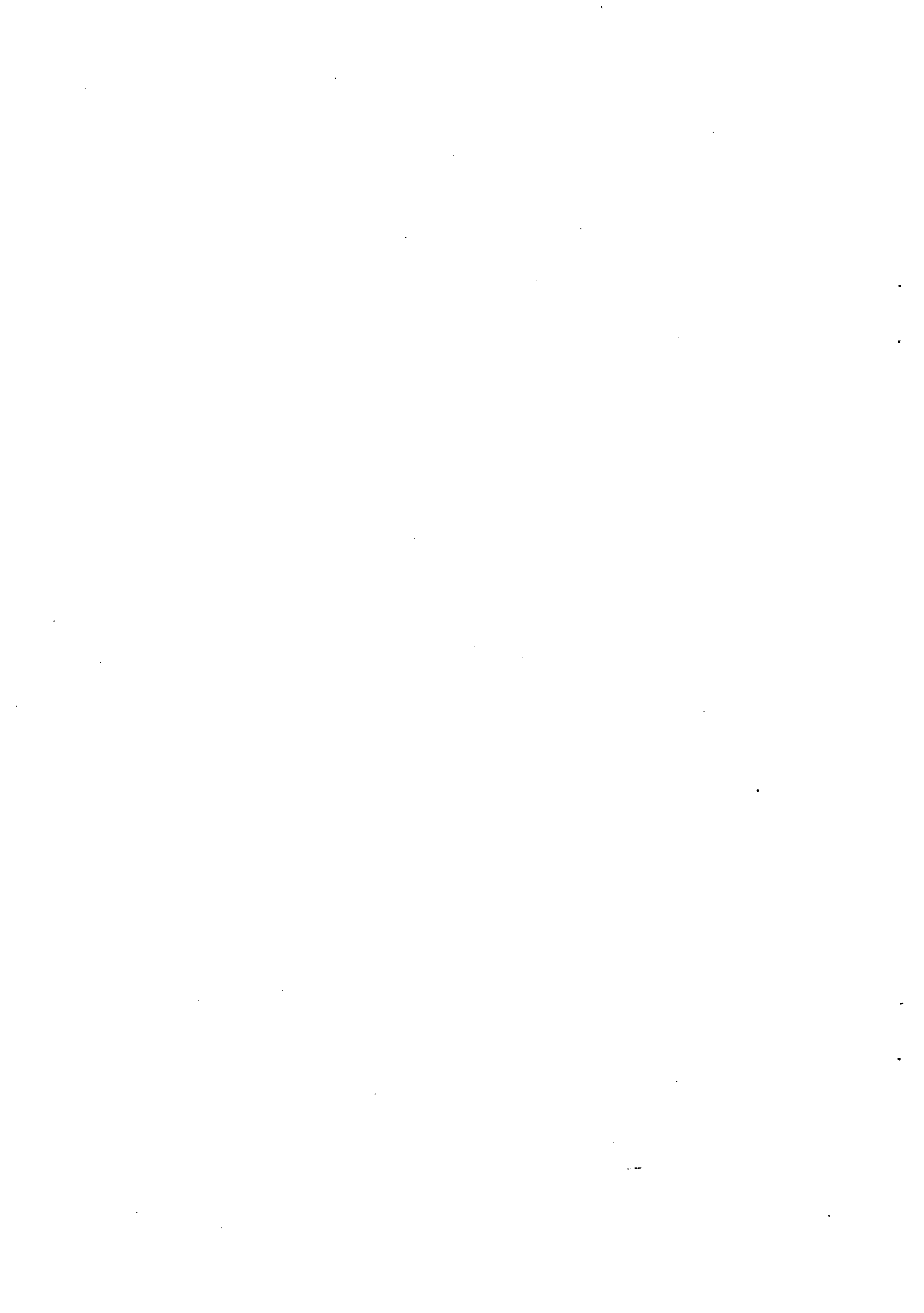
Experimentele uitgave voor de vijfde klas VWO

PLON UVA RUG © 1984

Rijksuniversiteit Utrecht
Universiteit van Amsterdam
Rijksuniversiteit Groningen

Deze AVOL maakt deel uit van experimenteel lesmateriaal. Overname of referentie uitsluitend na toestemming van de medewerkers van het PLON, Lab. Vaste Stof, Postbus 80.008, 3508 TA Utrecht, tel. 030-532717.

Voorwoord	5
Plaats en karakter van het thema	7
1. De plaats van het thema in de cursus	7
2. Achtergrond en verantwoording	7
3. Globale opzet	8
Leerstof, vaardigheden en beginsituatie	10
1. Leerstof	10
2. Vaardigheden	10
3. Beginsituatie	11
Lessenplan	12
Opmerkingen per hoofdstuk	13
1. Oriëntatie	13
2. De geschiedenis van de automatisering	15
3. Elektronische zintuigen	17
4. Elektronische bewerkingen	20
5. Geautomatiseerde systemen	24
6. Automatisering in de praktijk	25
Bijlagen	30
D1 'Automatisering' in het EPEP-VWO	30
D2 Alternatief onderzoek 9 par. 4.4	32
I1 Automatische deuren	33
I2 Lezing over robots door J.C.J. Masschelein	34
I3 Dienst wetenschapsvoorlichting	43
I4 Samenvatting rapport Rathenau	44
Apparatuuraanwijzingen	26
Errata bij de 1e versie	29



Het thema 'Automatisering' is een onderdeel van het VWO-curriculum van het VWO-bovenbouwprojekt van PLON, U.v.A. en R.U.G.

Deze Aantekeningen Voor Leraren zijn in de eerste plaats geschreven voor de leraren, die met de 1e versie van dit thema in de klas gaan werken. Anderen kunnen in deze AVOL wellicht wat meer informatie vinden over de doelen en de achtergronden van het thema.

De AVOL is gebaseerd op gegevens en informatie uit de ontwikkelingsfase en op ervaringen met het thema die op één school zijn opgedaan.

Aanvullingen en kritiek op het thema en op deze AVOL worden natuurlijk zeer op prijs gesteld.

Veel succes bij de voorbereiding van het thema 'Automatisering' in de klas!

De medewerkers van het VWO-bovenbouwprojekt
Lab. Vaste Stof
Princetonplein 1
Postbus 80.008
3508 TA Utrecht

Oktober 1984.

PLAATS EN KARAKTER VAN HET THEMA

1. DE PLAATS VAN HET THEMA IN DE KURSUS

Voor de 5e klas van het VWO zijn zes thema's en drie blokken gepland.

4e klas	5e klas	6e klas
Lijfwerk	Sport	Satellieten
Muziek	Elektromotoren	Blok Elektromagnetische
Verkeer	Blok Arbeid	Straling
Blok Bewegingen	Rond 1900	Hoe ontwikkelt de wetenschap
Het Weer	Automatisering	zich?
Energie	Blok Potentiaal	Open onderzoek
	Ioniserende Straling	Blok Repeteren voor het
	Blok Deeltjesmodellen	examen
	Keuze-onderwerpen	

In verband met produktieproblemen is 'Automatisering' in de cursus 1984-1985 direkt na de thema's 'Elektrische Machines' en 'Sport' en het Blok 'Arbeid' geplaatst.

2. ACHTERGROND EN VERANTWOORDING

De opkomst van de elektronica in de laatste decennia heeft geleid tot revolutionaire omwentelingen in allerlei sectoren van de samenleving. Daarbij kun je denken aan de grote vooruitgang in communicatiesystemen, informatieverwerking, automatisering van mechanische processen, maar ook aan zaken als de muziek, de aard van werk en hobbies, het onderwijs en ga zo maar door.

Het is daarom bijna vanzelfsprekend dat je ook in de natuurkundelessen aandacht besteedt aan die elektronica. Ook de leerlingen zelf vinden dat, hetgeen blijkt uit een onderzoek dat is uitgevoerd naar beeldvorming, interesse en ervaringen van leerlingen rond elektronica-inhouden¹⁾. Slechts een zeer laag percentage (1 %) van geënquêteerde 4-VWO-leerlingen zegt dat ze er niet in geïnteresseerd zijn om in de natuurkundelessen met elektronica bezig te zijn; 82 % is geïnteresseerd of zeer geïnteresseerd. Voorts blijkt uit dat onderzoek dat het beeld van de elektronica erg breed is en zowel positieve als negatieve elementen bevat.

Aandacht besteden in de cursus aan elektronica betekent echter meteen ook keuzen maken.

Een thema 'Elektronica' zou daarbij te veel suggereren dat je aan alle aspecten ervan (op een voldoende niveau) aandacht kunt besteden in één lessenreeks.

Wij hebben gemeend één van de sectoren waar de elektronica een zeer belangrijke rol heeft gespeeld uit te moeten kiezen om daar in thematisch verband eens veel precieser naar te kijken en wel de automatisering. Nu is ook dat onderwerp weer vrij breed en we hebben daarin de nodige keuzen moeten maken. Centraal in het ontwikkelde thema staan de volgende *themavragen*.

¹⁾ PLONoz 83-0627

PLAATS EN KARAKTER VAN HET THEMA

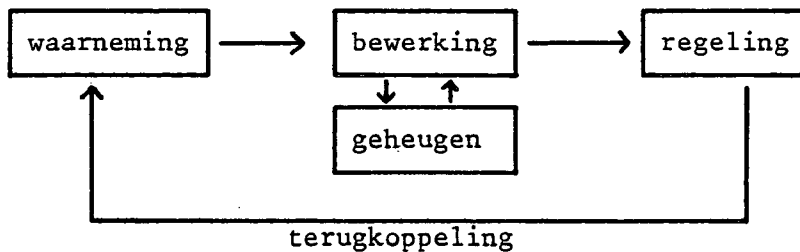
- Welke rol spelen de ontwikkelingen in de elektronica bij het voort- schrijdende proces van de automatisering?
- Welke invloed heeft dit proces op maatschappelijke ontwikkelingen?
- Hoe zijn de eigenschappen van automatiseringsapparatuur terug te brengen tot de eigenschappen van basiselementen? Hoe moet je deze basis- elementen hanteren en welke zijn daarbij de beperkingen?

Het gaat in het thema dus om de *elektronische* automatisering. Andere voorbeelden worden overigens wel genoemd en schakelingen met relais worden ook behandeld vanwege het inzicht dat ze kunnen geven in andere digitale schakelingen. Van elektronische schakelingen worden alleen de digitale eigenschappen verklaard. De computer en de robot worden uiteraard slechts summier behandeld, informatica komt eigenlijk helemaal niet aan bod.

Kijkend naar het gehele VWO-curriculum en de doelstellingen daarvan, bestrijkt het thema 'Automatisering' vooral de aandachtsvelden 'Natuur- kunde en maatschappelijke ontwikkelingen' en 'Natuurkunde in studie en beroep' (A2 en A5 uit het EPEP-VWO). 'De omgeving van de leerling' (A1) komt aan bod in de vorm van kleinschalige automaten, en 'Historische aspecten van de natuurkunde' (A3) in de relatie tussen 'Ontwikkelingen in de Techniek, Samenleving en Wetenschap'.

3. GLOBALE OPZET

De opzet van het thema volgt in grote lijnen de onderdelen van een ge- automatiseerd systeem:



Na een *oriëntatie* op het onderwerp (hoofdstuk 1) en een schets van de *historische ontwikkeling* (hoofdstuk 2), gaat het in hoofdstuk 3 over *sensoren*, elektronische schakelingen, waarmee een meetbare grootte (temperatuur, lichtsterkte, geluidsniveau enz.) wordt omgezet in een elektrisch signaal.

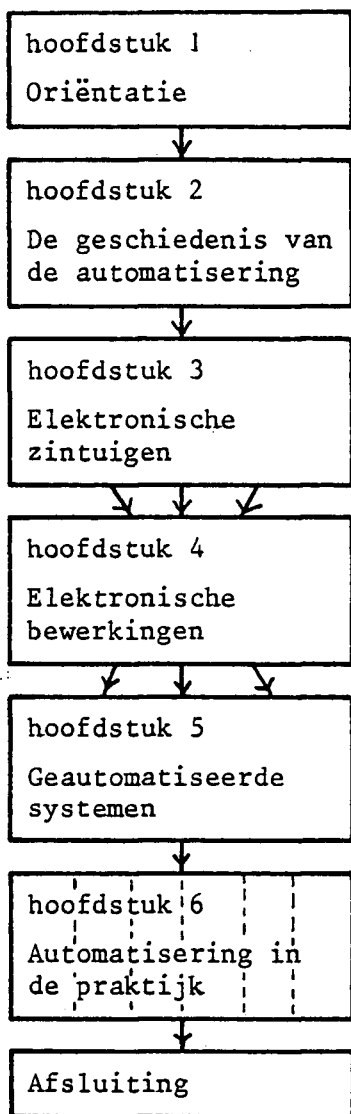
In hoofdstuk 4 gaat het over enkele soorten van elektronische *bewerkin- gen*, waarbij gekozen is voor de trigger (een simpele omvormer van een analog signaal in een ja/nee-signaal), de logische poorten en het geheugen.

Hoofdstuk 5 behandelt enkele complete *regelsystemen* en wat daar alle- maal bij komt kijken.

Dit alles vormt het fundament om in hoofdstuk 6 de leerlingen een in de maatschappij funktionerend systeem te laten analyseren op de opzet ervan, het doel en de konsekwenties.

In een schema ziet dat er zo uit:

PLAATS EN KARAKTER VAN HET THEMA



LEERSTOF, VAARDIGHEDEN EN BEGINSITUATIE

1. LEERSTOF

In 'Automatisering' komen een aantal onderdelen van het Experimentele PLON Examenprogramma EPEP-VWO aan bod. Allereerst gaat het om onderdelen van het EPEP-gebied G4 'Mechanisatie en automatisering' te weten de elektronische regelsystemen. Voorts wordt aandacht besteed aan het systematische gebied S4 'Elektrische stromen', dat in het Blok 'Potentiaal' nader wordt uitgewerkt. In bijlage D1 zijn beide delen van het EPEP-VWO nog eens opgenomen.

Opgemerkt moet worden dat van de condensator alleen de eigenschappen in gelijkstroomkringen worden behandeld, niet de berekening van zijn capaciteit.

Leerstof die niet in het EPEP-VWO voorkomt, maar wel in het kader van het thema past is:

- kennis van de rol van automatisering in de maatschappij
- enig inzicht in de samenhang en onderlinge beïnvloeding van ontwikkelingen in de natuurkunde, de techniek en de maatschappij
- het produktieproces van een IC
- het relais en relais-schakelingen
- poorten
- waarheidstabellen
- robots.

2. VAARDIGHEDEN

In het thema worden de lijnen van ontwikkeling van een aantal algemene vaardigheden doorgetrokken.

Zo is een groot aantal kleine en grote problemen opgenomen, waarin impliciet allerlei probleemoplossingsvaardigheden worden geoefend. Experimentele vaardigheden komen ruim aan bod, vooral het omgaan met en hanteren van elektrische schakelingen. Het gaat er daarbij bijvoorbeeld om dat leerlingen:

- een schakeling kunnen tekenen en lezen
- een schakeling kunnen opbouwen
- meters op de juiste plaats in een schakeling opnemen
- karakteristieken van een component of van een schakeling kunnen opmeten
- rekening houden met grenswaarden van elektronische componenten.

Vanwege het complexe karakter van veel van de gebruikte schakelingen, worden de opdrachten nogal gesloten aangeboden, zodat van experimentele vaardigheden als het zelf opzetten van onderzoek niet zoveel komt. Een enkele opdracht gaat maar in deze richting (bijv. einde hoofdstuk 5).

Eigen inbreng, het zelf opzetten van een plan, literatuuronderzoek, informatie-verwerving en -analyse en verslaggeving komen wel uitgebreid in hoofdstuk 6 aan bod.

Fysisch-mathematische vaardigheden die aan bod komen zijn:

- het verschil inzien tussen een formule als rekenregel en een formule als relatie (bij de wet van Ohm)
- grafieken tekenen en interpreteren
- rekenen met e-machten (nog niet als oplossing van differentiaalvergelijkingen).

LEERSTOF, VAARDIGHEDEN EN BEGINSITUATIE

Specifieke vaardigheden in het thema zijn voorts nog:

- de kleurcode van weerstanden kunnen gebruiken
- een waarheidstabel van een eenvoudige logische schakeling kunnen maken
- een blokschema van een eenvoudig automatisch proces kunnen maken of interpreteren.

3. BEGINSITUATIE

We zijn er bij het schrijven van het thema van uitgegaan dat leerlingen al eerder kennis hebben gemaakt met schakelingen en eenvoudige berekeningen daaraan. Het vereiste beginniveau is ongeveer:

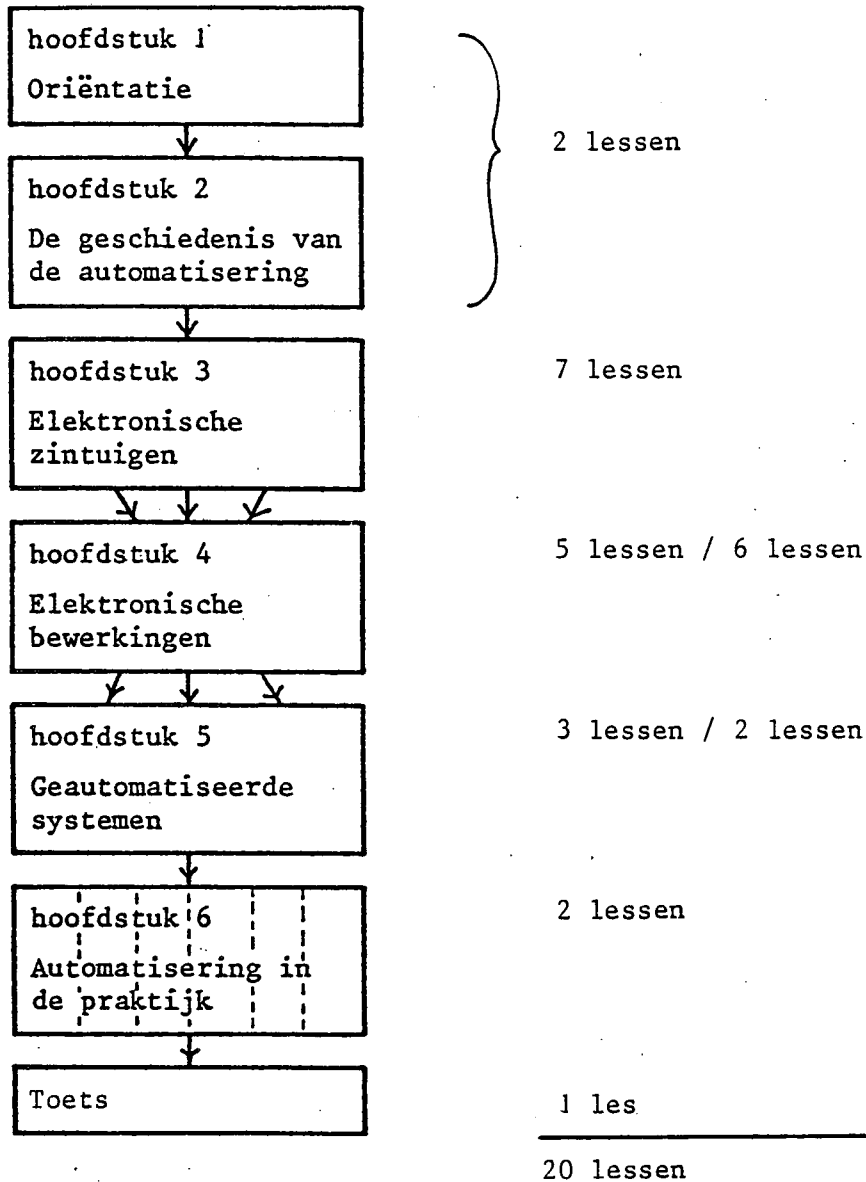
- kunnen schakelen, meters kunnen hanteren
- iets weten over, een voorstelling hebben van spanning en stroom
- $V = I \times R$ als rekenregel kennen, weten wat weerstand is.

Overigens wordt deze startkennis in het thema wel opgehaald.

Het is evenwel mogelijk dat in de eerste versies van de VWO-thema's enige overlap plaatsvindt. Zo wordt ook in 'Elektromotoren' iets aan schakelingen gedaan, waarop de herhaling in 'Automatisering' eventueel kan aansluiten.

LESSENPLAN

Het thema 'Automatisering' is geschreven voor 20 lessen. Eventueel is het thema wel in 17 lessen te doen.



Oorspronkelijk was de beoogde lesverdeling 3, 6, 5, 3, 2, 1. De ervaring leerde dat hoofdstuk 3 meer tijd kost, evenals hoofdstuk 4, als daar tenminste de nodige tijd aan het bespreken van opgaven wordt besteed. Is dat niet het geval of worden de opgaven voor een deel buiten de les gemaakt, dan kan hoofdstuk 5 een les meer krijgen. Extra tijd kost het als er na hoofdstuk 3 een tussentoets wordt gegeven (wel aan te bevelen).

Bezuinigingen zijn te realiseren door:

- hoofdstuk 2 als leesstuk te doen
- minder opgaven in hoofdstuk 3 en 4 te maken
- een selectie uit hoofdstuk 5 te behandelen
- hoofdstuk 6 als buitenschoolse activiteit te beschouwen.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

1. ORIENTATIE

bedoeling

- Duidelijk maken dat automatisering zowel op kleine als op grote schaal voorkomt, in allerlei vormen, en met een aantal maatschappelijke consequenties.
- De keuze voor de elektronische automatisering toelichten en een onderscheid aangeven tussen elektronica en automatisering.
- Een voor de rest van het thema bruikbare definitie geven van een geautomatiseerd proces. Introduceren van het begrip terugkoppeling.

uitwerking lessensplan

lesnr.	onderdeel	tijdsduur in minuten
1	1.1 klasgesprek over automatisering en beantwoorden vragen 1.1 t/m 1.4	5
	1.2 klassikaal bespreken van tekst en vragen 1.5 t/m 1.7	5
	1.3 klassikale uitleg over het schema van een geautomatiseerd proces en het begrip terugkoppeling in groepjes bespreken van vragen 1.8 t/m 1.13	10
	1.4 opzet van het thema klassikaal bespreken huiswerk: hoofdstuk 6 doorlezen ter oriëntatie	10

didaktische aanwijzingen

- Bij de bespreking van de inleiding staat de aanwezigheid van automatisering in het dagelijks leven centraal. Je kunt de leerlingen om voorbeelden van automatisering vragen, waarbij vermoedelijk gaandeweg de voorbeelden uit de tekst en de inhoud van de vragen 1.1 t/m 1.4 ter sprake komen. Aandachtspunten zijn de soms onmerkbare voorbeelden van automatisering en de maatschappelijke gevolgen.
- De niet-elektronische automatisering wordt alleen even aangestipt. Opgemerkt kan worden dat de elektrotechnische automatisering toch terugkomt in hoofdstuk 4, omdat het automatisering wat aanschouwelijker maakt dan de elektronische. Het uiteenrafelen van begrippen als automatisering, informatika, elektronica, computers, telecommunicatie verdient de aandacht, vanwege de grote overlap tussen deze begrippen, zeker in het dagelijks taalgebruik.
- Aansluitend hierop kan de definitie van een geautomatiseerd proces gegeven worden. Aangezien de rest van het thema over geautomatiseerde processen gaat, is het zinvol aan te geven dat in het thema dus geen informatietechnologie en telecommunicatie besproken worden, hoewel een aantal van de besproken automatische processen daarin toegepast worden.
- Bij de bespreking van de opbouw van het geautomatiseerde proces zou je een eenvoudige automatische schakeling kunnen demonstreren. Eventueel kun je leerlingen suggereren thuis eens een automatische schakeling te bouwen.
- De opzet van het thema toont op het eerste gezicht geen differentieel gedeelte. Dit zit binnen hoofdstuk 4. Het is goed de leerlingen alvast te wijzen op hoofdstuk 6, zodat ze tijdens het thema materiaal en ideeën kunnen verzamelen voor hun keuze-opdracht.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

antwoorden opgaven

- 1.1 + gemak - je hoeft er niet bij te blijven
+ snelheid - rekenmachine
- werkgelegenheid
- onpersoonlijk - geheimzinnig
- noodmaatregelen bij panne
- 1.2 La. besproeien - klimaatregeling in kassen - ploegen
G. intensive care
Lu. vluchtleiding - radar - automatische piloot
- 1.3 W. uitnodigend - gemak
Z. snelheid
- 1.4 C.V. fietsbewaking - video
toename computer in lesmateriaal
- 1.5 a. Mechanisch
b. Hydraulisch - pneumatisch
- 1.6 a. chips
b. N.T.C. - servo motoren
- 1.7 a. telecommunicatie stukje elektronica
b. informatie technologie viewdata
c. telecommunicatie mobilfoon
- 1.8 a. De zetten van de tegenstander moet je doorgeven met behulp van toetsenbord.
Geheugen geeft stand aan.
Kan kiezen, hangt van programma af, hopelijk beste zet.
b. Verkeersaanbod met behulp van drempels.
Geheugen geeft stand van de lichten en tijdsduur en volgorde: wie is nu aan de beurt.
Kan kiezen, wie het langste waakt, programma.
- 1.9 In beide gevallen blijft de sensor constant werken. Na een signaal (lichtstraal onderbroken) treedt onmiddellijk een handeling in werking (deuren open - snelheidsbeperking instellen), tevens treedt een tijdmechanisme in werking. Als na die tijd de lichtstraal niet langer onderbroken is, volgt een tweede handeling (deuren dicht - snelheidsbeperking opheffen).
Er is geen terugkoppeling: de handeling beïnvloedt de sensor niet.
- 1.10 Nee, het bedienen van de deuren beïnvloedt de waarneming niet, tenzij er een waarneming is die bepaalt hoever de deuren reeds dicht zijn, zodat de snelheid waarmee ze sluiten kleiner wordt naarmate ze verder dicht gaan.
- 1.12 Als je een voorwerp oppakt, sturen je ogen voortdurend signalen naar de hersenen die zodanig bewerkt worden, dat de stuurimpulsen naar de spieren worden veranderd.
- 1.13 De snelheid waarmee water door een rivier stroomt.
Als op een bepaalde plaats het water even te langzaam zou stromen, hoopt het water zich op, zodat het hoogteverschil naar boven toe afneemt → minder aanvoer.
Het hoogteverschil naar onder zou toenemen → meer afvoer en het evenwicht herstelt zich weer.

2. GESCHIEDENIS VAN DE AUTOMATISERING

bedoeling

Laten zien hoe wetenschap, techniek en maatschappij elkaar beïnvloeden.

uitwerking lessenplan

lesnr.	onderdeel	tijdsduur in minuten
2	klassikale uitleg over de wisselwerking tussen wetenschap, techniek en samenleving	10
	in groepjes doornemen van de tekst en maken van de opdracht op blz. 20	20
	nabespreken opdracht	5
	kiezen opdracht hoofdstuk 6 in groepen	10

didaktische aanwijzingen

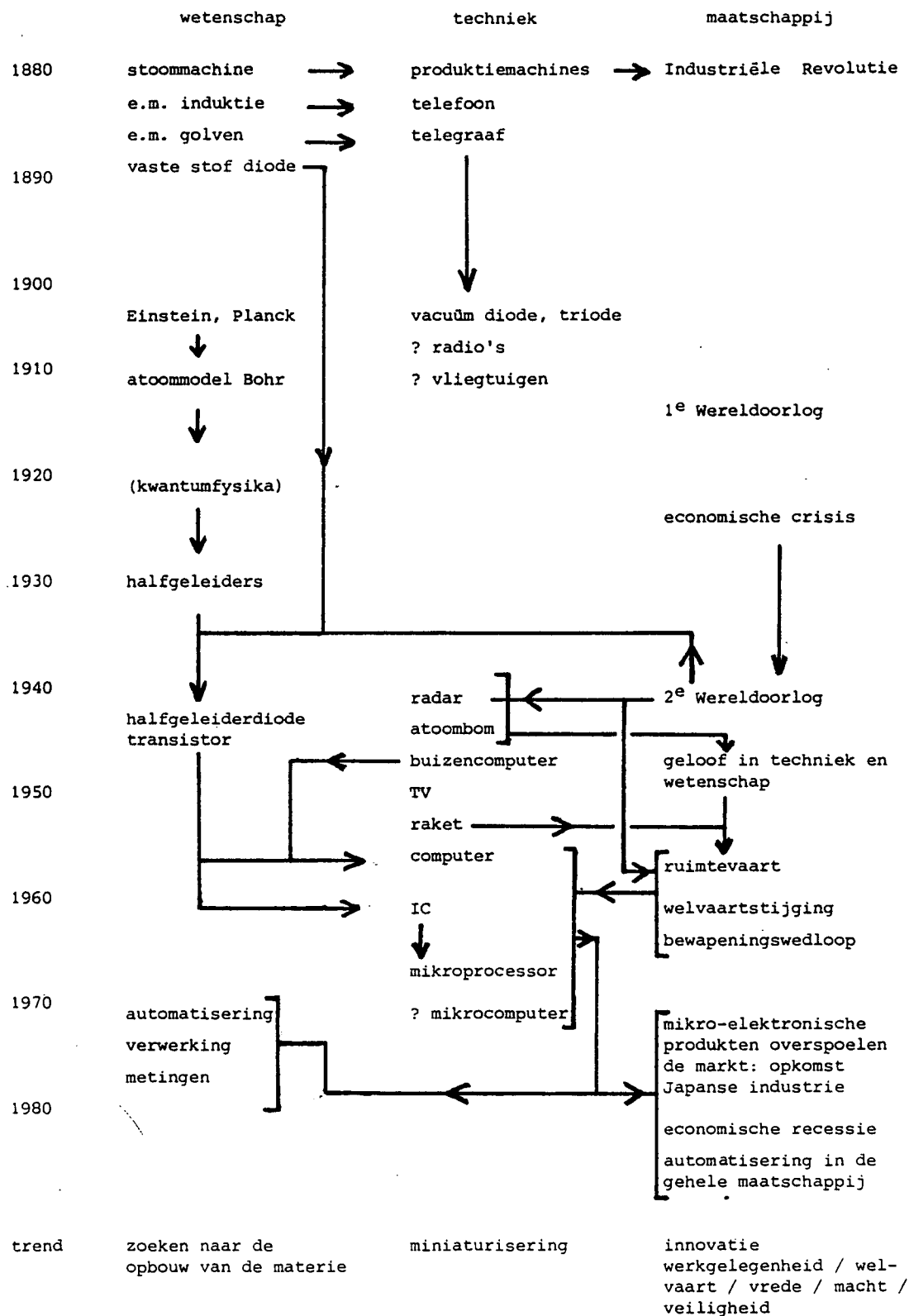
- De nadruk in de presentatie van hoofdstuk 2 moet liggen bij de wisselwerking tussen wetenschap, techniek en maatschappij. Het is niet de bedoeling leerlingen jaartallen of historische instrumenten te laten leren.
- Leerlingen kunnen problemen hebben met begrippen als diode, triode, transistor en IC. Deze komen verderop in het thema aan de orde, en hoeven hier dus niet uitvoerig toegelicht te worden.
- De keuze van een onderwerp voor hoofdstuk 6 in dit stadium is nodig, omdat het verzamelen van informatie en eventueel bezoeken van bedrijven of instellingen niet volledig in de gewone lestijd kan plaatsvinden. Probeer te voorkomen dat leerlingen het te ver van huis zoeken, in te gecompliceerde, tot de verbeelding sprekende toepassingen of toepassingen waarover weinig informatie te vinden is. Vaak hebben de ouders van leerlingen wel op één of andere manier met automatisering te maken. Let ook op een goede spreiding over de vier maatschappelijke sectoren.

literatuur

- Revolution in miniature
Braun & Mc Donald
Cambridge University Press

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

antwoorden opgaven



OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

3. ELEKTRONISCHE ZINTUIGEN

bedoeling

- In het begin van dit hoofdstuk worden kennis en vaardigheden met betrekking tot elektrische schakelingen herhaald en op een rij gezet. Daarvoor zijn ook een groot aantal kleine oefenopgaven opgenomen, waaruit afhankelijk van de groep en de voorkennis een keuze kan worden gemaakt.
- Par. 3.3 past deze kennis toe op elektronische sensoren. De onderzoeken kunnen in circusvorm door alle leerlingen worden uitgevoerd. In de nabespreking kan dieper worden ingegaan op de principes achter verschillende componenten: de condensator, de N.T.C. en L.D.R.-weerstand en de halfgeleiderdiode.
Par. 3.8 is vooral bedoeld om de leerlingen duidelijk te maken dat er nog een groot aantal andere sensoren bestaat.
Par. 3.9 is bedoeld ter verwerking.

uitwerking lessenplan

Een nadere invulling van de 7 lessen voor dit hoofdstuk kan zijn:

lesnr.

- 1 en 2 - Par. 3.1 kort behandelen.
 - Van par. 3.2 doen de leerlingen die proeven en opdrachten, die ze in het kader van een goede herhaling noodzakelijk vinden. In ieder geval zullen opdracht 3.7 en 3.8 waarschijnlijk nieuw zijn voor de meeste leerlingen.
Eventueel kunnen de antwoorden op de opgaven worden uitgedeeld.
- 3 en 4 - Inleiding en organisatie par. 3.3.
 - De 5 sensoren worden door alle leerlingen roulerend bekeken. De karakteristiek wordt opgemeten en de bijbehorende theorie bestudeerd. Dit kan goed in 2 lessen gebeuren!
 - Huiswerk par. 3.4 t/m 3.7 bestuderen.
- 5 - Bespreking par. 3.4 en 3.5.
 - Enkele opgaven uit par. 3.9.
- 6 - Bespreking par. 3.6 en par. 3.7.
 - Opgaven uit par. 3.9
- 7 - Uitloop.
 - Opgaven uit par. 3.8 en par. 3.9.
 - Eventueel een toets.

didaktische aanwijzingen

- Het is goed mogelijk dat er grote verschillen blijken tussen de leerlingen. Sommigen zullen weinig moeite hebben met het werken en rekenen met elektrische schakelingen, anderen blijken daar in de derde klas toch maar weinig van begrepen te hebben. Het is daarom verleidelijk meer aandacht aan par. 3.2 te besteden, maar de dingen die daarin aan de orde komen, komen ook steeds weer terug, zodat een grondige verwerking ook na dit begin mogelijk wordt.
- De kaders op blz. 25 en 26 bevatten basisinformatie en dienen dus bestudeerd te worden.
- Op blz. 26 wordt geprobeerd het aloude probleem met de wet van Ohm aan de leerlingen te verduidelijken:
 1. dat de formule als wet aangeeft dat er een relatie is tussen V en I bij een constante weerstand;

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

2. dat de formule als rekenregel de mogelijkheid geeft op elk moment de weerstand; stroom en spanning uit elkaar te berekenen.

antwoorden opgaven

- 3.1 Temperatuur - druk - vochtigheidsgraad - lichtsterkte.
Geluidsterkte - waterstand - windsterkte.
- 3.2 De chauffeur moet het signaal blijvend kunnen waarnemen: er is ook een geheugen aanwezig.
- 3.3 Nee, de stroomsterkte is niet evenredig met de spanning.
- 3.4 a. Spanning verhogen tot 15 V.
b. $V = I \cdot R$ V is evenredig met I
als $I_2 = 2\frac{1}{2} \times I_1$ dan is $V_2 = 2\frac{1}{2} \times V_1$
- 3.5 a. $15 \text{ k}\Omega : V = 13,0 - 8,1 = 4,9 \text{ V}$
 $I = \frac{V}{R} = \frac{4,9}{15 \cdot 10^3} = 0,33 \text{ mA}$
 $3,9 \text{ M}\Omega : V = 8,1 - 0,9 = 7,2 \text{ V}$
 $I = \frac{V}{R} = \frac{7,2}{3,9 \cdot 10^6} = 1,8 \text{ }\mu\text{A}$
 $560 \text{ k}\Omega : V = 0,9 - 0,4 = 0,5 \text{ V}$
 $I = \frac{V}{R} = \frac{0,5}{560 \cdot 10^3} = 0,9 \text{ }\mu\text{A}$
 $1,5 \text{ k}\Omega : V = 0,4 \text{ V}$
 $I = \frac{V}{R} = \frac{0,5}{1,5 \cdot 10^3} = 330 \text{ }\mu\text{A}$
- 3.6 Een grote waarde van $\frac{V}{I}$ betekent dat er bij dezelfde spanning minder stroom gaat lopen: het lijkt wel alsof het meer moeite kost om de stroom door te laten, de weerstand is groter.
- 3.7 - Over de grootste weerstand (waar de stroom het moeilijkste doorheen kan) valt het grootste deel van de spanning.
- Door de kleinste weerstand loopt het grootste deel van de stroom.
- 3.8 - Opdracht 5 $R_v = 50 + 150 = 200 \text{ }\Omega$
- Opdracht 6 $\frac{1}{R_v} = \frac{1}{50} + \frac{1}{150} = \frac{4}{150}$; $R_v = \frac{150}{4} = 38 \text{ }\Omega$
- 3.9 - Eerst de parallelschakeling: $\frac{1}{R_{v_1}} = \frac{1}{30} = \frac{1}{50} = \frac{8}{150}$ $R_{v_1} = 19\Omega$
Serie 1 $R_v = 20\Omega + R_{v_1} = 39\Omega$
- 3.11 n.q = $6 \cdot 25 \cdot 10^{18} \cdot q = 1 \text{ coulomb}$
 $q = \frac{1}{6} \cdot 25 \cdot 10^{18} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- 3.12 a. $V_{10} = \frac{1}{3} \text{ V} = 1,5 \text{ V}$
b. $V_{20} = \frac{2}{3} \text{ V} = 3,0 \text{ V}$
c. $I = \frac{V}{R} = \frac{1,5}{10 \cdot 10^3} = \frac{3,0}{20 \cdot 10^3} = 0,15 \text{ mA}$
- 3.13 a. $I_{24} = \frac{1}{3} \text{ I} = 2,5 \text{ mA}$
b. $V_{24} = I \cdot R = 2,5 \times 10^{-3} \times 2,4 \times 10^3 = 6 \text{ V}$
c. $V_R = 9 - 6 = 3 \text{ V}$
 $R = \frac{V}{I} = \frac{3}{7,5 \cdot 10^{-3}} = 0,4 \text{ k}\Omega$
- 3.14 a. $V_L = I \cdot R = 0 \cdot R = 0$
b. $V_S = I \cdot R = 0 \cdot \infty = 4,5 \text{ V}$
- 3.15 a. $R_v = R_1 + R_2 = 5 + 15 = 20\Omega$
b. $V_1 = \frac{1}{4} \text{ V} = 1,5 \text{ V}$
 $V_2 = \frac{3}{4} \text{ V} = 4,5 \text{ V}$
c. niet te zeggen: het lampje met de hoogste temperatuur

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

- 3.16 a. $V = I.R = 2,5 \times 6 = 15$ volt
 b. $I_s = \frac{V}{R} = \frac{15}{5} = 3$ A
 $I_t = I_s + I_6 = 3 + 2,5 = 5,5$ A
- 3.17 $V_2 = I.R = 7 \times 2,5 = 17,5$ V
 $R_1 = \frac{V}{I} = \frac{17,5}{5} = 3,5 \Omega$
- 3.18 - Elk lampje krijgt 220/11 = 20 volt spanning
 - Elk lampje krijgt 220/12 = 18 volt spanning
 - Elk lampje krijgt 220/10 = 22 volt spanning (misschien kapot?)
 - Alle lampjes gaan uit.
- 3.19 220 V. Als één lampje stuk gaat, ontstaat daar de totaalspanning.
- 3.20 Parallel: anders gaan ze allemaal uit en weet je niet waar de storing is!
- 3.41 $V_C = 3.e^{-t/0,047}$ V
 $RC = 0,047$ s.
- 3.42 Doordat de lading op de condensator vermindert, neemt de 'stuwende' kracht om stroom rond te sturen af en neemt het tempo waarin de stroom afneemt ook af.
- 3.45 Twee vrije elektronen per atoom.
- 3.46 Dichtheid = 8,9 g/cm³; 1 koperatoom weegt 63,5 x 1,66 x 10⁻²⁷ = 1,05 x 10⁻²⁵ kg = 1,05 x 10⁻²² g
 dus aantal vrije elektronen per cm³ = 2 x 8,5 x 10²² = 1,7 x 10²³
- 3.50 Rechts (zie figuur 3.52).
- 3.51 a. Alleen in de positieve periodes van het geluidssignaal wordt de spanning op de condensator opgebouwd.
 b. Dan zou de gemiddelde spanning op de condensator nul zijn.
- Par. 3.8 In Bijlage I₁ is een artikel opgenomen over automatische deuren.

apparaat	sensor/grootheid	informatie beschikbaar	bewerking
1. tuner	signaalgrootte/spanning	spanning	naar voltmeter
2. filmcamera	lichtmeter/lichtsterkte	spanning	voltmeter met 1 zichtbare stand
	transportindicator/beweging	mechanisch	
3. recorder	magnetisme of geleidbaarheid (?)	elektrisch signaal	naar relais voor mechanische ontgrendeling
4. pick-up	positiesensor	mechanisch	via overbrenging wordt de arm op de juiste plaats in de groef geplaatst
5. reed-schakelaar	magnetisme	wel/geen stroom	
6. Hall-sonde	magnetisme	spanning	voltmeter, ge-ijkt
7. vaatwasmachine	watermeter	spanning	waterklep
8. weerballon	vochtigheid thermometer/temperatuur barometer/druk	} spanning	wisselspanning → zender
9. vlotter	waterhoogte		
10. boormachine	temperatuur	te grote stroomsterkte	zekering slaat door
11. c.v.	o.a. waterdruk	spanning	hoofdbrander blokkeren
	o.a. temperatuur	spanning	hoofdbrander valt uit
12. stem	geluidspatroon	signaal uit geheugen	bijpassende bewerking

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

Par. 3.9

1. 0 V = Oost 2,5 V = Zuid 5,0 V = West 7,5 V = Noord

2. a. 1,5 V - 4,5 V

b. nadeel: stroomsterkte is niet konstant

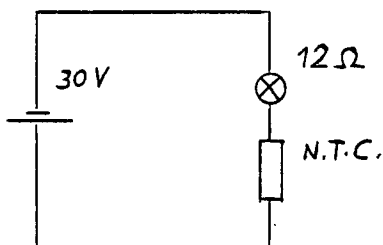
voordeel: uitgangsspanning tussen willekeurige grenzen te kiezen.

3.

stand	R_{pot} (Ω)	R_V (Ω)	V_u (v)
A	220	73	6,0
B	165	66	3,3
C	110	55	2,0
D	55	37	1,1
E	0	0	0

4. R_{NTC} bij 50° C is 60 Ω . $R_{lampje} = 12 \Omega$.

De eenvoudigste schakeling staat hieronder:



Nadelen: bij temperaturen beneden 50° C brandt het lampje toch enigszins, bij hogere temperaturen kan het lampje zelfs doorbranden.

5. Een bimetaaltje is een aan-uitschakelaar met één bepaalde schakeltemperatuur.

6. $V_u = 4,0 \text{ V} \rightarrow R_{LDR} = 1,0 \text{ k}\Omega \rightarrow$ lichtsterkte = 300 lux, dat is 3x zoveel licht als op 1 m afstand $\rightarrow \sqrt{3}$ x zo dichtbij $\rightarrow r = 0,58 \text{ m}$.

4. ELEKTRONISCHE BEWERKINGEN

bedoeling

- In hoofdstuk 4 wordt uitgelegd hoe het uitgangssignaal van een sensor op verschillende manieren kan worden bewerkt. Essentieel daarbij is dat de analoge uitgangsspanning van de sensor wordt omgezet in een digitaal signaal voor opslag in een geheugen of voor doorvoer naar het regelmechanisme.
In hoofdstuk 5 wordt nog nader ingegaan op analoog-digitaalomzettingen.
- De leerlingen bekijken drie soorten bewerkingen (trigger, poort en geheugenopslag) in drie uitvoeringsvarianten (relais, transistor en IC).
- We gaan in hoofdstuk 4 op het gebied van de elektr(on)ische schakeling veel verder in dan in hoofdstuk 3. De schakelprincipes, die daar zijn uitgelegd, worden nu toegepast, verbreed en verdiept.

uitwerking lessenplan

Een nadere invulling van de 5 à 6 lessen voor dit hoofdstuk kan zijn:

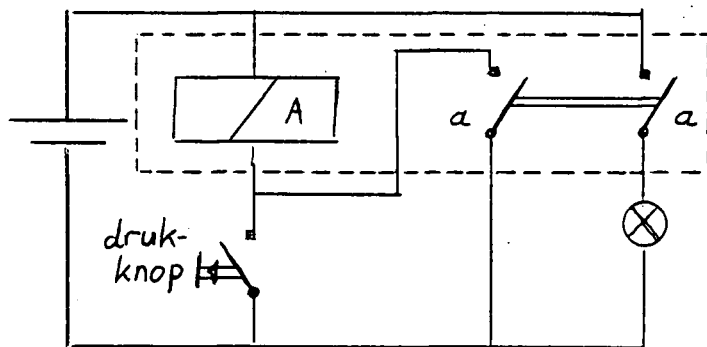
OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

lesnr.

- 1
 - Bespreking par. 4.1 en opdrachten.
 - Aandacht voor analoog en digitaal en wat waarheidstabellen zijn.
 - Organisatie onderzoeken par. 4.2 t/m par. 4.4. Het lijkt ons niet nodig dat alle leerlingen alle onderzoeken doen. Wel moeten ze elke soort bewerking en elk type bewerker zijn tegengekomen. Als er van elk onderzoek 1 t/m 9 één opstelling is, dan is dit praktikum als volgt te organiseren.
Er zijn maximaal 9 groepen leerlingen, die de onderzoekjes in één van de volgende reeksen afwerken:
1 - 5 - 9 5 - 9 - 1 9 - 1 - 5
2 - 6 - 7 6 - 7 - 2 7 - 2 - 6
3 - 4 - 8 4 - 8 - 3 8 - 3 - 4
(zie ook blz. 60 van het themaboek)
- 2 en 3 - Leerlingen voeren de onderzoekjes in groepen uit. Elk onder-
(half) zoek kan goed in een halve les worden gedaan.
 - Huiswerk par. 4.5 t/m 4.7 bestuderen.
- 3 (half)
t/m 5 - Nabespreking praktikum en theorie par. 4.5 t/m 4.7.
 - Vertonen van de videoband over de produktie van chips.
 - Opgaven par. 4.8 bespreken.
- 6 (evt.)
 - Rest opgaven bespreken.

didaktische aanwijzingen

- In de schakelschema's van de relais' is het voor sommige leerlingen onduidelijk dat de kleine letter van de schakelaar hoort bij de hoofdletter van de elektromagneet. Een gestippeld kader voor het hele relais zou het wat duidelijker maken (zie onderstaand schema).



alternatief van fig. 4.30 uit het themaboek

- Dat er voor'gekozen is de bewerkers met relais' te behandelen komt, omdat wij denken dat daardoor de bewerking als zodanig veel duidelijker wordt (zowel in de getekende schema's als in de experimentele schakeling, waar je de 'klik' immers zelf hoort). Het relais is dus bedoeld als een didaktisch hulpmiddel.
Het is niet de bedoeling om uitgebreid op allerlei typen en de werking ervan in te gaan.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

Uit de ervaringen van de proefscholen moet blijken of het relais als didaktisch hulpmiddel funktioneert.

- De transistor wordt alleen als schakelaar bekeken en niet als versterker. De verklaring van de werking van de transistor (par. 4.6, einde) is geen basisstof.
- De genoemde videoband is de band die voor het HAVO-thema 'Elektronica' is samengesteld. Het stuk dat over de fabricage van chips gaat is 'The Microcircuit Story' van Philips, duur ca 25 minuten. De film is - hoe kan het anders in deze bedrijfstak - wel enigszins gedateerd. De andere stukken van de video komen uit een AVRO-programma uit 1980 en een NCRV-programma uit 1977 met beelden van toepassingen.
- In de apparatuuraanwijzingen staat voor onderzoek 9 een geheugen met 4 adrescodeplaatsen (i.p.v. 8 zoals in het themaboek). Daar hoort een andere leerlingopdracht bij (zie bijlage D2).

antwoorden op de opgaven

4.1 Temperatuur, waterniveau, tijd.

4.2 Alleen in par. 3.8 komen sensoren voor met een digitaal signaal: bijv. afslag spoelenrecorder, positiesensor pick-up, reed-schakelaar, het bimetaaltje, vlotter.

moment in het proces	ingang 1 NOF	ingang 2 NOF	uitgang NOF	waterklep	verwarming	wasmotor
• inschakelen	1	0	0	open	uit	uit
• machine vol	0	0	1	dicht	aan	uit
• temperatuur 60° C	0	1	0	dicht	uit	aan

4.3 Meer windingen, dikker draad, kortere draad, minder sterke veer.

4.4 Parallelschakelaars, meerdere relais' achter elkaar.

4.5 1:17

4.6 ∞:0

4.7 Basisspanning omhoog, RCE omlaag.

4.12 Bijv. robotisering, geleide wapensystemen, I.R.A.S.

4.13 Kleiner, goedkoper, minder kwetsbaar, sneller.

4.14 Bij hoog-vermogen-schakelingen, bij schakelingen die in de ontwerp-fase zijn.

4.15 Diffusie, smelten van silicium, opdampen SiO₂, opdampen aluminium.

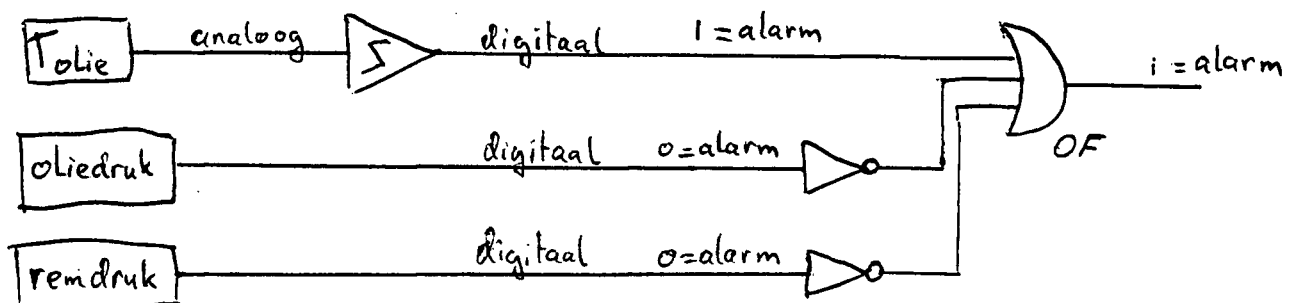
4.16 Belichting via masker, vóór opdampen SiO₂, bij de diffusie.

4.17 Grotere produktie, minder ontwikkelingskosten.

4.18 Golflengte van licht is eindig, warmteontwikkeling.

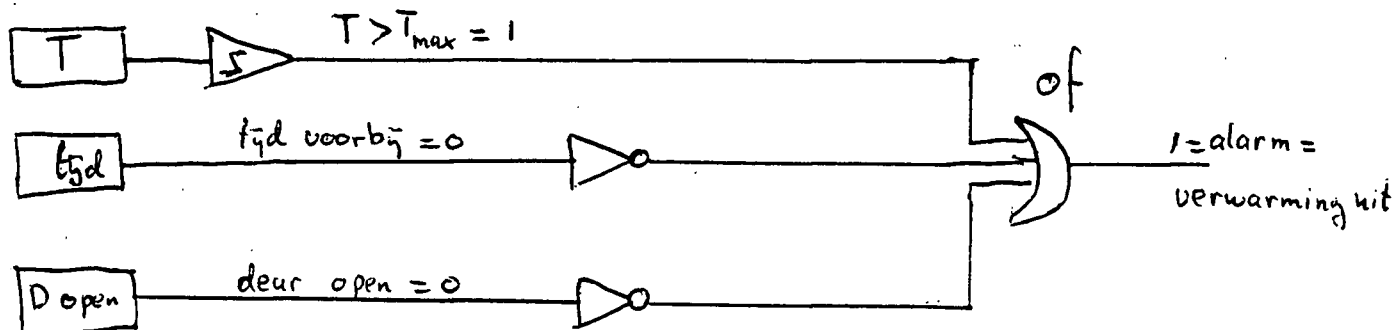
Par. 4.8

1. Zie figuur.

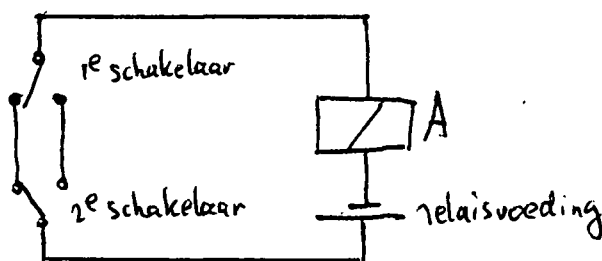
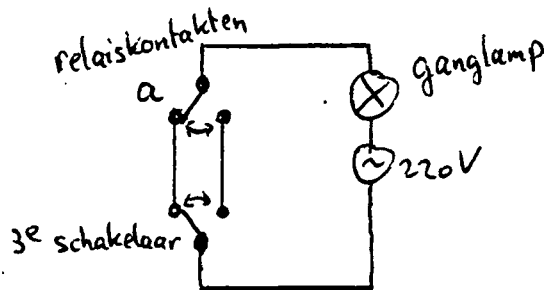


OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

2. Zie figuur.



3. a. Als temperatuur stijgt neemt R_{NTC} af en A wordt magnetisch → a gaat dicht → B magnetisch → b dicht → lampje brandt. Als de temperatuur weer daalt, gaat a weer open, maar B blijft via b bekrachtigd.
- b. $V = I \cdot R = 3,2 \text{ V}$
- c. $R = \frac{5,8}{1,6} = 3,6 \text{ k}\Omega$; $R_{NTC} = 3 \text{ k}\Omega$; $R = 0,6 \text{ k}\Omega$
- e. Bijv. $t = -20^\circ \text{ C}$ $R_t = 6,6 \text{ k}\Omega$
 $I = 1,4 \text{ mA}$ $P = V \cdot I = 12 \text{ mW}$
4. c. Dit kan wel met één relais (zie figuur).

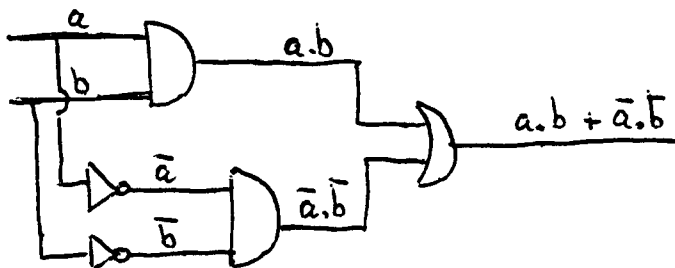


5. a. R_{LDR} neemt toe → $V_{BE} > 0,7 \text{ V}$ → transistor gaat geleiden → lampen gaan branden.
- c. $V_{BE} > 0,7 \text{ V}$ → $R_{LDR} > \frac{0,7}{11,3} \times 4,7 \text{ k}\Omega = 0,29 \text{ k}\Omega$ → verlichtingssterkte = 200 lux.
- d. R groter.
- e. Voordat de condensator is opgeladen tot 0,7 V, is de weerstand van de LDR al weer verminderd.
6. a. De waarheidstabel is:

a	b	EXOF (+ inverter)
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

De bijbehorende logische schakeling is:



$a = \text{schakelaar } 1$
 $b = \text{fotocel } 1$

- b. Zes van bovenstaande EXOF-poorten moeten worden aangesloten op een EN-poort. Als deze signaal afgeeft stopt de motor.
7. a. Als L_1 (6 V) brandt, geldt: $V_C = V_B \approx 3$ V
 $V_{R_2} > 2,3$ V $\rightarrow T_2$ dicht $\rightarrow V_D = V_A \approx 9$ V $\rightarrow V_{R_1} > 8,3$ V $\rightarrow T_1$ open
- b. Als B 0 V wordt gemaakt keert de situatie om en L_2 gaat branden.

5. GEAUTOMATISEERDE SYSTEMEN

bedoeling

- Dit hoofdstuk completeert het geautomatiseerde systeem. Op zich heeft het blok regelmechanisme weinig toelichting, omdat het hier om ieder elektrisch apparaat kan gaan. Wel is van groot belang of er een zekere *terugkoppeling* bestaat naar de sensor. Besproken wordt het onderscheid tussen gestuurde en geregelde systemen.
- Er zijn ook nog een paar andere aanvullingen bij de grote systemen te geven.
- Omzetting van een analog signaal in een binaire, digitale code wordt besproken.
- De opbouw van de microprocessor en de computer en robot worden summier behandeld.

uitwerking lessenplan

Hoe dit hoofdstuk gedaan wordt zal met name afhangen van de beschikbare apparatuur en de realiseerbare mogelijkheden. Is er een slimme muis, is er een A/D en D/A convertor, kan men makkelijk beschikken over een microprocessor, is er misschien zelfs een robot aanwezig?

Mogelijke lesverdeling:

Les 1 - Terugkoppeling en de slimme muis.

Les 2 - A/D en D/A omzetting / microprocessor / computer en robot.

Les 3 - Opgaven uit par. 5.6.

didaktische aanwijzingen

- Een opteller is te maken als men de beschikking heeft over een verzameling poorten, gecombineerd met schakelaars en uitlezing. Dan nog is het een heel karwei om hem te bouwen, maar een demonstratie ligt wel binnen de mogelijkheden.
- Over robots wordt in het themaboek weinig informatie gegeven. Op het NVON-zomercongres in 1984 in Groningen werd door J.C.J. Masschelein

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

een uitstekende overzichtslezing gehouden over dit onderwerp. Deze lezing is als bijlage I2 aan deze AVOL toegevoegd, waarvoor wij de auteur zeer erkentelijk zijn.

antwoorden op de opgaven

opdracht 5.1 a. regelsysteem, b. stuursysteem, c. stuursysteem.

opdracht 5.3 a. Weinig licht op LDR₁ → motor 1 gaat draaien → muis gaat naar rechts (kant LDR 2).

b. Door de traagheid van de reactie van de LDR zullen de motortjes beurtelings steeds iets te lang harder draaien.

c. A heeft de grootste terugkoppeling, omdat de verandering van de draaisnelheid groter is bij een bepaalde verandering van de lichtsterkte.

d. B heeft zwakke terugkoppeling, dus pad is rechter.

e. Hier is een sterke reactie nodig → verband A.

vragen 5.1 10

5.2 1111

5.3 15

5.6 a. $\frac{4 \times 10^6}{7} = 5,7 \times 10^5$ optellingen.

b. Als er weer 7 handelingen nodig zijn ~ 140 ms \Rightarrow ongeveer 7 optellingen.

6. AUTOMATISERING IN DE PRAKTIJK

bedoeling

Met de opgedane kennis over automatisering een beeld krijgen van de praktijk, waarin ook economische en sociale aspecten meespelen.

uitwerking lessenplan

Afhankelijk van de voorkeur van de docent en/of de leerlingen moet gekozen worden voor mondelinge of schriftelijke rapportage. Mondelinge rapportage verdient de voorkeur vanuit het oogpunt van uitwisseling van ervaringen tussen de leerlingen, maar heeft als nadeel dat de leerlingen vrijwel alles in hun vrije tijd moeten doen. Een tussenvorm zou kunnen zijn dat iedere groep de ervaringen op een flap samenvat en dat de leerlingen gedurende een halve tot hele les over elkaars flappen praten.

literatuur en adressen

- Dienst Wetenschapsvoorlichting (zie bijlage I3).

N.Z. Voorburgwal 120, Amsterdam.

- Rapport van de adviesgroep micro-elektronica (Rapport Rathenau), Staatsuitgeverij 1980 (zie bijlage I4).

APPARATUURANWIJZINGEN

Materiaalaanwijzingen bij het thema 'Automatisering'

hfdst. 1 Geen materiaal nodig.
Het zou in deze oriëntatiefase wel leuk zijn, als je aan de klas een simpel werkend geautomatiseerd systeem kunt demonstreren. Ideeën hiervoor zijn van harte welkom.

hfdst. 2 Geen materiaal nodig.

hfdst. 3 Hoofdzakelijk is eenvoudig schakelmateriaal nodig om de leerlingen in groepjes de proeven te kunnen laten doen. Dat wil zeggen:

- spanningskastjes
- weerstandjes
- stroom- en spanningsmeters in veelvoud
- schuifweerstand of pot-meter
- (blz.33) - N.T.C., bijv. 4,7 k Ω enkelvoud of dubbel,
- (blz.34) - L.D.R., bijv. 20-500 Ω Philips afhankelijk van het aantal
- (blz.36) - condensatoren - 10 mF groepen in de klas
- 10 F of 100 nF

Voorts zijn nodig:

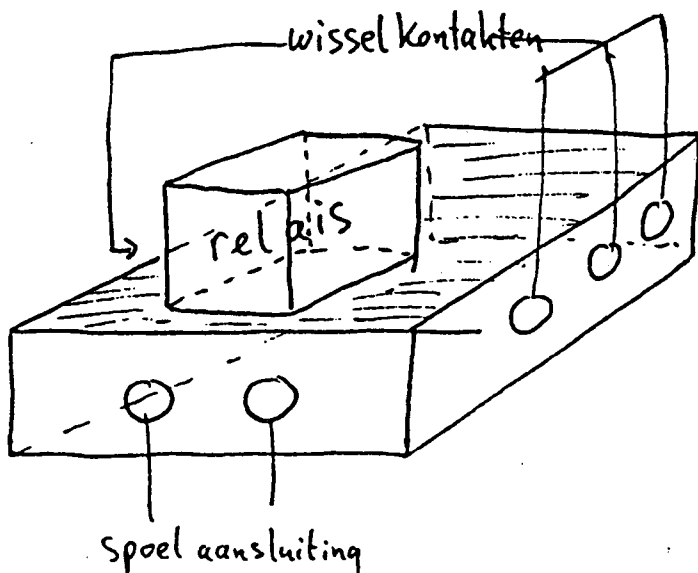
- (blz.34) - gloeilamp met lux-meter
- (blz.36) - microfoon en versterker en diode en toongenerator en dB-meter

N.B. De geluidssensor van fig. 3.41 moet nog nader uitgetest worden. De versterker dient er voor een goede uitgangsspanning te geven. De R.C.-combinatie kan misschien beter 100 nF-1 M Ω zijn.

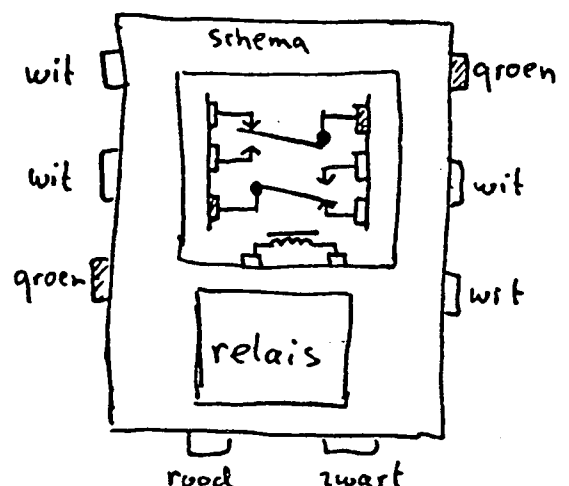
hfdst. 4 Voor dit hoofdstuk zal de meeste voorbereiding nodig zijn. Het gaat om 9 onderzoeken, waarvan 3 met relais, 3 met transistoren en 3 met IC's.

De relais-onderzoeken

Het goedkoopst is het om te proberen gebruikte relais op de kop te tikken (bijv. op oude printplaten). Zo'n relais is dan eenvoudig op een kastje te monteren, waarmee de leerlingen kunnen werken. De meeste relais hebben twee wisselcontacten en dat zou er dan zo uit kunnen zien:



relais met twee wisselcontacten
bovenaanzicht



Welke bekrachtigingsspanning nodig is hangt uiteraard af van het type relais.

De transistor-onderzoeken

Het is handig om deze schakeling voor te bouwen op bijv. houten 'blokjes', waarop verder alleen aansluitbusjes zitten op plaatsen waar de leerlingen een motor of een voedingsspanning moeten schakelen.

Hoe dergelijke 'blokjes' of plankjes kunnen worden gebouwd is beschreven in de AVOL van Elektronica (apparatuurgids).

Zo zijn de schakelingen van fig. 4.15/fig. 4.26 en fig. 4.27 daar ook al getekend bij de blokjes K, L en M.

De gebruikte transistor is BD 135-6.

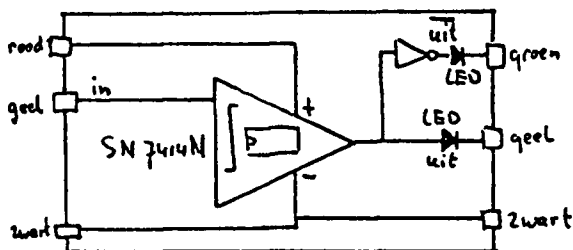
Opmerkingen:

- (fig.4.15) - Bij een lampje van (6 V; 0,05 A) is een basisweerstand van 1 k Ω goed (even uitproberen!).
- (fig.4.16) - De waarde van de serieweerstand boven de L.D.R. is afhankelijk van V_B , R_{LDR} en gewenst omschakelpunt.
- (fig.4.27) - normale diodes, lampje (6 V; 0,05 A), $R = 10$ k Ω .
- (fig.4.33) - $R \approx 1$ k Ω .

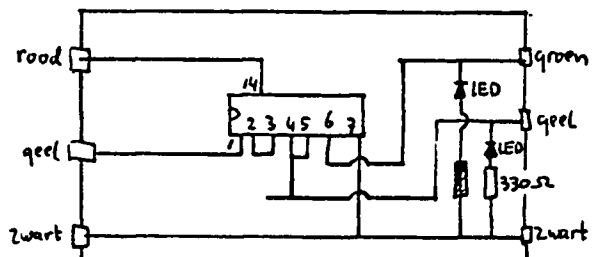
De IC-onderzoeken

- Voor de triggerschakeling van fig. 4.18 kan gebruikt worden de SN 7414 N.
Het beste kan deze weer worden ingebouwd in een kastje met aansluitbusjes voor de verschillende kontakten.
Omdat er op dit IC ook inverters zitten, hebben we daarvoor een extra kontakt gemaakt, dat eventueel ook kan worden weggelaten.
Ook zijn voor de duidelijkheid voor de leerlingen LED's opgenomen.

tekening voor op het kastje



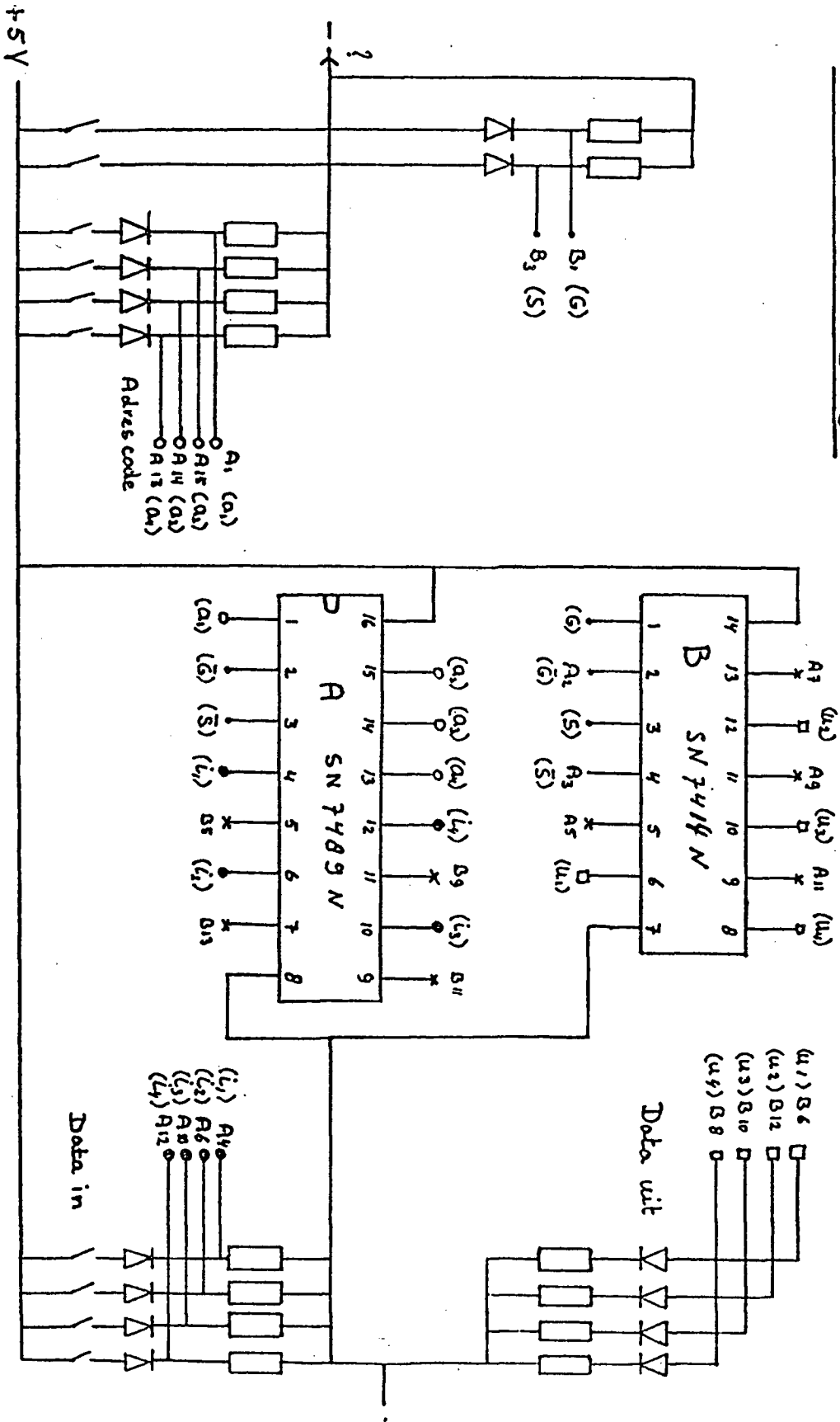
aansluitingen binnen het kastje



- Voor een poortschakeling (onderzoek 6, blz. 69) kun je het beste naar een elektronica-zaak gaan en een poort-IC vragen, met een beschrijving van de aansluitpunten (SN 7413 of MC 6800).
- De geheugenschakeling van fig. 4.36 is waarschijnlijk het duurst en kost het meeste werk om te maken.
Wij maakten er één met 4 adresschakelaars en twee IC's.
A (SN 7489 N) is het geheugen, B (SN 7414 N) zijn inverters, nodig voor de uitlezing (zie schakelschema).

APPARATUURANWIJZINGEN

Schakelschema I.C.-geheugen



ERRATA BIJ DE 1e VERSIE

blz.	positie	
25	10 ^e r. kader	"dat is de lading van $6,25 \times 10^{18}$ elektronen".
26	fig. 3.8	39 MΩ → 3,9 MΩ 0,4 V → 0,5 V 15 kΩ → 1,5 kΩ
28	8 ^e r. v. boven	"schakeling van opdracht 6"
29		vraag 3.10 ontbreekt
36		onderschriften verwisselen: rechtsboven is fig. 3.38; midden is fig. 3.39
38	kader	$V_c = V_b (1 - e^{-t/T})$ S → s
52	2 ^e r. v. onder	"lichtsterkte (lux)" vervalt toevoegen: 60 W lamp (100 lux op 1 m)
56	fig. 4.1	geheugen ook dik omkaderen
57	vraag 4.2	moet pas na "De wasmotor" op blz. 58
75	fig. 4.37	het hoekpunt van de twee schakelplaatjes is een scharnierpunt
76	fig. 4.41	de pnp-transistor ontbreekt
85	e, 2 ^e r. v. onder	"grote verduistering" moet zijn "korte verduistering"
86	tussen 6a en 6b	EXOF + invertor
	fig. 4.58	C onder L ₁ en D onder L ₂
	vraag 7a	toevoegen: "als L ₁ brandt"

BIJLAGE D1

S4 Elektrische stromen

a. *Inleiding*

In veel praktische situaties, vooral bij het opzetten en uitvoeren van experimenten zijn de basisbegrippen rond elektrische stromen en de basisvaardigheden van rekenen daarmee, het maken van meetopstellingen en het kiezen van apparatuur en meetbereik van belang. Het meeste daarvan zullen de leerlingen zich al in de onderbouw eigen gemaakt hebben.

b. *Onderwerpen*

	EPEP ²⁾
	HAVO
- ionen en elektronen als ladingdragers	x
- spanning en stroomsterkte	x ^{b)}
- wet van Ohm	x
- elektrische weerstand	x
- serie- en parallelschakeling van weerstanden, vervangingsweerstand	x ^{a)}
- stroommeter en spanningsmeter als meet- en schakelcomponenten*	x
- weerstandmeting met stroom- en spanningsmeter	x

G4 Mechanisatie en automatisering

a. *Inleiding*

Sinds de industriële revolutie en nog in sterkere mate sinds de tweede wereldoorlog wordt de menselijke arbeid steeds meer overgenomen door machines. In de laatste tijd komt daarbij dat veel regel- en rekenwerk met behulp van elektronische schakelingen geprogrammeerd kan worden. Daardoor kan op veel grotere schaal en ook in nieuwe gebieden geautomatiseerd worden. In dit gebied speelt kennis van de fysica die aan de technologische toepassingen ten grondslag ligt een belangrijke rol, zowel met betrekking tot het begrijpen van de mogelijkheden en onmogelijkheden van die technologische producten als met betrekking tot het vinden van nieuwe wegen in de industrie, bij communicatie en in het dagelijkse leven. Dit gebied bestrijkt de terreinen van het vervangen van menselijke arbeid door motoren van verschillende aard (o.a. elektromotor, benzinemotor), van regel- en rekenactiviteiten door elektronische apparatuur en de combinatie van die twee in geautomatiseerde productieprocessen en produktiemiddelen.

Welke argumenten liggen er aan de keuze voor een bepaald systeem ten grondslag? Welke alternatieven zijn er voor handen? Welke uitvoeringsvarianties zijn er in principe mogelijk en worden in de praktijk gerealiseerd?

De belangrijkste accenten liggen dus op de aandachtsvelden A2 (maatschappelijke ontwikkelingen) en A5 (studie en beroep) terwijl ook ingegaan wordt op historische ontwikkelingen (A3).

Een goede kennis van de achterliggende principes van de elektronika en de werking van motoren is daarvoor noodzakelijk. Verder zijn van belang vaardigheden om met elektronische componenten een logisch systeem op te zetten en om zelf schakelingen te bouwen en functies te realiseren.

b. *Onderwerpen*

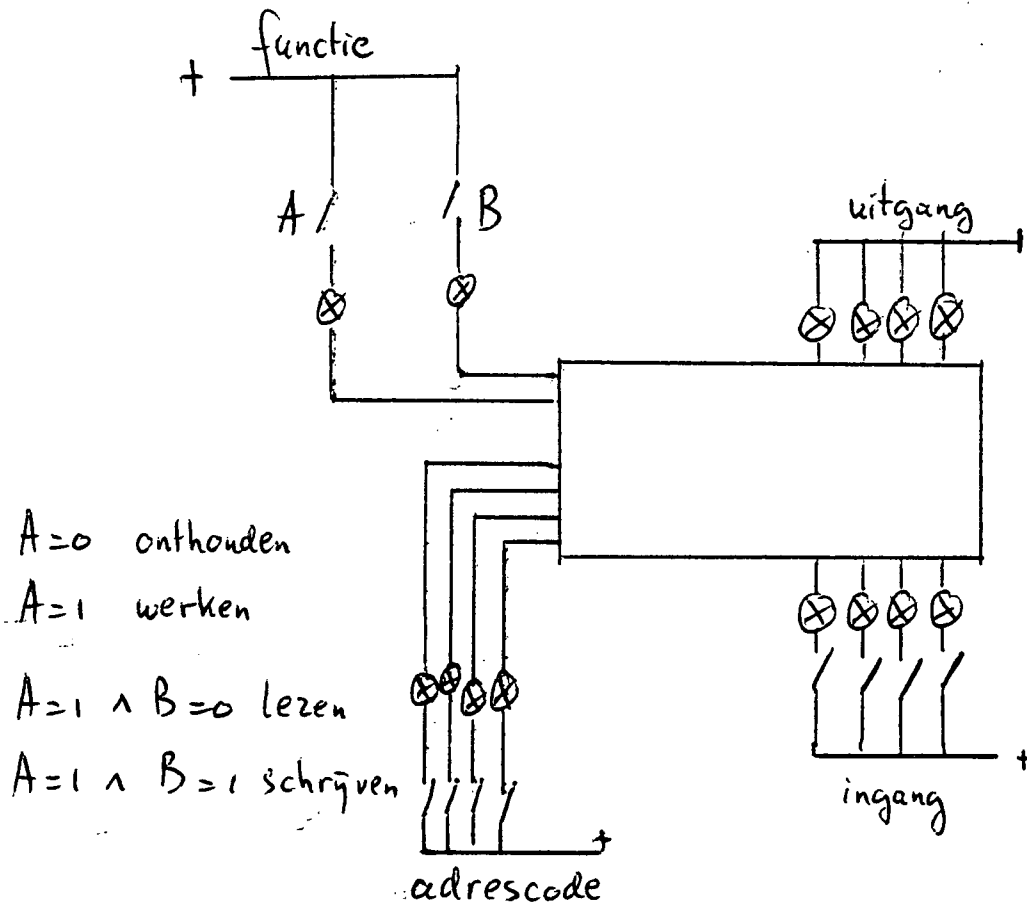
Naast de onderwerpen uit de systematische groepen (S1 t/m S7) moeten in dit gebied de volgende onderwerpen gekend worden:

3. Over elektronische regelsystemen

- *capaciteit van een condensator* x
- *spanningsdeler (potentiometer)* x
- eigenschappen, functie en werking van een RC-netwerk -
- halfgeleiders, p- en n-type x
- eigenschappen en functie van LDR, NTC, halfgeleider-diode -
- transistor als schakelaar, in combinatie met LDR, NTC, RC-netwerk x^{b)}
- functie IC, chip, microprocessor -
- principe van terugkoppeling -
- geheugensystemen x
- principe van analoog/digitaal omzettingen x

BIJLAGE D2

Alternatief voor onderzoek 9 van par. 4.4.



In plaats van fig. 4.36 Geheugen met 16 geheugenplaatsen.

De opdracht wordt:

c. Neem de schakeling van fig. 4.36 en kies het geheugen met adres 0001 door de adresschakelaars in de juiste stand te zetten. Zet nu op de ingang een bepaalde code (getal) die je wilt onthouden (bijv. 1001). Door schakelaar A op 1 te zetten kan het geheugen werken. Als je even knop B indrukt wordt de code in het geheugen geschreven. Je ziet hem ook direkt op de uitgang verschijnen.

Kies daarna het volgende geheugenadres 0010. Zet op de ingang een andere code, bijv. 0110. Schrijf ook deze code weer in het geheugen door even op de schrijfknoop B te drukken. Zo kun je verschillende codes in het geheugen zetten.

Noteer welke codes je op welke geheugenplaatsen hebt weggeschreven. Als je schakelaar A op 0 zet, blijft de informatie bewaard. Veranderingen in de overige schakelaars hebben geen enkele invloed op het geheugen.

Als je de gegevens weer terug wilt lezen, moet je eerst het geheugen weer op 'werken' zetten door schakelaar A op 1 te zetten.

Door de adrescodes te wijzigen kun je nu direkt aan de uitgang de inhoud over het geheugen uitlezen en controleren of het geheugen de ingevoerde informatie goed heeft onthouden.

N.B. De stand van de ingangsschakelaars is nu onbelangrijk.

Automatische deuren

Rob Biersma

Echt veilig voel je je nooit bij een automatische deur. Deuren die zo snel open schieten, kunnen ook snel sluiten en hoe kun je er zeker van zijn dat hij dat niet doet als je er net tussen bent? Ook als ze *niet* open gaan zijn ze onveilig. Hoe vaak komt het niet voor dat iemand pardoes tegen de deur van het winkelcentrum aanloopt net na sluitingstijd? Er zijn zelfs mensen die tegen glazen puien aanlopen die helemaal geen deur bevatten. Het ergste van alles is dat bijna niemand weet hoe ze werken. Dat wordt vooral duidelijk als de deuren het slecht doen. Aan de deur trekken heeft meestal geen zin. Een pas achterwaarts is dan vaak beter. Het gezichtsveld van de detector reikt meestal niet tot pal aan de deur. Wonderlijk heen en weer stappende heren voor glazen puien behoren thans tot het gewone stadsbeeld.

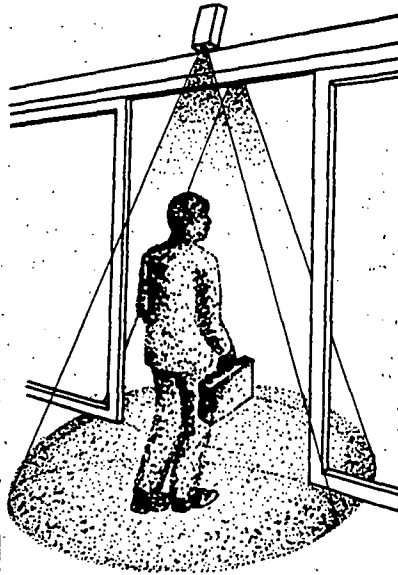
De eenvoudige drukmatten waren nog voor iedereen te begrijpen. Wie vijf jaar geleden beladen de supermarkt verliet, stapte vaak op een rubberen mat die een wat onzeker steunvlak bood. Onmiddellijk vloog voor je de deur open. Zelfs een weinig technisch geschoold persoon kon bedenken dat zich onder de mat een slangensysteem bevond dat bij samendrukking een schakelaar bediende die de elektromotor van de deur in werking zette. Een tijdschakeling zorgde ervoor dat na een zekere periode de deur ook weer dicht schoof.

Ook de fotocellen zijn weinig geheimzinnig. Je ziet ze nog steeds vaak bij roltrappen en ze worden ook dikwijls gebruikt als extra beveiliging bij liftdeuren.

Fotocellen vangen het licht op van een lichtbron die aan de andere kant van de deur staat opgesteld. Zolang dit licht wordt opgevangen, wordt een klein stroompje opgewekt door de fotocel. Het stroompje regelt een schakelaar die de deur opent of dichtdoet. Het is een eenvoudig systeem dat niet werkt als je over de straal heenstapt of er onder doorkruipt. Honden worden soms niet opgemerkt.

Maar de automatische deuren van tegenwoordig werken volgens een geheel ander principe. Of liever gezegd principes, want er zijn verscheidene detectiesystemen in gebruik. De detectoren werken op radar, op infrarood licht en op ultrasonoor geluid. Stations van de Nederlandse Spoorwegen zijn voor het grootste deel uitgerust met radar-detectoren. Dit geldt ook voor de meeste supermarkten.

De doosjes bevatten een zender en een ontvanger en werken volgens het principe van de Doppler-radar. Bij Doppler-radar wordt het uitgezonden en weerkaatste signaal met elkaar vergeleken. Verschillen deze signalen, dan betekent het dat er een bewegend voorwerp in de buurt is, een mens of een boodschappenwagentje. Doppler-radar werd tot voor kort uitsluitend gebruikt in militaire richtapparatuur. Pas een jaar of vijf vindt het systeem algemene toepassing. Niet bewegende



voorwerpen worden niet opgemerkt. Wie een tijdje doodstil blijft staan, ziet de deur weer dichtgaan. Hoe geavanceerd Dopplerradar ook moge lijken, het systeem wordt sinds een jaar alweer vervangen door nieuwe detectors. De nieuwe detectors hier en daar al gemonteerd, zijn nog kleiner en werken op infrarood licht.

Infrarood-detectoren reageren op de warmte van een naderend persoon. De warmtestraling wordt via spiegels gebundeld op een pyro-elektrisch element. Dit is een kristal met aan beide zijden elektroden. Wordt het kristal bestraald, dan ontstaat een spanning, evenredig aan de aangeboden warmte. Het bijzondere van de infrarood-detectoren is dat zij een geheugen hebben. Langzame temperatuursveranderingen worden wel opgemerkt, maar een computerschakeling zorgt ervoor dat de deur niet wordt geopend. Alleen een plotselinge temperatuurverandering, veroorzaakt door de nadering van een warm voorwerp, overschrijdt de drempelwaarde van de detector. Temperatuurschokken van 3 graden Celsius worden al opgemerkt.

Volgens de firma Tormax, die vrijwel alle automatische deuren in Nederland installeert, kan een infrarooddetector door iedereen gemakkelijk onderhouden worden. Kleine supermarktjes met veel gerommel nabij de kassa en de deur willen nogal eens wat veranderen in de opstelling.

Ultrasonore detectoren worden toegepast bij deuren die al bewegen — draaideuren of schuifdeuren in serie. Ze zijn vooral als veiligheid bedoeld. Niemand mag opgesloten raken. Ze werken ongeveer als Doppler-radar: er is een zender en een ontvanger.

Hoe zit het nu met het klem raken in automatische deuren? De meeste deuren hebben een slipkoppeling. Dat betekent dat de motoraandrijving overwonnen kan worden. Echt afknellen is er niet bij.

De betere deuren hebben een terugloopbeveiliging. Botst de deur ergens tegenaan, dan schakelt automatisch de looprichting om en de deur gaat weer open.

BIJLAGE I2

Lezing over robots door J.C.J. Masschelein

17 en 18 augustus 1984
NVON Zomercongres

0. *Inleiding*

Robots staan sterk in de belangstelling.

Daarvoor zijn een aantal redenen aan te geven. Vooreerst, door de snelle evolutie in de micro-elektronica komen steeds krachtiger, kleinere en vooral goedkopere computersystemen beschikbaar. Daarnaast zien we, weliswaar nog op bescheiden schaal, dat er in het bedrijfsleven steeds meer automaten verschijnen die - in een klimaat van hoge werkloosheid - nog meer werk uit handen dreigen te nemen. Tenslotte bereiken ons bijna dagelijks via de nieuwsmedia berichten uit Japan waar gebruik gemaakt wordt van volledig 'gerobotiseerde' produktielijnen, en waar volgens sommigen een gedeeltelijke verklaring zou liggen voor de bloeiende Japanse economie en de sterke Yen.

Hiermee zijn dan de twee uitersten geschetst waarmee het begrip robot geladen is: enerzijds wordt een robot bedreigend ervaren, en anderzijds opent een robot een waaier van nieuwe en veelbelovende mogelijkheden.

Toen de organisatoren van deze zomerkursus mij een aantal maanden geleden benaderden met de vraag of ik een lezing kon houden over robots en robotica heb ik lang geaarzeld. Niet omdat ik geen zin had, of omdat het onderwerp niet voldoende boeiend zou zijn, of omdat mijn achtergrondopleiding ontoereikend zou zijn, of noem maar op ... Ik aarzelde, omdat ik niet goed wist wat ik u in de tijdspanne van een uur zou kunnen brengen.

Aan robots zitten zoveel interessante aspecten vast dat ik niet goed een keuze kon maken:

Je kunt bijvoorbeeld aandacht besteden aan de technische aspecten zoals de opbouw, de energievoorziening, de besturing van robots. Je kunt aandacht besteden aan de diverse sensoren waarmee een robot informatie verwerft omtrent zijn omgeving.

Je zou aandacht kunnen besteden aan de specifieke problemen die optreden bij de programmering van een robot. Je zou aandacht kunnen besteden aan het gebruik van robots. Je zou aandacht kunnen besteden aan de sociaal-economische aspecten van de inschakeling van robots in de industriële omgeving

Uiteindelijk heb ik uit dit gamma drie onderwerpen gekozen:

Vooreerst wil ik u iets vertellen over de geschiedenis van de robot.

In een tweede deel wil ik u een - oppervlakkig - beeld schetsen van de robots die thans in de industriële omgeving worden gebruikt.

In een laatste deel wil ik mij wat meer op glad ijs bewegen, en wat speculeren over de mogelijkheid om een robot te ontwerpen en te construeren met mens-achtige eigenschappen.

2. *Een kort historisch overzicht*

Wat is eigenlijk een robot?

Laten we het eerst even hebben over de naam 'robot'.

De naam 'robot' duikt voor het eerst op in het begin van deze eeuw, namelijk in 1922 in een satirisch theaterstuk van Capek met de titel R.U.R. (= 'Rossums Universal Robot'). Het woord robot is afgeleid van het tsjechisch woord voor 'handarbeider'.

(Rossum is een briljant geleerde die een mechanische 'werkman' uitvindt met het doel de mensheid het vermoeiende en zware handwerk te besparen. Het projekt is aanvankelijk zeer succesvol, en er worden een groot aantal robots geproduceerd. Helaas - waar hebben we dat verhaal nog gehoord - militairen zagen in de robots grote mogelijkheden voor oorlogsvoering.

Om dit te verhinderen besluit Rossum om zijn robots van menselijke emoties te voorzien. Maar hier gaat het helemaal mis: deze perfecte robots kunnen niet langer verdragen dat ze door de onvolmaakte mensen als slaven worden behandeld. Ze komen in opstand, en winnen het pleit: de mensheid wordt volkomen uitgeroeid.)

Hier wordt de naam robot duidelijk gegeven aan een mechanische constructie met quasi-menselijke eigenschappen en een quasi-menselijk uitzicht. De mechanische constructie beschikt over een zekere intelligentie, een zekere bewegingsautonomie, en menselijke gevoelens en emoties. Dit is het beeld van een robot zoals het bij velen leeft. Het is het beeld dat door de science-fiction literatuur en film vele malen is gehanteerd. We zullen naar deze mechanische constructie met menselijke gelijkenis verwijzen met de naam 'homoïde' robot.

Wie in het bedrijfsleven een robot in aktie gezien heeft, weet dat het beeld van de 'echte' robot hier zeer ver vanaf staat. De 'echte' robot - waarnaar we zullen verwijzen met de naam 'industrie-robot' - heeft veel meer verwantschap met automaten.

Het woord 'robot' heeft dus twee betekenissen.

In Webster's Seventh New Collegiate Dictionary treffen we als definitie aan:

robot (zie ook WP woordenboek)
a machine that looks like a human being and performs various complex acts (as walking and talking) of a human being.

Voor het Robot Institute of America (RIA) geldt:

A robot is a reprogrammable multifunctional manipulator designed to move material, parts, tools of specialized devices, through variable programmed motion for the performance of a variety of tasks.

Deze dubbele visie op robots - enerzijds de robot als een automatische produktiemachine, en anderzijds de robot als kunstmatige mens - geeft de robot iets uitdagends en bedreigends tegelijk. Deze dubbele visie doet denken aan Prometheus die het vuur van de goden stal, of aan de leerling tovenaardie die door zijn toverkunsten gebeurtenissen in gang zette, die hij daarna niet meer kon controleren.

Aan dit duale karakter zullen we straks meer aandacht schenken, als we de produktie-robot en de homoïde robot in detail bespreken.

Eerst wil ik even wat aandacht besteden aan de geschiedenis van de robot, of moet ik zeggen aan de geschiedenis van de automaat? Eigenlijk kun je de geschiedenis van de robots niet scheiden van de historische ontwikkeling van wetenschap en techniek. Elke tijd bouwde 'robots' met de middelen waarover die tijd beschikking had. Waarschijnlijk is de wens om zichzelf besturende machines te bouwen zo oud als de mens zelf. Ik denk dat het een oerneiging van de mens is om door technische hulpmiddelen zoveel mogelijk zwoegen en zweten aan machines over te laten, en zo weinig mogelijk zelf te doen.

BIJLAGE I2

Laten we even concreet het verleden beschouwen:

De geschiedenis van de automaten is reeds zeer vroeg gestart. Reeds 3000 jaar v.Chr. beschikten de Egyptenaren over waterklokken en mechanismen die door waterkracht werden aangedreven om beelden in beweging te brengen.

In de Ilias van Homérus is sprake van Hephaestos, de god van alle mechanische kunsten, die geassisteerd werd door twee vrouwelijke schonen. De vrouwelijke schonen bestonden (helaas?) uit beelden die van zuiver goud waren vervaardigd. (9-de eeuw v.Chr.)

Omstreeks 100 v.Chr. wist Hero van Alexandrië zijn publiek te boeien met bewegende poppen die via een stelsel van touwen door vallende gewichten werden aangedreven.

In de late middeleeuwen werd het plaatsen van bewegende beelden in torens, die door het uurwerkmechanisme op gezette tijdstippen in beweging werden gebracht populair. In heel Europa zijn hier nog voorbeelden van te vinden.

Rond 1770 wisten de Zwitsers Pierre en Henri-Louis Jaquet-Droz poppen te construeren die o.a. konden dansen, schrijven, musiceren ... Het automatenverhaal krijgt een wat meer ernstige wending rond het begin van de negentiende eeuw, als automatische weefgetouwen en spinmachines hun intrede doen. Vanaf deze tijd - we zijn volop in de industriële revolutie waarbij artisanale arbeid vervangen wordt door machine-arbeid - worden in steeds meer toepassingen automatische machines gebruikt. Het is precies omdat het karakter van het productieproces, van stukwerk naar massaproductie, verandert dat er een groeiende belangstelling ontstaat voor automaten.

In 'De Natuur' van 1895 treffen we een artikel aan waarin de auteur zijn beklag doet over de vele verkoopsautomaten (weegautomaten, chocoladeautomaten, drankautomaten). De auteur merkt op dat '... als het zo doorgaat zal het niet lang meer duren of alle kunsten en ambachten zullen door toestellen worden verricht, die tegen betaling van een groter of kleiner muntstuk voor iedereen klaar staan. Wanneer het eenmaal zover gekomen is zullen er alleen nog mensenhanden nodig zijn om automaten te vervaardigen, tenzij er weer automaten worden uitgedacht die ook dit werk kunnen verrichten'. Zoals u ziet, er is weinig nieuws onder de zon.

Rond 1950 doen de eerste industriële robots, d.w.z. automatische machines die voor meerdere doelen gebruikt en aangepast kunnen worden hun intrede onder de vorm van 'pick-and-place'-machines.

In het begin van de jaren '60 begint het gebruik van programmeerbare mechanische geheugens ('nokken') zijn intrede te doen.

Rond 1970 verschijnen de eerste computerbestuurde robots op de markt.

De ontwikkeling van de hedendaagse industriële robot - die veelal het uitzicht heeft van een flexibele beweegbare arm - is versneld door de bijdrage uit een aantal technische specialisaties:

1. de afstandsbediening die noodzakelijk was voor de manipulatie van radioactief materiaal
2. de numeriek bestuurde machines zoals draaibanken en freesmachines
3. de ontwikkeling van digitale computers en de snelle vlucht ervan dankzij de micro-elektronica.

3. De industriële robot

Zoals in de inleiding reeds opgemerkt werd, heeft de term 'robot' een dubbele betekenis. Enerzijds is het een universele programmeerbare produktiemachine, en anderzijds is het een kunstmatige mens.

We gaan nu wat aandacht schenken aan de industriële robot.

Afhankelijk van de gebruikte technologie kunnen we verschillende in 'generaties' onderscheiden:

1-ste generatie

Robots van de eerste generatie hebben meestal het uitzicht van een beweegbare arm.

Dergelijke robots worden in het algemeen toegepast in nauwe samenhang met transportbanden, constructie- en assemblage lijnen. De robot verzorgt meestal de aan- en afvoer en de positionering van de werkstukken.

De werkomgeving van de robot is volledig gedefinieerd: de uitgevoerde bewerkingen spelen zich af in een zich niet wijzigende omgeving en worden voortdurend volkomen herhaald.

De robot is niet uitgerust met sensors en heeft geen terugkoppelmechanismen.

De opbouw van zo'n robot is in principe eenvoudig en rechtlijnig:

- De robot bestaat uit een manipulator ('de robotarm'). De mogelijkheden van de manipulator worden hoofdzakelijk bepaald door het aantal assen of vrijheidsgraden. De vrijheidsgraden bepalen het werkgebied van de robot (cilindrisch, sferisch ...).
- Op het uiteinde van de manipulator is veelal een effector of gripper gemonteerd. Op een manipulatorarm kunnen meestal verschillende grijpers worden gemonteerd, afhankelijk van de te verrichten bewerkingen.
- De aandrijving (aktuator) van de robotarm zorgt voor de uit te voeren bewegingen. Het gaat hier meestal om hydraulische of pneumatische systemen. Elektromotoren als aandrijving komen minder voor. In het geval van elektrische aandrijving wordt er vrijwel steeds gebruik gemaakt van stappenmotoren, die eenvoudiger te besturen zijn.
- Een controller zorgt voor de besturing van de bewerkingscyclus, en verzorgt de synchronisatie en de aanpassing aan het lopende productieproces.

Robots van de eerste generatie zijn uitgerust met eenvoudige besturingsmechanismen: vaak zijn er alleen maar eindschakelaars aanwezig die de beweging van de manipulator begrenzen, en die verstelbaar zijn. De bewegingen verlopen tussen de eindschakelaars zonder verdere controle. Verder is de volgorde van de bewerkingen en de timing ervan instelbaar. Bij de eerste generatie robots treffen we vaak 'mechanische' controllers aan (opgebouwd uit ronddraaiende nokschakelaars zoals in een wasauto-maat).

De instelbaarheid van schakelaars, werkingsvolgorde en timing vormt het verschil tussen de 'robot' en een gewone 'automatische' produktiemachine.

BIJLAGE I2

2-de generatie

De tweede generatie robots worden in het algemeen toegepast bij de montage van bouw pakket-achtige produkten. Het zijn deze robots die we vaak in de automobieliindustrie aantreffen.

Hoewel op het eerste gezicht het verschil met de eerste generatie robot niet groot is (we zien op de dia in wezen dezelfde manipulator en effector), is er toch een duidelijk onderscheid in bouw en werking:

De robot is nu uitgerust met een controller met geheugen, en een servobesturing.

In deze toepassingen is de werkomgeving van de robot vaak niet volledig gedefinieerd: de positie en de oriëntatie van het werkstuk kunnen enigszins variëren. Om te kunnen inspelen op de kleine afwijkingen in de werkomgeving is de robot voorzien van eenvoudige sensors en terugkoppelmechanismen.

De bewegingen van de manipulator rond de verschillende assen is bestuurbaar. We kennen punt-tot-punt-besturingen, waarbij de coördinaten van de verschillende begin- en eindpunten van de bewegingen in het geheugen opgeslagen liggen, en de vloeiende-kromme-besturing. De effector voert in dit geval een vloeiende kromlijnige beweging uit zonder grote versnellingen of vertragingen.

Bij de eerste generatie robots bestaat 'het programmeren' van de robot uit het instellen van de einschakelaar langs de bewegingsassen, en het (meestal mechanisch) vastleggen van de bewegingssequens.

Bij de tweede generatie robots is het mogelijk om de handelingen tijdens de programmeerfase 'voor te doen'. De robot leert dan de sequens van bewerkingen die hij steeds opnieuw zal moeten uitvoeren.

3-de generatie

Bij de derde generatie robots is de controller een micro/mini-computer. De robot bezit een zekere mate van intelligentie, en kan de uit te voeren bewerkingen optimaliseren.

Een derde generatie robot is voorzien van gesofisticeerde sensors. Zo kunnen bijvoorbeeld aanwezig zijn:

- positie, snelheids- en krachtsensors ten behoeve van de positie en de snelheidsregeling van de manipulator. Dit zijn vaak potentiometers, tachometers of pulsgeneratoren, die mechanisch met de verschillende assen zijn verbonden. In het geval van potentiometers en tachometers wordt het signaal via een A/D omzetter toegankelijk gemaakt voor de computer.

De snelheid en de versnelling kan door differentiëren uit de stroom van positiegegevens worden verkregen.

- krachtsensors voor het meten van de krachten en momenten die op de manipulator of de effector inwerken.

De meest gebruikte krachtopnemers zijn piezo-elektrische opnemers en rekstrookjes.

Ook hier wordt het signaal voor de computer toegankelijk gemaakt met behulp van een A/D omzetter.

- optische sensors om de lokalisatie en de oriëntatie van de werkstukken te bepalen in het coördinatiesysteem van de robot.

Afhankelijk van de toepassing zijn verschillende beeld-acquisitiesystemen bruikbaar:

- Lichtsluizen opgebouwd uit led/fotodiode-combinaties kunnen gebruikt worden om aan een beeldpunt de waarde licht/donker toe te kennen. Hiermee kan de aanwezigheid of de afwezigheid van voorwerpen worden gesignaleerd.
- Lineaire camera's bestaande uit een rij op korte afstand van elkaar geplaatste fotodioden, kunnen gebruikt worden om de positionering van een voorwerp te bepalen.
- Matrixcamera's bestaande uit een twee-dimensionaal rooster van fotodioden kunnen gebruikt worden om twee-dimensionale beelden te digitaliseren.

De constructie van matrixcamera's is sterk vereenvoudigd sedert de introductie van foto-diode-arrays op een chip.

Een indruk van de prestaties en de mogelijkheden van de derde generatie robots krijgt u door de specificaties van de PUMA robots van de firma UNIMATE te bekijken.

In een derde generatie robot wordt een aanzienlijke hoeveelheid rekenwerk uitgevoerd ten behoeve van de besturing.

De controller bestaat daarom soms uit een minicomputer waaraan een aantal microcomputers met elk een specifieke taak zijn verbonden.

Een goed voorbeeld hiervan vormt de besturingshardware van de PUMA.

Om de programmering van een dergelijke robot mogelijk te maken is een programmeeromgeving nodig.

De minicomputer wordt daarom voorzien van een terminal en een extern geheugen (floppy disk of tape).

Tot de programmeeromgeving behoort tevens een volledig softwarepakket bestaande uit een aan de robot aangepaste programmeertaal (VAL of Variable Assembly Language), een editor, en een interpreter.

4. De homoi'de robot

Als we het voorgaande overschouwen rijst bijna vanzelfsprekend de vraag waar de grenzen liggen. Is het mogelijk een robot te bouwen die dezelfde complexe handelingen kan verrichten als een mens, en die met dezelfde soepelheid kan inspelen op een zich wijzigende omgeving? Is het mogelijk computersystemen te bouwen die kunstmatig intelligent gedrag vertonen?

Laten we eerst eens een vergelijking maken tussen de mens, opgevat als een soort 'biologische machine' en een robot.

BIJLAGE 12

aspect	mens-machine	robot
energievoorziening	biochemisch	elektrisch (nucleair?)
manipulator	armen en benen	armen en benen
effector	handen	grijper
sensors	extern: geluid, licht, smaak en reuk, druk (tastzin) intern: positie, kracht en snelheid (...) + autonoom zenuwstelsel	geluid, licht, chemische detectors, druk positie, kracht en snelheid
aandrijving	spieren	stappenmotoren pneumatisch/hydraulische inrichtingen
controller	zenuwstelsel/hersenen	netwerk van processoren
besturingssoftware	zelfmodificerende kode? ???????	?

Zolang we ons bewegen op het vlak van de mechanische onderdelen en de aandrijving lijkt het technologisch haalbaar om een kunstmatige mens te bouwen.

Het ontwerpen van sensoren die vergelijkbaar zijn qua gevoeligheid en resolutie met de menselijke zintuigen is al wat moeilijker, maar misschien wel haalbaar.

De problemen liggen vooral op het gebied van de controller en de besturingssoftware.

In de menselijke hersenen vinden zeer veel verschillende bewerkingen tegelijkertijd plaats op zeer veel plaatsen. Elk sensorisch-motorisch systeem beschikt over zijn eigen rekencapaciteit. Elk neuron in de hersenen is een rekeneenheid. Elk gedeelte van de cortex gedraagt zich als een computermodule die complexe bewerkingen op zijn inputvariabelen kan uitvoeren. De hersenen zijn niet te vergelijken met 1 computer, maar vormen een netwerk van vele miljoenen computercentra. Elk reken-centrum beschikt over zijn eigen input en zendt zijn output naar andere rekencentra in het netwerk.

Als we de hersenen vergelijken met moderne digitale computers, dan zijn de hersenrekencentra traag, maar omdat zoveel bewerkingen gelijktijdig verlopen, overtreffen de prestaties van de hersenen die van elk computersysteem tot op heden gebouwd.

De complexiteit van de besturingssoftware van een homoïde robot wil ik u demonstreren aan de hand van een paar specifieke problemen:

Stel dat we aan een robot de opdracht willen geven een bepaalde krant te gaan kopen in het winkelcentrum.

Een gedetailleerd onderzoek van onze eigen ervaringen ter zake illustreert de complexiteit van de besturingssoftware die hiervoor nodig is.

Vooreerst moeten we opmerken dat elke taak beschreven kan worden door een hiërarchie van beschrijvingsniveaus.

Op het hoogste beschrijvingsniveau luidt de opdracht:

- koop een krant -

Een tweede beschrijvingsniveau van dezelfde taak is:

- rijd naar het winkelcentrum -

- parkeer de auto -

- zoek een krantenwinkel -

- koop een krant -

- zoek de weg terug naar de auto -

- verlaat het winkelcentrum -

Op het derde hierarchische niveau kan elk van de hierboven opgesomde activiteiten opgebroken worden in een reeks eenvoudiger opdrachten:

- zoek een krantenwinkel - is identiek aan

- stap uit de auto -

- sluit de auto af -

- zoek de toegang tot het winkelcentrum -

- loop door de straten -

- vind de krantenwinkel -

Op een vierde niveau kan elk van de genoemde opdrachten in nog meer gedetailleerde instructies worden ontbonden:

- stap uit de auto - is identiek aan

- grijp de deurhendel -

- druk de deurhendel -

- druk tegen de deur -

- til linkerbeen uit de auto -

- draai lichaam links -

- til rechterbeen uit de auto -

- sta recht -

- stap vooruit -

Nu kan opnieuw elk niveau worden verfijnd. Op het 5-de beschrijvingsniveau valt elke opdracht uiteen in de opeenvolgende bewegingen die de armen en de benen moeten uitvoeren. Op het zesde beschrijvingsniveau valt elke opdracht uit het vijfde niveau uiteen in een reeks van posities en snelheden van elk van de leden van de benen en armen, en in een opeenvolging van krachten die de spieren moeten uitoefenen.

Twee vaststellingen volgen uit dit voorbeeld:

1. Op een hoger hierarchisch niveau zijn de beschrijvingen nauwelijks afhankelijk van de omgeving.

Op een lager hierarchisch niveau hangt de uitvoering van de deeltaken steeds meer af van de voorwaarden die in een specifieke

BIJLAGE 12

omgeving heersen.

2. De deeltaken staan echter steeds minder in verband met het globale doel van de taak in uitvoering.

Een voorbeeld kan dat duidelijk maken:

De opdracht - koop een krant - is in principe toepasbaar op elke omgeving waarin een krantenwinkel aanwezig is.

De opdracht - wandel door de straten - vereist een grote hoeveelheid visuele informatie omtrent de positie van stoepen, bewegende mensen (en honden), de plaats van hindernissen

Wat ik u duidelijk wil maken is dat naast besturingssoftware ook nog een gesofisticeerd systeem van patroonherkenning vereist is. Om een dergelijk systeem van patroonherkenning mogelijk te maken is een zeer uitgebreid geheugen noodzakelijk. Daarenboven moeten we beschikken over algoritmen waarmee we snel informatie in dat geheugen kunnen opzoeken. Het probleem van patroonherkenning is uiteraard niet beperkt tot het visueel systeem. Het gebruik van taal bijvoorbeeld is voor een groot deel gebaseerd op patroonherkenning in het auditief systeem.

5. Tot slot

Of het ooit mogelijk zal zijn dergelijke systemen te ontwerpen en te bouwen weet ik niet. Op dit gebied wordt momenteel veel onderzoek gedaan. De ontwikkelingen op gebied van de kunstmatige intelligentie zijn veelbelovend.

Het is in elk geval zo dat de robots in het dagelijks leven een plaats verworven hebben, en dat ze er een nuttige functie kunnen vervullen. De prestaties en de mogelijkheden van onze robotsystemen nemen snel toe, zodat te verwachten valt dat robots in staat zullen zijn machines en productieprocessen gedurende langere tijd te besturen zonder tussenkomst van mensenhanden.

Naast filosofische vragen die deze ontwikkeling oproept, zoals de vraag of het ooit mogelijk zal zijn om menselijke intelligentie in silicium te simuleren, rijzen vragen op over de effecten van deze ontwikkeling op ons economisch en sociaal bestel.

Literatuur

- | | |
|----------------|--|
| Albus, J.S. | Brains, Behaviour, Robotics
Peterborough, Byte Books |
| Blume, C. e.a. | Automatiseren met Robots
Deventer, Kluwer Technische Boeken |
| Boden, M. | Artificial Intelligence and Natural Man
New York, Basic Books, 1977 |
| Reihardt, J. | Robots: Fact, Fiction and Prediction
New York, Penguin Books, 1978 |
| Tanner, W. | Industrial Robots: Vol 1, Fundamentals
Vol 2, Applications
Dearborn MI, Society of Manufacturing Engineers, 1978 |
| Winston, P.H. | Artificial Intelligence
Reading, Addison-Wesley, 1977 |

De dienst Wetenschapsvoorlichting heeft ons bevestigd dat zij gaarne bereid zijn informatie te leveren. Op onze vraag geven zij als antwoord:

In antwoord op uw vraag stuur ik u hierbij informatiemateriaal over micro-elektronika en samenleving. Het is materiaal van populair-wetenschappelijke aard, afkomstig uit kranten en tijdschriften.

Hoewel wij zelf geen vaktechnische informatie kunnen verstrekken, is het ons wel mogelijk naar aanleiding van vragen door te verwijzen naar instellingen en personen die dergelijke informatie wel kunnen geven.

Wat ons betreft kan de Dienst genoemd worden in de lerarenhandleiding met de volgende mogelijkheden:

- toezending van materiaal (zie bijgaande informatie)
- inzage in artikelen, rapporten, brochures en boeken op onze afdeling documentatie
- telefonische verwijzing naar adressen waar informatie verkregen kan worden.

Het toegestuurde informatiemateriaal is zeer de moeite waard. Wij ontvangen pakketjes over:

- industriële automatisering en robots
- microelektronica
- computers
- computers en onderwijs
- software en programmeertalen
- telecommunicatie
- kantoorautomatisering

ADVERTENTIE

Informatie over biotechnologie

DNA-recombinatie en maatschappelijke gevolgen van micro-elektronika.

Met vragen over deze drie onderwerpen en voor materiaal voor scriptie of werkstuk kunt u terecht bij de

Dienst Wetenschapsvoorlichting

N.Z. Voorburgwal 120

1012 SH Amsterdam

tel. (020) 23 23 04

Directe beantwoording van vragen en snelle toezending van informatiemateriaal. Vermeldt bij uw vraag s.v.p. deze advertentie.

Dienst Wetenschapsvoorlichting

BIJLAGE I4

Het rapport van de adviesgroep micro-elektronica (Rathenau)

Uitgangspunten:

- In Nederland goed ontwikkeld technisch en wetenschappelijk onderwijs
- Micro-elektronische technologie weinig belastend voor het milieu
- In Nederland zit Philips, en Philips is goed thuis in de micro-elektr.

- De overheid moet een actieve rol spelen in de technologische ontwikkelingen, en dus stimulerende en remmende beleidsinstrumenten ontwikkelen

- Kenmerken van mikro-elektronika zijn: - klein, geïntegreerd, in grote oplagen vervaardigd, algemeen toepasbaar, geen dure grondstoffen, weinig energie nodig, goed voor milieu.

- Nederland zal zich m.u.v. Philips (een grote halfgeleider industrie) moeten richten op vernieuwing en kwaliteitsverbetering van bestaande produkten. Deskundigheid op systeemanalyse, ontwerptechnieken, en software-ontwikkeling te klein.
- stichten van centrum voor deskundigheid en ontwerp van micro-elektronika
- Mikro-elektronika leidt tot
 - geavanceerde, kwalitatief betere, betrouwbaardere produkten
 - veranderingen in het werk
 - verlies van arbeidsplaatsen

- Onderwijs is een belangrijk sturingsinstrument van de overheid

Mikro Elektronika

- In de VS de digitale IC meer ontwikkeld, in Europa de analoge. Japan dreigt beide te overschaduwen. De digitale IC heeft na een achterstand de meeste toekomst. Reden: een aan/uit signaal heeft niet zo gauw last van vervorming of ruis als een analoog signaal
- Moore's wet: het aantal componenten per schakeling verdubbelt ieder jaar (1977: 10^{exp5} ; 1980: 10^{exp6} ; 1985: 10^{exp7} comp/chip)
- Materiaal:
 - huidige zuiverheidsgraad: $1:10^{10}$ verontreinigingen
 - behalve Ge en Si ook GaAs in onderzoek: grotere beweeglijkheid, alsmede supergeleidende metalen bij zeer lage temperaturen (Josephson junction)
- Foto-lithografisch vervaardigingsproces:
 - Si-plak (n of p); bij $1000^{\circ}C$ o.i.v H_2O of O_2 oxidelaag erover; bedekken met lichtgevoelige lak die bestand is tegen etsstof; masker; belichten; belichte opp laklaag weg, oxide weg; rest laklaag weg; dotering bij hoge temp via gasdiffusie of bij lage temp elektrisch ingeschoten, ionen-impantatie, met als doel de dotering te veranderen p-n of n-p; Al opdampen; met maskers en etsen overbodig Al weg, verbindinglijnen over.
 - proces herhalen voor ingewikkelder structuren
 - details orde grootte mikrometer, geheel orde grootte mm^2 .
 - technieken in ontwikkeling, dure apparatuur, vaak na korte tijd te vervangen door nog duurder apparatuur. Bijv plakdiameter: in 1970: 5cm, 1980: 10 cm hoger rendement, maar veel app.verv.: uitricht-, belichtings-, ovens en etsapparatuur.
- Cel:
 - Bipolaire transistor/IC: hogere schakelsnelheid, complexer dus meer procesgangen nodig. Vooral toegepast in consumentengoederen
 - MOS (MetalOxideSemiconductor): trager, eenvoudiger, vooral toegepast in geheugens vanwege hoge bereikbare integratiegraad
 - Zowel bij bipolaire als MOS zijn verschillende uitvoeringen met verschillen in snelheid, pakkingsdichtheid en warmte-ontwikkeling.

- IC (Integrated Circuit)
 - Ontwerpen ingewikkeld, CAD (Computer Aided Design)
 - Simuleren en toetsen op juiste logische en elektronische werking ook door CAD
 - Voorbeelden: geheugens van microprocessors, CODEC (codeer en de-codeercircuits voor telecomm), signal processors meet en regeltechn.,
 - standaard IC's: voordeelgoedkoper te fabriceren, nadeel: moeten geprogrammeerd worden, kost ook geld.
 - dedicated IC's: voordeel: gespecialiseerd voor één doel, nadeel duur om te fabriceren.

- mikroprocessor+geheugen IC'S = mikrokomputer
- dedicated IC's + geheugen = onderdeel van medische-, garage-app., TV spel, geleide projectielen.
- koppeling van elektr. gedeelte met omgeving via transducers: signaal opnemers en -afgevers

- Conclusies
 - Beheersen van de totale activiteit vrijwel ondoenlijk
 - specialisatie: 'vertikaal': bijv alleen MOS technieken
 - 'horizontaal': bijv maskers maken, assemblage, software,
 - Nederland: liefst in- en uitvoerapparatuur, sensoren
 - Grote systemen te riskant voor klein land.

- Toepassingen Mikro-elektronika
 - mikro-elektronika kan zijn mikroprocessor: alle bewerkingen stap voor stap, maar ook: paralleluitvoeren van logische stappen
 - er is nog weinig standaardisatie op het gebied van randapp en software.
 - robots: computergestuurde machinale hand, liefst met sensoren als camera en tasters. Voordeel: flexibele automatisering mogelijk Gemakkelijk reprogrammeerbaar, meer variatie in produkten mogelijk dan bij de gewone starre automatisering. Robot inzetbaar tegen 3 arbeidsplaatsen, totaal 5 à 10 duizend nu. Uiteindelijke verwachting: niet meer dan 5% v.d. industr.produktie. Ingrijpender invloed op werkgelegenheid in administratieve en organisatorische sektor. Toepasbaar voor gevaarlijk en geestdodend werk. Kunstmatige intelligentie voorlopig alleen nog maar in onderzoek en ingewikkeld.

- Computers en mikro-elektronika
 - in de produktie van mikro-elektronika veel gebruik van computers
 - in 1969 mikroprocessor, een IC die geprogrammeerd moet worden via aparte geheugen IC's. (In 1840 ontwierp Babbage zijn Analytical Machine die nooit gebouwd werd maar evenveel kan als een mikroprocessor en geheel uit mechanische onderdelen bestond).
 - IC's moeten net als software ontworpen worden. De software ontw. is minder ver gevorderd

- De IC industrie
 - produktieprocessen nu volwassen, geen grote veranderingen verwacht
 - ontwerpen van produkten (mikroprocessoren, geheugen IC, ded.IC) nog aan het begin, veel vernieuwingen te verwachten
 - produktie-ontwerp-systemen: CAD, meet en testapp, maskers, enz nog in groei.
 - De markt voor produktieprocessen is geschud: VS en Japan.