

Aantekeningen voor de leerkracht

Elektronica

Een lessenserie waarin de leerlingen

- eigenschappen en functies van bijv. weerstanden, condensatoren, diodes en transistoren in enkele eenvoudige schakelingen leren kennen
- kennismaken met diverse elektronische technieken op het gebied van communicatie, informatie-verwerking en automatisering
- zicht krijgen op de gevolgen die micro-elektronica kan hebben op de veranderende samenleving.

Elektronica - aanzetten aan de

ooravond van een niet te stuiten revolutie

Computer in opmars

Elektronica - maken wij een steen die niet meer op te tillen is?

Stapper

'War games' - de computer
vele oorlogshandelingen na

'War games' (oorlogsspelen) zijn al eeuwen in gebruik. Prins Maurits van Oranje-Nassau gebruikte een zandbak met tinnen soldaatjes als computer, aldus Ir. J. J. Meinardi.

De Softwarecrisis

gevolgen van micro-electronica
constitueert een politiek probleem

Registr

veehouderij

en als drijfveer van de
de elektronica?

met vee



Experimentele uitgave voor de vijfde klas HAVO.



© 1984 Rijksuniversiteit Utrecht

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.

elektronica

Missertjes in en aanvullingen van de apparatuurgids. (AVOL blz. 74-100)

INLEIDING.

De apparatuurgids in de eerste druk van de AVOL is met grote haast geproduceerd. Er staan enkele foutjes in. Een aantal schakelingen zijn niet helemaal duidelijk en de computeraansluitingen zijn gewijzigd overeenkomstig een landelijke afstemping. Wij hopen met deze aanvulling vrijwel alle problemen op te lossen.

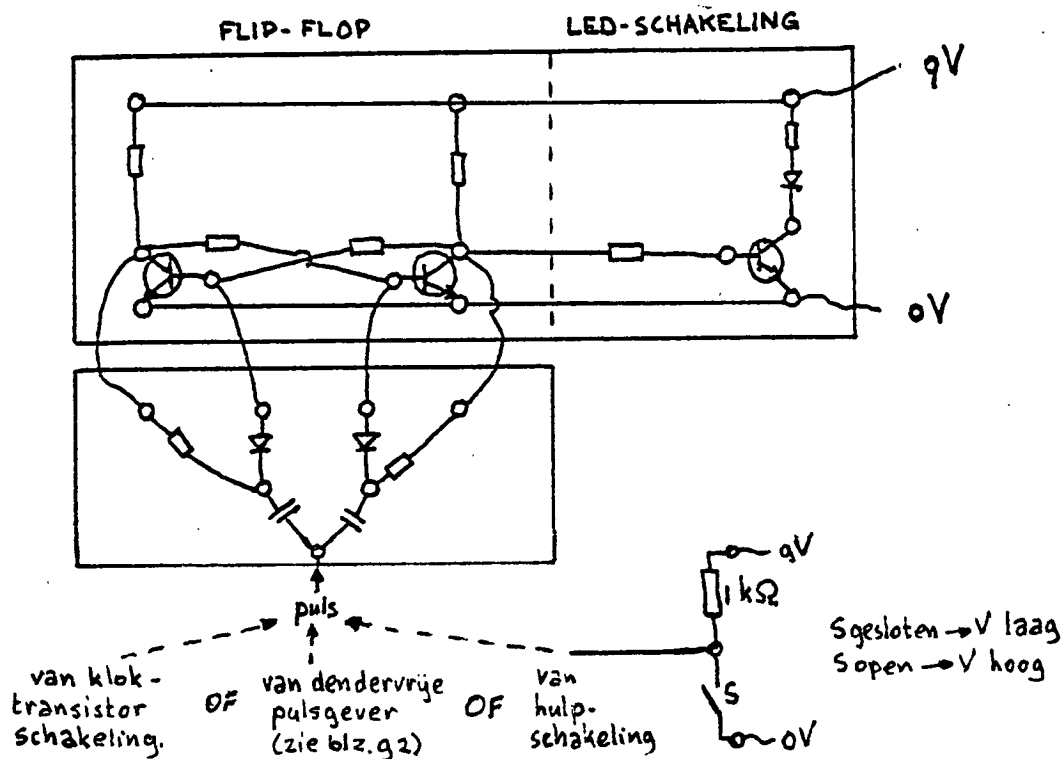
blz. 78 : Plak deze nieuwe tabel over de oude.

	klok-TR	flip-flop-TR	klok-IC	flip-flop-IC	teller+display	not	nand	nor (2x)	opteller-IC	4b-signaalgever (3x)	4b-uitlezer	pulsschakelaar	min. totaal
BD 135	2	3											5
BC 414					3	1	1	2	1	4			12
100 Ω	2				1								2
150 Ω					3				1	8	4	1	1
680 Ω	2	1	1	1									22
1 k Ω	1	4	1			1	2	4					13
2 k Ω									1	4			5
4,7 k Ω		2											2
5,6 k Ω												1	1
10 k Ω	2	2										1	5
100 k Ω					1	1	2						4
100 k Ω VAR.			1										1
100 μ F	2												2
68 μ F			1									1	2
10 μ F		2											2
10 nF			1									1	2
IC 555			1									1	2
IC 4013				1									1
IC 4516					1								1
IC 4008									1				1
IC 4511					1								1
diode	2						2	4					8
LED	2	1	1	1	3				1	8	4	1	22
schakelaar		1								8			9
drukschakelaar												1	1
CCDisplay 7760					1								1
stekerbuis zwart		2	2		2	2	2	4	2	4	2	2	24
stekerbuis rood		2	2		2	2	2	4	2	4	2	2	24
stekerbuis geel		1	1		1	2	3	6	12	8	4	1	39

blz. 79: R_3 kan worden vervangen door een LED en een 100Ω weerstand. Deze zijn opgenomen in de totaallijst.

blz.80 : Klok IC : aan uitgang 5 van IC 555 moet een 10 nF condensator naar aarde worden gekoppeld (i.p.v. $10\mu\text{F}$).

blz.81 : Vervang de tweede tekening door het onderstaande. Reden : de 9V en 0V inclusief $1\text{ k}\Omega$ weerstand en schakelaar mogen niet blijven zitten als pulsen op een andere manier toe worden gevoerd.



blz.82: Regel 5 tot/met 9 vervallen.

blz.84 : Mini stekerbussen : 2 rood - 9V
2 zwart- 0V
1 geel - puls

blz.85 : Mini stekerbussen : 2 rood - 9V
2 zwart- 0V
1 geel - puls

blz.86 : Mini stekerbussen : 2 rood - 9V
2 zwart- 0V
2 geel - A en C

blz.87 : Mini stekerbussen : 2 rood - 9V
2 zwart- 0V
3 geel - A, B en C

blz.88 : Mini stekerbussen : 2 rood - 9V
2 zwart- 0V
3 geel - A, B en C

blz.89 : Mini stekerbussen : 2 rood - 9V
2 zwart- 0V
12 geel - A₀ tot C₃

De hiernaast staande tekst
inplakken.

Schema rechtsboven en dat op
blz.55, akt.7 van het thema
boek zijn misleidend. Aktivi-
teiten 7 en 8 kunnen met de
zelfde opstelling worden uit-
gevoerd.

De 4b opteller krijgt dan
4b getallen toegevoerd van 2
4b signaalgevers (zie blz.90),
respektievelijk op A₀-A₃ en
B₀-B₃. Het antwoord op C₀-C₃
is te zien met de 4b uitlezer
(zie blz.91).

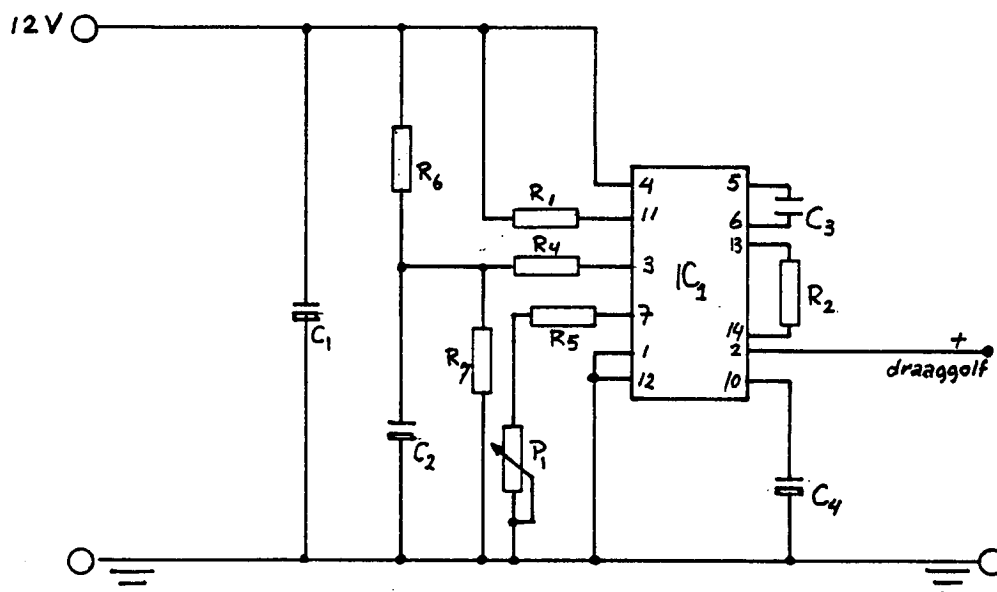
De losse LED geeft evt. een
'carry' (of onthouden) signaal.
Je KUNT ook twee 1-bits getal-
len optellen (het Ode bit). De
ingangen A₁-A₃ en B₁-B₃ moe-
ten dan 'laag' zijn. Alleen
C₀ en C₁ kunnen dan hoog worden.
ALS je 1-bits signalen van
elders betreft moeten A₁-A₃ en
B₁-B₃ geaard worden, maar
C₂ en C₃ NIET!!!

blz.90 : Mini stekerbussen : 2 rood - 9V DEZE OPSTELLING IN
2 zwart- 0V TWEEVOUD.
4 geel - 4 bit signaal

blz.91 : Mini stekerbussen : 2 rood - 9V
2 zwart- 0V
4 geel - 4 bit signaal.

blz.92 : Vervang 10 μ F condensator (tussen IC contacten 6 en 7 en
aarde) door een 68 μ F condensator.
Mini stekerbussen : 2 rood - 9V
2 zwart- 0V
1 geel - pulsuitgang

blz.94 : Plak onderstaand schema van de sinusgenarator hier.



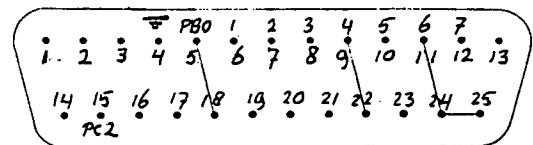
blz.99 : Vervang de tekst
naast de schets van de rich-
tingsschakelaar door het
nevenstaande.

blz.100 : Vervang de tabel
linksonder door het neven-
staande.

Computerbesturing :
Zie hiervoor blz. 104.
Uit de schets hiernaast blijkt dat
de computer de spanning op ingang 3
van de stuurchip alleen kan regelen
als de richtingsschakelaar open
staat.(anders altijd 0V en evt. over-
belasting der computer)

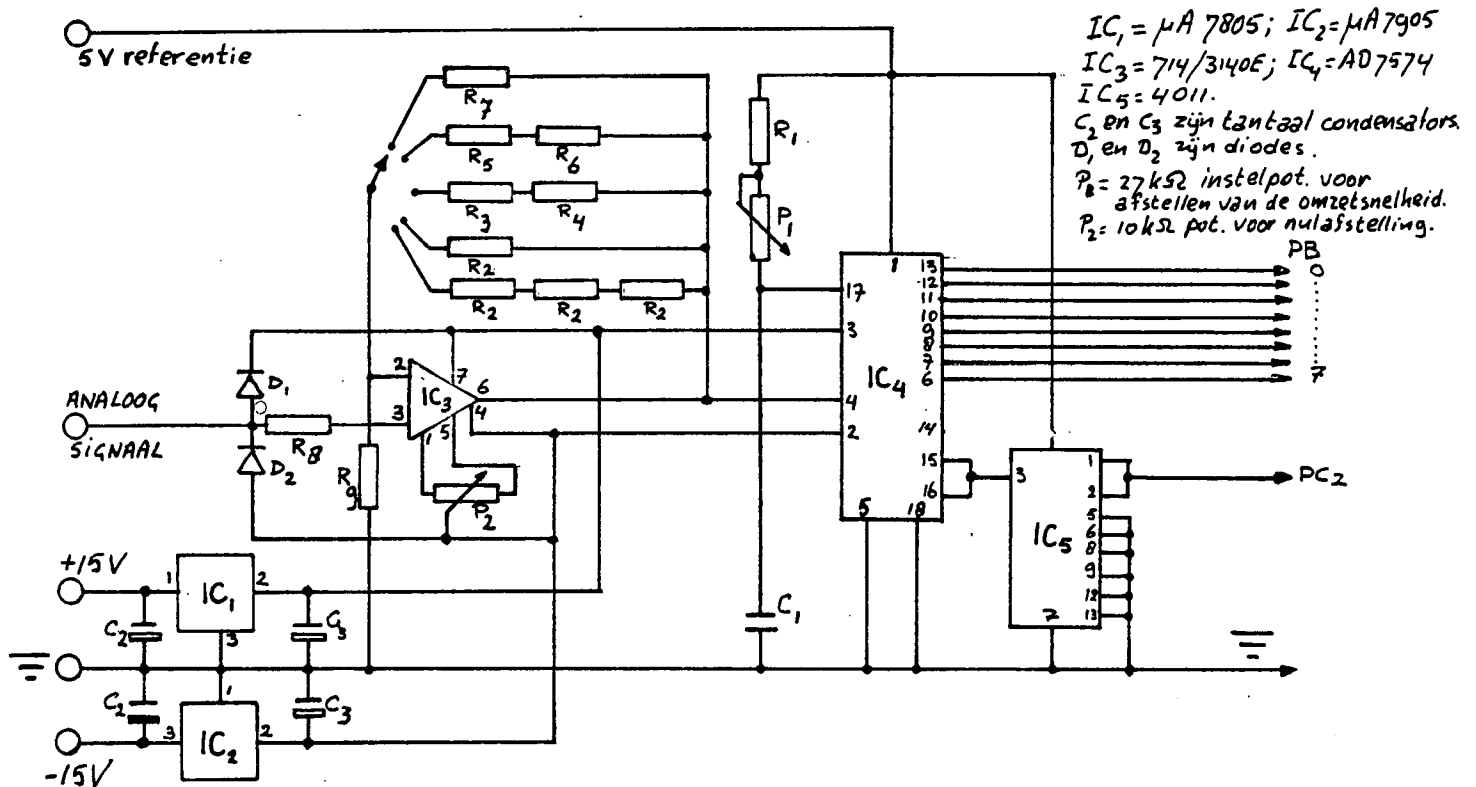
AANSLUITING COMPUTERKABEL.

De verbinding met de C'64 computer
moet worden gemaakt volgens het
UvA-THE-Malmberg systeem. Aan de
printplaat moet een veeladerige
kabel worden gekoppeld die eindigt
in een sub-D-25 pins stekker. Aan
de stekerkant moeten de verbindin-
gen volgens onderstaand schema wor-
den gemaakt.

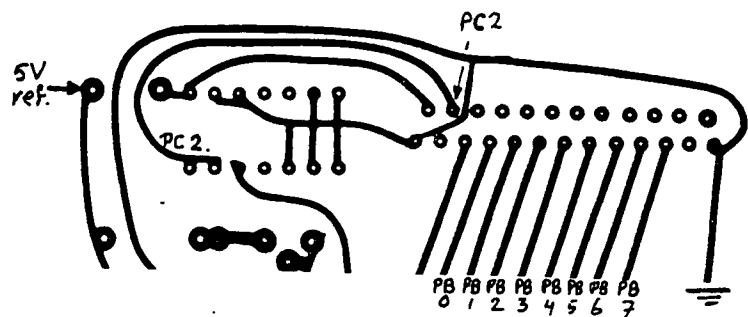


PB0 t/m PB7 op pin 5 t/m 12.
PC2 op 15 en aarde op 4.
De verbinding aan de printplaatkant
moet worden gemaakt aan de hand van
de schets op blz. 101.

SCHEMA MEET-ADC.



COMPUTERKABEL en 5V REF. AANSLUITING.



Benodigde voedingsspanningen:
 +15V, 0V, -15V gelijkspanning (mag variëren tussen $\pm 10V$ en $\pm 35V$).
 +5V referentiespanning.

Zie tekeningen voor de toevoerlijnen.

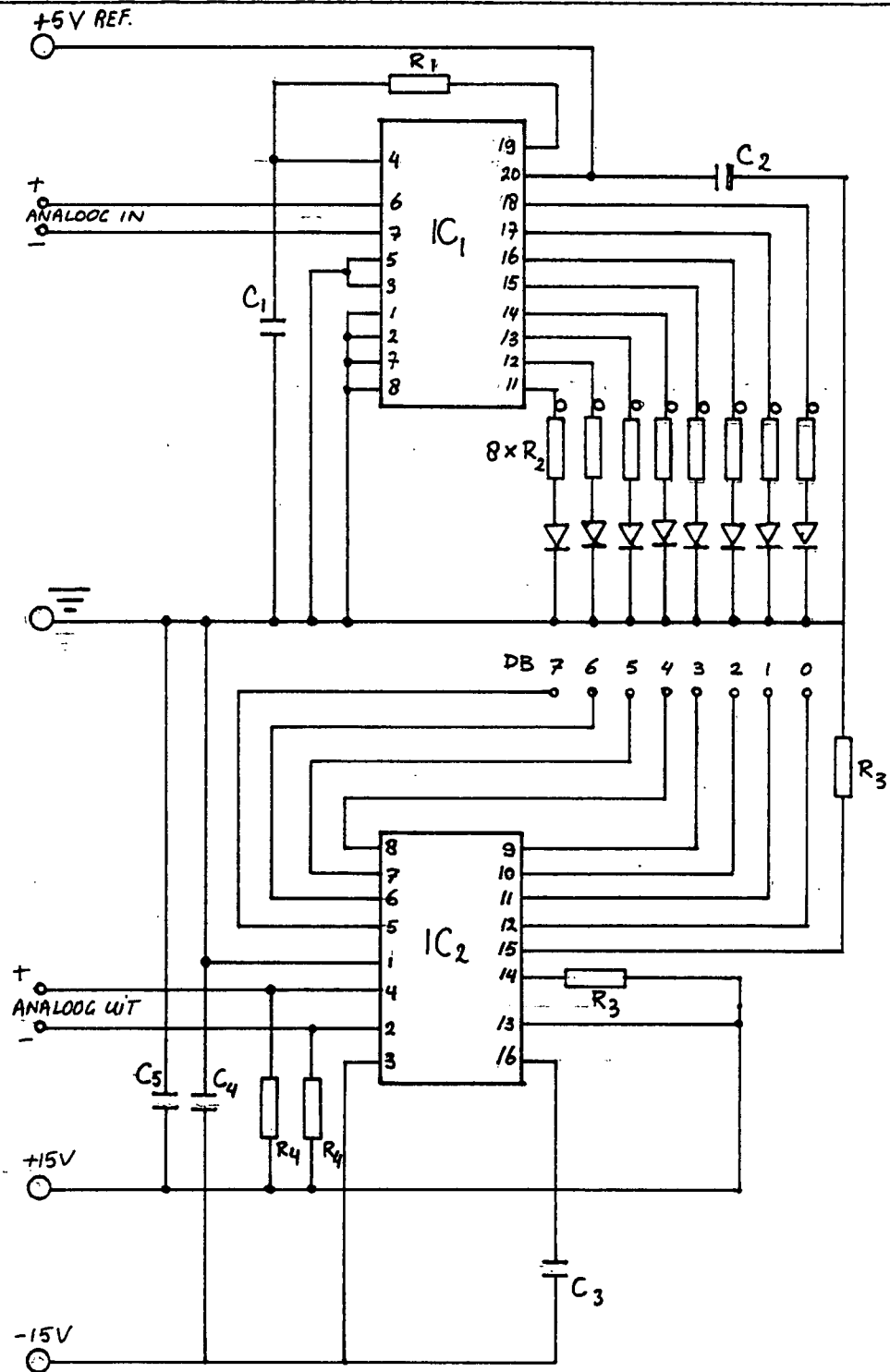
Het om te zetten analoge signaal kan via een (gele) ministekkerbus worden ingevoerd.

COMPUTER AANSLUITSYSTEEM.

Ter beveiliging van de I/O user poort van de computer wordt aangeraden de stekker die direct op de computerprintplaat glijdt steeds te laten zitten. Deze stekker moet dan volgens een vast systeem met een contrastekker worden verbonden, waardoor de in- en uitgang voor meerdere toepassingen bruikbaar blijft.

De vakgroepen didactiek natuurkunde van de Universiteit van Amsterdam, de TH Eindhoven en Malmberg gebruiken daarvoor het hiernabeschreven systeem. Het lijkt verstandig ons daarbij aan te sluiten.

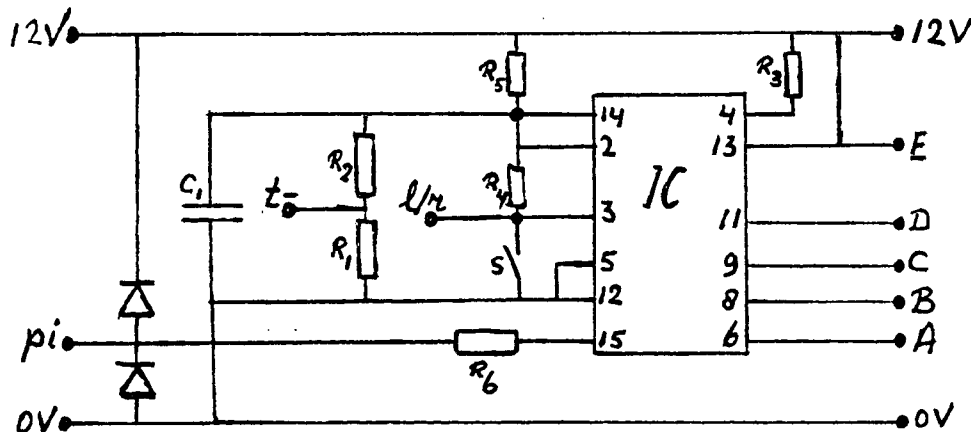
APPARATUURGIDS



SCHEMA ADC-DAC COMBINATIE (zie ook blz.98).

APPARATUURGIDS

SCHEMA STAPPENMOTOR STUUREENHEID.



$R_1=R_2=R_6= 10\text{ k}$.
 $R_3=270\text{ } (0,33\text{W})$.
 $R_4= 1\text{ k}$.
 $R_5= 100$.
 $C_1=0,1\text{ F}$.
 IC=SAA 1027
 s=richtingsschakelaar.
 2 diodes.
 12V gelijkspanning op 12V (rood) en 0V (zwart)
 pi=pulsingang(geel)
 l/r=richtingssignaal (blauw).
 t=nul van toongenerator(rood).

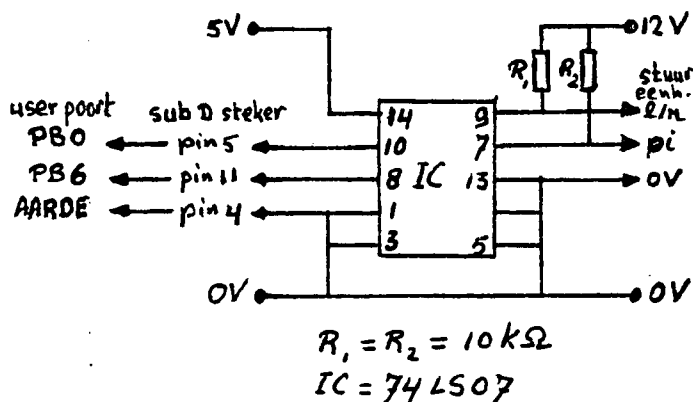
A tot en met E = motorverbinding via 5-pin plug.

Toongenerator aansluiting :

De stuurpulsen kunnen ook met een toongenerator worden toegevoerd. Gebruik een blokgolf met maximaal 12V top-top spanning. Verbind de zwevende 0 of - (niet aarde) van de toongenerator met de speciale (rode) ingang. Verbind de + van de toongenerator met de (gele) pulsingang van de stuureenheid.

Computer aansluiting :

Met het bijbehorende programma levert een C'64 computer pulsen (elke puls heeft één stap tot gevolg) via uitgang PB6 van de user poort en hij levert een richtingssignaal via PB0. De maximum spanning op deze lijnen is echter 5V in plaats van de 12V die de stuureenheid verlangt. Tussen computer en stuureenheid moet een 74LS07 buffer IC worden gebruikt. Dit buffer IC heeft zowel een 5V als een 12V voeding nodig (gelijkspanning). Voor stuureenheid en buffer IC mag niet dezelfde 12V voeding gebruikt worden in verband met storende effecten van de motor.



De signalen die via een sub D stekker van de userpoort van de computer komen worden van 5V tot 12V versterkt en doorgevoerd naar de stuureenheid van de stappenmotor. Gebruik mini stekkers in passende kleuren; blauw voor l/r; geel voor puls; zwart voor 0V.

Voorwoord

Plaats en karakter van het thema

1. De plaats van het thema in de cursus
2. Toelichting en verantwoording van de themakeuzen
3. Ervaringen met de eerste versie
4. Globale opzet

Het leerplan in "Elektronica"

1. Beginsituatie
2. Leerstof en vaardigheden
3. Lessenplan
4. Hulpmiddelen

Opmerkingen per hoofdstuk

1. Oriëntatie
2. De elektronica tot 1950
3. Elektronische componenten
4. Van transistor tot chip
5. De chip: opbouw en productie
6. Elektronische systemen
7. De elektronische revolutie

Bijlagen

- D1 Samenvatting thema Elektronica
- D2 Elektronica in het EPEP
- D3 Een combinatie van poorten: welke waarheidstabel?
- D4 Hoe werkt de klokschakeling
- D5 Informatiedichtheid (6.4 akt. 2)
- D6 Meetsnelheid ADC (6.5 akt. 2)
- D7 Leerlinginstructies voor de Commodore C'64
- D8 Science Fiction verhalen
- I1 Literatuurlijst
- I2 Teksten over de informatiemaatschappij
- I3 Computerprogramma's bij dit thema
- I4 Elektronica in natuurkundelessen voor HAVO en VWO
- I5 Transistoren herkennen en testen
- I6 Nog meer over computers

Apparatuurgids

VOORWOORD

"Elektronica" is het tiende thema in de PLON-leergang voor HAVO-bovenbouw. Het is bedoeld als laatste thema voor 5 HAVO. Ook dit thema is herschreven op grond van enkele jaren ervaring met een vorige versie.

Deze AVOL is geschreven voor docenten die met het thema "Elektronica" werken. Hij bevat suggesties voor een lessenplan, voor experimenten en andere werkvormen. Ook de achtergronden van het thema komen ter sprake.

Praktijkervaringen met deze versie van "Elektronica" zijn er op dit moment nog niet. We hopen deze ervaringen in een volgende versie van deze AVOL te kunnen verwerken. Opmerkingen en aanvullingen, zowel bij het thema als deze AVOL, stellen we dan ook zeer op prijs.

Medewerkers van het PLON
Lab. Vaste Stof
Rijksuniversiteit Utrecht
Postbus 80.008
3508 TA Utrecht

november 1984

PLAATS EN KARAKTER VAN HET THEMA

1. DE PLAATS VAN HET THEMA IN DE CURSUS

De PLON-cursus voor 4 en 5 HAVO bestaat uit tien thema's. "Elektronica" is het vierde en laatste thema voor 5 HAVO. In dit leerjaar ligt het accent op kennis over de bouw van de materie en de toepassing van deze kennis in lichtbronnen, ioniserende stralingstoestellen en elektronica. Het thema beslaat ongeveer 5 weken bij vier lesuren per week.

PLON-thema's 4 HAVO	PLON-thema's 5 HAVO
• Vergelijken • Weersveranderingen • Muziek • Verkeer • Elektrische Machines • Energie en Kwaliteit	• Materie • Lichtbronnen • Ioniserende Straling • Elektronica
	Examen doen

De plaatsing van "Elektronica" aan het eind van de vijfde klas betekent niet dat het thema qua inhoud voortbouwt op de drie voorafgaande of dat het moeilijker zou zijn. Op de HAVO-bovenbouw conferentie in 1983 zijn ook verschillende andere volgorden voorgesteld. Een belangrijke overweging was dat we een afwisseling beoogden tussen thema's die, vanuit de ervaringswereld van de leerlingen bezien, "ver weg" en "dichtbij" zijn.

Een andere overweging was dat we in de hele cursus de samenhang hebben benadrukt tussen ontwikkelingen in de wetenschap, de techniek en de maatschappij. Deze samenhang komt heel sterk en heel actueel aan de orde in "Elektronica"; in dat opzicht vormt het thema een mooie afsluiting.

2. TOELICHTING EN VERANTWOORDING VAN DE THEMAKEUZE

Het behoeft nauwelijks betoog dat "Elektronica" een zeer belangrijk aandachtsgebied is, vooral nu de micro-elektronica bezig is in snel tempo allerlei nieuwe ontwikkelingen op gang te brengen. Onze leerlingen zien daarvan steeds meer producten om zich heen: na de radio, de grammofoon, de bandrecorder, de televisie en de videorecorder, nu ook de rekenapparatuur, de elektronische spelletjes, viditel en teletekst, microcomputers op school en zo voort. Daarbij komt dat in veel toekomstige beroepen van leerlingen - en dus ook in de beroepsopleidingen - het gebruik van elektronische apparatuur, en soms ook het ontwikkelen ervan, een steeds belangrijker plaats krijgt.

In het huidige natuurkundeprogramma voor HAVO is "Elektronica en vaste stof" een onderwerp van zeer bescheiden omvang. De halfgeleider-diode staat er in, maar de transistor niet. Deze beperking kan met verschillende argumenten verdedigd worden, zoals

- het programma is al overladen
- de behandeling van de transistor e.d. is te moeilijk

PLAATS EN KARAKTER VAN HET THEMA

Het eerste argument achten we juist, maar niet doorslaggevend. In feite gaat het hier om het stellen van prioriteiten: vinden we bepaalde uitbreidingen in het onderwerp "Elektronica en vaste stof" belangrijk genoeg om er beperkingen in andere onderwerpen tegenover te stellen? Ook als we deze vraag in principe met "ja" beantwoorden, zullen we nog moeten aantonen dat de beoogde nieuwe leerstof zinvol kan functioneren in de schoolpraktijk.

Daarmee komen we bij het tweede argument: is de beoogde leerstof niet te moeilijk? Kunnen we bijv. van de leerlingen verlangen dat ze de werking van "de" transistor kunnen verklaren? En als we de leerlingen zover hebben gekregen, hebben we dan nog tijd om enkele toepassingen te behandelen? Het probleem wordt nog moeilijker als we ook de "chip" in onze overwegingen betrekken. En daar kunnen we niet omheen als we duidelijk willen maken wat de fysisch-technische basis is van de "elektronische revolutie".

In het thema "Elektronica" gaat het dan ook om de volgende vragen:

- hoe worden een aantal functies gerealiseerd op het gebied van elektronische communicatie, informatieverwerking en automatisering;
- hoe beïnvloeden wetenschap, techniek en samenleving elkaar bij de ontwikkeling van de elektronica;
- welke effecten kan de ontwikkeling van de elektronica hebben op onze toekomstige samenleving.

Een tijdsbestek van twintig lessen voor het aan de orde stellen van deze vragen is problematisch. Bij het kiezen van leerstof en leeractiviteiten hebben we ons regelmatig moeten beperken. Voorbeelden van die zelfbeperking zijn:

- a. We hebben veel meer aandacht besteed aan de rol van elektronica in informatieverwerking en automatisering dan in communicatie. In verband daarmee laten we de transistor in leerlingenproeven alleen functioneren als schakelaar, niet als versterker.
- b. We besteden weinig aandacht aan de natuurkundige principes "achter" de transistor, zoals de eigenschappen van p- en n-halfgeleiders en de p-n-overgang. Het accent ligt op de functie van transistoren en andere componenten in voor toepassingen belangrijke schakelingen.

3. ERVARINGEN MET DE EERSTE VERSIE

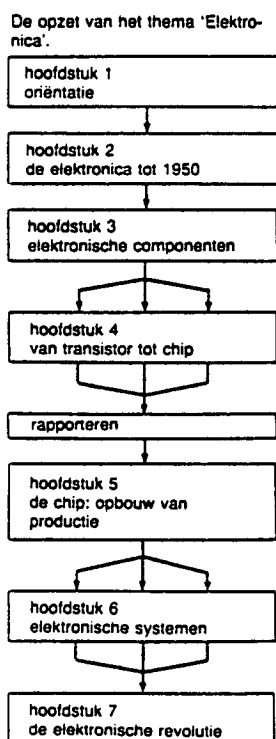
Uit een onderzoek in het cursusjaar 1983-'84 (zie bijlage I4) bleek dat de leerlingen het thema in het algemeen erg positief hebben gewaardeerd, hoewel het tamelijk moeilijk werd gevonden. Veel waardering toonden de leerlingen voor "componenten en schakelingen" en "miniaturisering in de elektronica". De belangrijkste leerervaringen, in het oordeel van de leerlingen zelf, waren de transistor (toepassingen; de werking), IC's (globale omschrijving; de fabricage) en halfgeleiders (eigenschappen).

PLAATS EN KARAKTER VAN HET THEMA

Ook de leraren toonden zich tevreden over de keuze en de globale opzet van het thema. In de praktijk kreeg hoofdstuk 3 - componenten en schakelingen - de meeste aandacht; de kennismaking met de transistor in eenvoudige schakelingen, op herkenbare toepassingen gericht, werd als zeer zinvol ervaren. Wel bleken deze "eenvoudige" schakelingen voor de leerlingen veelal moeilijk: er was veel tijd nodig voor het maken van de schakelingen en voor het doorpraten van de werking. Dit is mede aanleiding geweest om bij de revisie beperkingen aan te brengen: de transistor als versterker is weggelaten en de uitleg over de werking van componenten als condensator, diode en transistor is kort gehouden.

De interesse van leerlingen voor de historische ontwikkeling van de elektronica, besproken in de "inleiding" (hoofdstuk 2 van de eerste versie) viel tegen. Dit zou echter voor een belangrijk deel verklaard kunnen worden uit de onoverzichtelijkheid van het hoofdstuk en de waterval van nieuwe begrippen. Wat de werkvormen betreft waardeerden de leerlingen vooral het proeven doen en het bekijken van video of film over fabricage van IC's en toepassingen van micro-elektronica.

4. GLOBALE OPZET



In *hoofdstuk 1* karakteriseren we het domein "elektronica" door het onderscheid aan te geven met de elektrotechniek en door drie soorten toepassingen te onderscheiden: telecommunicatie, informatieverwerking en automatisering. Ook geven we de leerlingen een schets van de opzet van het thema.

Hoofdstuk 2 geeft een beeld van de wederzijdse beïnvloeding van wetenschap, techniek en samenleving, met de uitvinding van de transistor als voorlopig eindpunt. Door de historische ontwikkeling te volgen hebben we tevens gelegenheid een aantal elektronische systemen te bespreken in een nog betrekkelijk eenvoudige vorm.

In de *hoofdstukken 3 en 4* laten we het maatschappelijke aspect rusten om de leerlingen vast te laten kennismaken met de fysisch-technische basis van de moderne elektronica. In *hoofdstuk 3* laten we de leerlingen experimenteren met schakelingen waarin de componenten nog afzonderlijk herkenbaar zijn en waarin de functie van de transistor als schakelaar duidelijk uitkomt. Ook introduceren we hier componenten die als sensor fungeren: de NTC-weerstand en de LDR. In *hoofdstuk 4* werken de leerlingen met schakelingen die soortgelijke functies hebben als de schakelingen in hoofdstuk 3, maar nu met een deel van de componenten geïntegreerd tot een IC.

PLAATS EN KARAKTER VAN HET THEMA

In *hoofdstuk 5* bespreken we de fabricage van "chips" om een idee te geven van de bijzondere fysische en chemische technieken die de miniaturisering en massaproductie in de elektronica mogelijk hebben gemaakt, met als gevolg sterke prijsdalingen en een geweldige groei in toepassingen.

In *hoofdstuk 6* geven we de leerlingen gelegenheid tot eigen onderzoek; ze kunnen kiezen uit vijf systemen die belangrijke toepassingen op het gebied van communicatie, informatieverwerking en automatisering vertegenwoordigen.

In *hoofdstuk 7* betrekken we de leerlingen bij discussies over toekomstige ontwikkelingen: wat kunnen we voor goeds verwachten van de elektronische revolutie en hoe kunnen we kwade gevolgen tegengaan?

HET LEERPLAN IN "ELEKTRONICA"

1. Beginsituatie

De voorkennis van leerlingen op het gebied van "Elektronica" is onderzocht (zie bijlage I4). Daarbij bleek dat alle leerlingen positieve invloeden van elektronica op de samenleving onderkennen. Als negatief effect werd vooral genoemd het verlies van arbeidsplaatsen door automatisering. Leerlingen hadden vaak wel bepaalde associaties bij de woorden "transistor", "digitaal" en "elektronisch geheugen", maar in het algemeen zeer oppervlakkig, bijv. "radio", "klokje" en "computer". De interesse om er meer van te weten te komen was groot, zowel bij de jongens als de meisjes. Een klein deel (13%) vermeldde "vaak" of "heel vaak" iets aan elektronica te doen.

Wat de natuurkundige voorkennis betreft, gaan we ervan uit dat de leerlingen in voorafgaande thema's kennis hebben gemaakt met de begrippen spanning, stroomsterkte en weerstand, met stroom- en spanningsmeters en met het toepassen van de Wet van Ohm. De schakelingen in "Elektronica" zijn echter complexer dan die in vroegere thema's; bovendien blijken bij de behandeling van die schakelingen veel leerlingen nog ernstig moeite te hebben met het onderscheiden van stromen en spanningen.

2. Leerstof en vaardigheden

In het Experimenteel PLON Examen Programma (EPEP) is de leerstof beschreven die in dit thema aan de orde komt. In bijlage D2 van deze AVOL is het betreffende deel van het EPEP opgenomen. In vergelijking met de reguliere landelijke leerstoflijst zijn de volgende onderwerpen in dit thema nieuw:

- condensator (kwalitatief)
- p-type, n-type
- L.D.R. en N.T.C. (karakteristieken kwalitatief)
- transistor
- productieproces chips
- geheugensystemen
- principe van moduleren; principe van analoog/digitaal omzettingen
- toepassingen en consequenties van elektronica in de samenleving

In het EPEP wordt een opsomming gegeven van beoogde vaardigheden, verdeeld in drie categorieën: a) onderzoeksvaardigheden, b) probleemoplossingsvaardigheden en c) algemene vaardigheden. De lijst omvat ongeveer zestig punten en we zullen hier geen poging doen om aan te geven tot welke vaardigheden het thema "Elektronica" precies wel of niet bijdraagt. Bij de algemene vaardigheden is hier vooral te denken aan het beoordelen van de onderlinge beïnvloeding tussen wetenschap, techniek en samenleving. Probleemoplossingsvaardigheden worden o.a. aan de orde gesteld in opdrachten waar gevraagd wordt naar de meest geschikte schakeling voor een gegeven doel. De onderzoeksvaardigheden wijken nogal af van die in andere thema's: in "Elektronica" wordt nauwelijks onderzoek gedaan naar kwantitatieve relaties tussen natuurkundige grootheden. Tabellen, grafieken en formules komen dan ook weinig voor. Wegens de complexiteit van de onderzochte schakelingen moeten we meestal volstaan met kwalitatieve relaties en het herkennen van bepaalde "patronen", zoals de RC-combinatie en de spanningsdeler, en hun functie.

HET LEERPLAN IN "ELEKTRONICA"

3. *Lessenplan*

Bij het samenstellen van het thema heeft ons een bepaalde lessenverdeling voor ogen gestaan. Bij het schrijven van deze AVOL was de haalbaarheid van onze ideeën nog niet getoetst. Ons voorstel is als volgt:

	lesuren
hoofdstuk 1 oriëntatie	1
hoofdstuk 2 de elektronica tot 1950	2
hoofdstuk 3 elektronische componenten	7
hoofdstuk 4 van transistor tot chip	3
hoofdstuk 5 de chip: opbouw en productie	2
hoofdstuk 6 elektronische systemen	3
hoofdstuk 7 de elektronische revolutie	1
toets	1
totaal	20

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

HOOFDSTUK 1: ORIENTATIE

<i>Uitwerking lessenplan</i>	
lesnr 1	onderdeel oriëntatie op "Elektronica"

Bedoeling

- onderscheid maken tussen elektronica en elektrotechniek;
- drie toepassingsgebieden van elektronica onderscheiden: communicatie, informatieverwerking en automatisering;
- oriënteren op de opbouw van het thema en de manier van werken.

Leerlingactiviteiten

- associaties opschrijven;
- klassediscussie;
- luisteren naar de docent.

Didaktische aanwijzingen

Om de leerlingen te betrekken bij een discussie over het karakter en het belang van elektronica kan het nuttig zijn om ze, ieder voor zich, een rijtje associaties te laten opschrijven bij de startwoorden "elektronisch apparaat" en "elektronische revolutie". Verzameling van de resultaten op het bord zal aanleiding geven tot de vraag, waarom we bepaalde apparaten "elektronisch" noemen, resp. wat voor "revolutie" ze in onze maatschappij veroorzaken.

Aan de voorgaande discussie kan de vraag gekoppeld worden wat de leerlingen zouden willen weten over en doen aan elektronica. Welke leerlingen hebben al ervaring met elektronica door hun hobbies? (Misschien kunnen ze t.z.t. daar wat van demonstreren.)

In het thema zijn bepaalde keuzen gemaakt; het is van belang de leerlingen te vertellen wat ze wel en niet kunnen verwachten.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

HOOFDSTUK 2: DE ELEKTRONICA TOT 1950

<i>Uitwerking lessenplan</i>	
lesnr	onderdeel
2	2.1 t/m 2.3
3	2.4 t/m 2.6

Bedoeling

- verbanden zien tussen ontwikkelingen in wetenschap, techniek en samenleving;
- kennis maken met enkele principes van elektronische communicatie;
- kennis maken met enkele principes van elektronische informatieverwerking;
- een basis leggen voor het begrijpen van de ontwikkelingen na 1950.

Leerlingactiviteiten

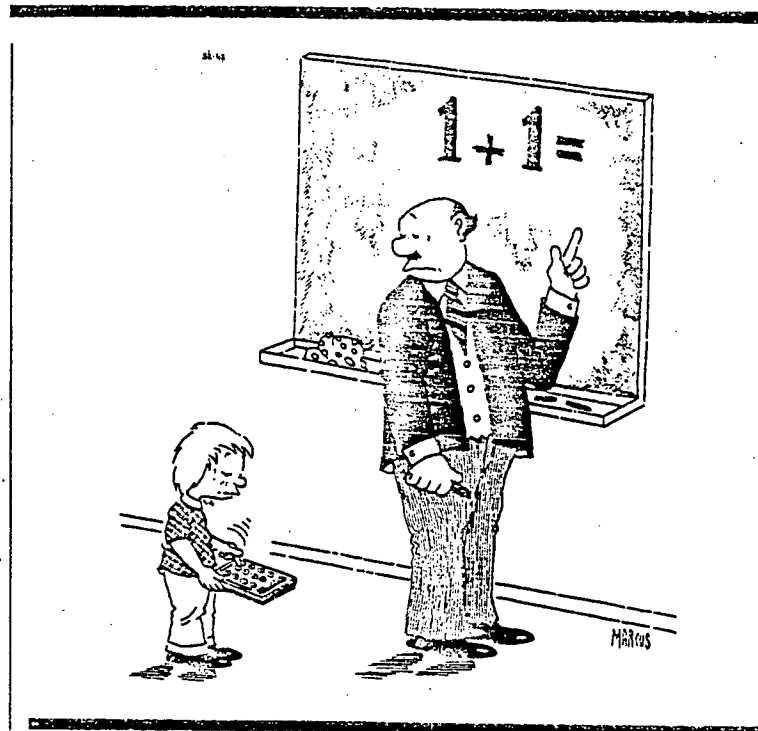
- bestuderen van informatieve teksten;
- maken van een tijdbalk;
- klassediscussie over de wisselwerking natuurkunde-techniek-samenleving.

Didaktische aanwijzingen.

- 2.1: Telegraaf en telefoon zijn uitgevonden vóór de ontdekking van het elektron, maar vanwege hun functie zijn ze "avant-la-lettre" tot de elektronica te rekenen. Bij hun verdere ontwikkeling werden steeds meer specifiek elektronische componenten gebruikt voor versterking van signalen, voor modulatie en demodulatie en nu ook voor digitalisering.
De telefoon bracht in belangrijke mate werkgelegenheid met zich mee, vooral voor vrouwen; na 1920 gingen door automatisering veel arbeidsplaatsen verloren.
- 2.2: De uitzending van elektromagnetische golven met behulp van vonken is moeilijk te verklaren; wel zullen de leerlingen het verschijnsel kennen dat elektrische vonken als "stoorzenders" werken op radio en televisie.
- 2.3: Buizenradio's zijn aan het uitsterven; daarom is het aardig om er een op school te bewaren, of op zijn minst enkele buizen. Vergelijking van heel oude buizen met latere typen laat een aanmerkelijke "miniaturisering" zien.
- 2.4: Op logische schakelingen komen we terug in hoofdstuk 4. Hier is onze bedoeling alleen het principe aan te geven. Sommige leerlingen hebben wellicht het idee dat elektronische informatieverwerking volledig boven hun begrip gaat. Hier proberen we aan te geven dat er ook voor een gewoon mens wel iets van te begrijpen is.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

- 2.5: We nemen aan dat de leerlingen in de wiskundeles kennis gemaakt hebben met binair rekenen. Voor wie het binaire stelsel niet (meer) kent, hebben we achterin het themaboek een bijlage opgenomen. Het stukje over "geheugens" is bedoeld om ook hier een eventuele "drempelvrees" weg te nemen: ook hier kun je in grote lijnen wel het een en ander van begrijpen.
- 2.6: De natuurkundige informatie over halfgeleiders en over bouw en werking van de transistor is hier opzettelijk uiterst summier gehouden, omdat we in dit hoofdstuk het accent leggen op de wisselwerking natuurkunde-techniek-samenleving.
- Wat de opdrachten betreft: de leerlingen hebben bij het thema "Materie" al eens een tijdbalk gemaakt. Daar ging het echter om de ontwikkeling van de natuurkunde en de wisselwerking experiment-theorie. Hier, in "Elektronica", komen de toepassingen veel uitdrukkelijker aan de orde.



OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

HOOFDSTUK 3: ELEKTRONISCHE COMPONENTEN

<i>Uitwerking lessenplan</i>		
lesnr.		onderdeel
4	3.1 en 3.2	transistor
5 en 6	3.3	weerstand
7	3.4	LDR/NTC
8	3.5	condensator
9	3.6	diode
10	3.7 en 3.8	halfgeleiders + vraagstukken

Bedoeling

- vertrouwd raken met enkele componenten uit de elektronica;
- inzicht verschaffen in hoe een licht- of temperatuurgevoelige schakelaar gemaakt kan worden;
- vertrouwd raken met schakelingen en schakelschema's;
- praktische vaardigheden opdoen;
- de werking van diode en transistor verklaren.

Leerlingactiviteiten

- schakelingen vergelijken met schakelschema's;
- schakelingen bouwen;
- metingen verrichten aan schakelingen;
- theorie bestuderen;
- vraagstukken maken.

Didaktische aanwijzingen

In dit hoofdstuk worden een aantal componenten uit de elektronica behandeld. Dit gebeurt op een thematische wijze: transistor, weerstand en condensator als hulp voor een licht- of temperatuurgevoelige schakelaar met vertraging, de diode als hulp voor een demodulatie-schakeling.

Dit heeft tot gevolg dat de transistor en diode eerst als "black-box" ingevoerd worden (hoe werk je met een transistor of diode). De vraag "hoe werkt een transistor of diode" is naar achter verschoven (par. 3.7).

Ook is de behandeling van parallelle weerstanden niet nodig om de schakeling te begrijpen. Omdat dit wel in het EPEP opgenomen is komt het aan de orde in de opgaven (3.8 opgave 6, 7, 8).

Er is voor gekozen de behandeling van de transistor in het thema te beperken tot de schakelfunctie ervan. Gezien de opmars van de digitale elektronica is dit verreweg de belangrijkste functie. Aan de versterkersfunctie wordt in de Samenvatting (bijlage D1) enige aandacht besteed. De condensator wordt behandeld met name als "vertragingselement". In hoofdstuk 4.2 (klokschakeling) komt deze functie terug, evenals in 3.6 (demodulatie). Er wordt niet ingegaan

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

op de mogelijkheid wissel- en gelijkstroom met een condensator te scheiden.

Hoofdstuk 3 is een apparatuur-intensief hoofdstuk. Als er niet voldoende apparatuur aanwezig is om alle leerlingen gelijk op te laten werken is ook het volgende lessenplan mogelijk

lesnr.	groep 1	groep 2
4	3.1 + 3.2 (Tr)	3.1 + 3.3 (R)
5	3.3 (R)	3.3 (R)
6	3.3 (R)	3.2 (Tr)
7	3.4 (LDR)	3.5 (C)
8	3.5 (C)	3.4 (LDR)
9	3.6 diode	3.7 + 3.8 opgaven
10	3.7 + 3.8 opgaven	3.6 diode

3.1: proef 1: De temperatuur- en licht-gevoelige schakelaar worden hier direkt al ten tonele gevoerd. In dit stadium gaat het niet om het begrijpen van de schakeling, maar louter om een oriëntatie. De schakelingen kunnen eventueel ook klassikaal gedemonstreerd worden.

3.2: opdracht 1: Soms is op een transistor aangegeven wat b, c, e is. Meestal echter niet. Dit is dan met behulp van het type-nummer op te zoeken in een elektronica-handboek. Ook is het te bepalen met behulp van de methode die in de kadertekst beschreven wordt.

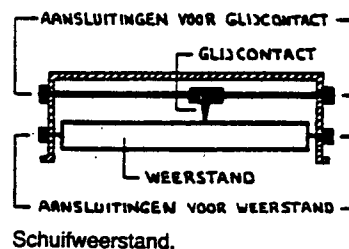
proef 3: De hier gebruikte transistoren schakelen in bij een basis-emitter-spanning $B_{be} \approx 0,7V$.

Een variabele spanningsbron is te verkrijgen door een potmeter aan een batterij te schakelen (zie Apparatuurgids).

proef 4: Deze proef is opgenomen om duidelijk te maken dat een transistor ook aangeschakeld kan worden door de basis met de collectorspanning te verbinden. Zo wordt de overgang naar de spanningsdeler (proef 3.3-7) voorbereid.

Onderdeel c) is belangrijk met het oog op het gebruik van de transistor in hoofdstuk 4. De collectorspanning is daar vaak van belang.

3.3: proef 5: Als schuifweerstand is te gebruiken een potmeter of een weerstanddraad met glijcontact.



OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

proef 6: c) Het verschil met proef 5 is, dat de totale weerstand en dus de stroomsterkte nu ook verandert. De totale weerstand kan 0Ω worden, daarom is als beveiliging tegen kortsluiting een extra weerstand opgenomen.

3.4: proef 1: De weerstandswaarde van een LDR ligt in de volgende orde van grootte: 100Ω (fel licht) - $5\text{ k}\Omega$ (kamerlicht) - $10\text{ M}\Omega$ (donker).

P	V _{peak}	R _D	R _L at 1000 lux	catalogue no.	status
max	max	min	2850 K		
mW	V	M Ω	Ω	2322 600	

plastic encapsulated

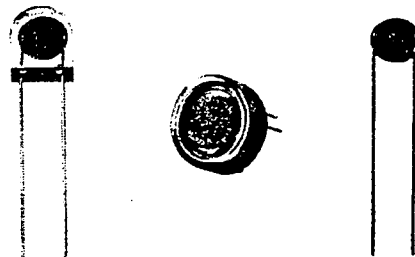
100	150	10	75-300	93001	D
100	150	1	< 110	93002	

200	110	10	75-300	95001	
200	110	10	< 250	95003	D
200	110	1	< 110	95006	
200	110	10	< 190	95007	

lacquered

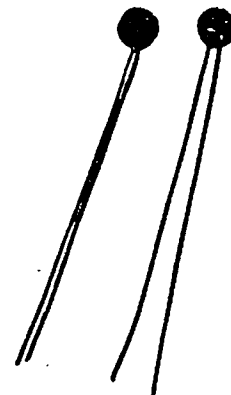
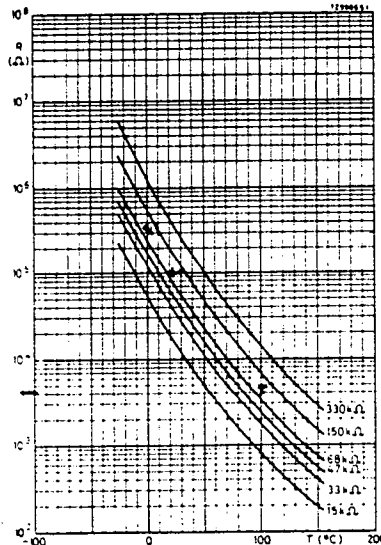
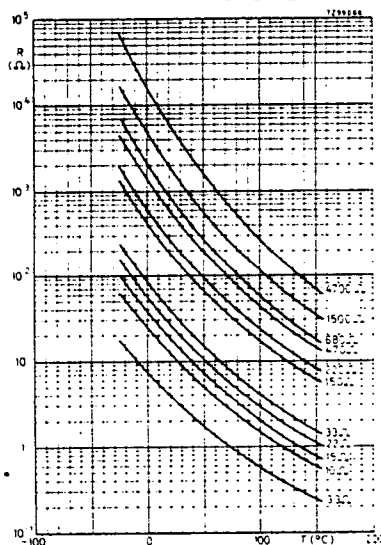
100	150	10	75-300	94001	D
-----	-----	----	--------	-------	---

LDR



proef 2: De weerstandswaarde van een NTC-weerstand ligt in de volgende orde van grootte: $300\text{ k}\Omega$ (0°C) - $100\text{ k}\Omega$ (20°C) - $3\text{ k}\Omega$ (100°C)

NTC thermistors

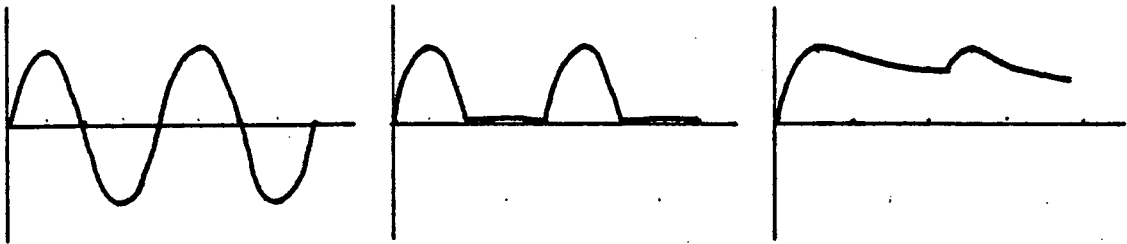


proef 4 en 5: De licht- en temperatuurgevoelige schakelaars kunnen nu - wat werking betreft - begrepen worden. Hierop ligt nu de nadruk in tegenstelling tot 3.1 proef 1.

3.5: proef 1: De proef dient alleen ter oriëntatie: laten zien wat het effect van een condensator is. Deze schakeling komt terug in proef 6; dan ligt de nadruk meer op het begrijpen van de schakeling.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

- 3.6: proef 3 en 4 kunnen ook als demonstratieproef gedaan worden. Dit spaart tijd en legt minder beslag op apparatuur.
proef 3: De signalen op de oscilloscoop zullen er als volgt uit zien:



proef 4: Het AM-gemoduleerde signaal wordt verkregen met een zender-schakeling, die ook in hoofdstuk 6 gebruikt wordt. Deze zender bestaat uit een hoog-frequente sinus-generator en een AM-modulator. Verder zijn nodig een gewone toongenerator voor het signaal en voedingen (12V en 9V). Zie hiervoor verder de Apparatuurgids.

- 3.7: Volgens het EPEP dient de structuur van geleider en halfgeleider gekend te worden, evenals de werking van de diode. Hoe de werking van de transistor tot stand komt hoeft niet gekend te worden. Volledigheids-halve is hier echter wel een beschrijving van opgenomen. Als de beschikbare tijd krap is, kan deze paragraaf dus bekort worden.
- 3.8: Deze opgaven kunnen ook als huiswerkopdrachten gehanteerd worden. Opgaven 6, 7 en 8 gaan over parallelle weerstanden. Dit is nog niet eerder in het hoofdstuk behandeld. Daarom is het aan te raden deze opgaven in ieder geval te maken.

Toelichting bij enkele opgaven

- (1) a. $200 \Omega \rightarrow 125 \text{ lux}$
 b. ja, dan A-meter gebruiken
- (2) b. $R_{\text{LDR}}: 4,7 \text{ k}\Omega = 0,7 : (12 - 0,7)$
 $R_{\text{LDR}} = \frac{0,7}{11,3} \cdot 4,7 \text{ k}\Omega = 291 \Omega \rightarrow 150 \text{ lux}$
 c. R groter maken.
 d. Als R_{LDR} groter wordt, -en er is geen condensator - wordt de stroom door R beperkt waardoor V_R kleiner en V_{LDR} groter wordt.
 Nu er een condensator parallel aan de LDR is, heeft het groter worden van R_{LDR} niet onmiddellijk een beperking van de stroom door R tot gevolg, want eerst kan de condensator verder opgeladen worden.
- (3) a. $P = I^2 R$
 $I = I^2 25 \rightarrow I = 200 \text{ mA} \rightarrow V_{\text{be}} = 0,8 \text{ V}$
 b. $R = 18,5 \Omega$
 d. R_1 moet kleiner gemaakt worden.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

- (4) a. 20V
 b. $Q = C.V. = 10^{-4} \cdot 20 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ C}$
 c. $I = \frac{V}{R} = \frac{20}{0,1} = 200 \text{ A}$
 d. $\Delta t = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{10^{-3}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

De temperatuurstijging is voldoende om het magnesium te laten ontbranden.
 Hierdoor komt veel meer warmte vrij.

- e. Door $R = 10 \text{ k}\Omega$ wordt de stroomsterkte beperkt
 (6) a. $A_1 = 0,45 \text{ mA}$; $A_2 = 0,45 \text{ mA}$
 c. $A_2 = 0,45 \text{ mA}$; $A_3 = 0,225 \text{ mA}$
 (7) $A_1 = 0,45 + 0,225 = 0,675 \text{ mA}$
 (7) a. $I_1 = 15 \text{ mA}$; $I_2 = 4,5 \text{ mA}$
 $I = 19,5 \text{ mA}$
 c. $\frac{1}{R_v} = \frac{1}{300} + \frac{1}{1000} \rightarrow R_v = \frac{3000}{13} \approx 230 \text{ }\Omega$
 d. $I = \frac{4,5}{230} = 19,5 \text{ mA}$
 (8) a. AB = 10 (binair)
 = 2 (decimaal) — op X moet 2V staan
 b.

$$R_v = 100\Omega$$

$$V_x = 2 \text{ V}$$

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

HOOFDSTUK 4: VAN TRANSISTOR TOT CHIP

Uitwerking lessenplan

lesnr	onderdeel
11	4.2/4.3/4.4 transistorschakeling
12	4.2/4.3/4.4 IC-schakeling
13	rapportage

Bedoeling

- ervaren, dat met de componenten uit hoofdstuk 3 elektronische schakelingen gemaakt kunnen worden, die allerlei functies vervullen (tijdmeten, onthouden, rekenen);
- inzicht krijgen in hoe met elektronische schakelingen een klok gemaakt kan worden, informatie opgeslagen kan worden en gerekend kan worden;
- kennismaken met de IC (chip);
- ervaren dat een IC hetzelfde kan als een gewone complexere transistorschakeling.

Leerlingactiviteiten

- schakelingen vergelijken met schakelschema's;
- de werking van schakelingen onderzoeken;
- de werking van transistorschakelingen bestuderen;
- rapporteren.

Didaktische aanwijzingen

Het doel van dit hoofdstuk is tweeledig:

- a. Laten zien dat met de componenten uit hoofdstuk 3 schakelingen gebouwd kunnen worden die allerlei dingen kunnen (doen);
 - b. De chip introduceren en laten zien dat de werking ervan inderdaad overeenkomt met die van een schakeling die uit transistoren, condensatoren en weerstanden bestaat. Dit betekent dat schakelingen bekeken worden, waarvan de precieze werking vrij moeilijk te begrijpen is. Dit is ook niet het doel van dit hoofdstuk en de uitleg van schakelingen is dan ook meestal als kadertekst opgenomen. De chip wordt ook als "black-box" behandeld.
- Dit hoofdstuk is dus meer gericht op kennismaken en vertrouwd raken met IC's en elektronische schakelingen, dan op begrip van de werking van schakelingen.

De 3 keuze-onderwerpen worden in subgroepen bestudeerd. Daarna volgt een rapportage. Hierbij gaat het weer niet om begrip van de precieze werking van de betreffende schakeling maar meer om

- een idee wat een elektronische schakeling voor functie kan hebben;
- een idee waar die functie nuttig voor is;
- vergelijking van de transistor- en IC-schakeling;
- overeenkomsten en verschillen tussen de schakelschema's;
- de functie van de transistor in de schakelingen.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

Ook dit hoofdstuk is "apparatuur-intensief". De klas werkt in 3 subgroepen. Om efficiënt met apparatuur om te gaan kunnen 2 groepen tegelijkertijd hetzelfde keuze-onderwerp bestuderen. De ene groep onderzoekt eerst de transistor-schakeling, de tweede groep eerst de IC-schakeling.

Is er toch materiaal te kort, dan kan dit hoofdstuk ook behandeld worden parallel aan hoofdstuk 5, dat zich beperkt tot lezen en opdrachten maken.

4.1: Deze korte paragraaf introduceert het IC en maakt duidelijk waarom de pins van een IC wel een vaste nummering hebben, maar deze in schakel-schema's niet (altijd) aangehouden wordt:

4.2: Leerlingen onderzoeken in 4.2 een klokschakeling in transistor- en in IC-uitvoering. Daarna kunnen ze deze schakelingen koppelen met die uit 4.3 tot een klok en teller. Hierbij kan dus samengewerkt worden tussen de groepen, die 4.2 en 4.3 bestuderen. Je kunt die koppeling op drie manieren realiseren: je kunt het na de rapportages zelf laten zien; je kunt aan het eind van de 2e klas laten koppelen; je kunt in de eerste les de transistorschakelingen laten koppelen en in de tweede les de IC-schakelingen.

proef 2: a) C kan 2x zo groot gemaakt worden door een even grote condensator parallel aan de eerste te schakelen.

b) Als eenschakeling gebruikt wordt, waarin R niet te vervangen is, kan R 2x zo klein gemaakt worden door een even grote weerstand parallel te plaatsen.

Deze proef heeft weer betrekking op de RC-tijd, die in 3.5 proef 5 al ter sprake kwam.

In de kadertekst is een vereenvoudigde uitleg gegeven van de werking van de astabiele multivibrator. Een volledige beschrijving is te vinden in bijlage D4. Indien aanwezig is het heel leerzaam met een geheugenskoop de spanning op verschillende punten te onderzoeken.

opdracht 7: Vergelijking van transistor- en IC-schakeling leert dat de IC-schakeling niet veel eenvoudiger is, omdat bij het IC uitwendig condensatoren en weerstanden geschakeld moeten worden. Bij de teller (4.3), de combinatie van klok en teller en de poorten (4.4) is het voordeel van een IC in dit opzicht veel duidelijker te zien.

opdracht 8: literatuur

- computeropbouw (TELEAC-cursus Micro-computer 1); zie bijlage

proef 9 + 10: Aanwijzingen hoe de schakelingen van klok en teller te koppelen zijn, zijn te vinden in de Apparatuurgids.

4.3: Leerlingen onderzoeken in 4.3 een geheugen schakeling (flip-flop) in transistor- en IC-uitvoering. Daarna kunnen ze deze schakelingen koppelen met die uit 4.2 tot een klok en teller. Hierbij kan dus samengewerkt worden tussen de groepen, die 4.2 en 4.3 bestuderen. (zie opm. bij 4.2)

proef 1: b) een pulsschakelaar kan bestaan uit een IC-schakeling, die "mooie" pulsen genereert (anti-dender-schakelaar) of een simpele schakeling. Aanwijzingen zijn te vinden in de Apparatuurgids.

proef 3: d) de pulsschakelaar is een IC-schakeling die mooie, stabiele pulsen genereert. Als de pulsingang verbonden wordt met 9V en vervolgens met 0V wordt wel een puls gegenereerd, maar de kans bestaat dat de flip-flop twee keer of onregelmatig "om-flipt" per puls. Het schakel-schema van de pulsschakelaar is te vinden in de Apparatuurgids.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

opdracht 7: literatuur

- De informatiemaatschappij (Natuur en Techniekjaargang 51, no 12) blz. 78 t/m 81; zie bijlage
- Halfgeleidergeheugens (J. Lohstroh in verslag Woudschoten konferentie 1983 Van Quark tot Tipvane blz. 55 e.v.)

4.4: proef 2: Een LED-schakelaar is een schakelaar die een ingang met 0V of 9V verbindt. Een LED geeft aan wanneer de ingang met 9V verbonden is. Een LED-uitlezers is een schakeling, waarin een LED aangeeft wanneer er 9V op de uitgang staat.

Bij de NAND en NOR-poort is de uitgang C verbonden met de collector. De spanning van C is hoog als de transistor niet geleidt en laag als deze wel geleidt. Dit principe is in hoofdstuk 3.2 proef 4 onderzocht.

opdracht 5: De opdracht a) vereist het kunnen combineren van waarheidstabellen. Dit kan moeilijkheden geven. Daarom is in bijlage D3 een werkblad bijgevoegd waar deze opdracht stapsgewijs benaderd wordt.

opdracht 10: literatuur

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

HOOFDSTUK 5: DE CHIP: OPBOUW EN PRODUCTIE

Uitwerking lessenplan

lesnr	onderdeel
14	open chip bekijken onder microscoop par. 5.1 vragen 1 en 2 maken studie/uitleg/videoband chipproductie hw: par. 5.2 vragen 3 en 4 maken
15	vragen bespreken naar keuze - chip ontwerp/par. 5.2 vragen 1 en 2 - commerciële kant/par. 5.3

Bedoeling

- door een korte introductie van chip-technieken enig inzicht opwekken in de huidige en toekomstige mogelijkheden van de elektronica dankzij verdere miniaturisatie en/of prijsdaling;
- toegankelijkheid van artikelen rond micro-elektronica te verbeteren door een globale introductie in het vakjargon.

Leerlingactiviteiten

- bestuderen en verwerken van tekst en klassikale uitleg;
- opengewerkte chip bekijken onder een microscoop
- een chip ontwerpen

Didaktische aanwijzingen

5.1: De vragen 1 en 2 moeten voordelen van chips vanuit productieoogpunt duidelijk maken: de factor *arbeid* wordt teruggedrongen en zowel de benodigde ruimte als de hoeveelheid grondstoffen nemen af. Vraag 1 delen c en d vragen daar specifiek naar. Vraag 2 doet dat ook omdat in de eerste chip deze voordelen (met name arbeid) nog niet zijn verwezenlijkt.

De vormgeving van componenten in het schijfje (zie de tekeningen) is niet iets om uit het hoofd te leren. Er bestaan ook vele afwijkende uitvoeringen van. Wel kun je diode en lagen-transistor opbouw er uit herkennen. Bovendien moet het beeld worden teruggeroepen als je de productie van chips bestudeert.

Antwoorden op de vragen:

1. Er zijn indertijd (1e versie Elektronica) een aantal opengewerkte chips verspreid. Van enkele van deze de antwoorden:

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

type chip	aantal componenten (b)	aantal (c) soldeerverbindingen	afmeting indien los (d)
SN 54LS145 (1962/63)	24 transistors 40 andere comp.	+ 160	5 x 6 cm
ROM/RAM 16 k.bit (1974)	30000 transistors 30000 andere comp.	+ 150000	100 x 300 cm
microprocessor (1980)	100000 trans. 50000 andere comp.	+ 400000	150 x 500 cm

VEILIGHEID: Wees voorzichtig met het openen (slijpen of zagen) van IC's , of transistors. Het slijpstof kan vervelende stoffen bevatten.

2. Het aanbrengen van draadverbindingen met de hand, door middel van solderen is zelfs op deze groffe chip een moeizaam, nauwkeurig werkje: men kan gemakkelijker en goedkoper twee losse componenten in een schakeling opnemen dan deze chip.

5.2: Na par. 5.1 is er vermoedelijk nog een deel van een lesuur over. Deze tijd zou je kunnen gebruiken om het chip-productieproces te introduceren. Dat kan door:

- bestuderen van de tekst na vraag 2 en maken vragen 3 en 4.
- het proces klassikaal nalopen waarbij elke stap bijv. per overhead-projector wordt geïllustreerd. Vervolgens lezen en vragen 3/4
- videoband vertonen. Vervolgens lezen en vragen 3 en 4 maken.

Korte beschrijving videoband chip-productie

Deze "Philips" productie is in het begin der zeventiger jaren gemaakt.

tijd	beschrijving
0	introductie
2 min.	vergelijken losse comp. met chip-schakelingen
5 min.	maken Si-staaf, schijven, polijsten en verdere productie proces tot en met gasdiffusie
8 min.	maken van een npn-transistor/idem diode, R en C
11 min.	ordenen tot ontwerp; maken van maskers
13 min.	herhaling productieproces
17 min.	testen, snijden etc. tot en met verpakken
21 min.	onderzoek
22 min.	toepassingen
26 min.	eind

De eerste vijf minuten zijn niet zo zinvol (zie hoofdstuk 4).

De laatste vijf minuten zijn te oppervlakkig.

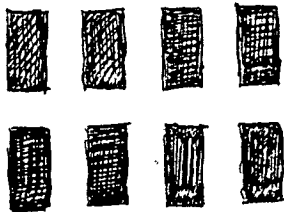
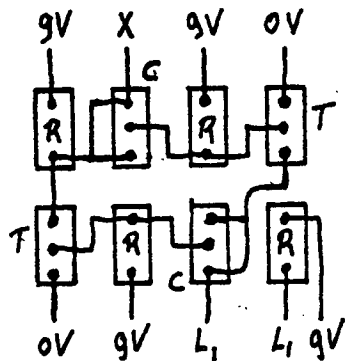
NB: nu ik de band weer eens bekijk (ik draaide hem 2 jaar geleden ook in de klas) blijkt dat ik veel gegevens uit de band in dit en volgende hoofdstukken heb verwerkt zonder dat ik me de herkomst bewust was. De link van zien naar gegevensopslag in mijn geheugen vind ik verrassend sterk.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

Na bestudering van het productieproces zou je kunnen kiezen uit chip-ontwerp (begin par. 5.2) of het commerciële aspect (par. 5.3). Ook kunnen leerlingen naar eigen voorkeur kiezen. Chip ontwerp is iets voor puzzelaars. Je kunt het nog uitbreiden door te vragen naar de eerste twee maskers voor het klok IC. Een condensator bestaat dan uit een npn-transistor waarvan de emitter en collector zijn kortgesloten! De commerciële kant is algemener en illustreert vooral de snelheid waarmee de micro-elektronica zich ontwikkelt.

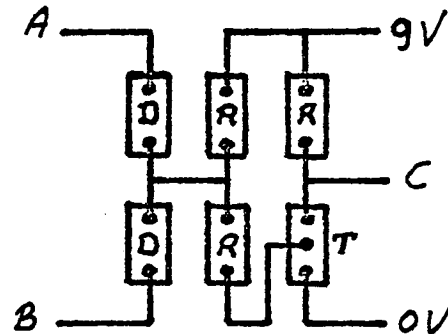
Antwoorden op vragen:

2.



eerste n-masker;
waar het masker zwart
is wordt de lak niet be-
licht en dus weggespoeld;
daar wordt het SiO_2
weggeëet en kan
gasdiffusie optreden.

1.



tweede p-masker.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

- 3a. Bij het, langs fotografische weg, maken van maskers en bij het belichten van de fotografische lak op de chip. Bij deze stappen kan zwevend stof een beschadigde afdruk opleveren. Ook bij de andere stappen is elke verontreiniging op het chip oppervlak ongewenst.
 - b. UV-licht heeft een kortere golflengte. Daarmee zijn kleinere afmetingen bereikbaar dan met zichtbaar licht.
 - 4a. Ionen, mits in gasvorm, kunnen door een spanning worden versneld en met behulp van elektrische en/of magnetische velden worden bestuurd. Met hoge energie kunnen ze het oppervlak van de chip bereiken en in het silicium binnendringen.
 - b. Er is nog slechts één masker nodig voor de aluminium verbindingen. Na het polijsten van de plak kan de implantatie starten. De gewenste n- en p-patronen moeten nu echter in computerprogramma's worden verwerkt die de ionen naar de gewenste plaatsen sturen en zo als het ware gebiedje na gebiedje op de plak tekenen. Vanaf opdampen der AL-laag moet het fotografisch proces weer worden gebruikt.
 - c. Voordelen:
 - het aantal stappen in de productie is veel kleiner
 - bij wijzigingen hoef je alleen het computerprogramma aan te passen (en het masker voor de Al-verbindingen).
 - details kunnen veel kleiner (1000 maal) worden dan met UV-straling
 - Nadelen:
 - je kunt maar één schijf tegelijk bombarderen en elke chip moet apart worden uitgetekend. Een dure, vermoedelijk tragere, techniek.
 - het afmetingen voordeel wordt gedeeltelijk te niet gedaan door het fotografische proces voor de verbindingen. Ook dat moet men verbeteren; een oplossing is mij nog niet bekend.
- 5.3: Deze paragraaf is bedoeld als lees- en zelfwerkdeel.
- Antwoorden bij de opgaven.
- 1a. Kleiner, lichter, lager energiegebruik en bedrijfszekerder dan triode buizen.
 - b. Een gehoorapparaat wordt continu gedragen en gebruikt. Als voedingsbron dienen zware en relatief dure batterijen. De hogere aanschafkosten van een transistor-versie wordt gecompenseerd door het gemak (lichter), het minder opvallen als dove (kleiner) en door de lagere uitgaven aan batterijen.
 - 2a. In 1965 kost een transistor + \$0,75 en een chip \$8,-. Een 2-bit geheugen kost met transistors + \$3,- en met chip \$8,-.
 - b. Het monteren van een chip op een printplaat kost minder tijd dan het monteren van vier transistoren en toebehoren (weerstanden enz.)
 3. In 1965 een 2-bit geheugenchip. Bij jaarlijkse verdubbeling moet een geheugenchip in 1984 (na 19 jaar) 2^{19} maal zoveel bits kunnen bergen. $2 \cdot 2^{19} = 2^{20} = 1048576$ bits. Dat is vrijwel 1 Megabit. Het gezegde lijkt aardig op te gaan.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

HOOFDSTUK 6: ELEKTRONISCHE SYSTEMEN

<i>Uitwerking lessenplan</i>	
lesnr.	onderdeel
16	eventueel videoband deel 2 "automatisering" kiezen van een der vijf onderdelen start groepswork
17	groepswork
18	uitwisseling waarbij ook vraag 2a van par. 7.1 kan worden betrokken hw: par. 7.1 bestuderen

Bedoeling

- introductie van (toekomstige) mogelijkheden van elektronische systemen op het gebied van communicatie, informatieverwerking en automatisering;
- Kennis verwerven over specifieke technieken als modulatie, digitaliseren, computergestuurd meten en regelen;

Leerlingactiviteiten

- studie in groepen;
- kleine onderzoekjes uitvoeren naar de werking van systemen;
- presenteren van de hoofdpunten uit het bestudeerde.

Didaktische aanwijzingen

6.1: Deze korte tekst als handreiking bij de keuze van een onderzoek kan worden aangevuld met (een deel van) de elektronica-videoband over automatisering. Naast automatisering en data-verwerking komt o.a. ook communicatie via glasvezelkabels kort aan de orde. Bovendien worden deze ontwikkelingen in maatschappelijk perspectief gezet zodat er een natuurlijke aansluiting van hoofdstuk 6 naar hoofdstuk 7 ontstaat.

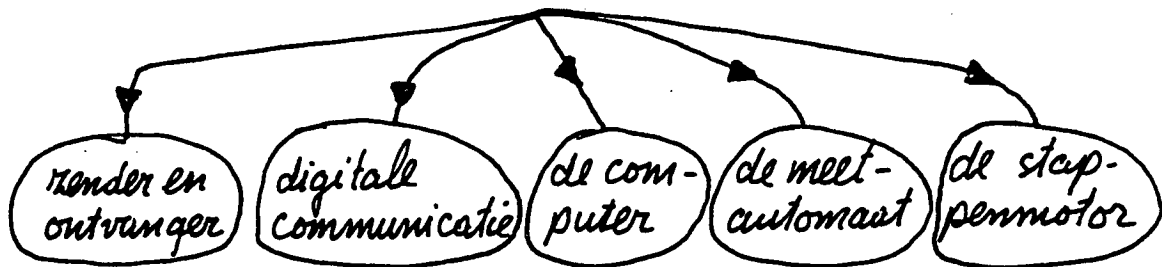
Korte beschrijving videoband automatisering.

De band is in zwart/wit. De sprekers slissen. De overgangen tussen opvolgende delen zijn technisch slecht uitgevoerd.

tijd	beschrijving
0	lasrobots bij Saab. Spreker noemt de achtereenvolgende technische revoluties ten gevolge van wiel, stoommachine en computer.
2	buizen → transistor → IC → voortschrijdende miniaturisatie
4	chip productie (kort)
6	micro-processor → computer voor kleine zakenman → mini-interview.
9	prestel (engelse viditel) → hogere capaciteit gewenst → glasvezel.
11	automatisch akker ploegen
12	miniaturisatie geheugens: archief — nieuwste chips, de laatste

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

- even compact als het menselijk brein → kan hersenfuncties overnemen, bijv. bij doven.
- 17 digitaal horloge en rekenmachine → faillissementen in Zwitserland
- 18 automaat goedkoper dan arbeiders (zelfs 3e wereld arbeiders) automatisch spuiten (Fiat fabriek)
- 19 politiek: levert meer winst wel meer werk?
- 20 automatisering winkel annex magazijn beheer automatisering banken en administratie
- 24 medisch expert systeem
- 26 eind
- De eerste 6 of 9 minuten van deze band kunnen vervallen. Op het origineel volgt "automatisering" direkt op "chip-productie".



Examenprogramma: enkele onderdelen van dit keuze hoofdstuk worden genoemd in het experimentele PLON-examenprogramma. Dit is een erfenis uit de eerste versie. De onderwerpen zijn: amplitude-modulatie en analoog-digitaal conversie. Zend- en ontvangstechnieken zijn ook al aan de orde gekomen in hoofdstuk 2 en bij de werking van de diode in hoofdstuk 3. Aanvulling met een demonstratie van de zender en het op oscilloscoop vertonen van draaggolf, geluidssignaal en gemoduleerd signaal lijkt ons voldoende voorbereiding op een eventuele vraag.

AD-conversie is nog niet zo duidelijk genoemd. Wel is uitvoerig gewerkt met discrete signalen. Ook hier lijkt verslaggeving door twee groepen, digitale communicatie en de meetautomaat voldoende informatie aan te kunnen dragen.

Uitwisseling is derhalve noodzakelijk en waar nodig zal de leraar het fysisch aspect van AM en ADC nog wat toe moeten lichten.

- 6.2: Het experimentele gedeelte in deze paragraaf is vrij kort. De leerlingen moeten het blokschema in de werkelijke opstelling goed terug kunnen vinden. Het uitgezonden signaal is goed op te vangen met een AM-radio na wat experimenteren met een antenne. Een draad van één of twee meter aan de zenderuitgang, mits recht gehouden, is voldoende.
- Tips ter toevoeging: Bij vraag 1d zou je de ontvanger aan kunnen laten. Zoek dan de verhouding van draaggolf-amplitude en signaal-amplitude waarbij de ontvangst zo zuiver mogelijk is.
- Ook aan de blokken van een radio-ontvanger kan met een oscilloscoop worden gemeten. Wie heeft een toegankelijke ontvanger (evt. zelfbouw radio van leerling)?
- Antwoorden op vragen:
- 2a. lange golf van $\lambda = 1000$ m tot $\lambda = 2500$ m
 van $f = 300$ kHz tot $f = 120$ kHz; $f = 180$ kHz
 → aantal zenders is $180:5=36$

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

2b. korte golf van $\lambda = 14 \text{ m}$ tot $\lambda = 140 \text{ m}$
 van $f = 21,4 \text{ MHz}$ tot $f = 2,14 \text{ MHz}$; $\Delta f \approx 19 \text{ MHz}$

→ aantal zenders is $19000:5=3800$

FM van $f = 79,4 \text{ MHz}$ tot $f = 112,2 \text{ MHz}$; $\Delta f \approx 33 \text{ MHz}$

→ aantal zenders is $33000:16=2000$

2c. omdat zowel beeld als geluid in het signaal moet worden verwerkt.
 (Hoe dat gebeurt weet ik ook niet; met ultrasonoor beeldsignaal bij op de draaggolf die ook het geluid overbrengt of met een combinatie van twee of meer draaggolven in een vast patroon, waarvan een voor geluid en de andere voor beeld?).

6.3: Op het moment van schrijven leveren de proeven in deze paragraaf en in 6.5 nog een afstemprobleem op. De ADC-DAC combinatie uit activiteit 1 wordt ook gebruikt in par. 6.5 activiteit 1. Aangezien de werkvolgorde in beide onderzoeken kan variëren zal dat geen probleem zijn als je beide groepen hierop wijst.

Voor scholen met een Commodore C64 computer probeert de complon-werkgroep een programma te maken waardoor alle activiteiten in par. 6.5 met de meet ADC kunnen worden gedaan.

Antwoorden op vragen:

2a. $8000 \times 8 \text{ bits} = 64000 \text{ bits}$ heen en 64000 bits terug; (hierbij is afgezien van controle en scheidingssignalen die de diverse gesprekken identificeren etc.).

b. $10^8 : 128000 = 780$ gesprekken door koperkabel

$6 \cdot 10^8 : 12800 = 4680$ gesprekken door glasvezel

c. Voor stereo-muziek geldt:

frekwentiegebied van 30 Hz tot 20000 Hz

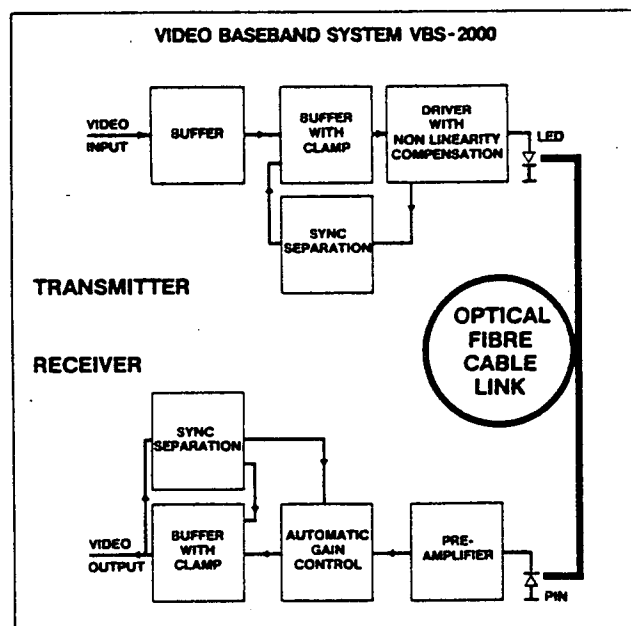
meetfrekwentie 40 kHz

elke meting levert 14 bits

per luidspreker moeten $14 \times 40 \text{ k} = 560 \text{ k bits}$ worden verstuurd per seconde.

totaal links en rechts $1,12 \text{ Mbits/s}$

tegelijkertijd kunnen dan $6 \cdot 10^8 : 1,12 \cdot 10^6 = \text{ruim } 400$ stereo hifi muziek uitzendingen door één glasvezel worden verstuurd.



OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

6.4: Ondanks de titel is voor dit onderzoek een computer niet beslist noodzakelijk.

Het voorwoord wordt op cassette (voor een gewone cassette-recorder) geleverd. Je kunt, als je een C64 hebt, ook zelf de computer laten spreken. "Welcome five bee. Sit down and shut up." Daarvoor zijn de programma's "SPRAAK" en "SAY IT" bij complon voorhanden. Het Engels komt er beter uit dan Nederlands.

Voor activiteit 2 moet je een kort programma gebruiken dat op het scherm past, anders is het lezen door de leerling erg moeilijk. In bijlage D5 staan een programma en de bijbehorende laadtijd afgedrukt. In bijlage D7 staan leerlinginstructies voor het zelfstandig werken met de Commodore aan de activiteiten uit dit thema.

Antwoorden op vragen:

- 3a. De computer was niet uitnodigend en moeilijk toegankelijk. De gebruiker moest zich goed inwerken en geen haast hebben. De computer deed alleen werk dat echt niet anders zinvol kon worden uitgevoerd. Rond iedere computer werkten, behalve enkele ponstypistes, ook bedieningspersoneel. Programma's en resultaten werden op schrift van gebruiker naar computer en terug gebracht. De computer verving geen arbeidskrachten maar opende juist een paar arbeidsplaatsen.
- b. Computers waren zeer kostbaar in aanschaf en onderhoud. Alleen door de computertijd zeer efficiënt te gebruiken en zoveel mogelijk opdrachten voor vele gebruikers te laten uitvoeren werd de kostprijs acceptabel (tien tot honderd gulden per seconde).
- 4a. Onverpakt vers vlees, groente, fruit, brood enz. Kleine, los verkochte artikelen als kauwgomballen, balpoints enz.
Remedie: biedt alleen verpakte producten, van voldoende omvang om verpakken en coderen rendabel te maken, aan.
- b. Door een beschadigde code, een foute code (vooral verse artikelen vragen een flexibele codering; twee bloemkolen zijn nu eenmaal nooit gelijk; ter plaatse coderen kan fout gaan omdat de mens de code zo moeilijk kan lezen) of door de lichtpen in de foute richting te bewegen kan de afrekening niet kloppen. Door dezelfde redenen én door winkeldiefstal, ongevallen en breuk raakt de voorraad administratie in de war.
- c. De code zelf bevat een aantal beveiligingsstrepen waardoor de automatische kassa op TILT gaat (overdoen of met de hand intoetsen).
Opmerking: de klant zou wel eens een veel kleinere keuzevrijheid kunnen krijgen (wat niet rendabel is verdwijnt en ook vlees- en groente zijn alleen in standaardhoeveelheden voorhanden).
Verpakken is verspillen en vergroot de afvalberg.

6.5: Ook deze paragraaf kan zonder computer worden bestudeerd. Voor activiteit 2 moet dan bijlage D6 worden geraadpleegd.

Antwoorden op vragen:

1c. een spanningsverandering van 19 mV wordt niet opgemerkt. (5,0:256)

3. Benodigde sensoren:

- versnellingsmeter die pas een blaasopdracht geeft bij een vertraging van ongeveer 10 m/s^2 . Lagere vertragingen zijn ook bij hard remmen bereikbaar.
- een "vormingscontact" direct achter de kreukzone. Klappen die door de kreukzone opgevangen worden zullen niet zo ernstig zijn dat een driepunts gordel te kort schiet.
- GEEN snelheidssignaal (zak werkt pas als autosnelheid voor botsen tenminste m/s is) want dan ben je verkocht als een vrachtwagen tegen jouw stilstaande auto oprijdt.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

- Extra eis: de zak moet direct na de botsing weer snel leeglopen om stikken te voorkomen en vluchten (bij brand of auto te water) mogelijk te maken.

6.6: Alleen voor de activiteiten 3 en 4 is een (C64) computer nodig.
Zie bijlage D7 voor leerlinginstructies computergebruik.

Antwoorden op de vragen:

1b. $7,5^\circ$ per stap voor de Philips 9904112 32001

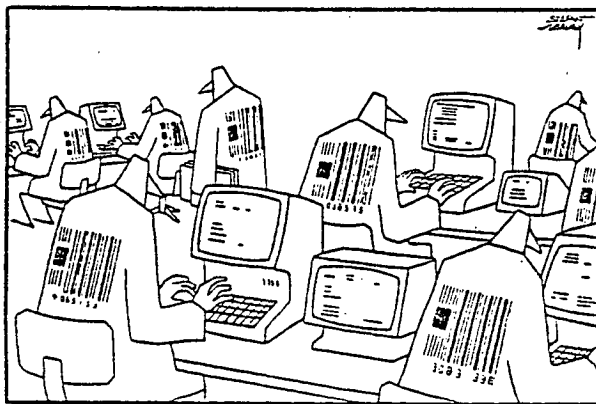
2a. toerentalmeting met stroboscooplamp om achterblijven bij de puls-frekwentie waar te nemen

3b. ongeveer 20 stappen per seconde ($\ll 350$)

4. In het bijbehorende programma hoopt complon twee mogelijkheden op te nemen. Het eerste deel, nog in basic, levert ongeveer 50 stappen/s. Het tweede deel, in machinetaal levert meer dan 1000 pulsen per seconde. Dat is te snel voor de motor en uit onderzoek moet blijken wat de motor dan doet.

Hulpmiddelen voor de leerlingen daarbij:

- een touwtje dat op de as windt om achteraf te tellen hoeveel omwentelingen de motor heeft gemaakt (dat zouden er $(1500 \times 7,5^\circ) : 360^\circ =$ ruim 31 moeten zijn als de motor elke puls met een stap beantwoordt)
- een oscilloscoop om de puls-frekwentie te meten die door de computer wordt geleverd. De oscilloscoop moet met aarde en met de puls-ingang van de stappenmotor stuurschakeling worden verbonden.



OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

HOOFDSTUK 7: DE ELEKTRONISCHE REVOLUTIE

<i>Uitwerking lessenplan</i>	
lesnr.	onderdeel
19	kort bespreken van de vragen van par. 7.1 studie par. 7.2 groeps- of klassikale discussie rond de drie activiteiten

Bedoeling

- in zeer kort bestek een aantal mogelijke maatschappelijke aspecten van de ontwikkeling der elektronica doorstormen;
- de ogen openen voor voor- en nadelen van deze ontwikkeling in de hoop dat een gewaarschuwd mens inderdaad voor twee telt;
- mensen mondiger maken.

Leerlingactiviteiten

- bestuderen;
- bediscussiëren.

Didaktische aanwijzingen.

In feite is de tijd wel heel erg kort. Daar staat tegenover dat het onderwerp niet nieuw is en regelmatig in de media opduikt. Ook kan in een vak als maatschappijleer deze materie al ter sprake zijn gekomen. In deze les zou je je kunnen concentreren op specifieke natuurkundige en minder bekende aspecten. De kwetsbaarheid van de samenleving (aktiviteit 2 van par. 7.2) is daar een voorbeeld van.

Methoden om deze maatschappelijke poot meer diepgang te geven zijn bijv:

- het bestuderen van par. 7.2 parallel aan de onderzoeken uit hoofdstuk 6 laten doen;
- hoofdstuk 2 en hoofdstuk 7 samen met andere literatuur onder de aandacht van de docenten maatschappijleer en/of geestelijke vorming brengen (zie literatuur lijst en bijlage I2).

Antwoorden op de vragen

- 7.1: 1a. Bij het groeien van het telefoonnetwerk groeiden ook de telefooncentrales. De uitvoering met relais kreeg steeds grotere afmetingen. De kans op storingen werd groter. De buizenelektronica verminderde de storingskans iets maar ruimtebeslag en energieverbruik bleven hoog. Een alternatief schakelmiddel was hard nodig om aan de vraag naar meer en meer communicatiekanalen te voldoen. Ook de lengte van de lijnen en het aantal signaalversterkers dat daaraan moest worden gekoppeld nam toe. Ook daar waren buizen groot, kwetsbaar en energievreters. Tenslotte was het noodzakelijk technieken voor meervoudig kabelgebruik te ontwikkelen (AM of FM) waarvoor ook steeds meer elektronica te hulp werd geroepen.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK

1b. zie par. 5.3 vraag 1b.

2a. AM radio is een gevolg van technisch-wetenschappelijke ontwikkeling waarvan met name het militair belang zeer snel werd ingezien.

FM-vraag naar kwalitatief betere radio-communicatie, vooral voor muziek (hifi/stereo).

Digitale communicatie - gepushed door industrie en door de technische ontwikkeling van digitale elektronica / vraag naar meer en meer communicatie capaciteit van hoge kwaliteit.

Computer - in de tweede wereldoorlog vooral ontwikkeld om militaire problemen op te lossen (ENIAC).

Micro- of huiscomputer - nu we zijn voorbereid met computerspelletjes probeert de industrie de huiscomputer te promoten: "wie jong is doet het per computer!"

Uniforme artikelcode - vraag van ondernemers naar automatisering ter vervanging van (duur) personeel.

Meetautomaat } - technieken die noodzakelijk, resp. zinvol zijn voor het
Stappenmotor } maken van robots/meet- en regelautomaten. Door de technische ontwikkeling is een elektronische automaat kleiner en goedkoper dan een mechanisch/elektrisch systeem geworden. Er is altijd vraag naar betere en goedkopere oplossingen of je nu kijkt naar het regelsysteem van een CV of naar de vervanging van arbeiders door robots.

2b. Misschien denken wij over het zakrekenapparaat (beslist onnodig want wij hadden onze rekenlat) wel anders dan onze leerlingen (die kun je niet missen, geen dag).

7.2: Antwoorden op vragen:

2a. denk ook aan CV en wijkverwarming die vermoedelijk uitvallen; telefoon; radio- en TV-zenders (aan de draagbare heb je dan ook niet veel).

2b. meer problemen overdag onder andere door: bedrijven die stilvallen; spoorbomen die overal sluiten; licht uit in volle winkels, metro, bioscopen enz, met kans op paniek.

2c. kunstmatig in stand gehouden vitale processen bij ernstig zieken en tijdens operaties, vallen uit; de controle-apparatuur in intensive care afdelingen valt uit juist op een moment van grote schrik en consternatie; de verwarming van de couveuses valt uit enz.

BIJLAGE D1

SAMENVATTING VAN HET THEMA

De themavragen zijn:

- Hoe worden een aantal functies gerealiseerd op het gebied van communicatie, informatie-verwerking en automatisering?
- Hoe beïnvloeden wetenschap, techniek en samenleving elkaar bij de ontwikkeling van elektronica?
- Welke effecten kan de ontwikkeling van elektronica hebben in de toekomst?

Voor het beantwoorden van de laatste twee vragen is inzicht in de natuurkundige en technische kanten van de elektronica nodig en een globaal overzicht van de ontwikkelingen in het recente verleden.

COMPONENTEN.

Weerstanden bestaan uit een dun laagje metaal of koolstof als geleider rond een isolerende kern. In geïntegreerde schakelingen (IC's) bestaat een weerstand uit een afgeschermd stripje halfgeleider-materiaal. De weerstandswaarde R van zo'n weerstand is gedefinieerd als:

$$R = \frac{V}{I}$$

De eenheid van weerstand is V/A (volt per ampère), afgekort *Ohm* (schrijf: Ω). Als de temperatuur niet verandert is ook de weerstandswaarde R van metaal- en koolstofweerstand constant. In dat geval geldt de *wet van Ohm*: de spanning over de weerstand is evenredig met de stroomsterkte.

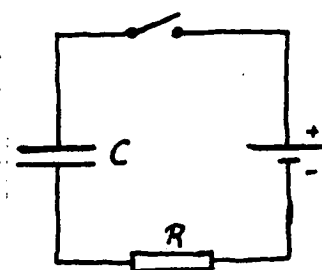
Een *condensator* is in principe opgebouwd uit twee metalen oppervlakken (platen of opgerolde stroken) gescheiden door een isolerende laag. Met behulp van een spanningsbron kun je in een condensator een hoeveelheid elektrische lading Q opslaan. De ene plaat wordt positief omdat vandaar elektronen naar de +pool stromen en de andere wordt negatief door aanvoer van elektronen uit de -pool.

De lading Q op de platen is evenredig met de spanning V over de platen.

$$\frac{Q}{V} = \text{constante.}$$

Deze constante is kenmerkend voor de gebruikte condensator. We noemen dat de *capaciteit* C van de condensator met als eenheid C/V (coulomb per volt), afgekort *farad* (symbool: F).

De hierna volgende componenten zijn opgebouwd uit *halfgeleider materiaal*, zoals silicium en germanium. In vergelijking met metalen is de weerstand van halfgeleiders groter. Als ladingdragers fungeren vrije negatieve elektronen (als in metalen) maar ook positieve *gaten*. De vorming van een vrij elektron en een gat wordt *generatie* genoemd. Het gat kan bezet worden door een elektron uit de directe omgeving, maar daarbij verplaatst het gat zich. Als een gat wordt opgevuld door een vrij elektron verdwijnen twee ladingsdragers; dit proces heet *recombinatie*. Als er een spanning over de halfgeleider wordt aangelegd bewegen de vrije elektronen van - naar + en de gaten van + naar -.



RC is maat voor de oplaadtijd van de condensator.

BIJLAGE D1

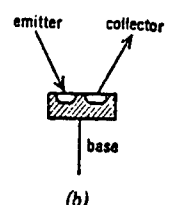
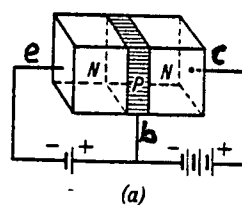
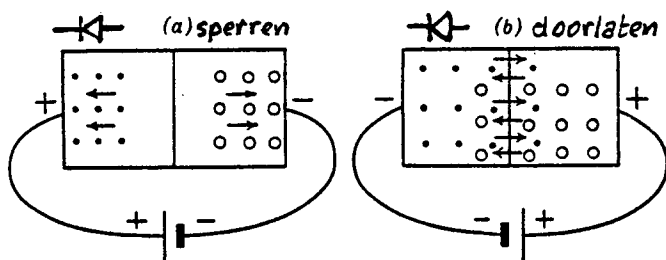
NTC-weerstand. Als de temperatuur van halfgeleiders stijgt worden steeds meer ladingdragers gegenereerd. Bij stijgende temperatuur T neemt de weerstandswaarde R af. Aangezien dit precies het tegengestelde is van T - R verband voor metalen of koolstof noemt men het een NTC-weerstand (afkorting van Negative Temperature Coefficient).

LDR (afkorting van Light Dependent Resistor). Een foton met voldoende energie kan in halfgeleiders een vrij elektron en een gat genereren. Bij toenemende lichtinval neemt de weerstandswaarde af.

Door toevoeging van drie-waardige atomen, zoals gallium ontstaat een overschot aan gaten in het halfgeleider materiaal. Dit *p-type halfgeleider* kent voornamelijk positieve ladingdragers. Toevoeging van vijf-waardige atomen, zoals arsenicum, levert een overschot aan vrije elektronen. Men spreekt over *n-type halfgeleider* omdat deze ladingdragers negatief zijn.

Een *diode* bevat een overgang van p-type naar n-type halfgeleider. De diode spert (= laat geen stroom door) bij een spanning die de ladingdragers bij de p-n overgang wegtrekt. De diode geleidt als de aangelegde spanning de ladingdragers naar de overgang stuwt waar ze voortdurend recombineren.

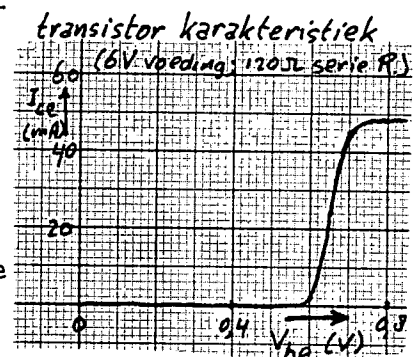
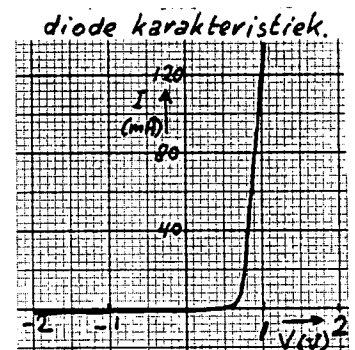
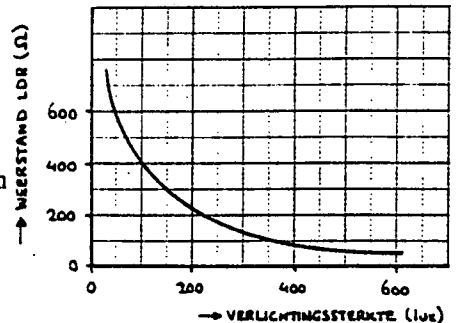
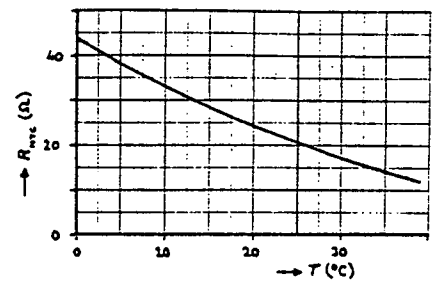
Een **LED** (afkorting van Light Emitting Diode) zendt licht uit als hij stroom doorlaat.



a = lagentransistor
b = puntcontact transistor

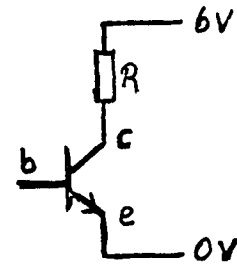
Van de *transistor* bestaan diverse types, allen met vergelijkbare karakteristieken. Een transistor heeft drie aansluitingen, resp. de emitter, de basis en de collector. Door variëren van de basis-emitterspanning wordt doorlaatbaarheid van emitter naar collector beïnvloed. Een kleine verhoging van V_{be} veroorzaakt een toename van I_{ce} , een toename van de spanning over de serieweerstand in de collector-emitter stroomkring en een afname van V_{ce} . De transistor is te gebruiken als schakelaar (V_{be} schakelt I_{ce} aan en uit) of als versterker (variatie V_{be} geeft een ongeveer honderdvoudige variatie van V_{ce}).

Een voorbeeld is de npn-lagentransistor waarin twee delen n-type worden gescheiden door een dun laagje p-type. Van de negatieve emitter naar de positieve



BIJLAGE D1

collector gaande passeren we de eerste np-overgang in doorlaatrichting; de daarop volgende pn-overgang spert ladingtransport richting collector. Als echter V_{be} groot genoeg is ($\geq 0,7$ V) zal een deel van de aankomende vrije elektronen recombineren met een opzettelijk klein gehouden aantal gaten in het p-laagje, terwijl de resterende elektronen voldoende energie hebben om het p-laagje te doorboren en verder te gaan naar de positieve collector.



SCHAKELINGEN

Twee weerstanden in serie vormen een *spanningsdeler*.

$$V_{AB} : V_{BC} = R_1 : R_2 \text{ en}$$

$$V_{AB} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V_{AC}$$

Als A en C worden verbonden met een gelijkspanning

(bijv. 9 V) dan kan door

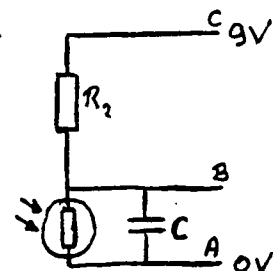
variatie van R_1 en/of R_2 V_{AB} elke waarde krijgen tussen 0 V en die gelijkspanning.

Als B wordt gekoppeld aan de basis en A aan de emitter van een transistor wordt V_{be} en dus I_{ce} afhankelijk van de weerstandwaarden R_1 en R_2 . (NB: hierdoor krijgt R_1 een parallelweerstand R_{be} . Als R_{be} veel groter is dan R_1 , kun je het effect van de transistor op de spanningsverdeling verwaarlozen).

Lichtschakelaar: vervang R_1 door een LDR. Bij afnemende lichtintensiteit neemt de weerstand tussen A en B toe. Hierdoor zal V_{AB} stijgen. Als de basisspanning boven 0,7 V komt zal de collector-emitterstroom groot worden. Een lamp (of een LED) in serie met de transistor zal gaan branden.

Brandalarm: vervang R_2 door een NTC-weerstand. Bij toenemende temperatuur daalt de weerstand tussen B en C. De basisspanning stijgt. Als deze boven 0,7 V komt is ook de collector-emitter stroom groot waardoor een lampje in de c-e stroomkring kan gaan branden.

Vertraging: door in de lichtschakelaar een condensator op te nemen parallel met de LDR wordt het schakelen vertraagd. Bij plotselinge verduistering van de LDR neemt de weerstand tussen A en B stapsgewijs toe. De spanning kan niet zo snel stijgen omdat de lading op de condensator moet toenemen en dat kost enige tijd. In dat geval reageert de transistor (en dus de verlichting) niet op een kortdurende verduistering van de LDR.



C, R_2 is maat voor de traagheid.

Gelijkrichter: Door een weerstand die wordt gevoed met een wisselspanning loopt de stroom afwisselend heen en weer. Als je een diode in serie met de weerstand zet kan de stroom nog maar één kant op. De spanning over de weerstand is dan 0 of positief. Met een

BIJLAGE D1

condensator parallel aan de weerstand worden de spanningsveranderingen vertraagd. De pulsspanning over de weerstand wordt veel meer afgevlakt.

COMMUNICATIE

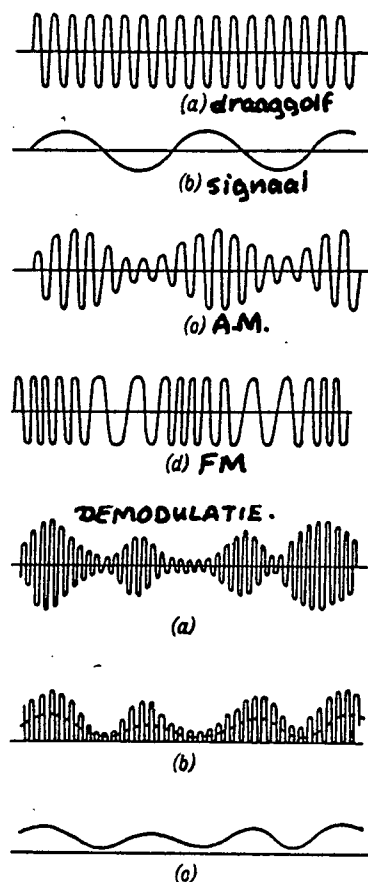
Per *telegraaf* worden korte en langere stroomstootjes door draden gestuurd. Volgens de code van Morse wordt elke letter door een combinatie van strepen en stippen voorgesteld. Afwisselend wel en geen stroom is een voorbeeld van een *digitaal* signaal.

In de *telefoon* variëren spanning en stroom vloeiend in de tijd. De koalmicrofoon zorgt voor een vloeiende variatie van de weerstand in de stroomkring tegelijk met de drukvariaties van het geluid. Dit is een voorbeeld van een *analoog* signaal. Beide soorten signalen kunnen ook per *radio* worden verzonden van zender naar ontvanger, in de vorm van *elektro-magnetische* golven. De frequentie moet dan minstens 30 kHz zijn. De zender bestaat uit een sinus-generator die een hoogfrequent draaggolf opwekt, een modulator waar aan de draaggolf de informatie (geluid of digitaal signaal) wordt toegevoegd hetzij door modulatie van de draaggolf-amplitude (AM), hetzij door modulatie van de frequentie (FM). Tenslotte vind je in de zender een versterker en een antenne. De ontvangst antenne registreert vele elektromagnetische golven. Een afstemkring (bijv. spoel en variabele condensator) resoneert met één draaggolf-frequentie. In een AM-radio gaat demodulatie als volgt: met een diode wordt de hoogfrequent wisselspanning gelijk gericht waarna een condensator de draaggolf-frequentie afvlakt waardoor alleen de amplitude variaties, dus de verzonden informatie, overblijft.

Digitale communicatie is in vernieuwde vorm in opmars. Voor het overbrengen van stemgeluid (telefoon) wordt 8000 keer per seconde de spanning van het analoge signaal gemeten. Een *analoog-digitaal converter* (ADC) zet de gemeten spanning om in een acht-bits binair getal (van 00000000 tot 11111111 zijn er 256 mogelijkheden). Deze acht bits worden na elkaar in hoog tempo verstuurd in de vorm van AM of FM signalen of als spanningspulsen door kabels of als lichtflitsen door glasvezels. De ontvanger zet de bits weer om in spanningen. Uit 8000 spanningen per seconde komt het stemgeluid weer duidelijk naar voren. Voor muziek en voor TV moeten veel meer bits per seconde worden doorgegeven, maar dat kan. De capaciteit van glasvezels is (in 1984) maximaal $6 \cdot 10^8$ bits per seconde, het zesvoudige van de koperkabelcapaciteit.

De ontwikkeling van telegraaf naar telefoon, AM, FM en digitaal wordt gekenmerkt door:

- steeds verder uitgebreide elektronische systemen;
- steeds grotere en snellere communicatie mogelijkheden;



BIJLAGE D1

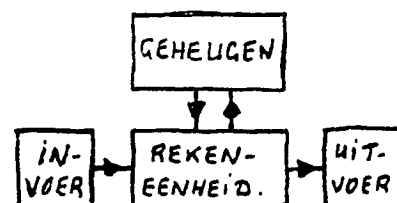
- steeds minder storinggevoelige overbrenging van informatie.

Deze ontwikkeling is alleen mogelijk door de vooruitgang van de elektronica die valt te beschrijven met de woorden kleiner, zuiniger met energie, robuuster, betrouwbaarder en (dankzij massafabrikage) goedkoper.

INFORMATIE VERWERKING

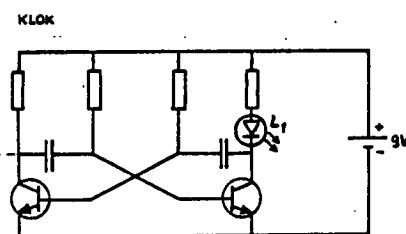
Een *computer* kan informatie verwerken, bijv. de boekhouding van een bedrijf bijhouden. De computer is daartoe opgebouwd uit vier blokken:

- door *invoerkanalen* wordt informatie in de computer gebracht;
- de *rekeneenheid* bepaalt, aan de hand van het computerprogramma, wat er met die informatie moet gebeuren;
- in het *geheugen* wordt allerlei informatie en het computerprogramma opgeslagen en te zijner tijd teruggeroepen;
- door *uitvoerkanalen* wordt de gebruiker geïnformeerd.

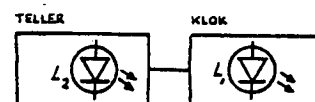
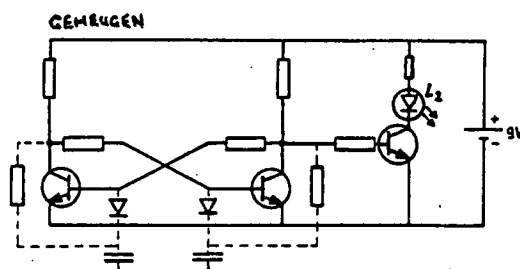


Enkele schakelingen die in computers worden gebruikt kunnen ook apart worden onderzocht en toegepast. Voorbeelden volgen hierna.

De *klok* of astabiele multivibrator bevat twee transistors die elkaars werking beïnvloeden. Om beurten, wisselend in een vast tempo, laten zij wel en geen emitter-collector stroom door. Op een draad D die van de collector van één van de transistors komt ontstaat een blokspanning (hoog-laag-hoog-laag). Een LED in de e-c-kring van die transistor gaat afwisselend uit-aan-uit-aan.



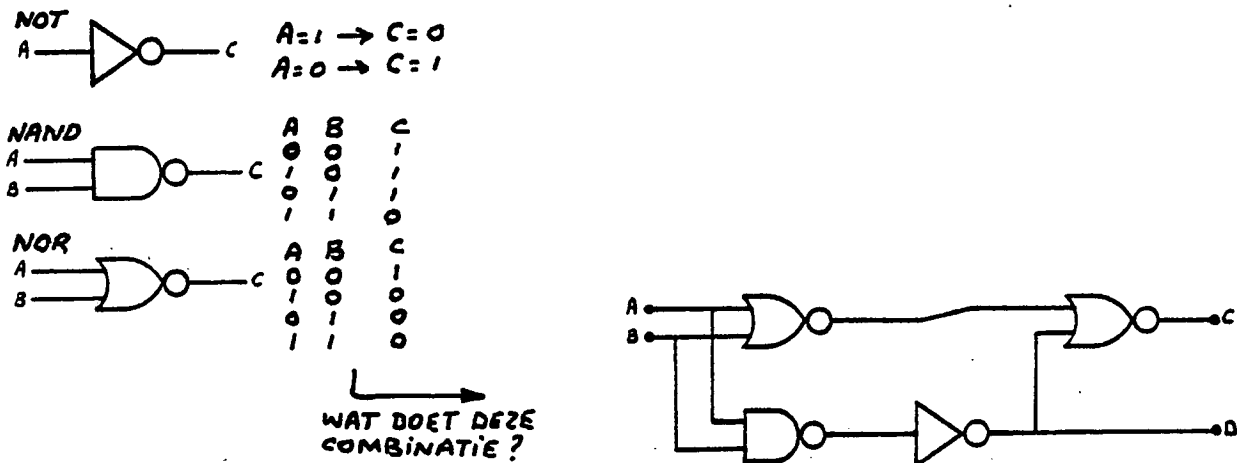
Een *geheugen* of bistabiele multivibrator bevat ook twee transistors waarvan er één doorlaat. Dit geheugen kent twee toestanden: transistor A laat door en emitter spanning van A is laag of transistor A spert en de emitterspanning van A is hoog. Het geheugen schakelt van de ene toestand in de andere als een puls binnenkomt via pulsingang P. Let op: als D van de klok met P van het geheugen wordt verbonden zal op A een blokspanning ontstaan met de helft van de frequentie van de blokspanning op D. Elk extra geheugen betekent opnieuw halvering der frequentie. Een klok met drie geheugens vormt een vierbits binaire *teller*, die telt van 0000 tot 1111 ofwel van 0 tot 15.



puls	L ₂	L ₁	getal
1	0	1	1
	1	0	2
2	1	1	3
	0	0	4 = 0
3	0	1	1
	1	0	2

Een *poort* levert een uitgangsspanning (hoog = 1 of laag = 0) die afhangt van de spanningen op zijn ingangen. Een waarheidstabel geeft het verband weer.

BIJLAGE D1



Met combinaties van poorten kunnen rekenfuncties worden uitgevoerd op binaire getallen.

AUTOMATISERING

Een automaat voert een taak uit die anders door mensen gedaan zou moeten worden. Eenvoudige voorbeelden van automaten zijn het brandalarm en de lichtschakelaar. Informatieverwerking is in veel gevallen ook een vorm van automatisering. Een computer kan boekhouders, magazijnbeheerders, bankemployeés en secretarissen een groot deel van het werk uit handen nemen.

Belangrijke categorieën zijn nog de *meet- en regelautomaten* die processen beheersen en de *productie robots* die veel werk in de industrie overnemen. Ook bij deze automaten zijn de functies invoer, verwerking en uitvoer te onderkennen.

De *verwerking* kan zijn vastgelegd in een schakeling (denk aan het brandalarm) of worden uitgevoerd door een computer aan de hand van een programma. Een schakeling werkt met analoge in- en uitvoersignalen terwijl een computer digitaal werkt.

Sensoren nemen het bestuurd proces waar. Voorbeelden van sensoren zijn bijv. LDR, NTC-weerstand, kracht, versnellings- en plaatsopnemers. Zij leveren een spanning, een analoog signaal, die vloeiend varieert met de gemeten grootte. Indien nodig zet een *analoog-digitaal-converter* dit signaal om in een stapsgewijs variërend digitaal signaal.

De uitvoer kan een "aan-uit" signaal naar lampen, toeters, kleppen of relais zijn. Een *stappenmotor* sluit heel goed aan bij een computer omdat hij reageert op pulsen. Per puls verdraait de motor één stap waardoor zowel de snelheid als de totale verdraaiing nauwkeurig te sturen is.

CHIP PRODUCTIE

Het zoeken naar massafabrikage methoden voor transistoren en naar arbeidsbesparende technieken bij het produceren van elektronische apparatuur leidde tot geïntegreerde schakelingen (IC's of chips). In een dun schijfje silicium kunnen door *gasdiffusie* p- en n-gebiedjes worden gemaakt. Een langs fotografische weg gemaakt *siliciumoxide patroon* zorgt ervoor dat diffusie alleen op de gewenste plaatsen optreedt. De vele componenten in een silicium schijfje worden verbonden door een eerst opgedampt en later gedeeltelijk weggeëtste laag aluminium.

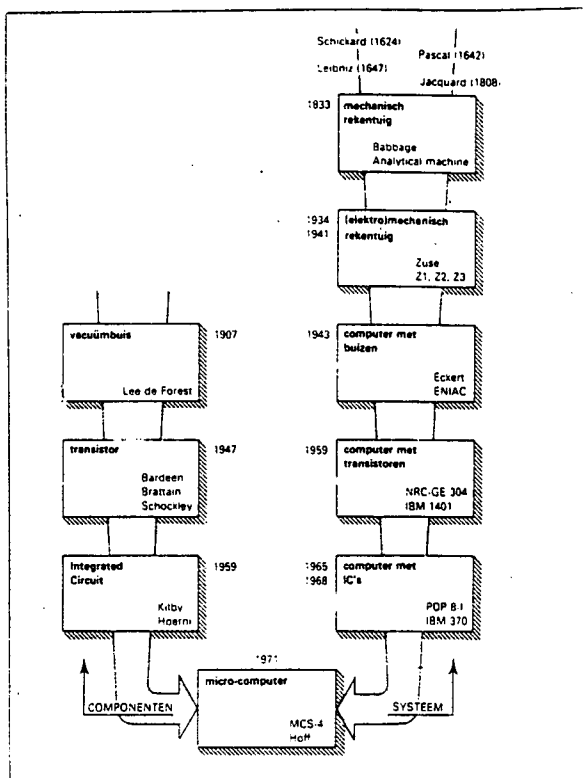
BIJLAGE D1

De voordelen van chips boven schakelingen uit losse componenten zijn:

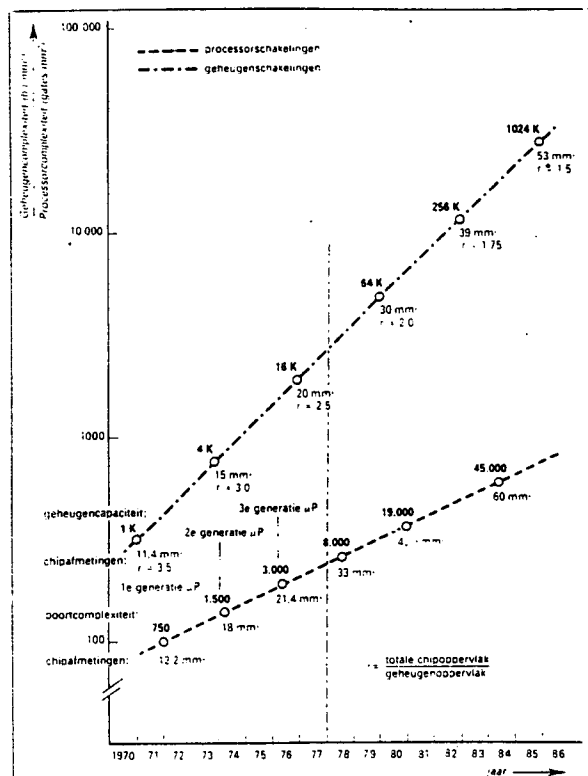
- een chip is kleiner, lichter en robuuster;
- een IC verbruikt minder energie;
- een IC werkt sneller;
- chips zijn arbeidsbesparend in de productiefase van de elektronische systemen;
- mits in grote aantallen (miljoenen) geproduceerd zijn chips goedkoper (bij kleine aantallen drukken de hoge ontwikkel kosten te zwaar op de prijs).

De *miniaturisatie* verloopt snel. Grofweg verdubbelt jaarlijks het aantal componenten op een chip. Het fotografisch proces stelt hieraan grenzen omdat de kleinste afmetingen groter moeten zijn dan de golflengte van het gebruikte licht. (Anders is afbeelding niet meer mogelijk.) Met tragere en duurdere methoden, zoals *ionenimplantatie*, kan de schaalverkleining nog worden voortgezet.

ONTWIKKELINGEN IN BEELD.



Figuur 2. De conceptie van de microcomputer als resultaat van componentinnovaties en systeeminnovaties (bron: van der Kooy, 1978)

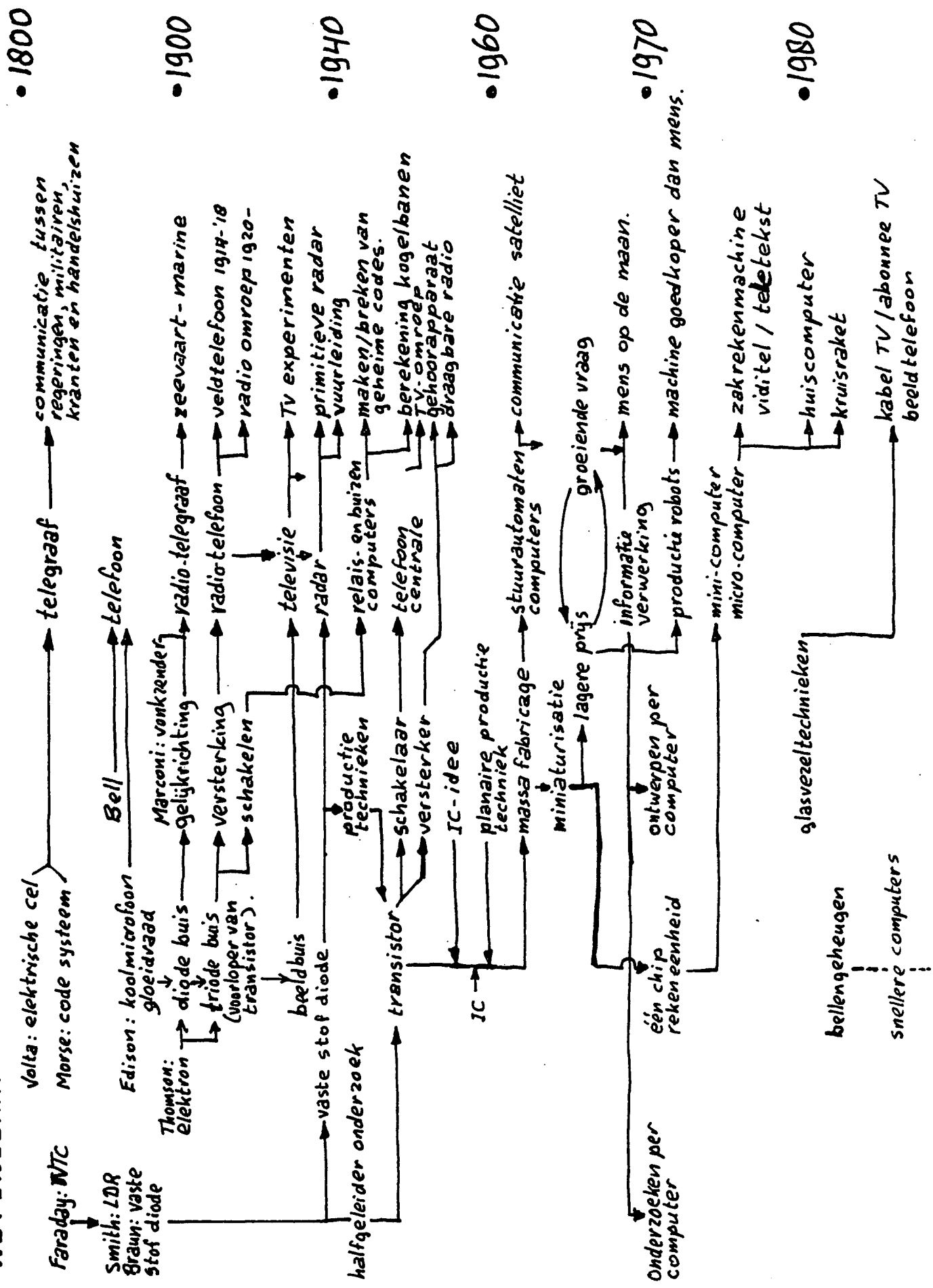


Figuur 3. Technologische innovaties zullen resulteren in steeds complexere microprocessoren en geheugen IC's (bron: van der Kooy, 1978)

TECHNIEK

WETENSCHAP

SAMENLEVING



BIJLAGE D2

ELEKTRONICA IN HET EPEP

Onderwerpen.

	ongewijzigd	gewijzigde interpretatie	vervallen	nieuw
elektrische stromen, elektronica, vaste stof				
- Ionen en elektronen als ladingdragers; de elementaire ladingshoeveelheid.	x ¹⁾			
- Experimentele en kwalitatieve inleiding tot de elektrische geleiding in metalen, elektrolyten en gassen.		x ²⁾		
- Lineair verband tussen spanning en stroomsterkte bij metalen geleiders van constante temperatuur; wet van Ohm.	x			
- Elektrische weerstand.	x			
- Afhangelijkheid van de weerstand van een draad van lengte, oppervlak van de doorsnede, soort materiaal en temperatuur. (De afhangelijkheid van de temperatuur kwalitatief.)		x ³⁾		
- Soortelijke weerstand.		x ³⁾		
- Serie- en parallelschakeling van weerstanden, vervangingsweerstand.		x ⁴⁾		
- Spanningsdeler (potentiometer).	x			
- Stroommeter; spanningsmeting door meting van stroomsterkte; weerstandsmeting met stroom- en spanningsmeter.		x ⁵⁾		
- Verandering van het meetgebied van een stroom- en van een spanningsmeter.		x ⁶⁾		
- Condensator (kwalitatief).				x ⁷⁾
- Elektrische energie en vermogen.	x ⁸⁾			
- Warmte-ontwikkeling door een elektrische stroom; wet van Joule.	x ⁸⁾			
- Ionenbinding en covalente binding bij moleculen.		x ⁹⁾		
- Ionroosters; atoomroosters; metaalroosters; molecuulroosters.		x ⁹⁾		
- Elektronenbeweging in metalen en in stoffen met atoomroosters; gatengeleiding; halfgeleiders; halfgeleiderdiode.	x			
- p-type, n-type				x
- L.D.R. en N.T.C. (karakteristieken kwalitatief).				x

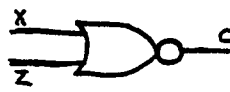
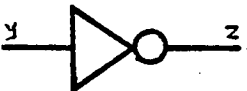
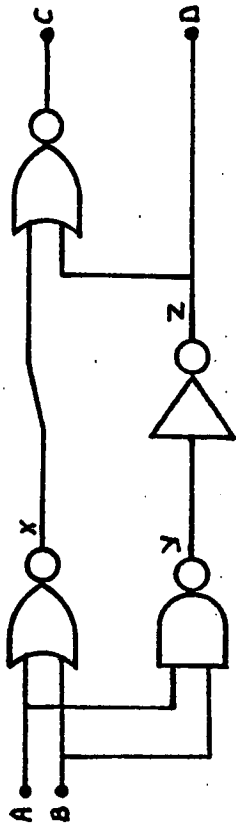
BIJLAGE D2

	ongewijzigd	gewijzigde interpretatie	vervallen	nieuw
- Transistor.				x ¹⁰⁾
- Produktie-proces chips.				x
- geheugensystemen.				x ¹¹⁾
- principe van moduleren; principe van analoog/digitaal omzettingen.				x
- Elektronenemissie uit materialen; thermische emissie; emissie door botsing; foto-emissie.		x ¹²⁾		
- Toepassingen en consequenties van elektronica in de samenleving.				x
- Elektronenstraalbuis; versnelling van elektronen.		x ^{13) 14)}		
- Afbuiging van elektronen in een elektrisch en een magnetisch veld (beginsnelheid van de elektronen loodrecht op de veldrichtingen).		x ¹⁴⁾		

b. Toelichting.

- 1) Zie ook het onderwerp "Ioniserende straling en deeltjes".
- 2) Beperking tot geleiding in metalen en halfgeleiders.
- 3) $R = \rho \frac{l}{A}$ niet; de soortelijke weerstand wel als vergelijkingsmaat voor de elektrische geleidbaarheid van materialen.
- 4) Geen berekeningen aan ingewikkelde netwerken.
- 5) Spanningsmeting door meting van stroomsterkte niet.
- 6) Als experimentele vaardigheden.
- 7) Als actieve component voor afvlakking, scheiding van wissel- en gelijkstroom (en op- en ontlading).
- 8) Zie het onderwerp "energie" en "elektrische machines".
- 9) In verband met verschillen in geleiding.
- 10) Als schakelaar en als versterker; stroomversterkingsfaktor; geen verklaring van de eigenschappen.
- 11) Magneetband, ponskaart, chip, ROM, RAM.
- 12) In het kader van de ontwikkeling van vacuümtechnieken naar halfgeleider-technologie.
- 13) De oscilloscoop als meetinstrument voor wisselspanning; tijdbasis.
- 14) Zie ook het onderwerp "Ioniserende straling en deeltjes".

EEN COMBINATIE VAN POORTEN: WELKE WAARHEIDSTABEL?



Bij paragraaf 4.4 opdracht 5a.

In opdracht 5a wordt gevraagd na te gaan dat de combinatie van poorten hiernaast een opteller vormt.

We zullen dat via een paar tussenstappen nagaan.

- Welke poort stelt ieder symbool hiernaast voor?
- Schrijf de waarheidstabel op van ieder van deze poorten.
- Wat moet de waarheidstabel van een opteller zijn?
- Schrijf de waarheidstabel van X op:

A	B	X
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

- Schrijf de waarheidstabel van Y op:

A	B	Y
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

- Schrijf de waarheidstabel van Z op:

Y	Z

- Schrijf de waarheidstabel van C op:

X	Z	C

BIJLAGE D3

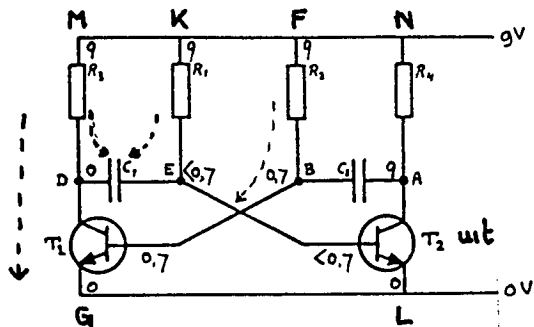
h. Schrijf nu de waarheidstabel van de combinatie van poorten op:

A	B	C	D
0	0		
1	0		
0	1		
1	1		

Is dit de waarheidstabel van een opteller?

BIJLAGE D4

HOE WERKT DE KLOKSCHAKELING? (astabiele multivibrator)



We bekijken een aantal momenten nauwkeurig.

KORT VOORDAT T2 GAAT GELEIDEN

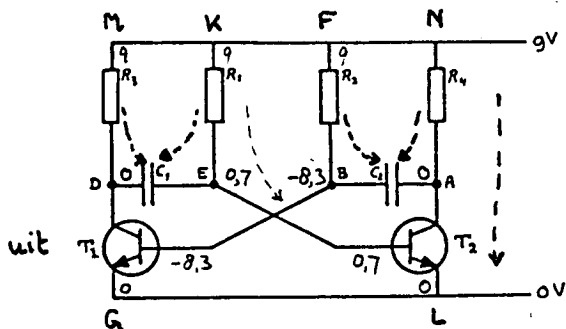
T2 geleidt niet. De spanning van punt A is daardoor 9 V.

T1 geleidt wel. In deze situatie is de spanning over de basis-emitter diode van T1 $\pm 0,7$ V. De b-e-diode van T1 geleidt: er loopt nu een stroom van F via B naar G. De spanning van 9 V verdeelt zich zo over R2 en de b-e-diode dat de spanning van punt B $\pm 0,7$ V is (dit aspect - dat er een b-e-stroom loopt

als T1 geleidt - hebben we in het thema verwaarloosd). De spanning over C2 (tussen A en B) is $0,7 - 9 = -8,3$ V.

KORT NADAT T2 IS GAAN GELEIDEN

Direkt nadat T2 gaat geleiden is de spanning van A 0V (T2 vormt geen weerstand meer). De spanning over C2 is echter nog steeds $-8,3$ V, want de lading heeft nog geen kans gehad weg te stromen. De spanning van B is dus nu $0 - 8,3 = -8,3$ V. De basis van T1 heeft dus ook opeens een spanning van $-8,3$ V. T1 geleidt daardoor niet meer. Over R2 staat nu een spanning $(9 - (-8,3)) = 17,3$ V. Er zal een stroom door R2 naar C2 lopen: C2 wordt opgeladen via R2. Daardoor wordt de spanning van B weer hoger.

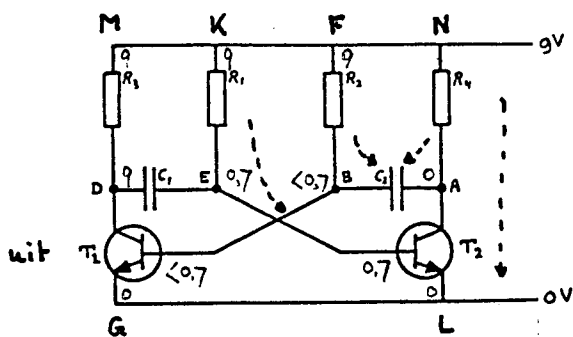


→
2.0.2

BIJLAGE D4

KORT VOORDAT T1 GAAT GELEIDEN

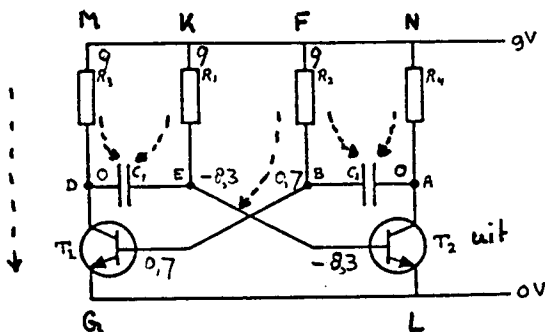
Naarmate C2 opgeladen wordt, neemt de spanning over C2 toe. De spanning tussen punt F en A is 9 V. In principe zou C2 opgeladen worden tot de spanning over C2 ook 9 V zou zijn. Zover komt het echter niet. Op het moment dat de spanning over C2 gestegen is van $-8,3$ V tot $+0,7$ V (= spanning van punt B), zal T1 weer gaan geleiden. Vanaf dat moment gaat er weer een stroom van F via B naar G. De spanning van punt B wordt daarom niet hoger dan $0,7$ V. Vlak voordat T1 gaat geleiden is de spanning van punt D 9 V. T2 geleidt en er zal een stroom van K via E naar L lopen via R1 en de b-e-diode van T2. De spanning van punt E is gelijk aan die over de b-e-diode en dus $+0,7$ V. De spanning over C1 is dus $0,7 - 9 = -8,3$ V.



KORT NADAT T1 IS GAAN GELEIDEN

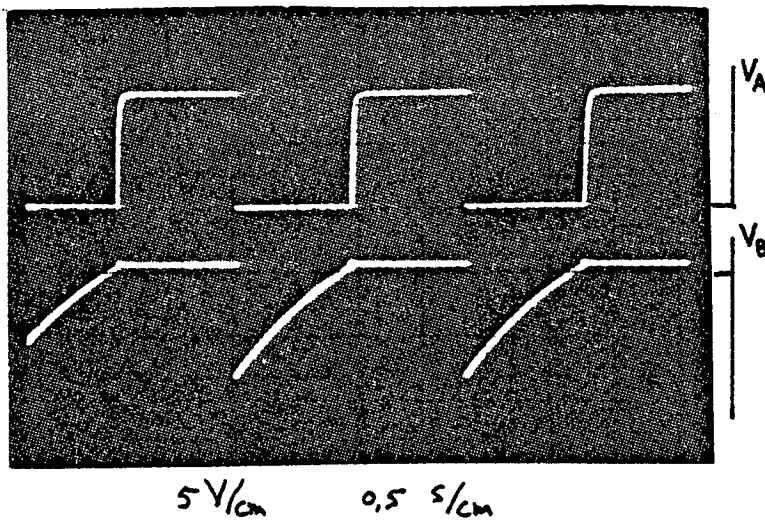
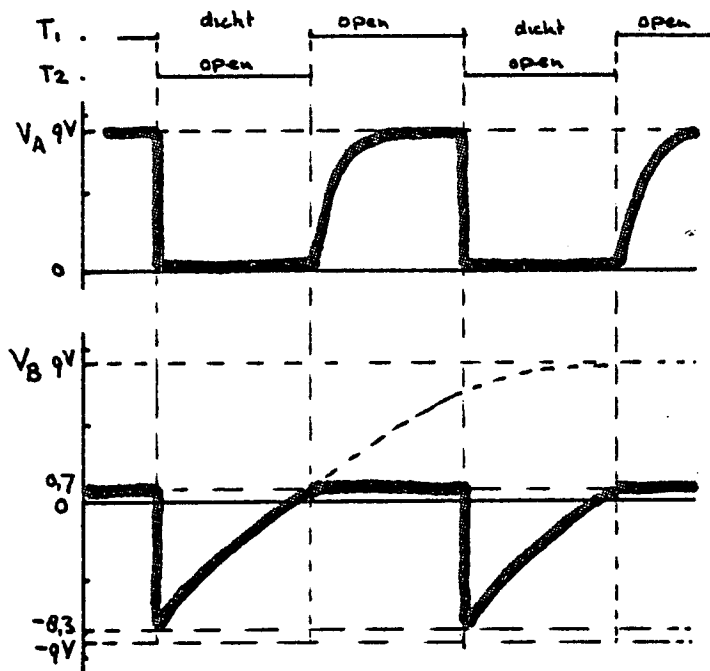
Direkt nadat T1 weer is gaan geleiden is de spanning van punt D 0V geworden. De spanning over C1 is echter nog even $-8,3$ V. Dus de spanning van punt E wordt opeens $0 - 8,3 = -8,3$ V. Hierdoor kan T2 niet meer geleiden. C1 zal opgeladen worden via R1 tot de spanning van E weer $0,7$ bereikt. Dan gaat T2 weer geleiden.

Als T2 niet meer geleidt is en blijft de spanning van punt B $0,7$ V (de spanning over de b-e-diode van T1). De spanning over C2 ($V_B - V_A$) is nog even $0,7$ V direkt nadat T2 niet meer geleidt. De spanning van A is dus nog even 0V. Er zal nu lading naar C2 stromen totdat de spanning over C2 ($V_B - V_A$) $-8,3$ V geworden is. Er loopt dan geen stroom meer en V_A is 9V geworden.



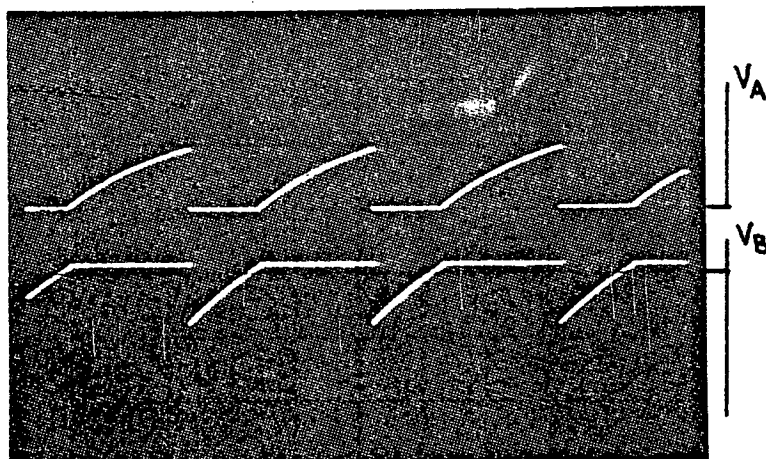
BIJLAGE D4

Als we nu kijken naar het spanningsverloop bij de punten A en B vinden we dus het volgende patroon.



$$R_3 = 100 \Omega$$

$$R_4 = 100 \Omega$$



$$R_3 = 1000 \Omega$$

$$R_4 = 680 \Omega$$

BIJLAGE D5

INFORMATIE DICHTHEID

Hoe snel leest een C64 micro-computer informatie van disc (een gemagnetiseerde geheugen-schijf). Het onderstaande programma is in 2,8 seconden ingelezen.

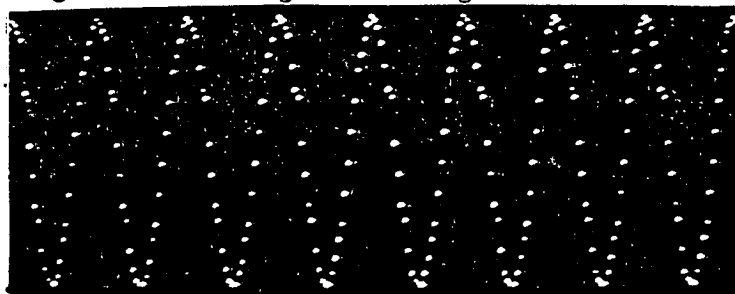
```
1 REM STAPPENMOTOR SNELDRAAIPROGRAMMA
2 REM DD 18/10/84
3 REM EEN COMPLAN PROGRAMMA
4 REM AUTEUR EH.
5 PRINT"J"
9 PRINT" "
10 PRINT" |SNELDRAAIPROGRAMMA STAPPENMOTOR | "
11 PRINT" | "
12 PRINT
13 PRINT"DIT PROGRAMMA SLUIT AAN BIJ HET PLOM"
14 PRINT"THEMA ELEKTRONICA"
15 PRINT"PARAGRAAF 6.5 AUTOMATISCH BESTUREN,"
16 PRINT"AKTIVITEIT 5":PRINT
17 INPUT "VERDER MET <RETURN>":A$
18 PRINT"J"
20 PRINT"WAT IS DE HOOGSTE SNELHEID DIE EEN"
21 PRINT"STAPPENMOTOR KAN BEREIKEN INDIEN DE"
22 PRINT"STURING DOOR EEN BASIC PROGRAMMA"
23 PRINT"WORDT GEREGLD ?"
24 PRINT"DE MOTOR KRIJGT 1000 PULSEN TOEGESTUURD"
25 PRINT"IN ZO KORT MOGELIJKE TIJD."
26 PRINT"MEET DEZE TIJD MET EEN STOPWATCH."
27 PRINT
28 INPUT"DRUK<RETURN> IN OM TE STARTEN":A$
30 FOR I=1 TO 1000
35 POKE 56577,64: POKE 56577,0
40 NEXT I
41 PRINT "J"
45 PRINT"CONTROLEER HOEVEEL STAPPEN DE MOTOR"
46 PRINT"WERKELIJK HEEFT GEZET."
47 PRINT
48 PRINT"BEREKEN DE DRAAISNELHEID IN STAPPEN/S"
49 PRINT"EN VERGELIJK DIT MET DE MAXIMUM"
50 PRINT"SNELHEID DIE JE MET DE TOONGENERATOR"
51 PRINT"HEBT BEREIKT." :PRINT
55 INPUT"WIL JE DE BEWEGING HERHALEN (J/N) ":ANT$
60 IF ANT$="J" THEN 28
65 END
```

READY.

MEETSNELHEID VAN EEN ADC

Met behulp van een Commodore C64 microcomputer, een analoog-digitaal converter (AD 7574 KN chip) is een meting aan een toongeneratorsignaal uitgevoerd.

Hierbij is gebruik gemaakt van een computerprogramma dat nog in ontwikkeling is. Met hoge snelheid zijn een lange serie meetresultaten in het computer geheugen opgenomen. Een tiende van het opgenomen aantal metingen zie je op het scherm weergegeven. Elke stip stelt een meting voor. De toongenerator leverde een 2000 Hz signaal.



Bepaald uit de foto van het scherm hoeveel metingen gedurende een periode zijn uitgevoerd. Bereken de meetsnelheid van deze ADC-computer combinatie.

Bepaal de totale meettijd.

Bedenk voor welk soort metingen de ADC-computer combinatie met dit snelle meetprogramma geschikt kan zijn.

BIJLAGE D7

HET AANZETTEN VAN DE COMPUTER.

Om storingen te voorkomen moet je precies in de hier aangegeven volgorde werken.

1. Ga na dat er geen schijf/cassette in de schijf-/cassette-recorder zit.
2. Controleer of alle gewenste hulpapparatuur verbonden is met de computer. Te denken valt aan de regeldrukker, een schijfreorder of een cassetterecorder, het beeldscherm, een paddle of een joy-stick en andere in- of uitvoerapparaten.
3. Controleer of alle aan/uit schakelaars op 'uit' staan. Verbind daarna de stekers van computer, beeldscherm, regeldrukker en recorder met 220 V.
4. Schakel éérst de hulpapparaten aan en als laatste de computer zelf.

HET UITSCHAKELEN VAN DE COMPUTER.

1. Eerst schijf/cassette verwijderen uit de recorder.
2. Beeldscherm uitschakelen.
3. Computer uitschakelen.
4. Overige apparatuur uitschakelen.

IET OP : Als je extra hulpapparatuur met de computer wilt verbinden moet eerst alles uitgeschakeld worden op de aangegeven wijze. In dat geval wordt het computergeheugen, inclusief het opgenomen programma, gewist.

HET INIEZEN VAN EEN PROGRAMMA.

Programma van schijf :

1. Zet de juiste schijf in de schijf-recorder.
2. typ de volgende opdracht :
LOAD "F",8
en druk de (RETURN) knop in. De inhoudsopgave van de schijf wordt opgezocht en door de computer gelezen. Op het beeldscherm kun je zien wanneer hij klaar is.
3. Typ : LIST en druk de (RETURN) knop in om de inhoudsopgave te zien. Zit het juiste programma er bij ga dan naar 4; zo niet, pak dan een andere schijf en begin weer bij 1.
4. Typ :
LOAD "programmaam", 8
en druk de (RETURN) knop in. Op het beeldscherm kun je zien wanneer hij klaar is.
5. Typ : RUN en druk de (RETURN) knop in en het programma start.

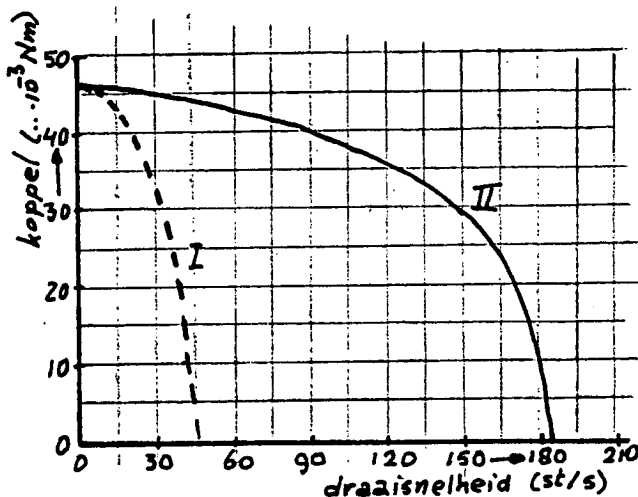
Programma van cassette :

1. Zet de juiste cassette in de recorder en zorg dat de cassette aan het begin staat of (indien bekend) op de gewenste stand.
2. Typ de volgende opdracht :
LOAD
en druk de (RETURN) knop in. Via het beeldscherm vraagt de computer je de band te starten ("play" knop). Hij zoekt dan het eerstvolgende programma en geeft de titel daarvan op het scherm weer.
3. Als je dat programma NIET wilt druk je de (RUN STOP) knop in. Daarna moet je stap 2 herhalen en wachten op de volgende titel.
4. Als het gewenste programma is bereikt moet je wachten tot de computer klaar is met opnemen. Dat meldt hij op het beeldscherm.
5. Typ dan : RUN en druk de (RETURN) knop in en het programma start.

STAPPENMOTOR BESTUREN PER COMPUTER

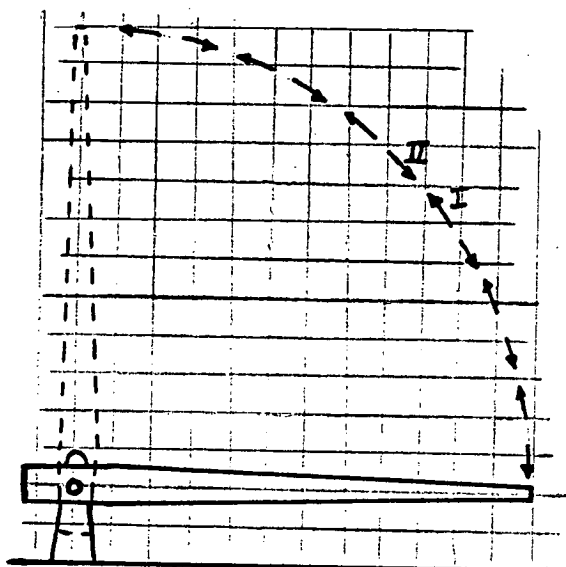
Par. 6.5 akt. 4.

Bij voorgaande proeven heb je gezien dat de stappenmotor per binnenkomende puls een stap verzet. Je hebt ook de stapgrootte gemeten: . Uit de proeven met de toongenerator heb je de maximum snelheid van de motor bepaald. Door de massa van de rotorkan de draaisnelheid niet onbeperkt snel veranderen. Een voorbeeld van een karakteristiek van een stappenmotor is hier onder gegeven.



Lijn I geeft de maximum snelheid aan die, met een gegeven belasting, abrupt kan worden bereikt; van stilstand tot 40 st/s bij een belasting van 10 mNm, zonder een puls te missen. Lijn II geeft de maximaal bereikbare draaisnelheid als de snelheid geleidelijk wordt opgevoerd.

Je kunt de stappenmotor maximaal vijf deelbewegingen laten uitvoeren. Tijdens elke deelbeweging is de snelheid constant. Stel dat je met deze motor een slagboom wilt bedienen. Maak eerst een plan.



beweging I: verdraaiing $90^\circ \rightarrow \dots\dots$ stappen.
draaitijd = s $\rightarrow$ tijd tussen 2 stappen = s
draairichting = (0 of 1 - uitproberen)
beweging II: stilstand gedurende..... s.
draaitijd = s tijd tussen 2 stappen = s.
draairichting =
beweging III: verdraaiing $90^\circ \rightarrow \dots\dots$ stappen
draaitijd = s $\rightarrow$ tijd tussen 2 stappen = s.
draairichting = (tegengesteld aan I).

Problemen: kan de motor het aan, gezien zijn karakteristiek (zie boven)? Is de computer snel genoeg bij het versturen van de pulsen? Je moet met deze problemen leren leven of een computer programmeur in de arm nemen.

BIJLAGE D7

SNELDRAAIPROGRAMMA STAPPENMOTOR

Alleen ter bepaling van de maximum snelheid. Controleer daarbij hoever de motor werkelijk draait, bijv. door een touwtje op een as te laten wikkelen. In principe: 1500 pulsen geeft een verdraaiing van....^o.

MEET SNELHEID ADC

Laat de ADC aansluiten. De ADC heeft een eigen voeding +15 V, 0 V en -15 V. De signaalingang en de 0 V ingang moeten ook met de toongenerator zijn verbonden. Een veeladerige kabel verbindt de ADC met de computer. Op de ADC zit een regelknop waarmee je de spanning van het binnenkomende signaal kunt beïnvloeden.

Het (experimentele) programma bestaat uit twee delen: SIMON en SKOOP.

Laad eerst "SIMON"

Typ "RUN" na het inladen.

Laad vervolgens "SKOOP".

Typ weer "RUN" na het inladen.

Je krijgt dan het menu voorgeschoteld. Betekenis als volgt:

1. "SAMPELEN" is de meetopdracht. Druk "RETURN" in als je wilt beginnen. De computer begint pas metingen vast te leggen als hetingangssignaal boven een bepaald niveau komt. Is het signaal te zwak (het scherm blijft leeg) dan kun je de regelknop op de ADC verdraaien of de toongeneratorspanning opvoeren. Als de metingen zijn vastgelegd komt het menu opnieuw.
2. "PLOTTEN" is de opdracht die de grafiek op het scherm brengt. Druk "RETURN" in. In het geheugen zijn 16 pagina's opgenomen. Je moet nog kiezen welke je wilt zien. Na het kiezen ("0" om te beginnen) druk je "RETURN" in. De grafiek komt. Wil je meer zien dan kun je "RETURN" indrukken.

KEUZE:

Als je een tweede grafiek over de eerste wilt laten schrijven dan kun je weer de plotopdracht geven en een volgende pagina kiezen. Als je de tweede grafiek op een schoon scherm wilt, dan moet je eerst het oude wissen.

3. "SCHERM WISSEN". Daarna "RETURN" indrukken en even geduld.
7. "STOPPEN" en "RETURN" indrukken.

SCIENCE FICTION

DE DRIE WETTEN VAN ROBOTICA

uit: Asimov, I; "vreemdeling in het paradijs"; Bruna, 1978.

1. Een robot mag een menselijk wezen geen letsel toebrengen of, door niets te doen, toestaan dat een menselijk wezen letsel overkomt.
2. Een robot moet de bevelen gehoorzamen die hem door menselijke wezens worden gegeven, behalve wanneer die bevelen strijdig zouden zijn met de Eerste Wet.
3. Een robot moet zijn eigen bestaan beschermen, zo lang dit niet strijdig is met de Eerste of de Tweede Wet.

ANTWOORD

uit: Kleine Frederic Brown Omnibus

"Dwar Ev soldeerde plechtig de laatste verbinding met goud. De ogen van een tiental televisiecamera's sloegen hem gade en de sub-ether zond een tiental plaatjes van zijn bezigheden door het heelal.

Hij kwam overeind en knikte tegen Dwar Reyn en ging naast de schakelaar staan die de verbinding tot stand zou brengen zodra hij hem overhaalde. De schakelaar, die in één klap alle reuzecomputers van alle bewoonde planeten - zesennegentig miljard planeten - zou verbinden in het supercircuit dat ze allemaal zou verenigen tot één superrekenmachine, één machige computer waarin alle kennis van alle melkwegen verenigd zou worden. Dwar Reyn hield een korte toespraak tot de kijkende en luisterende triljoenen. Toen zei hij, na een ogenblik stilte: "Nu, Dwar Ev."

Dwar Ev haalde de schakelaar over. Er klonk een machtig gebrom, het aanzwellen van de elektriciteit van zesennegentig miljard planeten. Op het kilometerlange paneel gingen lampjes aan en uit. Dwar Ev stapte achteruit en zuchtte diep.

"Aan u de eer om de eerste vraag te stellen, Dwar Reyn".

"Dank u", sprak Dwar Reyn. "Dit is een vraag die nog geen enkele computer heeft kunnen beantwoorden."

Hij wendde zich tot het apparaat. "Bestaat er een God?"

De machtige stem antwoordde zonder aarzeling, zonder het klikken van een enkele schakelaar: "Ja nù bestaat er eindelijk een God."

Het gezicht van Dwar Ev werd plotseling door vrees overstraald. Hij sprong op de schakelaar af.

Een bliksemschicht vanuit de heldere hemel velde hem neer en soldeerde de schakelaar vast."

BIJLAGE D8

TERUGBLIK 2000

uit: Nico Baayens; "Chips", Elsevier, 1981 (vrij bewerkt).

Wij staan er niet meer bij stil dat chips het denk- en regelwerk doen in onze keukenrobots, onze gezinscomputers, onze openbare vervoerssystemen, onze video-onderwijs terminals, onze gezelschapsspelletjes, en onze gezondheidsbewakers. Fabrieksrobots bakken ons brood en maken onze kleren, schoenen en meubels. De brief die we op het beeldscherm van ons telestation intoetsen, vindt na aanraken van de zendtoets feilloos zijn weg door een doolhof van glasvezeldraden. Binnen enkele sekonden verschijnt hij op het juiste beeldscherm of wordt opgeslagen in het juiste briefgeheugen.

Het is nieuwjaarsdag van het jaar 2001. Buiten vriest het een paar graden en de felle winterzon staat in een strakke wolkenloze lucht. Als dit weer blijft kunnen we binnenkort schaatsen. Eens zien. Videokanaal 187, het wand-scherm licht op en ik kijk door het cameraoog van de weersatelliet naar het Europese continent. Ten westen van Ierland is een draaikolk van witte wolkslierten zichtbaar. Daar komt de verwachting:

"Van noordoost naar west ruimende wind. Dalende luchtdruk. Toenemende vochtigheidsgraad in de lagere luchtlagen. Verwachting voor:

01-01-2001: droog, zonnig vriezende weer.

02-01-2001: wisselend bewolkt, toenemende westenwind.

03-01-2001: half bewolkt, sneeuw- en hagelbuien, westenwind 7.

04-01-2001: zwaar bewolkt, sneeuw- en hagelbuien, naar noordwest ruimende wind."

Wat er ook allemaal is veranderd in de afgelopen jaren, het weer en het klimaat boven Nederland in elk geval niet.

De chip, waarin de mensen eerst een bedreiging zagen, werd later iets dat allerlei nieuwe dingen mogelijk ging maken. Dingen die aan het veranderde leven een nieuwe inhoud konden geven. Eindelijk werden steeds meer mensen in de gelegenheid gesteld thuis beeldschermonderwijs te volgen. Ze konden, als ze daar zin in hadden, andere talen leren, filosofie studeren, zich in de politiek verdiepen of aan life- of videogespreksgroepen deelnemen. Kortom, ze konden die dingen doen waarnaar hun belangstelling uitging. Geestelijke welvaart ging zo voor een belangrijk deel de plaats innemen van de vroegere stoffelijke welvaart. De chip had de mensheid in tien jaar tijd bevrijd van de noodzaak om het beste deel van hun leven in dienst te stellen van de industriële produktie of van de openbare dienstverlening, die daaraan ondergeschikt was.

LITERATUUR

- Braun/Mac Donald; Cambridge Univ. Press, 1978
"Revolution in miniature"
Een goede schets van zowel de wetenschappelijke als de technische ontwikkeling van elektronica en de relatie met maatschappelijke belangen en invloeden, afsluitend met een blik op de toekomst:
Somehow man must agree not to do all he is capable of doing
- de Kok e.a.; Natuur en techniek, 1983
"De informatiemaatschappij"
Veel, mooi verpakt en vrij kritisch van vroeger tot in de toekomst.
Goede achtergrondinformatie zowel bij hoofdstuk 2 als bij 5, 6 en 7. Zie vooral hoofdstuk 10: "Automatisering, arbeid en samenleving" en hoofdstuk 13: "enkele vragen bij de informatie maatschappij".
Meer informatie beschikbaar betekent niet dat de mensen meer en beter geïnformeerd raken. Het gevaar bestaat dat er twee nieuwe standen ontstaan, degenen die wel en die niet hun weg in de informatiestroom kunnen vinden. De info-elite profiteert meer van het informatie aanbod, zal eerder door de bomen het bos zien en tengevolge daarvan macht verwerven.
- Nico Baayens; Elsevier, 1981
"Chips"
Voor een positieve toekomstvisie. Zet zich wat te sterk af tegen degene die met enige bedenkingen de elektronische (r)evolutie beschouwt.
- de Witte; Staatsuitgeverij, 1980
"Over micro-elektronica"
Gemakkelijk leesbaar boekje, met veel illustraties, over fysische principes, (heel kort) fabricage en toepassingen van transistors en IC's.
- Philips; 1969
"Wij en de elektronica"
Elektronica 15 jaar geleden. Leuke illustraties bij de stand van de techniek op dat moment. Uitgebreider dan hoofdstuk 2 over radio, televisie, radar, geluidsregistratie, rekenautomaten etc.
- C. Hamelink; Uitg. In den toren, 1980
"De computersamenleving"
De micro-elektronica zal niet tot een fundamentele maatschappij verandering (revolutie) leiden. Integendeel: de computersamenleving zal op subtiele wijze de bestaande maatschappelijke verhoudingen zowel verduisteren als verstevigen.

BIJLAGE 12

ARTIKELN OVER DE ONTWIKKELING VAN DE ELEKTRONICA

Maken wij een steen die niet meer op te tillen is ?

Prof. dr. ir. J. Davidse, hoogleraar in de elektronica aan de Technische Hogeschool Delft, beschrijft in onderstaand artikel in het kort de ontwikkeling van de elektronische techniek en schetst zijn verwachtingen voor de toekomst. Hij gaat onder andere in op de vraag of de ontwikkeling van de elektronica wezenlijk verschillend is van bijvoorbeeld de autotechniek en de luchtvaart. Hij concludeert onder meer dat de elektronica in tegenstelling tot andere technieken steeds weer in nieuwe behoeften blijft voorzien. Zij bevindt zich daarom in een stormachtige ontwikkeling, die nauwelijks belemmeringen kent en waarvan de grenzen niet zijn te overzien. Alle reden, zo vindt prof. Davidse, om de maatschappelijke consequenties onder ogen te zien en ons af te vragen of we niet bezig zijn een steen te maken die we zelf niet meer kunnen optillen.

De redactie van dit tijdschrift heeft mij gevraagd een artikel te schrijven waarin getracht wordt de vraag te beantwoorden in welke opzichten het terrein van de elektronica verschilt van andere terreinen. Met name wordt de vraag gesteld waarom er nu juist sprake is van een 'Elektronische revolutie', waardoor deze wordt gekenmerkt en waar deze op uit zal lopen.

Het ligt voor de hand eerst eens te verkennen of de suggestie die in de vraagstelling ligt opgesloten, namelijk dat de ontwikkeling van de elektronica wezenlijk verschillend is van andere ontwikkelingen, inderdaad terecht is.

Wie in 1980 terugblijkt over het voorbijde deel van de twintigste eeuw kan tot geen andere conclusie komen dan dat in deze tijdspanne met de omvang van slechts één mensenleven, de wereld door toedoen van de techniek een totaal ander aanzien heeft gekregen.

Hoewel alle takken van de technische wetenschap hiertoe hebben bijgedragen, is met name de rol van de autotechniek, de luchtvaart en de elektronica zeer opvallend en herkenbaar. Het ligt daarom voor de hand de ontwikkeling van deze drie terreinen van technische

activiteit eens naast elkaar te plaatsen.

Autotechniek en luchtvaart: geen wezenlijke veranderingen

Het op het gebruik van auto's gebaseerde vervoerssysteem en de luchtvaart vertonen op veel punten verwante trekken. Beide voorzien in een kennelijk als essentieel ervaren behoefte tot verplaatsing van personen en goederen. Voor beide systemen is karakteristiek dat ze in hoge mate materiaalintensief en energie-intensief zijn. Op dit punt zijn ze in de loop van hun ontwikkeling nauwelijks veranderd. Het materiaal- en energieverbruik per geleverde passagier-kilometer zal thans niet opvallend veel lager liggen dan een halve eeuw geleden.

Dat ook de prijs per eenheid van vervoersprestatie niet op spectaculaire wijze afneemt is hiervan een direct gevolg. Ter illustratie: de prijs van een auto in een gegeven klasse is thans ongeveer tien maal zo hoog als in 1930 (zonder correctie voor de inflatie). Voorzover er prijsdalingen zijn opgetreden, zijn deze in de eerste plaats te danken aan schaalvergroting, niet aan afnemend materiaal- en energie-

en voortgaande proliferatie.

Een tweede kenmerk is dat de vervulling van de elektronisch geïmplementeerde functies geschiedt met een snel afnemende inzet aan materiaal en energie. Deze combinatie van een sterke proliferatie en een sterk afnemend gebruik van grondstoffen en energie leidt tot spectaculaire vermindering van de kosten en tot het uitblijven van verzadigingseffecten. Elke nieuwe introductie van elektronische middelen vormt op zichzelf weer een nieuw bronpunt van verdergaande toepassingen, waardoor er nauwelijks zicht komt op de grenzen van dit proces.

Het voorgaande overziende moeten we tot de conclusie komen dat de in onze primaire vraagstelling besloten suggestie, dat de ontwikkeling van de elektronica zich principieel onderscheidt van vele andere ontwikkelin-



uit
TNO-PROJECT
1980 no 1.

verbruik. De functie waarin de systemen voorzien heeft zich niet essentieel gewijzigd; ook hier is het opvallende element schaalvergroting, niet verbreding van het functiepakket.

Omdat het gaat om een unieke functie en omdat materiaal en energie beperkt voorhanden zijn, treedt op natuurlijke wijze verzadiging op. Als iedereen een auto heeft en als ieders individuele behoefte aan luchtvervoer bevredigd is, wordt een natuurlijke begrenzing bereikt, zo deze niet al eerder bereikt was door de eindigheid van de beschikbare materiële en energetische hulpbronnen.

Natuurlijk is het waar dat de autotechniek en de luchtvaart enorme vorderingen hebben gemaakt. Het cruciale punt is echter dat de eigenlijke functie zich nauwelijks verbreed heeft en dat de hierbij betrokken inzet van middelen niet spectaculair is veranderd.

Elektronica: nauwelijks zicht op de grenzen van het proces

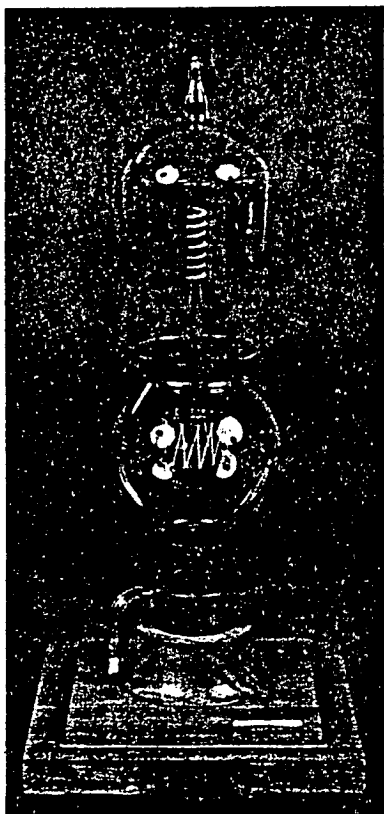
Beschouwen we nu de elektronica, dan blijkt het beeld anders uit te vallen. De belangrijkste functie waarin de elektronica haar entree heeft gemaakt is de draadloze telegrafie en telefonie. Deze functie is ook nu nog levend, maar zij vormt thans slechts een bescheiden bestanddeel van het totale takenpakket van de elektronica, dat zich bovendien nog steeds explosief uitbreidt.

Op de wijze waarop deze ontwikkeling naar multi-functionaliteit zich heeft ontwikkeld komen we nog terug. Voorlopig volstaan we met de vaststelling dat een eerste kenmerk van de ontwikkeling van de elektronica is de sterke

gen, niet misplaatst is. Er is inderdaad met de elektronica iets bijzonders aan de hand en het heeft zin te trachten dit verschijnsel te plaatsen in een bredere context en ons te bezinnen op de betekenis hiervan voor de toekomst.

Ontwikkelingen van de elektronica en haar maatschappelijke betekenis

De elektronische techniek steunt op een aantal ontdekkingen op natuurkundig gebied in de tweede helft van de negentiende eeuw. Het cruciale moment is de 'ontdekking' van het elektron. Elektronica is immers de kunst van het beheersen van de beweging van vrije, dat wil zeggen niet aan atomen gebonden, elektronen. Als geboortemoment van de elektronische techniek ligt het voor de hand de uitvinding van de *vacuümrhode* (Lee de Forest) in het begin van de twintigste eeuw te kiezen. Het eerste belangrijke toepassingsgebied van



De Von Lieben elektronenbuis, ontwikkeld tussen 1910 en 1913 voor de versterking van telefoniesignalen. De lengte van de buis (op de foto ± 10 cm) bedraagt in werkelijkheid 33 cm.

de nieuwe techniek wordt de draadloze communicatie. Hier kan de elektronica haar unieke mogelijkheden tonen. De bestaande op dit terrein gebezigde primitieve technieken worden vrijwel onmiddellijk door de elektronica verdrongen. Men kan zonder overdrijving stellen dat draadloze communicatie eerst door de elektronica een reële mogelijkheid is geworden.

Al spoedig voegt zich daarbij de versterking van telefoniesignalen, waardoor telefoonverkeer over grote afstanden mogelijk wordt. Ook hier geldt dat slechts met behulp van elektronica de gevraagde functie kan worden verwezenlijkt. Beide toepassingsgebieden hebben grote maatschappelijke betekenis, daar zij mondiale communicatie in 'real time' mogelijk maken.

van een geïntegreerde transistor ongeveer 10^{-8} cm³).

De betekenis van de elektronica in een wijder perspectief

Nu we enigermate de achtergronden van de 'Elektronische revolutie' overzien, komt de vraag op of deze kan worden geplaatst in een wijder perspectief. Een poging tot beantwoording van deze vraag lijkt zinvol omdat zij wellicht enig zicht geeft op de toekomst. Anderzijds dient te worden bedacht dat zo'n poging het niet kan stellen zonder speculatieve elementen. Dit noopt tot enige reserve bij het trekken van conclusies.

Het werkterrein van de elektronica is de informatietechniek. In essentie gaat het bij elektro-

De opkomst van de radio:

begin van grootschalige produktie

Met de komst daarna van de draadloze radio-omroep presenteert de elektronica zich indringend aan de grote massa. Ook hier geldt weer dat er geen alternatieve techniek beschikbaar is. Voor de praktische ontwikkeling van de elektronica heeft deze nieuwe toepassing een grotere betekenis, daar zij hiermee het terrein van de grootschalige produktie binnentreedt. De elektronica wordt nu een belangrijke industriële en economische activiteit.

Gedurende ongeveer vijftien jaren vormt de omroep techniek het draagvlak van de industriële ontwikkeling van de elektronica en stimuleert zij de versnelde uitbouw van het vakgebied. Door de hiermee gepaard gaande massaproductie van elektronische componenten daalt de kostprijs daarvan dramatisch en dit opent de weg tot nieuwe toepassingsgebieden. Ter illustratie: de prijs van een radio-ontvanger bedraagt thans minder dan éénderde van die van een ontvanger met veel geringere prestaties uit 1930 (zonder correctie voor de opgetreden inflatie).

Van dit moment af gaat de ontwikkeling in twee richtingen verder. Er komen nieuwe toepassingen die, evenals de al bestaande, volledig hun ontstaan en bestaan te danken hebben aan de elektronica, maar daarnaast dringt de elektronica tevens door in gebieden die in het verleden reeds tot ontwikkeling waren gekomen, steunend op niet-elektronische middelen.

Als voorbeelden in de eerste groep kan men denken aan bijvoorbeeld televisie en radar, in de tweede groep vallen onder andere de meet- en regeltechniek en de rekentechniek. Door de grote flexibiliteit en de lage kostprijs van elektronische middelen verdringen deze in toenemende mate de bestaande technieken. Daarnaast verruimen zij de mogelijkheden op deze terreinen op ongedachte wijze.

De transistor

Een grote sprong voorwaarts wordt ingeluid door de komst van de halfgeleidercomponenten. De uitvinding van de transistor, eind 1947, moet daarom als een nieuwe cruciaal moment worden aangemerkt.

Van groot belang daarbij is dat de halfgeleider techniek in vergaande mate de materiaal- en energiebehoefte van elektronische systemen reduceert, terwijl tevens de bedrijfszekerheid een grote verbetering ondergaat. Zowel voor

nische functies altijd om transport, bewerking of weergave van informatie. Informatie impliceert een bepaalde mate van ordening en staat tegenover wanorde. De natuur in haar totaliteit streeft naar vergroting van wanorde (entropiewet).

Het essentiële kenmerk van het leven is dat het in de naar chaos tenderende natuur enclaves schept waarin een bepaalde mate van orde heerst. Om deze ordening in stand te houden is een voortdurende uitwisseling van informatie met de omgeving noodzakelijk. Hoe complexer het biosysteem, des te complexer is de informatiestroom binnen dit systeem en tussen het systeem en zijn buitenwereld.

Elektronische informatietechniek:

uitermate economisch

Het leven op aarde is begonnen met eencellige wezens, dat wil zeggen met eenvoudige structuren die zich via een beperkte uitwisseling

wat betreft de realisatie als voor wat betreft de bedrijfsvoering neemt de kostprijs per functie snel af. Dit opent de weg tot de realisatie van zeer complexe elektronische systemen.

Deze ontwikkeling is zo snel gegaan dat zelfs de meest optimistische verwachtingen daaromtrent zijn overtroffen. In de jaren dertig geloofde niemand dat televisie-ontvangers van hoge kwaliteit alledaagse gebruiksartikelen zouden worden. Vijftien jaar geleden zou niemand hebben geloofd dat elektronische rekenmachines, met de capaciteiten die voor ons nu normaal zijn, spoedig tot de dagelijkse gebruiksartikelen van scholieren zouden gaan behoren. Geen fabrikant van horloges zou toen hebben geloofd dat zijn produkt zou worden verdrongen door een elektronisch alternatief, waarbij de nauwkeurigheid van de allerdurste mechanische produkten wordt geëvenaard door een bazarartikel.

Reeds thans zijn elektronische middelen zo diep in de samenleving gepenetreerd dat deze hiervan in hoge mate afhankelijk is geworden. Men stelle zich eens voor wat de consequenties zouden zijn van een hypothetische calamiteit die het uitvallen van alle elektronische systemen ten gevolge zou hebben!

De enorme manipuleerbaarheid van het elektron

De vraag rijst: hoe komt het dat juist de elektronica deze potentie blijkt te hebben? Wat hieraan in essentie ten grondslag ligt is de enorme manipuleerbaarheid van het elektron. Kenmerkend voor het elektron zijn de zeer geringe massa ($9,11 \cdot 10^{-31}$ kg) en de extreem grote specifieke lading, dat is de lading per eenheid van massa ($1,76 \cdot 10^{11}$ C.kg⁻¹). Laatstgenoemde eigenschap maakt het mogelijk de beweging van elektronen bijna energielos te beheersen. Door de geringe massa kan deze beheersing bovendien praktisch traagheidsloos en binnen een materiële structuur van zeer geringe afmetingen plaatsvinden. Daardoor zijn, in vergelijking met andere middelen, elektronische middelen:

- a) zeer snel: processen met een karakteristieke tijdsduur van 1psec (10^{-12} sec) zijn nog bestuurbaar;
- b) in staat tot het verwerken van zeer kleine signaalvermogens (tot in de orde van 10^{-14} à 10^{-15} W);
- c) zeer economisch, zowel ten aanzien van materiaal- als energieverbruik (bij de huidige stand van de techniek bedraagt het volume

van informatie met de omgeving in stand kunnen houden. Via specialisatie en diversificatie ontstaan gevarieerde structuren, waarmee bouwstenen voor grotere systemen ter beschikking komen.

Zo ontstaan biosystemen van toenemende complexiteit. Voor hun instandhouding zijn deze aangewezen op een effectief intern communicatiesysteem voor de uitwisseling van informatie en materie tussen de delen en op een uitgebreid 'informatiecontact' met de omgeving. De hiertoe benodigde infrastructuur kan slechts functioneel zijn als de hierbij betrokken hoeveelheden materie en energie klein zijn ten opzichte van de hoeveelheden materie en energie die bij het systeem als geheel zijn betrokken.

Bij het streven naar meer complexe systemen worden grenzen bereikt ten aanzien van de omvang van individuele entiteiten. Het indivi-

BIJLAGE 12

du moet in voldoende mate 'all-round' zijn om een zelfstandig bestaan te kunnen voeren. Een te grote omvang maakt het kwetsbaar en zo wordt een evenwicht bereikt bij een bepaalde complexiteitsgraad. Verdere verhoging van de complexiteit is dan aangewezen op de samenwerking van individuen door middel van taakverdeling.

Deze verdere evolutie naar toenemende complexiteit vraagt opnieuw versterking van de interne en externe informatiesystemen. Voor een succesvolle integratie geldt opnieuw de eis dat de benodigde infrastructuur zowel materieel als energetisch economisch moet zijn. De ontwikkeling van de op elektronische middelen gebaseerde informatietechniek past treffend in dit algemene beeld van een voortgaande evolutie. Dat het beschreven evolutiemechanisme gekenmerkt wordt door sprongwijze veranderingen, gevolgd door langdurige perioden van consolidatie, leidt tot de speculatie dat de 'Elektronische revolutie' in verband kan worden gebracht met zo'n springproces.

Zoals we hebben gezien is de elektronische informatietechniek inderdaad uitermate economisch zowel ten aanzien van materiaal- als energieverbruik. De voor de moderne elektronica belangrijkste elementen zijn silicium, zuurstof en aluminium, en deze behoren alle tot de meest overvloedig beschikbare elementen. In dit verband is het ook opvallend dat mag worden verwacht dat in de materiële communicatiekanalen van de nabije toekomst het thans overwegend gebruikte koper zal worden verdrongen door glas.

Grenzen van de groei: contouren nog niet in zicht

Vatten we nu het voorgaande samen, dan ontstaat het volgende beeld: de expansie van de elektronische techniek bereikt geen natuurlijk verzadigingspunt door volledige voorziening van een door haar gediende functie, daar steeds nieuwe functies worden gecreëerd of geannexeerd. Evenmin treedt verzadiging op door uitputting van grondstoffen of energiebronnen. Bovendien is er grond voor de speculatie dat de ontwikkeling van deze techniek past in een natuurlijk evolutieproces dat slechts tot volledige ontplooiing kan komen bij een inderdaad expansieve ontwikkeling van een daarin essentiële infrastructuur.

De vraag rijst welke factoren dan wel de groei zullen begrenzen. Essentiële limieten worden gesteld door de natuurkundige wetmatigheden die ten grondslag liggen aan de elektroni-

sche techniek. Voor het merendeel van de begrenzingen in deze categorie geldt dat ze op grote afstand liggen van de huidige technologische mogelijkheden.

Als voorbeeld: men kan de vraag stellen welke omvang een materiële structuur minstens moet bezitten om trefzeker een toestand te representeren die met één bit informatie overeenkomt. Het valt aannemelijk te maken dat zo'n structuur minstens enkele duizenden atomen moet omvatten. Als men bedenkt dat in een geïntegreerd circuit (IC) met hoge pakingsdichtheid een transistor nog een 10^{14} à 10^{15} atomen omvat, is het duidelijk dat op dit punt het voorland nog zeer groot is.

De huidige begrenzingen van de techniek der geïntegreerde schakelingen zijn niet van fysische, maar van technologische en van economische aard.

Deze twee aspecten hangen direct met elkaar samen. De technologie ontwikkelt zich zeer snel en er is geen enkele aanleiding tot de veronderstelling dat hieraan spoedig een einde zal komen. Daardoor verschuiven ook de door de economie bepaalde grenzen voortdurend. Elektronische producten die enkele tientallen jaren geleden technisch in principe verwezenlijkt konden worden, maar economisch niet haalbaar waren, zijn nu gemeengoed. De conclusie kan zijn dat het er niet naar uitziet dat technologische en economische factoren de groei spoedig zullen afremmen.

Zal verzadiging van behoeften spoedig zich doen kennen als een remmende factor? Dit is moeilijk te overzien. We stelden echter reeds vast dat de multi-functionaliteit van de elektronica haar min of meer onkwetsbaar maakt tegen behoeftenverzadiging.

Zullen dan wellicht politieke krachten grenzen gaan stellen aan de groei? Het tegendeel lijkt eerder het geval. In alle geïndustrialiseerde landen leeft het besef dat men zich sterk moet maken in deze sector, op straffe van groot prestigeverlies. De hierdoor opgeroepen competitie bevordert slechts de versnelde ontwikkeling van de techniek.

Met het voorgaande in gedachten kan men moeilijk tot een andere conclusie komen dan dat de grenzen van de groei hun contouren nog niet prijsgeven. Of men dit nu betreurt of niet, het heeft geen zin de ogen te sluiten voor deze werkelijkheid.

Het moge waar zijn dat het praten over de 'chip' en alles wat daaraan vastzit een modeverschijnsel is. Er is echter alle aanleiding dit modeverschijnsel niet al te vlót te onderdrukken. Het gaat om een proces met verstrekken- de gevolgen en daarmee om een zaak die ons allen aangaat.

Hoe moeten wij de toekomst tegemoet treden?

Aan de in het begin van dit artikel geformuleerde doelstelling: een poging tot analyse van het specifieke karakter van de 'Elektronische revolutie' is in het voorgaande inhoud gegeven.



Een afsluitend woord ter bezinning en een blik op de toekomst mag niet achterwege blijven.

Als het waar is dat er nauwelijks natuurlijke belemmeringen zijn voor zowel de omvang als de snelheid van de groei, dan is er alle reden de maatschappelijke consequenties hiervan onder ogen te zien. Zijn we niet bezig een steen te maken, die we zelf niet meer kunnen optillen? Hier geen natuurlijke grenzen zijn, hoe houden we dan de ontwikkeling onder controle? Als we te maken hebben met een evolutionaire sprong, dan is er zeker reden ons te bezinnen. Zo'n sprong mag weliswaar in de regel de start zijn van een nieuwe stabiele fase, de overgang als zodanig kan met grote dislocaties in het evoluerende systeem gepaard gaan. En als de veronderstelling van een evolutionaire sprong

overtrokken is, dan is dat toch nauwelijks een geruststelling.

Trachten de ontwikkeling tegen te houden is een zinloze onderneming. Niet alleen omdat dit onmogelijk is, maar ook omdat we ons daarmee een groot aantal wezenlijke bijdragen tot verhoging van de kwaliteit van het bestaan zouden laten ontgaan. Men denke slechts aan de reeds gerealiseerde en de vele nog te verwachten bijdragen van de elektronische techniek in de gezondheidszorg en aan de door haar bereikbaar wordende geperfectioneerde hulpmiddelen voor gehandicapten.

Wij zullen het echter moeten opbrengen om ons niet willoos te onderwerpen aan de loop der dingen. Het unieke van deze sprong in de evolutie is dat zij uit onszelf voortkomt en dat wij in principe over de macht beschikken haar

te sturen. Gezamenlijk zullen we moeten bouwen aan een samenleving waarin de nieuwe verworvenheden op zinvolle wijze hun plaats vinden en waarin aan negatieve ontwikkelingen van het technisch kunnen de pas wordt afgesneden.

Vergaande consequenties voor het onderwijs
Eén van de voorspelbare consequenties van de nieuwe techniek is dat thans in de samenleving gevraagde en gewaardeerde vaardigheden in betekenis zullen afnemen of zelfs overbodig worden, terwijl nieuwe vaardigheden op de voorgrond zullen treden. Dit betekent omscholing voor vele beroepsgroepen en vooral een op het nieuwe maatschappelijke milieu gerichte scholing van jonge mensen. Hiertoe is een vrij ingrijpende heroriëntatie van zowel het beroeps- als van het algemeen vormend onderwijs onmisbaar. Het is zaak hier ernst mee te maken en de daarbij rijzende problemen niet uit de weg te gaan. Het grootste probleem is de grote snelheid waarmee de veranderingen zich voltrekken. Deze problematiek is uitvoerig aan de orde geweest op het congres 'Chips en werk' op de Technische Hogeschool Twente in september 1979. Hier moge nog eens de constatering worden herhaald dat het aannemen van een afwachtende houding een toestand kan doen ontstaan waarin velen buiten spel komen te staan. Dit leidt tot de opkomst van een nieuw onmondig maatschappelijk proletariaat en

een nieuwe maatschappelijke elite die het in feite voor het zeggen heeft, omdat zij beschikt over de kennis van en het inzicht in de door de nieuwe techniek beheerste structuren.

Kloof met Derde Wereld

Er behoeft niet aan te worden getwijfeld dat zo'n als uitgesproken negatief te beoordelen simistisch, en niet geheel zonder reden. Laten we anderzijds de positieve indicaties niet over het hoofd zien. Nederland heeft in de ontwikkeling van de elektronica een relatief belangrijke rol gespeeld. Het soort denken dat past bij dit vak, ligt ons vrij goed. Wij beschikken over een groot industrieel potentieel op dit terrein.

Nederland is bovendien door zijn centrale ligging eeuwenlang een ontmoetingspunt geweest van uiteenlopende culturen. Het Nederlandse volk is er steeds in geslaagd in dit culturele en maatschappelijke samentreffen een synthese tot stand te brengen onder behoud van een herkenbare identiteit. Een belangrijke factor daarin is wellicht het hooghouden van een eigen taal geweest.

Het moet ons een grote inspanning waard zijn: een voortrekkersfunctie in te nemen in de groei naar nieuwe structuren. Echter, noch ontwikkeling, kan worden voorkomen in een land dat over een hoog ontwikkeld onderwijsstelsel beschikt. Dit vraagt wel een grote en bewuste inspanning. Veel somberder ziet het er uit voor de minder ontwikkelde landen. Hoe

kan worden voorkomen dat de nieuwe technologie de kloof tussen ontwikkelde en minder ontwikkelde volken zal verbreden? Een internationale inspanning, gericht op het bezweren van dit gevaar, is hier geboden. We zullen de ontwikkeling zo moeten beïnvloeden en beheersen dat de nieuwe technische verworvenheden zullen uitmonden in een daardoor mogelijk gemaakte mondiale samenleving, die meer moet inhouden dan de coëxistentie (het naast elkaar bestaan) waarmee wij thans genoegen nemen.

Kan Nederland in dit proces een vooraanstaande rol spelen? Velen zijn op dit punt pes het handhaven van onze economische positie, noch het handhaven van onze culturele positie, zullen vanzelf gaan. Nog minder is het verwerven van een internationale toonaangevende plaats een vanzelf verloopend proces. De publieke discussie over de gevolgen van de 'Elektronische revolutie', om dit woord nog eens te gebruiken, is in Nederland laat op gang gekomen. Laten we hopen dat het niet te laat is, en de uitdaging aanvaardt.

Suggesties voor verder lezen

Dr. J. J. G. M. van Boeckel, De opmars van de micro-elektronica is begonnen, maar Nederland slaapt nog: 'TNO Project' nr 7/8, 1978, blz. 261-266.

Congresboek 'Chips en werk'; TH Twente 1979.

Drs. W. J. van Gelder, De gevolgen voor de werkgelegenheid van de opmars van de 'chip'; 'TNO Project' nr. 4, 1979, blz. 154-157.

Defensie-opdrachten als drijfveer van de ontwikkelingen in de elektronica ?

door Ir. M.W. van Batenburg en Ir. F.J. van Hutten.
uit TNO-PROJECT 1980-1.

verkort

b. Ultrakortegolf zend-ontvanger.

In 1934 werd begonnen met het onderzoek, dat in 1936 leidde tot een prototype dat werkte op een frequentie van 200 MHz en draagbaar was. De resultaten waren zo goed, dat het toestel door de Nederlandsche Seintoestellen Fabriek (NSF te Hilversum, later PTI) in productie werd genomen. Het verrichtte goede diensten tijdens de oorlogsdagen in mei 1940.

c. Elektrisch luistertoestel (later radar geheten)

Bij proeven in 1939, op de grens van de werkingssfeer van de hiervoor genoemde draagbare zend-ontvang-radiotoestellen op 240 MHz, hoorde men enkele malen het zeer zwakke signaal van de zender afwisselend harder en zachter, alsof er interferenties waren in de orde van een seconde. Kraaien en meeuwen, vliegend in de buurt van de ontvanger, leken de oorzaak te zijn. De vogels reflecteerden dus de golven. Vervolgens kreeg een

vliegtuig de opdracht van Leiden naar Hoek van Holland, heen en weer steeds over Waalsdorp, te koersen. Het interferentie-effect en de reflecties waren zeer duidelijk. Uit deze waarnemingen werden twee conclusies getrokken:

- als de reflectie waarneembaar is tussen op onderlinge afstand opgestelde zender en ontvanger, is wellicht ook detectie mogelijk als zender en ontvanger op dezelfde plaats staan, mits de nodige afscherming mogelijk is;
- als zendimpuls gebruikt worden moet het mogelijk zijn de tijd te bepalen tussen het uitzenden en ontvangen van de impuls, waaruit dan de afstand van het gedetecteerde object volgt.

De eerste Nederlandse radar

Vrijwel het voltallige personeel van het laboratorium nam deel aan de research aan deze Nederlandse radar tussen 1936-1940. Zendbuisen voor hoge frequenties bestonden praktisch niet. Met de beschikbare buizen ('appellampen') kon een hoogste frequentie van 425

MHz, nodig in verband met het beperken van de afmetingen van de Yagi antennesystemen, bereikt worden.

Men was geheel onkundig van het feit dat in andere landen ook aan dit onderwerp gewerkt werd, met name in Engeland, de Verenigde Staten en ook in Duitsland. Het departement van defensie stemde ermee in, dat terwijl de research nog voortduurde reeds een begin gemaakt werd met een ontwikkelingsserie bij de Nederlandse Seintoestellen Fabriek (NSF). Er ontstond een zeer vruchtbare samenwerking, zodat in april 1940 twee toestellen uit de serie gereedkwamen. In mei 1940 stond er één op het dak van het laboratorium en één op het Malieveld in Den Haag bij een paar mitrailteurs.

Beide toestellen en alle gegevens werden vernietigd vóór de capitulatie, maar onderdelen van twee andere prototypen werden via IJmuiden naar Engeland verscheept. Prof. jhr. ir. J. L. W. C. von Weiler (later directeur van het Laboratorium voor Elektronische Ontwikkelingen voor de Krijgsmacht TNO; LEOK-TNO) en ir. M. Staal (later President-

BIJLAGE 12

directeur Hollandse Signaalapparaten) vertrokken met het tekeningendossier uit de haven van Scheveningen. In Engeland werkten zij, gedurende de oorlog, intensief met de Engelsen samen. De onderdelen werden in Engeland tot toestellen samengebouwd die op Hr. Ms. 'Isaac Sweers' werden geïnstalleerd en later met dit schip in de Middellandse Zee ten onder zijn gegaan.

Engeland bleek dat de Nederlandse ontwikkeling bij de Engelse vóór was op het gebied van impulstechniek, maar daarentegen achter was op de gecombineerde zend- en ontvangantenne, doordat de Engelsen met hun multicavity magnetron tot kleinere golflengten konden komen, met hoge piekvermogens in de zender.

De beschikking over deze buis heeft vooral in de laatste helft van de oorlog de geallieerden een grote technische voorsprong gegeven. Na het oorlogseinde keerde het militaire personeel, dat vanuit Engeland dienst had gedaan, terug naar Nederland en bracht een aanzienlijke hoeveelheid kennis op radargebied met zich mede. Daarnaast werd van Amerikaanse en Engelse zijde zeer veel gepubliceerd. Beide factoren hebben ertoe bijgedragen, dat de Nederlandse industrie, werkend aan defensie-achten, snel de in de oorlog opgelopen technische achterstand kon inhalen en reeds omstreeks 1955 op radargebied internationaal een goede naam had. In deze periode werd het Laboratorium voor Elektronische Ontwikkelingen voor de Krijgsmacht, nu LEOK/TNO geheten, door de Koninklijke Marine opgericht en heeft naast andere werkzaamheden de radarproductie bij de industrie intensief begeleid.

Digitale rekentechniek: in eerste instantie ontwikkeld voor militaire doeleinden

Na de oorlog werd het Fysisch Laboratorium in 1947 een onderdeel van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO. Zeer veel werk werd sindsdien verricht op het gebied van elektronica, maar binnen het kader van dit artikel kan als voorbeeld het best de elektronische digitale rekentechniek genoemd worden.

Na de research in de jaren 1947-1950 werd als eerste digitaal apparaat voor gebruik te velde een elektronische tijdmetrator gebouwd, bestemd voor de Commissie van Proefneming van de Koninklijke Landmacht ten behoeve van snelheidsmeting van projectielen. Het apparaat bepaalde, tot in microseconden nauwkeurig, het tijdsinterval waarin een projectiel

een nauwkeurig bekend meettraject aflegt.

Een tweede toepassing van de digitale techniek was een apparaat (DICO), bestemd voor plaatsing aan boord van een onderzeebootjager. Dit apparaat bepaalde, in combinatie met een sonarinstallatie, de diepte van een vijandelijke onderzeeboot met inachtneming van temperatuur- en drukgradiënten in het zeewater, die een buigend effect hebben op geluidsbanen. Naast het eigenlijke rekengedeelte kwam hier, zoals ook in alle latere vuurleidingsapparatuur, het probleem aan de orde van de invoer van waarnemingsgegevens in het rekentoestel. Vooral hoekgegevens, zoals bijvoorbeeld de momentele richting van een waarnemingstoestel, zijn veel voorkomende input-gegevens. De omzetting van de continue variabele (analoge) hoekwaarde in een discrete (digitaal) getal vereiste een analoog/digitaalomzetting. Op het laboratorium werd daartoe een belangwekkende vinding gedaan. Daarbij wordt op de as, waarvan de afstand regelmatig moet worden afgelezen, een glazen codeschijf gemonteerd. Aan de buitenrand van de schijf is langs fotografische weg een reeks radiaal gerichte binaire getallen gecodeerd (zwart = 0, doorschijnend = 1), die de hoek ter plaatse of een goniometrische verhouding daarvan aangeven. Met behulp van een daartoe geschikt optisch afleessysteem kan de hoekwaarde, op commando vanuit het rekenapparaat, op elk gewenst moment worden afgelezen. Van de genoemde DICO zijn twee laboratoriummodellen gebouwd en met

gunstig resultaat aan boord beproefd.

Digitale vuurleidingsapparatuur

Intussen was bij de NV Hollandse Signaalapparaten te Hengelo ook belangstelling ontstaan voor digitale uitvoering van vuurleidingsapparatuur. De op het Fysisch Laboratorium TNO verkregen know-how werd toen, te zamen met de gegevens van de tweede DICO, aan de NV Hollandse Signaalapparaten overgedragen voor produktiedoeleinden. Inmiddels was in 1953 een begin gemaakt met een laboratoriummodel van een digitale torpedovuurleiding voor gebruik in onderzeeboten. Ofschoon de bouw en eveneens de beproeving aan boord succesvol verliepen oordeelde de marineleiding het nog te vroeg om deze vrij complexe apparatuur, met meer dan zeshonderd elektronenbuizen, industrieel te doen produceren voor toepassing in onderzeeboten. De principiële mogelijkheden waren echter duidelijk naar voren gekomen. Toen dan ook omstreeks 1955 de transistor beschikbaar kwam en op het laboratorium reeds vroeg een serie betrouwbare digitale bouwelementen in transistoruitvoering ontwikkeld was, viel in 1956 de beslissing tot de bouw van een torpedovuurleiding, dit keer bestemd voor onderzeebootjagers.

In 1956 was inmiddels een ander project gestart onder de naam DIPHYSA. Dit betrof een vuurleiding voor 90 mm luchtdoelgeschut, met als waarnemingsmiddel een radar. Het project werd gezamenlijk met de NV Holland-

'n Zwarte bladzijde uit de Nederlandse geschiedenis

1795. De Franse brigade-generaal Pichegru valt de Republiek der Verenigde Nederlanden binnen. Onze kinderen leren zo iets nog op school. Hardop worden wij er wel aan herinnerd dat de vrijheid van toen een kwetsbaar stukje was.

Ach, dat is allemaal al zo lang geleden zult u zeggen. Inderdaad. Maar 10 mei 1940 dan? Een 'plotselinge' overmacht uit de lucht en op de grond voegt vijf zwarte jaren toe aan de Nederlandse geschiedenis. Daarom ons nee, nee en nog eens nee. Wij van Signaal, maken apparatuur om zo'n verrassend 'plotseling' te voorkomen.

Om zodoende het beste wat we hebben met het beste te verdedigen. Elektronische wondertechnieken die de vrijheid niet in slaap laten sukkelen. En een gewaarschuwd land telt voor twee.

Onze klanten zijn regeringen. En onze produkten verdedigings-systemen. Radars. Computers. Kortom, delicaat elektronisch gereedschap dat de vrijheid ogen en oren geeft. Zodat wij rustig kunnen gaan slapen.

Daarnaast leveren we ook havenradarsystemen. En uiterst gevoelige apparatuur, waarmee moderne luchthavens (Schiphol heeft 't) dag en nacht de bewegingen en veiligheid van honderden in- en uitgaande vliegtuigen regelt.

De wereld kent ons.

Hollandse Signaalapparaten BV. Ons bedrijf is gevestigd in Hengelo. Rustig en mooi stukje van Nederland. Dat willen we graag zo houden. U toch ook?



SIGNAAL





Voor defensiedoeleinden ontwikkeld, benut voor civiele toepassingen zoals de ruimtevaart.

se Signaalapparaten uitgevoerd, met financiële steun van het Amerikaanse Mutual Weapons Development Team. Deze steun werd verkregen omdat digitale uitvoering van vuurleiding tot dan toe in de Verenigde Staten onbekend was, zodat daar veel belangstelling voor de resultaten bestond. Het project was omstreeks 1958 gereed. Het exploreren van toepassingsmogelijkheden van elektronische digitale apparatuur op het gebied van vuurleiding door het zelf bouwen van proefmodellen was daarmee wel voltooid. De know-how werd aan de NV Hollandse Signaalapparaten overgedragen en de verdere vervaardiging van vuurleidingsapparatuur lag daarmee duidelijk op het terrein van de industrie.

Digitale rekentechniek ook voor vele andere doeleinden

Overigens was in de jaren vijftig reeds gebleken dat de digitale rekentechniek zich niet uitsluitend leende voor vuurleiding, maar ook

voor vele andere doeleinden. Digitale schakelingen namen ook een steeds belangrijkere plaats in een aantal projecten in. Deze ontwikkeling werd nog versterkt door de komst van de geïntegreerde schakeling omstreeks 1965, die terecht aangeduid werd als een derde generatie van digitale schakelingen na de uitvoeringen met elektronenbuizen (eerste generatie) en transistors (tweede generatie). Door deze ontwikkeling bleef de digitale techniek niet langer beperkt tot rekenapparatuur, maar ging de rol vervullen van een algemeen bruikbare techniek.

Een voorbeeld daarvan is de grote hoeveelheid digitale schakelingen in een experimenteel radarsysteem, waarin de richting van de antennebundel geheel elektronisch wordt gestuurd. Aan die schakelingen, waarbij ook de miniaturisatie een grote rol speelde, is na de periode van de vuurleidingen zeer veel werk verricht. Geleidelijk is er gedurende de jaren zeventig een verschuiving opgetreden.

Van 'hardware' naar 'software'

Waar voordien alle apparatuur gebouwd werd

in de vorm van 'hardware', wordt nu direct na de sensoren het analoge signaal omgezet in een digitaal signaal en ingevoerd in één of meer computers en wordt de signaalverwerking geheel digitaal uitgevoerd. Daarbij biedt vooral de steeds verder doorgevoerde (micro) miniaturisatie mogelijkheden die vroeger niet bestonden. Hiervoor zijn twee redenen te noemen: de grote reductie in afmetingen en de nog veel grotere vermindering van het energieverbruik. De problemen zijn echter nu hoofdzakelijk komen te liggen bij de programmering, wat ook een grote verschuiving van de deskundigheid van het personeel nodig heeft gemaakt, van bouwers van 'hardware' naar ontwikkelaars van 'software'.

In feite kan momenteel praktisch aan elke wens van een opdrachtgever op het gebied van elektronica worden voldaan. De mogelijkheid tot uitvoering wordt echter bepaald door de beschikbaarheid van mankracht en financiën.

Geheugenmedium

Opslagvermogen in bytes of tekens

Menselijk brein	125 000 000 000 000 000
Amerikaanse staatsarchieven	12 500 000 000 000 000
IBM 3850 magneetstrip	250 000 000 000 000
Phillips beeldplaat	2 500 000 000 000
Encyclopaedia Britannica	1 250 000 000 000
Magneetband	100 000 000 000
Magneetschijf	317 000 000
Floppy disk	2 500 000
Dik boekwerk	1 300 000
64 K VLSI-geheugenchip	8 192
Ponskaart	80

wij staan
nog voor!

BIJLAGE 13

COMPUTER PROGRAMMA'S VOOR COMMODORE C64

Geheugenscope

Dit programma passend bij ADC 7574 KN is nog in ontwikkeling. Een voorlopige versie, werkend met SIMON'S BASIC en een machinetaal is verkrijgbaar. Eerst moet dan "SIMON" worden ingelezen. Na "RUN" kan "SKOOP" worden ingelezen. Meetsnelheid 56000 metingen per s.

Ingangsniveau regelbaar.

Aan een volledig machinetaal programma met meer mogelijkheden wat betreft meetsnelheid en weergave van resultaten op het scherm wordt nog gewerkt.

Stuurprogramma stappenmotor

```

1 REM MOTORSTURING S DD 2/8/84
2 REM AUTEUR EH/COMPLON
9 PRINT " "
10 PRINT "ISTUURPROGRAMMA VOOR EEN STAPPENMOTOR"
11 PRINT " "
20 DIM RICHT(5),TB(5),DT(5),TT(5)
30 PRINT
31 PRINT"DIT PROGRAMMA SLUIT AAN BIJ HET PLOM          THEMA ELEKTRONICA"
32 PRINT"PARAGRAAF 6.5 AUTOMATISCH BESTUREN"
33 PRINT"AKTIVITEIT 4":PRINT
34 INPUT "VERDER MET <RETURN>":A$:PRINT "J"
35 PRINT"DE MOTOR KAN VIJF DEELBEWEGINGEN MAKEN."
36 PRINT"VOOR ELK DEEL MOET JE OPGEVEN : "
37 PRINT"DE TIJD TUSSEN TWEE STAPPEN, MINIMAAL 0,01 - MAXIMAAL 60 S."
38 PRINT"DE TOTALE TIJDSDUUR VAN EEN ONDERDEEL, VAN 0,1 TOT 60 S."
39 PRINT"EN DE DRAAIRICHTING, WAARVOOR JE 0 OF 1 IN MOET TOETSEN."
40 PRINT
41 PRINT "ALS JE WILT DAT DE MOTOR EVEN STILSTAAT MOET JE STAPTIJD >TOTAAL
42 PRINT "MAKEN."
44 PRINT "WIL JE NIET MEER FASES GEBRUIKEN VUL DAN VERDER NULLEN IN."
45 PRINT
46 FOR I=1 TO 5
50 PRINT "FASE":I
60 INPUT "DE TIJD TUSSEN TWEE STAPPEN: ";TUTS
65 DT(I)=INT(TUTS*60)
70 INPUT "DE TOTALE TIJDSDUUR: ";TOT
75 TT(I)=INT(TOT*60)
80 INPUT "DE DRAAIRICHTING: ";RICHT(I)
90 NEXT I
100 PRINT
115 PRINT
120 INPUT "MOETEN WE BEGINNEN (J/N)":ANT$
130 IF ANT$="J" THEN GOTO 500
140 PRINT
141 PRINT"STAPTIJD    TOTAALTIJD    DRAAIRICHTING"
150 FOR I=1 TO 5
160 PRINT "    ";DT(I)/60;"    ";TT(I)/60;"    ";RICHT(I)
170 NEXT I

```

BIJLAGE 13

```

180 PRINT
190 PRINT "WIL JE DE OPDRACHT NOG VERANDEREN (J/N)": INPUT ANT$
200 IF ANT$="J" THEN GOTO 45
210 GOTO 120
500 POKE 56579,255
505 PRINT "EIND LOOPTIJD  AFSTAND RECHTSOM"
510 PRINT "FASE      IN S      IN STAPPEN"
515 S=0:TB(0)=TI
516 REM DE BEGINSITUATIE VAN DE MOTOR IS INGESTELD
520 FOR I=1 TO 5
525 T=TI: TB(I)=TI      : REM BEGINSITUATIE VAN EEN FASE
530 IF RIGHT(I)=1 THEN 600
535 IF DT(I)>TT(I) THEN 580 : REM CHECK STILSTATNND
540 IF TICT+DT(I) THEN 540 : REM CHECK STARTIJD
550 T=TI:      REM DE STARTIJD WORDT GENOTEERD
560 POKE 56577,64: POKE 56577,0
570 S=S+1:      REM ER IS EEN STAP RECHTSOM GEZET
580 IF TICT(TB(I)+TT(I)) THEN 540
590 PRINT      I,INT((TI-TB(0))/60),S
595 IF I=5 THEN 700 : REM CHECK LAATSTE FASE
596 NEXT I
600 IF DT(I)>TT(I) THEN 650: REM IDEM VOOR LINKSOM DRAAIEN
610 IF TICT+DT(I) THEN 610
620 T=TI
630 POKE 56577,65: POKE 56577,1
640 S=S-1:      REM BEWEGING IS TEGENGESTELD
650 IF TICT(TB(I)+TT(I)) THEN 600
660 PRINT      I,INT((TI-TB(0))/60),S
665 IF I=5 THEN 700
670 NEXT I
700 PRINT
710 PRINT "DE MOTOR EN IK HOPEN DAT JE TEVREDEN      BENT."
720 PRINT "WIL JE DEZE BEWEGING NOG EENS ZIEN (J/N)": INPUT ANT$
730 IF ANT$="J" THEN 505
740 PRINT "WIL JE ONS EEN NIEUWE OPDRACHT GEVEN      (J/N)": INPUT ANT$
750 IF ANT$="J" THEN GOTO 35
760 END

```

BIJLAGE 13

Sneldraaiprogramma stappermotor

```
1 REM STAPPENMOTOR SNELDRAAIPROGRAMMA
2 REM DD 18/10/84
3 REM EEN COMPLAN PROGRAMMA
4 REM AUTEUR EH.
8 PRINT "J"
9 PRINT " "
10 PRINT " | SNELDRAAIPROGRAMMA STAPPENMOTOR | "
11 PRINT " | "
12 PRINT
13 PRINT "DIT PROGRAMMA SLUIT AAN BIJ HET PLON"
14 PRINT "THEMA ELEKTRONICA"
15 PRINT "PARAGRAAF 6.5 AUTOMATISCH BESTUREN."
16 PRINT "AKTIVITEIT 5":PRINT
17 INPUT "VERDER MET <RETURN>";A$
18 PRINT "J"
20 PRINT "WAT IS DE HOOGSTE SNELHEID DIE EEN"
21 PRINT "STAPPENMOTOR KAN BEREIKEN INDIEN DE"
22 PRINT "STURING DOOR EEN BASIC PROGRAMMA"
23 PRINT "WORDT GEREGLD ?"
24 PRINT "DE MOTOR KRIJGT 1500 PULSEN TOEGESTUURD"
25 PRINT "IN ZO KORT MOGELIJKE TIJD."
26 PRINT "MEET DEZE TIJD MET EEN STOPWATCH."
27 PRINT
28 INPUT "DRUK<RETURN> IN OM TE STARTEN";A$
30 FOR I=1 TO 1500
35 POKE 56577,64: POKE 56577,0
40 NEXT I
42 PRINT "J"
45 PRINT "CONTROLEER HOEVEEL STAPPEN DE MOTOR"
46 PRINT "WERKELIJK HEEFT GEZET."
47 PRINT
48 PRINT "BEREKEN DE DRAAISNELHEID IN STAPPEN/S"
49 PRINT "EN VERGELIJK DIT MET DE MAXIMUM"
50 PRINT "SNELHEID DIE JE MET DE TOONGENERATOR"
51 PRINT "HEBT BEREIKT." :PRINT
55 INPUT "WIL JE DE BEWEGING HERHALEN (J/N) ";ANT$
60 IF ANT$="J" THEN 28
64 PRINT "J"
65 END
```

READY.

Sam/Reciter en Say It

Met deze programma's kun je de computer een ingetypte tekst laten uitspreken. Ik heb het al twee keer gehoord, maar het lukt me zelf nog niet. Nadere instructies volgen dus separaat.

MIRJAM DE KLERK
onderzoeksassistente PLON, Utrecht

Elektronica in natuurkundelessen voor HAVO en VWO

Hoe denken leerlingen daarover?

Met dit artikel wil ik een bijdrage leveren aan de discussie over micro-elektronica binnen het vak natuurkunde op HAVO/VWO.

Vooraf wordt een aantal argumenten genoemd, waarom elektronica-onderwijs belangrijk is. Er is echter nog weinig bekend over het denken van leerlingen met betrekking tot micro-elektronica.

Er zijn twee deelonderzoeken gedaan. Het eerste betreft een onderzoek bij vierde en vijfde klas leerlingen (HAVO en VWO) voordat ze aan een lessenserie over elektronica beginnen. Wat is hun voorkennis (en beeld) van elektronica? En hoe groot is hun interesse daarin? De veronderstelling dat met name meisjes minder voorkennis hebben en wellicht minder interesse vertonen is onderzocht.

In het tweede onderzoek, na de lessenserie gehouden, is nagegaan in hoeverre de factoren interesse, voorkennis en geslacht van invloed zijn op de mening van leerlingen over de leerzaamheid van de lessenserie

Waarom elektronica in het natuurkunde-onderwijs?

Op dit moment zullen er nog maar weinig mensen zijn die het toenemend belang van micro-elektronica voor onze samenleving ontkennen. Op gebieden als communicatie en informatieverwerking hebben ontwikkelingen niet alleen geleid tot verbeteringen van bestaande functies, maar ook tot totaal nieuwe toepassingen. In ons dagelijks leven worden we in een hoog tempo geconfronteerd met producten waarin micro-elektronica is toegepast. Als men in het onderwijs niet achter wil blijven bij de maatschappelijke ontwikkelingen, lijkt het niet onlogisch leerlingen kennis te laten maken met enkele achtergronden van de micro-elektronica. Naast dit maatschappelijke argument, met als doel een bredere kijk bij leerlingen te bewerkstelligen wordt door prof. dr. ir. J. Davidse (met het oog op een goede voorbereiding op het beroepsonderwijs) een tweetal belangrijke argumenten genoemd (1):

- door de grote verscheidenheid in de vele toepassingen van elektronica verliezen sommige vaardigheden hun belang en worden nieuwe vaardigheden belangrijk, zoals algoritmisch denken en het vermogen om allerlei processen in kwantitatieve zin te beschrijven;
- indien apparaten verschillende functies gaan vervullen is meer kennis van zaken noodzakelijk. Bijvoorbeeld de samenhang

tussen de verschillende manieren, waarop informatie gecodeerd en gepresenteerd kan worden.

Afgezien van wat vaste-stof-fysica (halfgeleider, diode) zijn leer-inhoudten rond micro-elektronica niet opgenomen in de natuurkunde-examenlijst voor HAVO. Wel zijn er ontwikkelingen binnen het natuurkunde-onderwijs die daarin veranderingen kunnen brengen. Onlangs heeft de minister van O&W een werkgroep ingesteld die met voorstellen voor een herziening van de examenprogramma's MAVO, HAVO en VWO moet komen. De Adviescommissie voor Leerplanontwikkeling Natuurkunde constateert (2) een verschuiving, waarbij natuurkunde meer dan voorheen geplaatst wordt in het kader van techniek en samenleving. De toepassing van natuurkunde in de micro-elektronica is duidelijk zo'n punt waar natuurkunde, techniek en samenleving elkaar raken. Binnen deze ontwikkelingen is het zinvol na te denken over een nadere invulling van elektronica binnen natuurkunde.



Hoe denken leerlingen over elektronica?

Momenteel is er nog maar weinig ervaring opgedaan met elektronica in het natuurkundeprogramma voor HAVO en VWO. Er is dan ook weinig bekend hoe leerlingen staan tegenover elektronica en hoe zij eventuele lessen hierover waarderen. De mogelijkheid om daar meer informatie over te vergaren, werd geboden toen op een aantal scholen het PLON-thema ELEKTRONICA (3) werd gebruikt. Rond dit thema is een onderzoek (4) bestaande uit twee delen, opgezet om na te gaan welke voorkennis en interesse bij leerlingen (zowel jongens als meisjes) aanwezig zijn en in welke mate deze factoren van invloed zijn op de beleving van de lessenserie over elektronica.

Bij het eerste onderzoek (vervolgens vooronderzoek genoemd) zijn we geïnteresseerd in de volgende vragen:

- a) welke ideeën leven bij leerlingen over de invloed van elektronica op de samenleving;
- b) wat zijn de ervaringen van leerlingen met elektronica, wat weten ze er al van;
- c) hoe groot is de interesse bij leerlingen om met elektronica tijdens de natuurkundelessen bezig te zijn?

Het tweede onderzoek, in het vervolg natuurkunde-onderzoek genoemd, gaat na hoe de leerlingen de lessen qua leerzaamheid en moeilijkheid beleefd hebben.

In toenemende mate wordt er gepleit om meer meisjes te betrekken bij natuurkunde-onderwijs (NVON-werkgroep Meisjes en Natuurkunde, het MENT-project en de huidige staatssecretaris van onderwijs (5)). Binnen dit kader is onderzocht of mogelijke aanvangsverschillen tussen jongens en meisjes de beleving van de lessen beïnvloedt.

Meningen over elektronica en samenleving

Uit het vooronderzoek blijkt dat alle leerlingen, zowel jongens als meisjes, op veel terreinen positieve invloeden van elektronica op de samenleving onderkennen:

BIJLAGE 14

Werkvormen	HAVO				VWO			
	positief tot zeer positief jongens	positief tot zeer positief meisjes	negatief tot zeer negatief jongens	negatief tot zeer negatief meisjes	positief tot zeer positief jongens	positief tot zeer positief meisjes	negatief tot zeer negatief jongens	negatief tot zeer negatief meisjes
lezen/bestuderen	9 %	14 %	40 %	32 %	15 %	17 %	43 %	27 %
video, film bekijken	50 %	55 %	14 %	14 %	32 %	67 %	10 %	17 %
schakelingen maken	45 %	27 %	7 %	14 %	53 %	27 %	13 %	23 %
sommen maken	15 %	10 %	40 %	44 %	11 %	10 %	45 %	47 %
tentoonstelling maken	6 %	10 %	58 %	51 %	6 %	13 %	60 %	33 %
uitleg leraar luisteren	20 %	18 %	29 %	34 %	13 %	10 %	28 %	47 %
proeven doen	62 %	63 %	6 %	8 %	70 %	57 %	—	7 %

Tabel 3

Wat leerlingen vinden van verschillende werkvormen

film bekijken" en „schakelingen maken". Er bleek daarbij geen significant verschil te bestaan tussen jongens en meisjes bij de HAVO. Tot onze verbazing blijkt dit wel het geval te zijn voor VWO: meisjes kijken liever naar video en film, terwijl jongens schakelingen willen maken.

Enkele ervaringen met elektronica-onderwijs

Op een aantal scholen is ervaring opgedaan met het thema ELEKTRONICA voor de 5e klas HAVO. Voordat we ingaan op die ervaringen, allereerst een korte beschrijving van het thema, daar de inhoud veel verder gaat dan het geldende HAVO-programma.

Het thema begint met een brede oriëntatie: waar komen we elektronische apparaten tegen, waarvoor worden ze gebruikt en waarom. Vervolgens wordt er een schets gegeven van de ontwikkelingen binnen de elektronica en haar toepassingen. Daarna maakt de leerling kennis met de belangrijkste componenten en hun toepassingen in enkele eenvoudige schakelingen, waarbij ook eigenschappen van halfgeleiders ter sprake komen. Fysische en technische aspecten komen aan de orde bij de vervaardiging van IC's en bij een aantal elektronische functies zoals informatie-opslag, modulatie en digitaliseren. Het thema wordt afgesloten met een keuzeperiode. Door middel van het na-onderzoek (6) is nagegaan hoe de leerlingen het thema beleefd hebben:

- vonden ze het thema interessant, leerzaam, moeilijk of makkelijk?
- wat vonden ze vooral de moeite waard?

Resultaten

De leerlingen hebben het thema in het algemeen gesproken erg positief gewaardeerd. Ongeveer 70 % van de leerlingen heeft de lessen interessant en leerzaam gevonden, 60 % geeft aan dat de leerstof goed buiten de school kan worden gebruikt (een percentage dat in vergelijking met andere PLON-thema's erg hoog is). Toch vinden de leerlingen het thema beslist niet gemakkelijk, wat blijkt uit de

volgende cijfers: 71 % geeft te kennen dat het thema (nogal) moeilijk is, slechts 7 % vindt het erg gemakkelijk en 21 % nogal gemakkelijk.

Veel waardering tonen de leerlingen voor:

- componenten en schakelingen (97 %);
- miniaturisatie in de elektronica (97 %);
- elektronische functies (87 %).

We zien hierin dat ook de leerlingen de koppeling tussen natuurkunde (eigenschappen van transistoren, halfgeleiders), techniek (fabricage van IC's) en samenleving (de toepassingen) waarderen.

Kijken we naar de, door de leerling aangegeven, leerervaringen dan blijkt de *transistor* (toepassingen, de werking), *IC's* (globale omschrijving, de fabricage) en *halfgeleiders* (eigenschappen) de belangrijkste leerervaringen te zijn. Minder vinden de leerlingen geleerd te hebben van elektronische functies (modulatie, digitaal-analoog omvorming, elektronisch geheugen). Geconcludeerd kan worden dat uiteindelijke leerervaringen aanzienlijk verschillen van de oorspronkelijke verwachtingen van leerlingen. Toch waarderen zij het thema positief!

Invloed van voorkennis en interesse

Omdat bij de HAVO-leerlingen blijkt dat bij aanvang van de lessen de meisjes minder over dit onderwerp weten en iets minder geïnteresseerd zijn (zie tabel 2), is nagegaan in welke mate dit van invloed is op de belevingsaspecten van de lessen. We vinden dat deze aanvangsverschillen geen invloed hebben op de leerzaamheidsbeleving van het thema. Met andere woorden, het feit dat je een meisje bent en minder weet van elektronica leidt er niet toe dat je de lessen minder leuk, minder interessant en minder leerzaam vindt. Wel blijkt (en dat is niet verwonderlijk) dat naar mate je minder voorkennis hebt (en dat geldt dus ook voor een aantal jongens) van elektronica, je het thema als moeilijker ervaart.

Conclusies

Uit beide onderzoeken blijkt dat er ook

bij HAVO- en VWO-leerlingen voldoende aanknopingspunten zijn om aandacht te besteden aan de fysische aspecten van micro-elektronica. Er is voldoende motivatie aanwezig om met dit onderwerp bezig te zijn. Ook blijkt dat, ondanks verschillen in interesse, ervaring en verwachtingen, het onderwerp zo aangeboden kan worden dat het door zowel meisjes als jongens leerzaam en interessant gevonden wordt.

Voetnoten

1. „Micro-elektronica en het onderwijs" in *Weekblad van het Nederlands Genootschap van Leraren*, 13e jrg., nr. 21, jan. 1981.
2. Het voorstel *Examenprogramma natuurkunde voor MAVO* van ACLO-N, hfdst. 2, juni 1983.
3. Betreft eerste versie thema; voor een aantal concrete beschrijvingen van onderwerpen en activiteiten verwijzen we de lezer naar *Faraday* 51 (1982), 189-193.
4. Aan dit onderzoek namen 5 scholen deel, waarbij 158 5-HAVO- en 87 4-VWO-leerlingen de enquête invulden. Volledige beschrijving van onderzoeksvragen en resultaten in *Elektronica, een verslag van het onderzoek naar beeldvorming, interesse en ervaringen van leerlingen*, Mirjam de Klerk, juni 1983; verkrijgbaar bij PLON, Lab. Vaste Stof, Postbus 80.008, 3508 TA Utrecht.
5. In haar toespraak bij de installatie van de Werkgroep Eindexamenprogramma's Natuurkunde sprak mevvr. N. J. Ginjaar-Maas de wens uit dat „de WEN vooral aandacht moet besteden aan de onterechte beeldvorming, dat natuurkunde een bij uitstek 'mannelijk' vak is" (*De Uitleg Krant*, 5 jrg., nr. 219, juni 1983).
6. Aan dit onderzoek deden dezelfde HAVO-leerlingen mee als aan het eerste onderzoek, zij het een paar maanden later. Verslag hiervan, zie voetnoot 3.

Tabel 2
Overzicht van de antwoordpercentages

	HAVO		VWO	
	jongens	meisjes	jongens	meisjes
zeer geïnteresseerd	18 %	4 %	46 %	7 %
geïnteresseerd	57 %	69 %	40 %	67 %
geen mening	21 %	19 %	12 %	27 %
ongeïnteresseerd	3 %	6 %	2 %	—
zeer ongeïnteresseerd	1 %	2 %	—	—

naast economische vooruitgang noemen leerlingen ook vooruitgang op het gebied van communicatie, geluidsweergave, informaticopslag en beveiliging. Veel leerlingen brengen naar voren dat het ons veel gemak oplevert: „dingen gaan sneller; nauwkeuriger; lastig werk wordt minder”. Ten aanzien van de negatieve invloeden hebben leerlingen een minder uitgesproken, maar wel meer unaniem oordeel: door automatisering gaan veel arbeidsplaatsen verloren. Automatisering heeft tevens een „ontmenselijking” ten gevolge: „onpersoonlijk; alles wordt door de computer geregeld; je hoeft niet meer te denken”, aldus een aantal leerlingen-uitspraken. Een deel van de leerlingen noemt nadelige gevolgen op het gebied van de modernisering van wapens.

Voorkennis van elektronica-inhouden

Gegevens uit het vooronderzoek laten zien dat leerlingen in het algemeen weinig kennis van elektronica-inhouden bezitten. Slechts 3 % doet „heel vaak” in vrije tijd iets aan elektronica en 10 % doet dit „vaak”. In beide categorieën zijn geen meisjes vertegenwoordigd; 51 % doet „nooit” iets aan elektronica, terwijl 36 % „een enkele keer” aangeeft. Omdat voorkennis niet alleen via hobbies verworven wordt, hebben we aan de leerlingen gevraagd op een aantal belangrijke begrippen en componenten uit de elektronica vrij te associëren, te weten: transistor, halfgeleider, IC, moduleren, digitaal

en elektronisch geheugen. Het blijkt dat de aanduidingen *halfgeleider*, *IC* en *moduleren* bij ongeveer de helft van de leerlingen geen associaties oproepen. Dit in tegenstelling tot *transistor*, *digitaal* en *elektronisch geheugen*: voor ongeveer 95 % van de leerlingen zijn dit bekende woorden, die direct verband houden met apparaten, resp. radio, horloge en computer. Om een beeld te geven van de uiteenlopende associaties hebben we de meest in het oog springende uitspraken in tabel 1 gerangschikt. Samengevat ziet het er naar uit dat leerlingen op vele gebieden in aanraking gekomen zijn met aspecten van elektronica. Op een percentage jongens na, die als hobby elektronica hebben, is het kennisniveau zeer globaal (in de zin van: geassocieerd zijn met een apparaat) of zelfs nihil.

Interesse voor elektronica-onderwijs

Uit tabel 2 blijkt dat er een grote belangstelling bestaat voor elektronica-onderwijs binnen de natuurkundelessen.

Met name willen leerlingen, zowel jongens als meisjes, meer weten van het elektronisch geheugen, de transistor en analog-digitaal. Op de vraag wat ze daarover hopen op te steken, antwoordt het merendeel: „hoe ze werken”. Minder belangstelling tonen de leerlingen voor halfgeleiders, moduleren en IC's. Hiervoor geldt dat de leerlingen willen weten, wat deze woorden eigenlijk betekenen. Gezien het feit dat het kennis-niveau van de leerlingen heel globaal is, mogen we niet verwachten dat leerlingen meer gedetailleerd kunnen aangeven wat zij in het onderwijs op prijs stellen. Wel blijkt in samenhang met tabel 1 dat leerlingen vooral nieuwsgierig zijn naar die begrippen en componenten, waarbij ze al een associatie hebben! Het lijkt erop dat leerlingen voornamelijk geïnteresseerd zijn in de „werking van apparaten”.

Naast inhoudelijke aspecten is belangrijk wat leerlingen precies willen doen om meer van elektronica te leren. Gevraagd is op welke wijze leerlingen het liefst met elektronica bezig willen zijn. We vonden hierbij de gegevens die in tabel 3 verwerkt zijn.

De meeste leerlingen hebben dus een voorkeur voor „proeven doen”, „video-

Tabel 1
Overzicht van de in het oog springende associaties op de verschillende begrippen en componenten

transistor	digitaal	elektr. geheugen	halfgeleider	IC	moduleren
radio (65 %)* klein radiootje onderdeel radio weerstand stroomregelaar halfgeleider zwart met pootjes vervanger buizen	horloge klokje (65 %)* uurwerk tegengesteld analoog 0 en 1 cijfers door licht niet wijzers, maar cijfers	rekenmachine (36 %)* computer (43 %)* geheugen opslag chips modern handig	soort weerstand geleidt niet helemaal diode stroomdraad gaten-elektronen drempelspanning	computer rekenmachine veel informatie schakelingen integrated circuit chips kleine dingetjes	zender radio geluid FM, AM coderen draaggolf modulo, modus (15 %)* model inbrengen
geen associatie (5 %)	geen associatie (7 %)	geen associatie (5 %)	geen associatie (40 %)	geen associatie (45 %)	geen associatie (52 %)

* Percentage van totaal aantal gemaakte associaties per kolom

** Percentage leerlingen die geen associatie hebben bij deze term

Transistortesten met een Ohmmeter

Ongekeurde halfgeleiders kosten vandaag de dag nog maar een schijntje, wat het keuren ervan door de knutselaar zelf wel aantrekkelijk maakt. Heel vaak is het daarbij niet zo belangrijk dat de eigenschappen van een transistor precies met de gepubliceerde gegevens overeenstemmen. Meestal is het voldoende om vast te stellen of de transistor al dan niet versterkt. In dit artikel wordt beschreven hoe die versterking met een ohmmeter kan worden getest.

Daarnaast wordt aangegeven hoe men van een onbekende siliciumtransistor het soort (NPN of PNP) en de aansluitingen (emitter, basis en collector) kan bepalen.

De gebruikte ohmmeter moet halverwege de schaal circa 50 kilo-ohm kunnen aanwijzen. Figuur 1 geeft het principe van de gebruikte universele meter. De klemmen met de aanduidingen "+" en "Ω" worden gebruikt voor het meten van weerstanden. Hierbij is de "+"-klem die tijdens spanningsmetingen uiteraard negatief is, positief en de "Ω"-klem negatief.

Keuren van de stroomversterking

De hier geschetste meetmethode is van toepassing op silicium NPN-transistoren; in geval van een PNP-transistor hoeft alleen maar de ohmmeter te worden omgepoold. Bij germaniumtransistoren is men door de veel grotere lekstroom $I_{C(B)}$ aan beperkingen gebonden. Hierop wordt aan

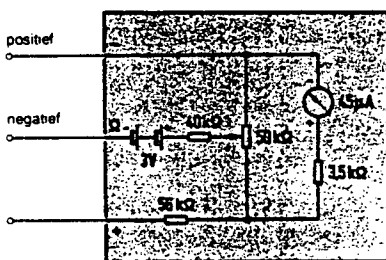


Fig. 1 Principeschema van de universelemeter.

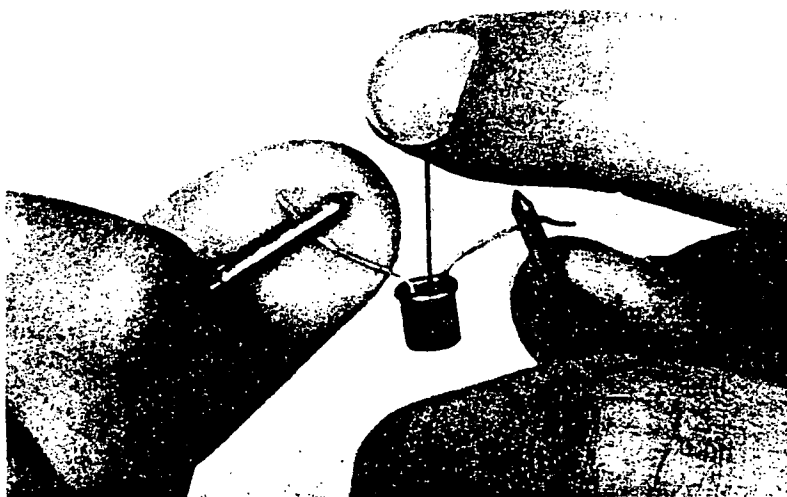


Fig. 2 Stand van de vingers bij het testen van een transistor.

het eind van dit hoofdstuk nog teruggekomen.

De positieve klem van de ohmmeter wordt met de collectoraansluiting van de transistor verbonden, de negatieve met de emitter. De universelemeter moet nu een weerstand van minstens 1 megohm aanwijzen.

Nu wordt met twee vingers (wat, al naar gelang de druk en de vochtigheid met een weerstand van 50 kΩ tot 2 MΩ overeenkomt) de basis en de positieve klem van de ohmmeter met elkaar verbonden. Afbeelding 2 laat de stand van de vingers zien.

Er zal nu een stroom in de basis gaan vloeien die de transistor openstuurt. Is de transistor goed, dan zal de ohmmeter een kleinere weerstand aanwijzen dan die tussen de beide vingers. Om zich ervan te overtuigen dat er werkelijk een collectorstroom vloeit verbindt men gedurende de overbrugging met de vingers, de basis met de emitter. Nu vloeit er geen basisstroom meer en is het collector-emitter traject afgeknepen. De

door de ohmmeter aangewezen waarde neemt hierbij toe tot de weerstandswaarde tussen twee vingers.

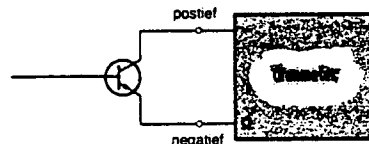


Fig. 3 Emitter en collector aangesloten op de ohmmeter. De aangewezen weerstandswaarde is meer dan 1 MΩ.

Als voorbeeld nemen we een NPN-transistor van het type BC 108 B. In figuur 3 is geschetst hoe emitter en collector op de ohmmeter worden aangesloten: de wijzer slaat niet uit. De weerstand tussen emitter en collector is derhalve groter dan 1 MΩ. Nu wordt de basis hoogohmig met de positieve pool van

de emitter verbonden (figuur 4). Om de lezer de mogelijkheid te geven de meetresultaten te controleren wordt in plaats van de weerstand tussen twee vingers, een vaste weerstand van $470\text{ k}\Omega$ gebruikt. De ohmmeter wijst nu $16\text{ k}\Omega$ aan. Voor de derde meting worden basis

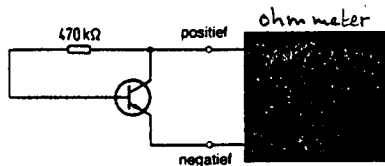


Fig. 4 De vingers vervangen door een vaste weerstand van $470\text{ k}\Omega$. De aangewezen weerstandswaarde is $16\text{ k}\Omega$.

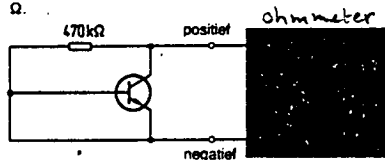


Fig. 5 Basis en emitter doorverbonden. Als de transistor versterkt wijst de meter $470\text{ k}\Omega$ aan.

en emitter met elkaar verbonden (figuur 5). Het meetinstrument wijst nu $470\text{ k}\Omega$ aan. Hieruit blijkt dat de collectorstroom wordt beïnvloed door de basisstroom; met andere woorden de transistor versterkt.

Na wat oefening is men al spoedig in staat deze test zonder klemmen en alleen met de meetpennen uit te voeren. Deze meetmethode is ook bruikbaar voor germaniumtransistoren. Door de veel grotere lekstroom I_{CB0} is hierbij het overbruggen met de vingers, om de transistor uit te sturen, niet nodig. De weerstandstoename na het doorverbinden van basis en emitter is ook hier geschikt om de versterking te testen.

Bepalen van het soort transistor en de basisaansluiting

Het soort (NPN of PNP) en de basisaansluiting van een siliciumtransistor kunnen worden vastgesteld door de aansluitingen en het soort collector-basis en emitter-basis diode te bepalen. Tussen telkens twee aansluitingen van de transistor wordt de weerstand in beide richtingen gemeten. Dat zijn zes metingen waarvan er vier een hoge weerstand ($100\text{ k}\Omega$ of meer) en twee een lage ($20\text{ k}\Omega$ of minder) moeten opleveren.

De basis is die aansluiting van waaruit in beide richtingen een lage weerstand wordt gemeten. Licht deze aansluiting bij beide laagohmige metingen aan de positieve klem van de ohmmeter, dan hebben we met een NPN-transistor te doen. Licht hij daarentegen aan de negatieve klem, dan is het een PNP-transistor. Als voorbeeld nemen we een transistor van het type BUY 36 en stellen we de onbekende

aansluitingen voor met 1, 2 en 3.

We voeren nu de zes weerstandsmetingen uit. In de tabel zijn de aansluitingen van de ohmmeter (positief en negatief) met telkens twee aansluitingen van transistor (1, 2 of 3) en de daarbij gemeten weerstandswaarden gegeven.

Wordt aansluiting 2 met de positieve klem van de ohmmeter verbonden en 1 of 3 met de negatieve klem, dan meet men lage weerstandswaarden. De aansluiting 2 is derhalve de basis en de transistor is van het soort NPN.

Bepalen van emitter- en collector-aansluitingen bij siliciumtransistoren

Basisaansluiting en het soort transistor zijn nu bekend en de beide andere aansluitingen worden met 1 en 2 aangeduid.

Aansluitingen van de ohmmeter met telkens twee aansluitingen van de transistor.

Aansluiting transistor			R
1	2	3	
+	-	vr _y	$> 1\text{ M}\Omega$
+	vr _y	-	$> 1\text{ M}\Omega$
-	+	vr _y	$9\text{ k}\Omega$
-	vr _y	+	$> 1\text{ M}\Omega$
vr _y	+	-	$8\text{ k}\Omega$
vr _y	-	+	$> 1\text{ M}\Omega$

Om uit deze twee aansluitingen de emitter en collector-aansluiting te kunnen vinden wordt gebruik gemaakt van het feit dat de stroomversterking bij normaal bedrijf veel groter is dan in afgeknepen toestand. In beide gevallen moet derhalve de stroomversterking worden getest zoals beschreven in het eerste hoofdstuk. Daartoe wordt eerst aansluiting 1 met de positieve en 2 met de negatieve klem van de ohmmeter verbonden. Nu overbrugt men met twee vingers de basis met de positieve (en bij PNP-transistoren met de negatieve) klem van de ohmmeter en noteert de gemeten weerstandswaarde. Daarna worden de aansluitingen 1 en 2 verwisseld en weer de basis met twee vingers met de positieve klem van de ohmmeter verbonden. De voorwaartsrichting is die waarbij de laagste weerstand wordt gemeten. In dit geval is bij een NPN-transistor de met de positieve klem van de ohmmeter verbonden aansluiting de collector en de met de negatieve klem verbonden aansluiting de emitter. Bij een PNP-transistor daarentegen is in dit geval de met de positieve klem van de ohmmeter verbonden aansluiting de emitter terwijl de

collector aan de negatieve klem van de ohmmeter ligt.

Nemen we nu als voorbeeld een NPN-transistor van het type BC 108 B. De basisaansluiting hebben we reeds vastgesteld (zie hierboven), de beide andere aansluitingen duiden we aan met 1 en 2.

We houden de positieve klem van de ohmmeter tegen aansluiting 2 en de negatieve tegen 1. Door de basis via een weerstand van $470\text{ k}\Omega$ met de positieve klem van de ohmmeter te verbinden neemt de gemeten weerstandswaarde af van meer dan $1\text{ M}\Omega$ tot $200\text{ k}\Omega$. Nu worden de klemmen van de ohmmeter verwisseld. Wordt nu de basis met de positieve klem van de ohmmeter verbonden, dan neemt de weerstandswaarde af van meer dan $1\text{ M}\Omega$ tot $16\text{ k}\Omega$. Deze tweede meting komt derhalve overeen met normaal bedrijf. De met de negatieve klem van de ohmmeter verbonden aansluiting 2 is dus de emitteraansluiting en 1 de collector.

Als tweede voorbeeld nemen we een PNP-transistor van het type BC 309 A. We houden de positieve klem van de ohmmeter tegen de aansluiting 2 en de negatieve klem tegen aansluiting 1. De gemeten weerstandswaarde neemt, zodra de basis over een weerstand van $470\text{ k}\Omega$ met de negatieve klem van de ohmmeter wordt verbonden, af van meer dan $1\text{ M}\Omega$ tot $21\text{ k}\Omega$. Nu worden de klemmen van de ohmmeter verwisseld. Wordt nu de basis met de negatieve klem van de ohmmeter verbonden, dan daalt de aangewezen weerstandswaarde van meer dan $1\text{ M}\Omega$ tot $370\text{ k}\Omega$. In dit geval komt dus de eerste meting overeen met de voorwaartsrichting. De met de positieve klem van de ohmmeter verbonden aansluiting 2 is in dit geval de emitteraansluiting en aansluiting 1 de collector van de PNP-transistor.

ir. W. Eckelmann.

Wat is eigenlijk vervorming?
Onder vervorming verstaan we veranderingen van het oorspronkelijke signaal, ten gevolge van het apparaat dat de signalen verwerkt. Dit kunnen muziek, spraak of ook sinussignalen zijn. De vervorming wordt in procenten opgegeven. Volgens de bekende DIN 45500 HiFi normen mogen versterkers geen grotere vervormingen hebben dan 1%. Harmonische vervormingen tot 5% zijn overigens nauwelijks hoorbaar. Andere soorten, zoals intermodulatie- en transientvervormingen zijn veel hinderlijker.

BIJLAGE I5

TRANSISTOR-OVERZICHT

type	PNP NPN	max U _{CEO} (V)	max I _C (mA)	P _{max} (mW)	hFE/I _C (mA)	compl.	fig.
BC 107	N	45	100	300	>110	2	BC 177
BC 108	N	20					BC 178
BC 109	N	20					BC 179
BC 140	N	40	1000	3700	>40	100	BC 160
BC 141	N	60					BC 161
BC 160	P	40					BC 140
BC 161	P	60	100		>70		BC 141
BC 177	P	45					BC 107
BC 178	P	25					BC 108
BC 179	P	20	200	300	>110	2	BC 109
BC 182	N	50					BC 212
BC 183	N	30					BC 213
BC 184	N	30	50	800	>60	2	BC 214
BC 212	P	50					BC 182
BC 213	P	30					BC 183
BC 214	P	30	100	50	>140	2	BC 184
BC 237	N	45					BC 307
BC 239	N	20					BC 308
BC 307	P	45	100	50	>70	2	BC 309
BC 308	P	25					BC 237
BC 309	P	20					BC 238
BC 327	P	45	500	800	>100	100	BC 327
BC 328	P	25					BC 328
BC 337	N	45					BC 338
BC 338	N	25	100	300	>100	2	BC 414
BC 414	N	50					BC 416
BC 416	P	30					BC 516
BC 516	P	30	400	625	>30.000	20	BC 517
BC 517	N	65					BC 518
BC 546	N	45					BC 556
BC 547	N	45	100	500	>110	2	BC 557
BC 548	N	30					BC 558
BC 549	N	45					BC 559
BC 556	P	65	100	500	>200	2	BC 560
BC 557	P	45					BC 639
BC 558	P	30					BC 640
BC 559	P	45	80	1000	>125	150	BC 641
BC 560	P	45					BC 642
BC 639	N	80					BC 643
BC 640	P	80					BC 644

voetnoten:

1) darlington

2) max. U_{CEO}:

... A = 60 V

... B = 80 V

... C = 100 V

type	PNP NPN	max U _{CEO} (V)	max I _C (A)	P _{max} (W)	hFE/I _C	compl.	fig.			
BD 131	N	45	3	15	>40	0,5 A	BD 132	4		
BD 132	P		1	8		0,15 A	BD 133	4		
BD 135	N						BD 136	4		
BD 136	P	BD 135			4					
BD 137	N	60	1	8	>40	0,15 A	BD 138	4		
BD 138	P						BD 137	4		
BD 139	N						BD 140	4		
BD 140	P	80	1,5	20	>20	3 A	BD 139	4		
BD 169	N						BD 170	4		
BD 170	P						BD 169	4		
BD 183	N	45	15	117	>25	1 A	BD 183	5		
BD 233	P		2	25			40	BD 234	4	
BD 234	N							80	0,15 A	BD 233
BD 235	P	2			30	0,2 A				BD 235
BD 236	N		3	40			>25			BD 236
BD 237	P							6	65	>30
BD 238	N	10			80	>40				
BD 239	P		25	125			>25			
BD 240	N							32	4	36
BD 241	P	60			>40	0,5 A				
BD 242	N		80	>750			1,5 A			
BD 243	P							4	40	3 A
BD 244	N	8			62,5	>1000				
BD 245	P		15	125			5 A			
BD 246	N							70	15	>20
BD 247	P	100			100 m	0,3				
BD 248	N		25	100 m			0,3			
BD 249	P							25	100 m	0,3
BD 250	N	25			100 m	0,3				
BD 251	P		25	100 m			0,3			
BD 252	N							25	100 m	0,3
BD 253	P	25			100 m	0,3				
BD 254	N		25	100 m			0,3			
BD 255	P							25	100 m	0,3
BD 256	N	25			100 m	0,3				
BD 257	P		25	100 m			0,3			
BD 258	N							25	100 m	0,3
BD 259	P	25			100 m	0,3				
BD 260	N		25	100 m			0,3			
BD 261	P							25	100 m	0,3
BD 262	N	25			100 m	0,3				
BD 263	P		25	100 m			0,3			
BD 264	N							25	100 m	0,3
BD 265	P	25			100 m	0,3				
BD 266	N		25	100 m			0,3			
BD 267	P							25	100 m	0,3
BD 268	N	25			100 m	0,3				
BD 269	P		25	100 m			0,3			
BD 270	N							25	100 m	0,3
BD 271	P	25			100 m	0,3				
BD 272	N		25	100 m			0,3			
BD 273	P							25	100 m	0,3
BD 274	N	25			100 m	0,3				
BD 275	P		25	100 m			0,3			
BD 276	N							25	100 m	0,3
BD 277	P	25			100 m	0,3				
BD 278	N		25	100 m			0,3			
BD 279	P							25	100 m	0,3
BD 280	N	25			100 m	0,3				
BD 281	P		25	100 m			0,3			
BD 282	N							25	100 m	0,3
BD 283	P	25			100 m	0,3				
BD 284	N		25	100 m			0,3			
BD 285	P							25	100 m	0,3
BD 286	N	25			100 m	0,3				
BD 287	P		25	100 m			0,3			
BD 288	N							25	100 m	0,3
BD 289	P	25			100 m	0,3				
BD 290	N		25	100 m			0,3			
BD 291	P							25	100 m	0,3
BD 292	N	25			100 m	0,3				
BD 293	P		25	100 m			0,3			
BD 294	N							25	100 m	0,3
BD 295	P	25			100 m	0,3				
BD 296	N		25	100 m			0,3			
BD 297	P							25	100 m	0,3
BD 298	N	25			100 m	0,3				
BD 299	P		25	100 m			0,3			
BD 300	N							25	100 m	0,3
BD 301	P	25			100 m	0,3				
BD 302	N		25	100 m			0,3			
BD 303	P							25	100 m	0,3
BD 304	N	25			100 m	0,3				
BD 305	P		25	100 m			0,3			
BD 306	N							25	100 m	0,3
BD 307	P	25			100 m	0,3				
BD 308	N		25	100 m			0,3			
BD 309	P							25	100 m	0,3
BD 310	N	25			100 m	0,3				
BD 311	P		25	100 m			0,3			
BD 312	N							25	100 m	0,3
BD 313	P	25			100 m	0,3				
BD 314	N		25	100 m			0,3			
BD 315	P							25	100 m	0,3
BD 316	N	25			100 m	0,3				
BD 317	P		25	100 m			0,3			
BD 318	N							25	100 m	0,3
BD 319	P	25			100 m	0,3				
BD 320	N		25	100 m			0,3			
BD 321	P							25	100 m	0,3
BD 322	N	25			100 m	0,3				
BD 323	P		25	100 m			0,3			
BD 324	N							25	100 m	0,3
BD 325	P	25			100 m	0,3				
BD 326	N		25	100 m			0,3			
BD 327	P							25	100 m	0,3
BD 328	N	25			100 m	0,3				
BD 329	P		25	100 m			0,3			
BD 330	N							25	100 m	0,3
BD 331	P	25			100 m	0,3				
BD 332	N		25	100 m			0,3			
BD 333	P							25	100 m	0,3
BD 334	N	25			100 m	0,3				
BD 335	P		25	100 m			0,3			
BD 336	N							25	100 m	0,3
BD 337	P	25			100 m	0,3				
BD 338	N		25	100 m			0,3			
BD 339	P							25	100 m	0,3
BD 340	N	25			100 m	0,3				
BD 341	P		25	100 m			0,3			
BD 342	N							25	100 m	0,3
BD 343	P	25			100 m	0,3				
BD 344	N		25	100 m			0,3			
BD 345	P							25	100 m	0,3
BD 346	N	25			100 m	0,3				
BD 347	P		25	100 m			0,3			
BD 348	N							25	100 m	0,3
BD 349	P	25			100 m	0,3				
BD 350	N		25	100 m			0,3			
BD 351	P							25	100 m	0,3
BD 352	N	25			100 m	0,3				
BD 353	P		25	100 m			0,3			
BD 354	N							25	100 m	0,3
BD 355	P	25			100 m	0,3				
BD 356	N		25	100 m			0,3			
BD 357	P							25	100 m	0,3
BD 358	N	25			100 m	0,3				
BD 359	P		25	100 m			0,3			
BD 360	N							25	100 m	0,3
BD 361	P	25			100 m	0,3				
BD 362	N		25	100 m			0,3			
BD 363	P							25	100 m	0,3
BD 364	N	25			100 m	0,3				
BD 365	P		25	100 m			0,3			
BD 366	N							25	100 m	0,3
BD 367	P	25			100 m	0,3				
BD 368	N		25	100 m			0,3			
BD 369	P							25	100 m	0,3
BD 370	N	25			100 m	0,3				
BD 371	P		25	100 m			0,3			
BD 372	N							25	100 m	0,3
BD 373	P	25			100 m	0,3				
BD 374	N		25	100 m			0,3			
BD 375	P							25	100 m	0,3
BD 376	N	25			100 m	0,3				
BD 377	P		25	100 m			0,3			
BD 378	N							25	100 m	0,3
BD 379	P	25			100 m	0,3				
BD 380	N		25	100 m			0,3			
BD 381	P							25	100 m	0,3
BD 382	N	25			100 m	0,3				
BD 383	P		25	100 m			0,3			
BD 384	N							25	100 m	0,3
BD 385	P	25			100 m	0,3				
BD 386	N		25	100 m			0,3			
BD 387	P							25	100 m	0,3
BD 388	N	25			100 m	0,3				
BD 389	P		25	100 m			0,3			
BD 390	N							25	100 m	0,3
BD 391	P	25			100 m	0,3				
BD 392	N		25	100 m			0,3			
BD 393	P							25	100 m	0,3
BD 394	N	25			100 m	0,3				
BD 395	P		25	100 m			0,3			
BD 396	N							25	100 m	0,3
BD 397	P	25			100 m	0,3				
BD 398	N		25	100 m			0,3			
BD 399	P							25	100 m	0,3
BD 400	N	25			100 m	0,3				
BD 401	P		25	100 m			0,3			
BD 402	N							25	100 m	0,3
BD 403	P	25			100 m	0,3				
BD 404	N		25	100 m			0,3			

DE MICROPROCESSOR

NATUUR en TECHNIEK

jaargang 51 nr 12

In het gamma van chips neemt de *microprocessor* een speciale plaats in, omdat deze net als het menselijk brein beschikt over geheugen en logica. Microprocessors of 'computers op één chip' werden na hun introductie rond 1970 onmiddellijk een succes omdat ze gebruikt kunnen worden in elk regelsysteem, of het nu gaat om een eenvoudige microgolfoven, een kernreactor of om een ingewikkeld gegevensverwerkend systeem. Door massaproductie werd de kostprijs dan ook snel laag.

In een regelsysteem wordt een fysische grootheid (druk, temperatuur, waterniveau, zuurgraad) op regelmatige tijdstippen gemeten door een sensor die de waarde van de grootheid omzet in een elektrisch signaal. Deze informatie wordt in een geheugen opgeslagen en op een ander ogenblik weer uitgelezen. Nieuwe grootheden kunnen dan berekend worden en vergeleken met instelbare referentiewaarden. Uiteindelijk kan het proces dan bijgesteld worden, of kan indien nodig een alarm gegeven worden. Een microprocessor bevat alle onderdelen om dit te realiseren: een rekenenheid, geheugens en communicatie-

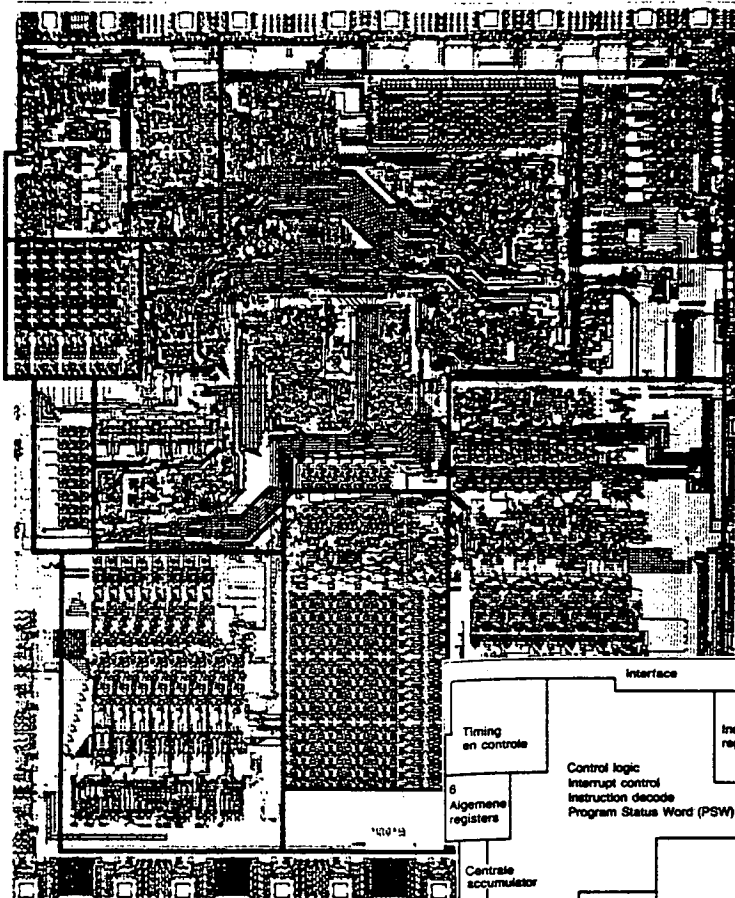
mogelijkheden naar de buitenwereld. Deze drie basiscomponenten worden hier kort besproken vanuit het gezichtspunt van de productie. De inhoudelijke aspecten van de werking komen aan de orde in het volgende hoofdstuk.

De rekenenheid wordt meestal aangeduid met ALU (*arithmetic-logic unit*). Deze kan optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen met zeer grote snelheden.

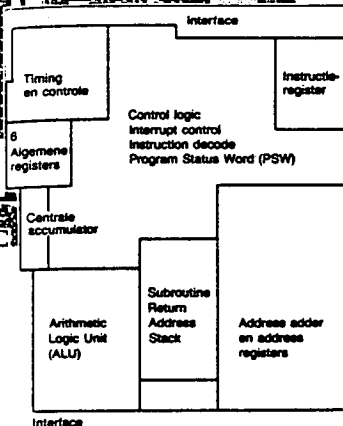
Een microprocessor bevat twee soorten geheugens: een ROM- en een RAM-geheugen. Een ROM (*read only memory*) is een geheugen waarin door de fabrikant vooraf op vraag van de klant programma-instructies ingebracht worden. Achteraf kan deze informatie alleen nog uitgelezen worden. Er bestaan ook uitwisbare programmeerbare geheugens: EPROM (*erasable programmable ROM*). Men kan de informatie die hierin is opgeslagen, uitwissen door ultraviolet licht te laten invallen door een venster in de verpakking. Het EPROM kan dan opnieuw geprogrammeerd worden. Deze geheugens bevatten instructies voor een specifieke taak, zoals het regelen van een microgolfoven.

Een populaire microprocessorchip, de P2850 van Signetics (in Nederland door Philips geproduceerd). Op het schema van deze 8-bits-microprocessor zijn enkele algemene onderdelen aangegeven. De ALU is het gedeelte waar de feitelijke berekeningen plaatsvinden. De strook 'Interface' aan de buitenkant vormt het aansluitvlak voor de draden naar de randappara-

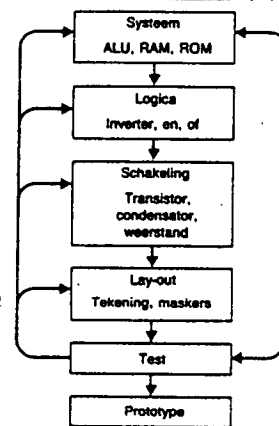
ten voor invoer, uitvoer en opslag van gegevens. De 'klok' (aangegeven bij 'Timing') zorgt ervoor dat gegevens en opdrachten synchroon worden getransporteerd naar de plaats waar ze nodig zijn. Het Program Status Word (PSW) is een reeks bits ('woord') die bijhoudt welke opdracht in bewerking is of de volgende is die uitgevoerd moet worden.



NOG MEER OVER
COMPUTERS...



Het ontwerpen van een microprocessor speelt zich af op vier niveaus: die van het systeem, de logica, de schakelingen en de lay-out. Op al deze niveaus moeten beslissingen worden genomen die het uiteindelijke gedrag van de processor gaan bepalen. Door middel van tests en het bouwen van prototypes kan men inzicht krijgen in de gevolgen van gemaakte ontwerpkeuzes.



Het RAM-geheugen (*random access memory*) is het werkgeheugen, waarin gegevens tijdelijk opgeslagen worden voordat ze op instructie van gegevens uit het ROM naar de ALU gaan voor bewerkingen. De geheugencapaciteit van geïntegreerde circuits en van RAM-geheugen wordt gewoonlijk uitgedrukt in K's, waarbij elke K staat voor 1024 bits informatie. De geheugencapaciteit van een microprocessor kan uitgebreid worden met bijkomende chips.

De kritische communicatieschakel tussen de interne computerbewerkingen en de buitenwereld is het I/O -of ingang/uitgangsinterface (*input/output interface*).

Voor het ontwerp wordt een microprocessor hiërarchisch onderverdeeld in vier niveaus: systeem, logica, schakelingen en lay-out. Op al de vier niveaus zijn computerprogramma's nodig voor het uitvoeren van tests. Op systeemniveau onderscheiden we de reeds besproken RAM's, ROM's en ALU's. Op logisch niveau vinden we de poorten (zoals invertoren, ON- en OFF-schakelingen) als elementen die de subsystemen samenstellen. Op schakelingsniveau zien we de verbinding van transistors, weerstanden en condensators. Het layoutniveau heeft betrekking op de geometrie van de fotomaskers.

Het ontwerp bestaat op elk niveau uit drie onderdelen. Eerst wordt, gebaseerd op ervaring die ook reeds gedeeltelijk vooraf in de computer is opgeslagen, een proefontwerp gemaakt. De ontwerper maakt een model van dit ontwerp op de computer en berekent het gedrag ervan door de reactie te observeren op aangelegde stimuli. Op systeemniveau worden grootheden als responsietijd, energieverbruik en kosten berekend. Op logisch niveau worden primitieve logische elementen, zoals EN-poorten, gekarakteriseerd; ook de verbindingen tussen deze elementen worden in rekening gebracht. Op schakelingsniveau worden energieverbruik, spanningen en stromen berekend.

In de derde fase, de *verificatie*, wordt nagegaan of het proefontwerp voldoet aan de vooropgestelde eisen: de layout moet voldoen aan de ontwerpregels (bijvoorbeeld t.a.v. de minimumafstand tussen verbindingen) opgelegd door de technologie; het geheel moet de gewenste functie vervullen. Dit laatste is belangrijk als men bedenkt in hoeveel tienduizenden verschillende elektrische toestanden een microprocessor zich kan bevinden, die allemaal zouden moeten worden nagegaan.

BIJLAGE 16

Computeropbouw

Wanneer is een computer een computer?

Voordat een apparaat met recht een *computer* kan worden genoemd, moet het aan zekere criteria voldoen. Hoewel men het er niet helemaal over eens is, zijn er wel een aantal *criteria* te noemen. Van onderstaande zes criteria kan worden gesteld dat ze in veruit de meeste literatuur op het gebied van computers (welk type dan ook) worden genoemd.

Deze criteria zijn:

1. een computer moet een *input-mogelijkheid* hebben door middel waarvan een in principe *onbeperkt* aantal operanden en/of instructies kan worden ingevoerd;
2. een computer moet een *geheugen* hebben, waaruit operanden en instructies kunnen worden verkregen en waarin resultaten van de bewerkingen in elke *gewenste* volgorde kunnen worden opgeslagen;
3. een computer moet een *rekeneenheid* hebben, waarmee rekenkundige en/of logische functies kunnen worden verricht op *elke* operand die uit het geheugen kan worden gehaald;
4. een computer moet een *output-mogelijkheid* hebben door middel waarvan een in principe *onbeperkt* aantal resultaten kan worden afgeleverd aan de gebruiker;
5. een computer moet een *beslisingsmogelijkheid* hebben, zodat hij kan kiezen tussen alternatieve reeksen activiteiten op basis van berekende resultaten;
6. gegevens en instructies moeten in dezelfde vorm worden *opgeslagen* in hetzelfde geheugen. Zij moeten gelijkelijk *toegankelijk* zijn voor de rekeneenheden van de machine, zodat de machine de instructies kan behandelen alsof het gegevens zijn en in principe in staat is om de eigen instructies te veranderen.

De eerste vijf van de hierboven genoemde criteria gelden in feite al voor computers sinds het jaar (u leest het goed) 1830.

In dat jaar begon *Charles Babbage* aan wat hij noemde zijn *analytical engine*. Weliswaar heeft Babbage nooit de gelegenheid gehad om de machine die hij ontwierp ook te bouwen, maar de *principes* die hij bij zijn ontwerp hanteerde, zijn in feite nog dezelfde als de principes die bij hedendaagse computers worden toegepast. Ook de reden waarom hij aan een computerachtige machine begon te werken doet heel modern aan. Hij had geconstateerd dat het samenstellen van een wiskundige tabel uiterst vervelend rekenwerk vormde voor een groot aantal wiskundigen. Aangezien het routinewerk was, kwam hij op het idee er een machine voor te ontwikkelen. Het ontwerp is hem gelukt; de realisatie van zijn ontwerp heeft hij niet mogen meemaken.

Het zesde van de hierboven genoemde criteria werd toegevoegd door *John von Neumann* (1903-1957).

4.2. Bouwstenen van een computer

De moderne computers zijn opgebouwd uit een groot aantal *elektronische circuits*. Deze circuits (en-, of, inverter-circuits) werken met twee spanningen. Een *hoge* spanning (logische '1') en een *lage* spanning (logische '0').

Afbeelding 4.3 geeft de bovengenoemde circuits met de daarbij behorende *waarheidstabel* weer. Deze waarheidstabel laat zien wat de uitgangssignalen zijn bij gegeven ingangssignalen.

Zoals reeds gezegd is de computer opgebouwd uit een groot aantal van bovengenoemde circuits. Het zou echter te ver voeren helemaal op deze complexe schakelingen in te gaan. Dit is een zaak voor de *elektrotechnisch ingenieur*, niet voor iemand, die inzicht wil krijgen in het gebruik van *microcomputers*.

Om dit inzicht te veroveren moeten we een computer onderverdelen in een aantal blokken, die elk een functionele eenheid vormen, dat wil zeggen: een hoofdfunctie vervullen. Vandaar dat afbeelding 4.4 al veel meer zegt over de computer.

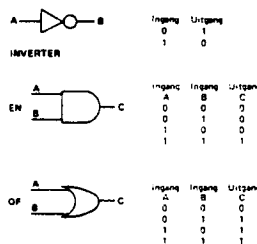
De verbindingen, die we zien tussen de diverse onderdelen zijn in twee delen op te splitsen.

- lijnen voor de *besturingsinformatie*,
- paden voor de *datatransporten*.

Voordat we de werking van de functies van de computer nader uitwerken, is het noodzakelijk de *stored-program-computer* te beschouwen.

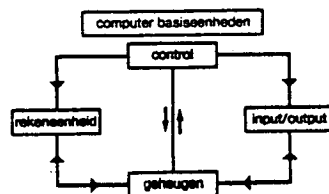
In het *stored-program-computer* concept is het programma, dat moet worden uitgevoerd, opgeslagen in het *geheugen*. Dit gebeurt door een reeks *instructies* en *operanden* (gegevens waarmee de instructies moeten werken) in een bepaalde volgorde in het geheugen te zetten. Hoe deze gegevens in het geheugen zijn gezet is nu niet van belang.

De *besturing* van de computer zal nu achtereenvolgens een instructie (de *opcode* - *OpCode* - geeft de uit te voeren functie aan) uit het geheugen moeten ophalen. Om te weten wat voor functie er moet worden gerealiseerd, zal de instructie (*OpCode*) moeten worden *vertaald*. Een technisch woord hiervoor is het *decoderen* van de instructie.



afb 4.3

Schakelingen met hun 'waarheidstabellen'.

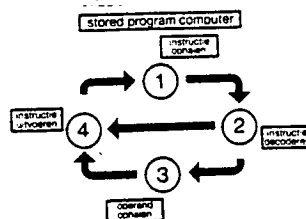


afb 4.4

De vier componenten van een computer.

De vier hoofdblokken zijn:

- de *besturingseenheid*;
- het *geheugen*;
- de *input- en outputcircuits*;
- de *rekenkundige eenheid*.



afb 4.5

Bewerkingscyclus van een *een-programma-instructie*.

De besturing weet nu wat voor functie moet worden uitgevoerd. Omdat we bij berekeningen meestal een of meer getallen (*operanden*) nodig hebben moet vaak ook deze operanden worden opgehaald.

Nu zijn alle benodigdheden beschikbaar:

- *operatie* (uit te voeren functie);
- *operanden* (gegevens die nodig zijn bij het uitvoeren van een functie).

De volgende stap is de *executie* (uitvoering) en we kunnen daarna doorgaan met de volgende instructie. Ophalen, decoderen, operanden ophalen, executie, enz. In afbeelding 4.6 wordt een en ander schematisch weergegeven.

Na deze globale beschrijving van de werking van de computeronderdelen en hun onderlinge samenhang is het zinvol om de werking van de blokken nader uit te werken.

4.2.1. Input en output

Dit is een verzameling *hardware* (elektronische schakelingen) die de communicatie met de buitenwereld mogelijk maakt. Deze buitenwereld kan bestaan uit bijvoorbeeld *terminals*, *printers*, *andere computers*, enz. Hier is een *datastream* naar binnen en buiten.

4.2.2. Geheugen

In het geheugen zijn programma's en gegevens (*data*) opgeslagen in de vorm van *binaire woorden*. Het geheugen ziet geen verschil tussen de datawoorden en de instructiewoorden van het programma.

4.2.3. Besturing

De besturing *decodeert* de instructies, *genereert* de signalen, nodig om het transport van de gegevens mogelijk te maken en *bestuurt* de rekenkundige eenheid.

4.2.4. Rekenkundige eenheid

De rekenkundige eenheid (vaak ALU genoemd, van *arithmetic and logic unit*) voert de *rekenkundige* en *logische bewerkingen* uit op gegevens komende vanuit het geheugen en de input/output.

In de literatuur over de computer worden de besturing en ALU samen vaak CPU (central processing unit) genoemd of in de Nederlandse vertaling: CVE (centrale verwerkings eenheid).

Uit afbeeldingen 4.4 en 4.5 blijkt dat er in de computer niets gebeurt dat niet via of op initiatief van de besturingseenheid gebeurt. De ALU voert geen operatie uit die hem niet door de besturingseenheid is aangereikt. Het lezen en schrijven in het geheugen wordt bestuurd door de besturingseenheid en ook de input/output valt onder coördinatie van de besturingseenheid.

4.3. Register

In het voorafgaande is reeds enkele keren gesproken over het transporteren van data van de ene plaats in de computer naar een andere plaats in de computer. Om de data na een transport te kunnen gebruiken voor verdere verwerking gebruiken we *registers*.

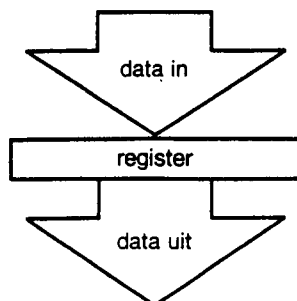
De benaming register wordt ook in het normale spraakgebruik vaak toegepast. Als we bijvoorbeeld denken aan *kasregister*, dan weten we ook meteen waarvoor registers worden gebruikt, namelijk voor het *vastleggen* van gegevens en voor het *tellen*. We zullen laten zien dat bij de ALU en bij de besturing registers worden gebruikt, waarin gegevens worden opgeslagen. Een goed voorbeeld is het register bij de ALU, waarin de resultaten van berekeningen worden opgeslagen (dit register heeft een speciale naam: *accumulator*).

De primaire functie van een register is het vastleggen van data. We kunnen een register beschouwen als een klein geheugen voor tijdelijke data-opslag. Een voordeel van het gebruik van een register is de *snelle toegang* ervan. Dit is een direct gevolg van het plaatsen van de registers in de nabijheid van de plaats waar de data nodig zijn.

4.4. Input/Output

Op het vlak van de input en de output, zie afbeelding 4.4, kan men een scala van apparatuur veronderstellen, waarover op dit moment in dit korte besiek nog maar weinig is te zeggen. Wanneer het gaat om gegevens die door de mens worden ingevoerd en bij uitvoer weer aan de mens worden overgedragen, kan men apparatuur verwachten in de trant van *ponskaart-apparatuur*, *ponsband-apparatuur*, *regeldrukker*, *schrijfmachine*, *beeldschermen* en dergelijke.

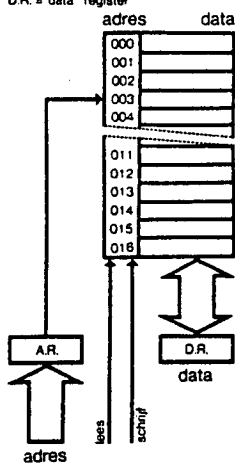
Wanneer het echter gaat om een microcomputer die wordt gebruikt voor het besturen van een industrieel proces, dan zal de input bestaan uit aangepaste *signalen* vanuit het proces in kwestie. De output zal dan vooral bestaan uit het verzenden van besturingssignalen, al dan niet met de nodige aanpassing.



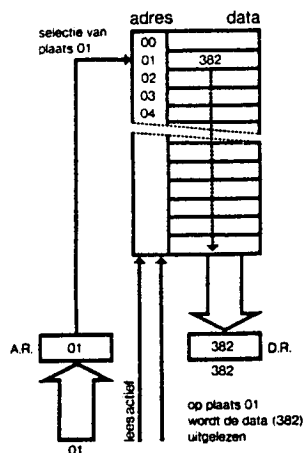
Afb. 4.7.
Schema van een register

BIJLAGE 16

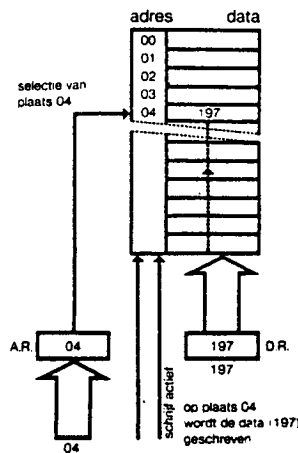
A.R. = adres register
D.R. = data register



Afb. 4.8.
Geheugenopbouw



Afb. 4.9
Lezen in het geheugen.



Afb. 4.10
Schrijven in het geheugen.

4.5. Geheugen

In het stored-program-computerconcept staat het *geheugen* centraal. Alle handelingen in het systeem lopen immers op de een of andere wijze via het geheugen. De elementaire functies van het geheugen zijn:

- *schrijven in het geheugen*. Dit wil zeggen dat gegevens die worden aangeboden op een *aangegeven* plaats worden opgeslagen;
- *lezen uit het geheugen*. De gegevens, die in het geheugen zijn opgeslagen moeten door het systeem weer kunnen worden opgevraagd voor verdere bewerkingen;
- *vasthouden van gegevens*. Het lezen en schrijven houdt in dat het geheugen de gegevens een 'onbepert' lange tijd moet vasthouden. De gegevens op een plaats mogen pas dan veranderen als er op die plaats nieuwe data wordt geschreven. (Dit heet *overschrijven* van de inhoud van een geheugenplaats.)

Om een bepaalde plaats te kunnen aanwijzen voor een lees- of schrijfoperatie, gebruiken we een *adres*. De data bij lezen en schrijven in het geheugen gaan via een speciale verbinding nl. het *datapad*. Meestal wordt het adres aangeboden van uit een *adresregister*; de uitwisseling van data gebeurt via het *dataregister*.

Afbeelding 4.8 geeft een beeld van het geheugen met de toegangsregisters. Bovendien vinden we er twee besturingslijnen (nl. de *lees-* en *schrijflijnen*).

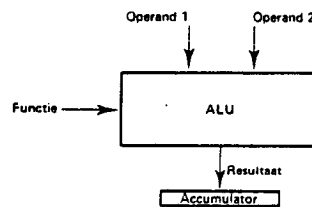
4.6. ALU (Arithmetic and Logic Unit)

In de eerste plaats is de ALU een *rekenenheid*, zie afbeelding 4.11. En rekenen betekent dan, in de elementaire zin van het woord, optellen, aftrekken (en soms vermenigvuldigen en delen). Deze rekenfuncties zullen in een computer in de vorm van *instructies* terug te vinden zijn. Het resultaat van de berekening wordt opgeslagen in een speciaal register: de *accumulator*.

Meer gecompliceerde rekenfuncties kunnen worden *geprogrammeerd*. (Bijvoorbeeld een vermenigvuldiging kan worden geprogrammeerd door het gewenste aantal malen een getal bij zichzelf op te tellen.)

Overigens komen de elementaire functies in veel computers meermalen voor, afhankelijk van de wijze waarop de te bewerken gegevens zijn opgeslagen. We komen daar nog op terug.

Dat een computer zich kan beperken, qua rekeninstructies, tot *elementaire* functies, vindt zijn oorzaak in het feit dat veel programmeringsproblemen niet zozeer rekenproblemen zijn als wel problemen op het gebied van het *interpreteren* van binnenkommende gegevens en het *beslissen* over acties naar aanleiding daarvan. Daarbij speelt rekenen vaak een slechts ondergeschikte rol. Minstens zo belangrijk daarbij zijn de *logische* functies: EN, OF, NIET, enz. Op grond van bepaalde logica kunnen bepaalde beslissingen worden genomen.



Afb. 4.11
Rekenkundige eenheid

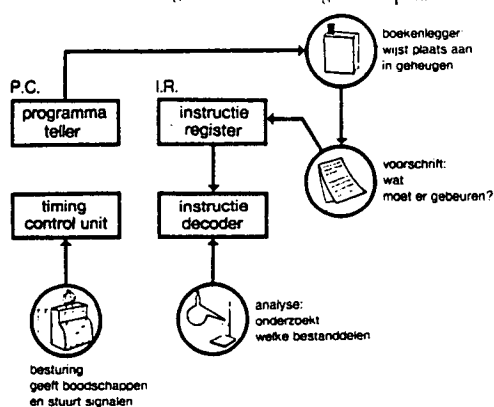
4.7. Besturingseenheid

In de eerste rekenmachine omvatte de besturingseenheid niet alleen schakelingen ten behoeve van timing en synchronisatie van activiteiten, maar ook het programma. In moderne computers is dat programma, zoals gezegd, opgeslagen in het geheugen, zodat de besturingseenheid tevens in staat moet zijn om instructies te *adresseren* in dat geheugen, instructies op te halen en te *decoderen*. In de uitvoering van een instructie, zie afbeelding 4.6, onderscheidt men wel twee fasen: de zogenaamde *fetch-cyclus* en de *executie-cyclus*. Tijdens de fetch-cyclus adresseert de

BIJLAGE 16

besturingseenheid het geheugen, aangevend welke instructie moet worden uitgevoerd.

De aangewezen instructie wordt *uitgelezen* en *getransporteerd* naar de besturingseenheid (afbeelding 4.6, stap 1). Tijdens de *executie-cyclus* wordt de betreffende instructie geïnterpreteerd door de besturingseenheid en de corresponderende actie wordt geïnitieerd (afbeelding 4.6, stap 2). Bij het uitvoeren van de actie wordt een van de andere componenten van de computer betrokken. Als bij voorbeeld de instructie heeft ingehouden dat de *inhoud* van een zekere geheugenplaats (de *operand*) moet worden overgebracht naar een register in de buurt van de ALU, dan zal de besturingseenheid er weer voor zorgen dat het betreffende geheugenadres naar het geheugen gaat, waarna er kan worden gezorgd dat die gegevens in het betreffende register worden opgeslagen (afbeelding 4.6, stap 3). Daarna kan de instructie worden uitgevoerd (afbeelding 4.6, stap 4).



Ondertussen moet de besturingseenheid er voor hebben gezorgd dat het adres van de eerstvolgende instructie beschikbaar is. Dit dient een automatisme te zijn, zodat na uitvoering van een instructie zonder meer kan worden verder gegaan met de volgende. Om dit mogelijk te maken, wordt een programma in een reeks opeenvolgende geheugenplaatsen opgeslagen, met de opdrachten in de volgorde waarin ze moeten worden uitgevoerd.

Afbeelding 4.12 geeft een overzicht van de onderdelen van de besturingseenheid. Om te beginnen zijn er weer twee registers, de zogeheten *programmateller* (PC) en het *instructieregister* (IR).

In de programmateller houdt de besturingseenheid bij op welk adres de eerstvolgende uit te voeren instructie staat. Tijdens het afhandelen van bepaalde instructies zal dus het adres van de eerstvolgende instructie in de teller moeten worden geplaatst. Dit gebeurt door de programmateller telkens met 1 te verhogen. In het instructieregister plaatst de besturingseenheid de instructie zoals die is overgenomen uit het geheugen.

De instructie moet worden gedecodeerd en ten behoeve daarvan wordt hij in zijn geheel geplaatst in een eigen register van de besturingseenheid. Het interpreteren van de binnenkomende instructie gebeurt door wat in afbeelding 4.12 *instructie-decoder* is genoemd. Dit moet men zien als een hoeveelheid elektronica waarmee op basis van de codes in de instructie de juiste besturingssignalen kunnen worden gegenereerd. Deze signalen worden dan nog overgenomen door wat in afbeelding 4.12 *timing controle unit* is genoemd. Deze zorgt ervoor dat de betreffende signalen volgens de juiste timing en in de juiste volgorde worden doorgegeven aan de andere componenten van de computer.

APPARATUURGIDS

HOOFDSTUK 3

APPARATUUR PER PROEF

	3.1.1 licht	3.1.1 3.1.1.1	3.2.2	3.2.3	3.2.4	3.3.3	3.3.4	3.3.5	3.3.6	3.3.7	3.4.1	3.4.2	3.4.3	3.4.4	3.4.5	3.5.1	3.5.3	3.5.4	3.5.5	3.5.6	3.6.1	3.6.2	3.6.3	3.6.4	MINIMUM	TOTAAL
BD 135	1	1	1	1	1					1					1					1						4
100 Ω	1						1																			2
220							1									1										1
300																										1
500																										1
1 K			1	1	1					1				zie 3.1.1	zie 3.1.1	1	1		1							3
1 KVAR		1						1	1	1													1			2
47 KVAR	1																									1
50 K													1													1
LDR	1										1															2
NTC		1										1														2
10 m F																1		1	1	1						1
10 μ																							1			1
1 n																								1		1
diode OA																					1		1	1		2
LED																						1				1
gloeilamp + filter (6V, 0,05A)	1	1	1	1						1					1									1		4
schakelaar			1													1	1	1	1	1						1
oorlelefoon																								1		1
AM-zender																								1		1
A-meter						1	1	1	1		1	1					1	1	1		1	1	1			
V-meter				1	1	1	1	1	1		1	1					1	1	1		1	1				

APPARATUURGIDS

APPARATUUR HOOFDSTUK 3.

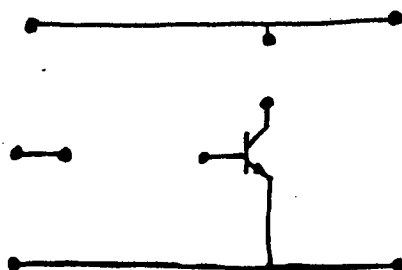
Op pagina 74 vindt U een overzicht van de componenten die per proef nodig zijn. Verscheidene onderdelen zijn bij meerdere proeven te gebruiken. Het minimum pakket onderdelen dat nodig is om alle proeven te kunnen doen (per groep) is in de laatste kolom aangegeven.

Op pagina 76 vindt U een overzicht van alle schakelingen die aanwezig moeten zijn per groep om alle proeven te kunnen doen.

De licht- en temperatuurgevoelige schakelaar moeten minimaal in enkelvoud aanwezig zijn in de klas. Uitgaande van 8 groepen van 3 leerlingen zouden de overige componenten idealiter in 8-voud aanwezig moeten zijn. Voldoende is echter als deze in 4-voud aanwezig zijn, als het hoofdstuk door verschillende groepen in verschillende volgorde doorlopen wordt (zie de didactische aanwijzingen).

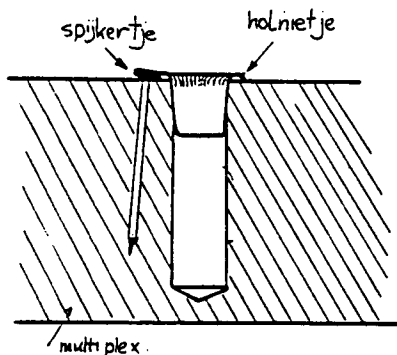
Alle proeven in dit hoofdstuk gebruiken een voedingsspanning van 4,5 V.

Men kan componenten afzonderlijk monteren en de leerlingen alle schakelingen zelf laten bouwen. Dit kost tijd. Daarom is in het overzicht op pagina 76 ervoor gekozen een aantal schakelingen vooraf samen te stellen (1 t/m 4). Wil men dit niet, dan is hieronder een handig universeel bedradingsschema weergegeven.



blokjes

afmetingen 5x5, 5x10 of 10x15 mm
multiplex 20 mm dik
holnietjes merk BATES no 2 medium
boren 4,5 mm



Een paar simpele manieren om de componenten te monteren zijn :

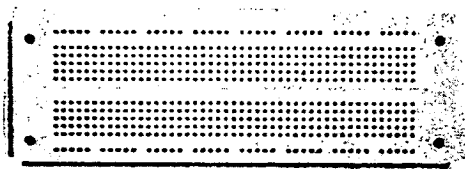
1. Breng koperen spijkertjes aan op een (multiplex) plankje. Soldeer de componenten en de bedrading op de spijkertjes vast. De verbindingen met spanningsbron en meters kunnen dan bijv. met krokodilleklemmen worden gemaakt.

2. Boor in een (multiplex, 20 mm) plankje op de bestemde plaatsen gaten (ϕ 4,4 mm) en breng in de gaten koperen holnietjes aan. Soldeer de componenten op de holnietjes vast.

De holnietjes zijn verkrijgbaar bij een kantoorboekhandel (merk Bates, no 2, medium; ϕ 4,5 mm).

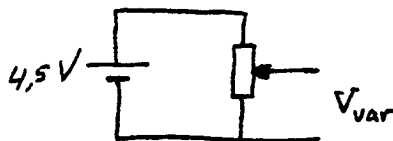
APPARATUURGIDS

3. In plaats van in multiplex, kunnen de holnietjes ook in gaatjes-hardboard aangebracht worden. De nietjes passen precies in de gaatjes.



4. Een mooie, flexibele oplossing is het aanbrengen van de schakelingen op een zgn. 'bread-board'. Componenten kunnen hier (zonder te solderen) ingestoken worden. Het is wel een naar verhouding dure oplossing.

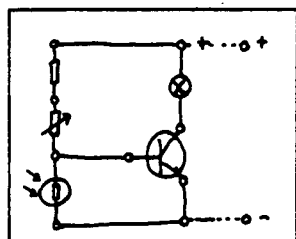
Par.3.2 proef 3 : als variabele spanningsbron is een tweede (variabele) voeding te gebruiken. Het kan echter ook met een vaste voeding of batterij en een lk variabele weerstand.



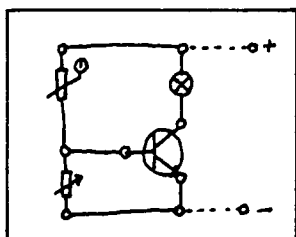
Par.3.6 proef 4: zie voor de AM zender de apparatuur van hoofdstuk 6.

HOOFDSTUK 3

minimaal 1x (demonstratieproef)

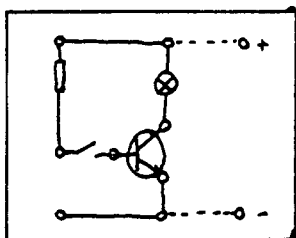


BD 135
100 Ω
47k Ω VAR
lamp
LDR

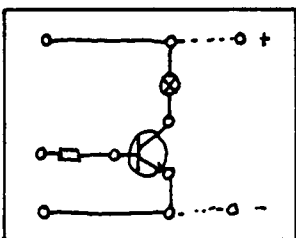


BD 135
1k Ω VAR
lamp
NTC

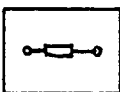
minimaal 4x (leerlingenproef)



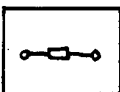
BD 135
1k Ω
lamp
schakelaar



BD 135
1k Ω
lamp

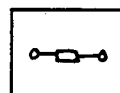


100 Ω

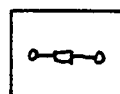


220 Ω

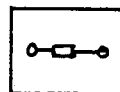
TE MAKEN APPARATUUR



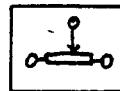
300 Ω (eventueel
weg te laten)



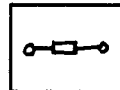
500 Ω



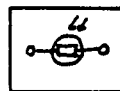
1k Ω



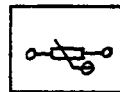
1k Ω VARIABEL
(eventueel 2x
voor variabele
spanningsbron)



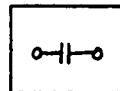
50k Ω



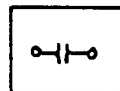
LDR



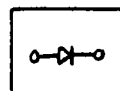
NTC



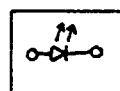
10 mF



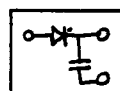
10 pF



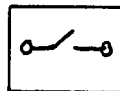
0A diode



LED



0A-diode
1nF (slechts 1x
nodig voor
demonstratie)



Schakelaar

APPARATUURGIDS

APPARATUUR HOOFDSTUK 4.

Op de volgende bladzijden is een overzicht gegeven van de benodigde schakelingen. Van de meeste schakelingen zijn printjes verkrijgbaar via PLON. Alleen de transistor-schakeling van de klok en van de flip-flop moeten 'klassiek' gemaakt worden. Eén exemplaar van iedere schakeling kan voldoende zijn als hoofdstuk 4 en 5 naast elkaar bestudeerd worden en per keuze-onderwerp één groep de transistor- en tegelijkertijd een andere groep de IC-schakeling bestudeert.

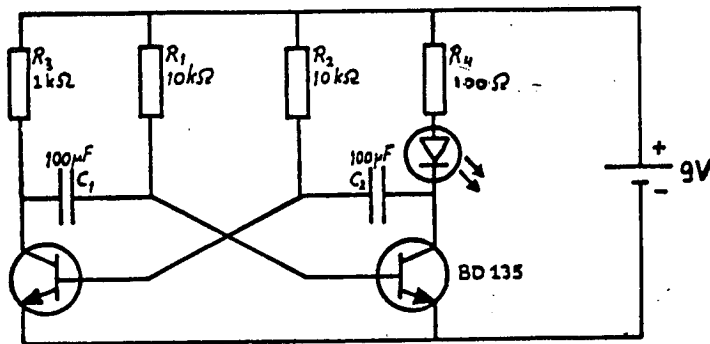
	KLOK-TR	KLOK-IC	FLIP-FLOP-TR	FLIP-FLOP-IC	TELLER-IC + display	NOT	NAND	NOR 2x	OPTELLER-IC	LED- SCHAKELAAR	LED- UITLEZER	PULS- SCHAKELAAR	MINIMUM TOTAAL
BD 135	II		III										5
BC 414					III	I	I	II	I		III		12
100 Ω	II												2
150 Ω													1
680 Ω	II	I	I	I	III		II	III	I	III	III	I	18
1 k Ω	I	I	III	I							III		5
2 k Ω													
4,7 k Ω			II										2
5,6 k Ω												I	1
10 k	II		II									I	5
100 k						I	I	II					4
100 k VAR		I											1
100 μF	II												2
68 μF		I											1
10 μF		I	II									I	4
10 nF												I	1
IC 555		I										I	2
IC 4013				I									1
IC 4516					I								1
IC 4008									I				1
IC 4511					I								1
diode			II				II	III		III	III	I	8
LED		I	I	I	III				I	III	III	I	16
Schakelaar			I							III		I	5
common cathode display 7760					I								1

Bij alle proeven in dit hoofdstuk moet een spanning van 9V worden gebruikt.

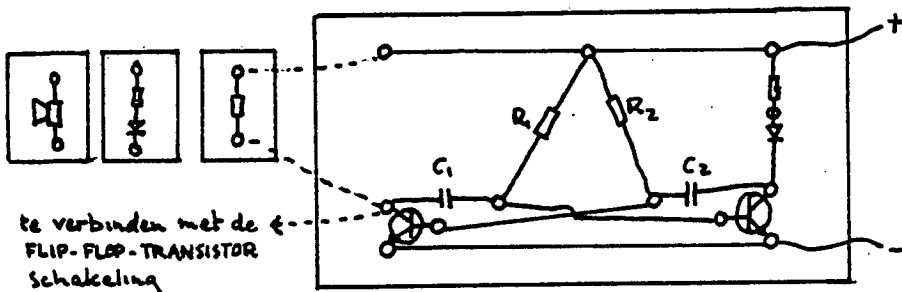
Van een gelijkspanningsvoeding of een batterij.

De tabel hiernaast geeft een overzicht van de componenten die per schakeling en in totaal voor dit hoofdstuk nodig zijn.

KLOK-TRANSISTOR



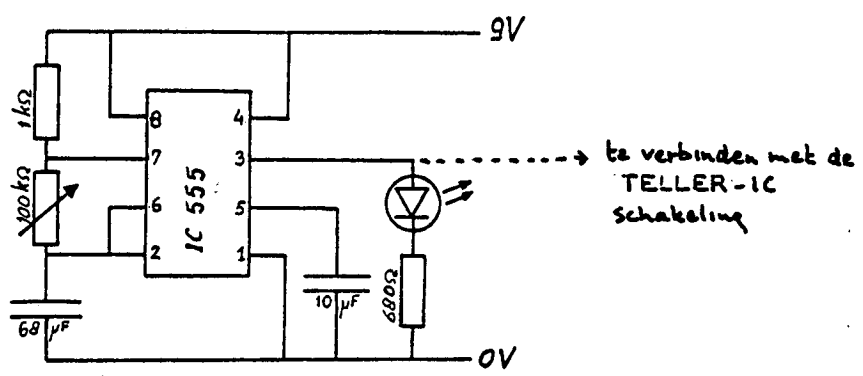
- 2 BD 135
- 2 LED
- 2 100Ω
- 1 1kΩ
- 2 10kΩ
- 2 100μF



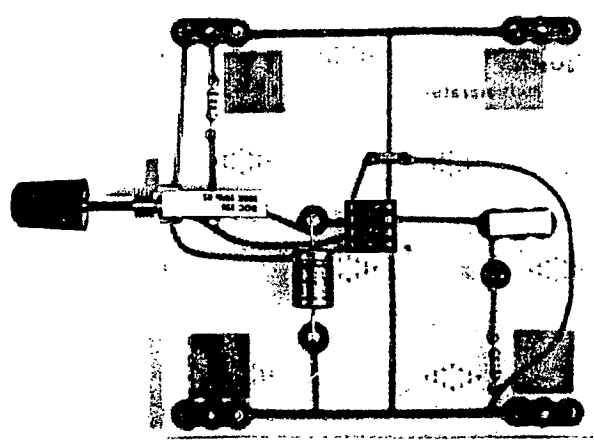
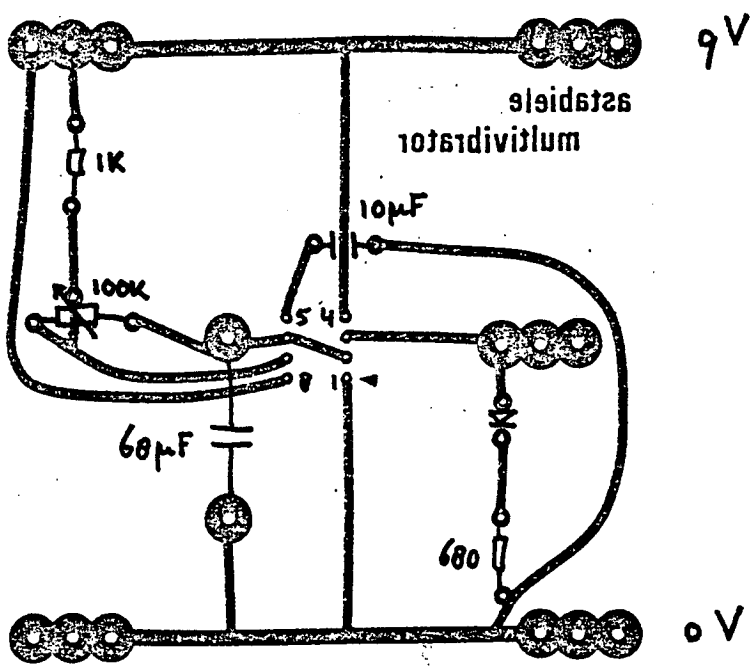
- Het is handig de schakeling zo uit te voeren dat ook R_1 en C_1 te vervangen zijn.
- Meestal wordt een LED in serie geschakeld met een weerstand van 680Ω. In deze schakeling gaat de LED dan niet goed uit doordat het opladen van C_2 via R_4 te langzaam gaat. Als R_4 100Ω gemaakt wordt gaat het opladen sneller en is het aan-uit effect volledig.

APPARATUURGIDS

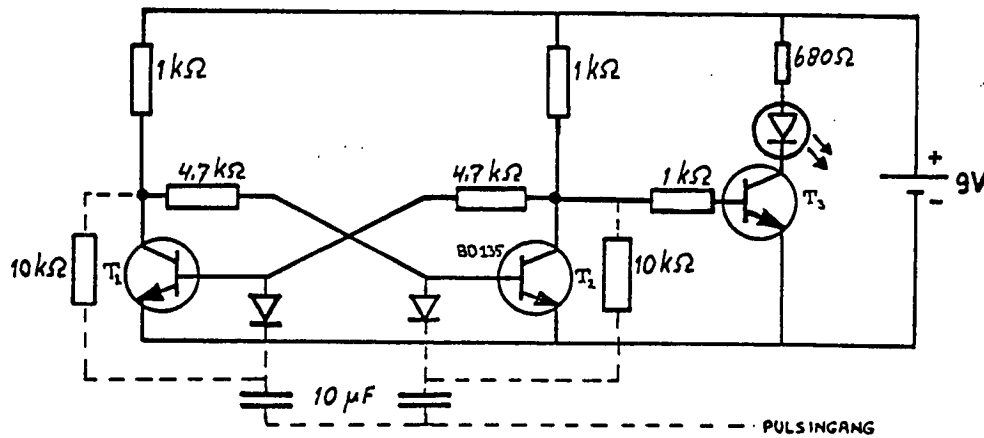
KLOK-IC



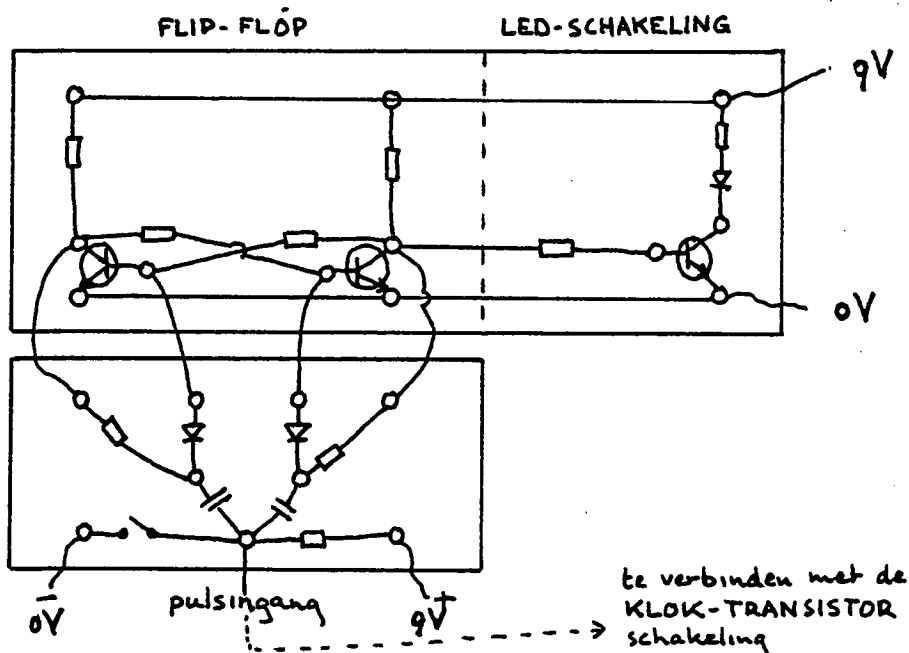
- IC 555
- 680Ω
- 1kΩ
- 100kΩ VAR
- LED
- 68μF
- 10μF



FLIP-FLOP-TRANSISTOR



- 3 BD 135
- 1 LED
- 1 680Ω
- 3 1kΩ
- 2 10kΩ
- 2 4.7kΩ
- 2 10μF
- 2 diodes



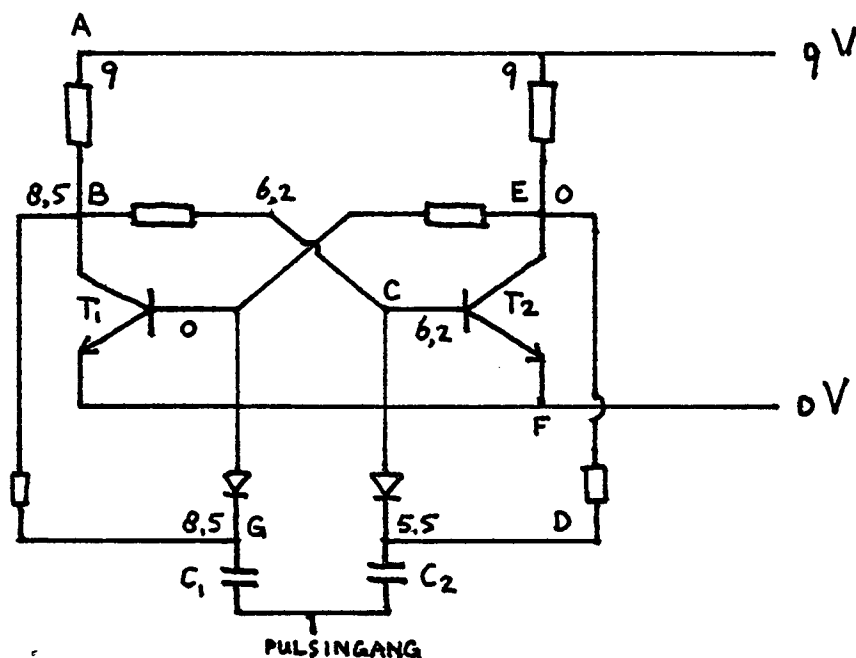
- De eigenlijke flip-flop-schakeling is het gedeelte linksboven. De LED is niet direct in de flip-flop schakeling opgenomen. omdat deze dan geen scherp aan-uit effect te zien geeft. Ook als T2 uit is loopt er n.l. via de e-b-diode van T1 een stroom door de LED, die met T2 verbonden is. Daarom is de LED via een aparte transistor-schakelaar met de flip-flop verbonden. Dit kan eventueel op een apart plankje.

APPARATUURGIDS

- Om de flip-flop te schakelen met behulp van een puls is een redelijk ingewikkelde schakeling nodig. Voor de overzichtelijkheid verdient het aanbeveling deze op een apart plankje uit te voeren. De pulsingang moet dan niet met de voedingsspanning verbonden zijn.
- Een puls is nu op 2 manieren te geven:
 - a. De schakelaar open en dicht doen. De flip-flop schakelt als de schakelaar gesloten wordt.
 - b. Een pulsschakelaar (IC-schakeling; zie blz. 92) aansluiten op de pulsingang.

• WAAROM SCHAKELT DE FLIP-FLOP T.G.V. EEN PULS?

Neem aan dat op een bepaald moment T1 niet geleidt en T2 wel. De spanningen in die situatie zijn aangegeven in de figuur hieronder en door meting verkregen. Er loopt geen stroom via T1, maar wel via A, B, C, D, E, F.



Als we nu een puls aanbieden bij de pulsingang zorgen de condensatoren C1 en C2 er voor dat 2 momenten van belang zijn:

- a. het begin van de puls (spanningssprong 0 - 9 V)
- b. het eind van de puls (spanningssprong 9 - 0 V)

bij a. De pulsingang is eerst met 0 V verbonden. Dit betekent dat over C1 een spanning van 8,5 V staat en over C2 5,5 V. Direkt nadat de pulsingang met 9 V verbonden is, is dat spanningsverschil nog hetzelfde, want er is nog geen lading van C1 en C2 weggestroomd. Dit betekent dat de spanning van punt G $9 + 8,5 = 17,5$ V en van punt D $9 + 5,5 = 14,5$ V wordt. Daardoor is de spanning van punt B en C ook even hoger. Maar niet van punt E, want E blijft via T2 direkt verbonden met 0 V.

Met andere woorden de basis van T2 krijgt een nog hogere spanning en de basis van T1 houdt 0 V. Er verandert dus niets: T2 blijft open, T1 blijft dicht.

Bij b. Even later is de lading op C1 en C2 gewijzigd, zodat de oude spanningssituatie weer hersteld is. Over C1 staat nu $8,5 - 9 = 0,5$ V en over C2 $5,5 - 9 = 3,5$ V. Direkt nadat de pulsingang nu

APPARATUURGIDS

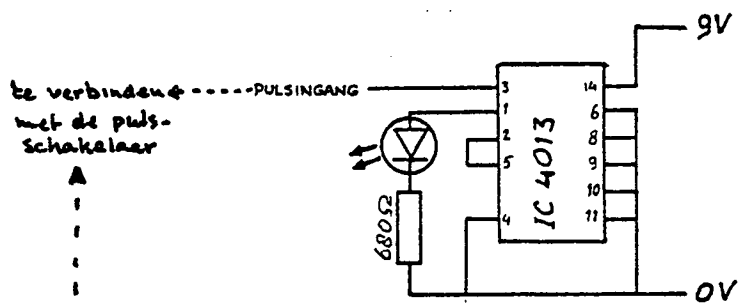
weer met 0 V verbonden wordt zijn deze spanningsverschillen nog hetzelfde. Dit betekent dat de spanning van punt G $0 - 0,5 = -0,5$ V is en van punt D $0 - 3,5 = -3,5$ V is.

Er zal nu niet alleen een stroom via ABCD lopen, maar ook een stroom via ABG. Hierdoor wordt de spanning van punt B (en van punt C) zo laag, dat T2 uitgeschakeld wordt. Daardoor wordt de spanning van punt E hoog en dit betekent dat T1 aangeschakeld wordt. En dit zorgt weer dat de spanning van punt B en C laag blijft.

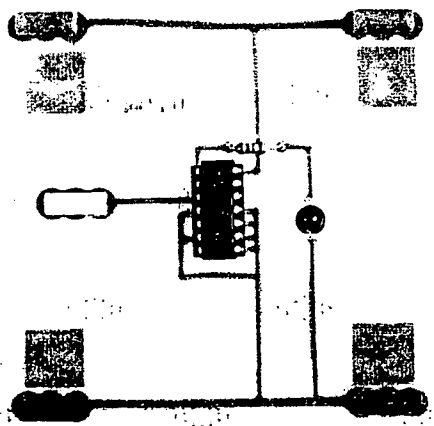
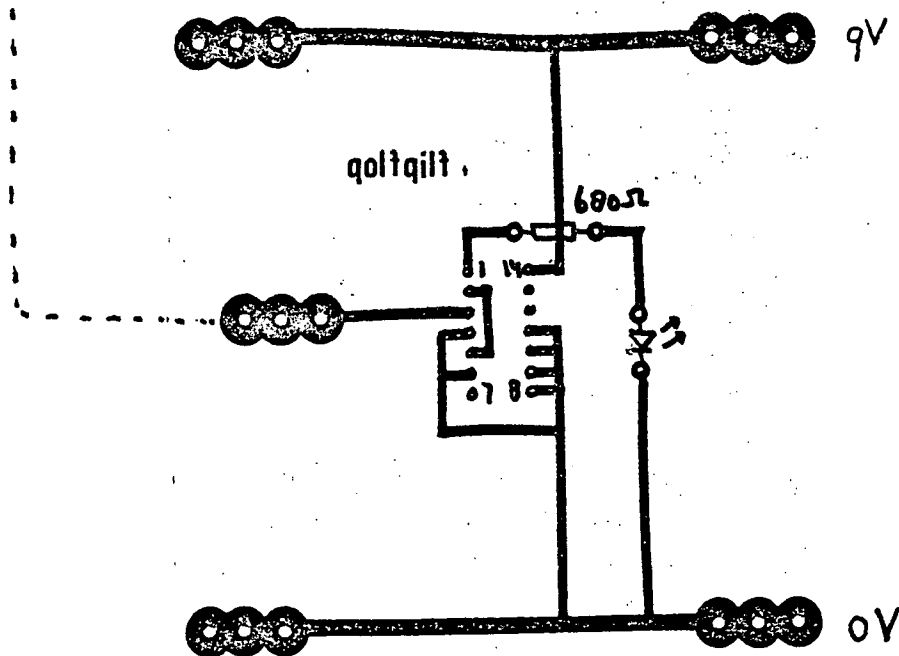
De negatieve flank van de puls heeft dus de flip-flop omgeschakeld.

APPARATUURGIDS

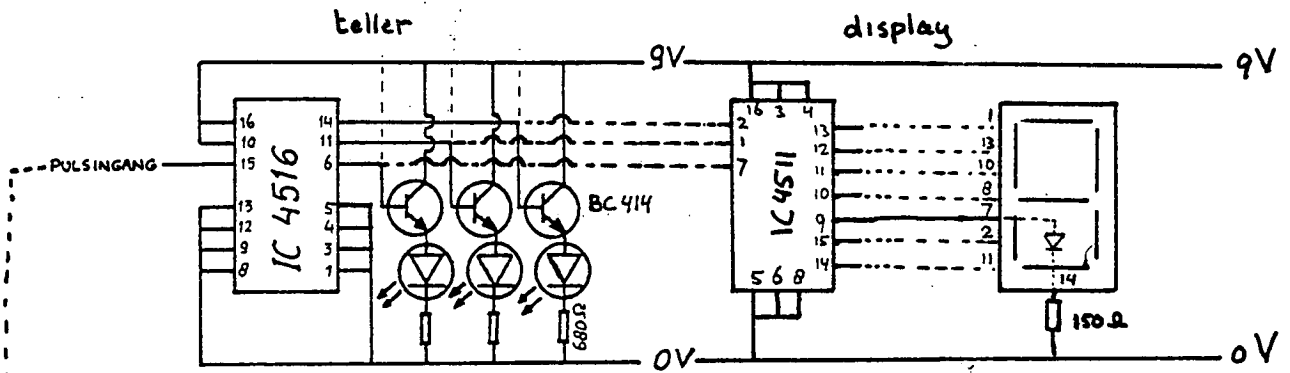
FLIP-FLOP-IC



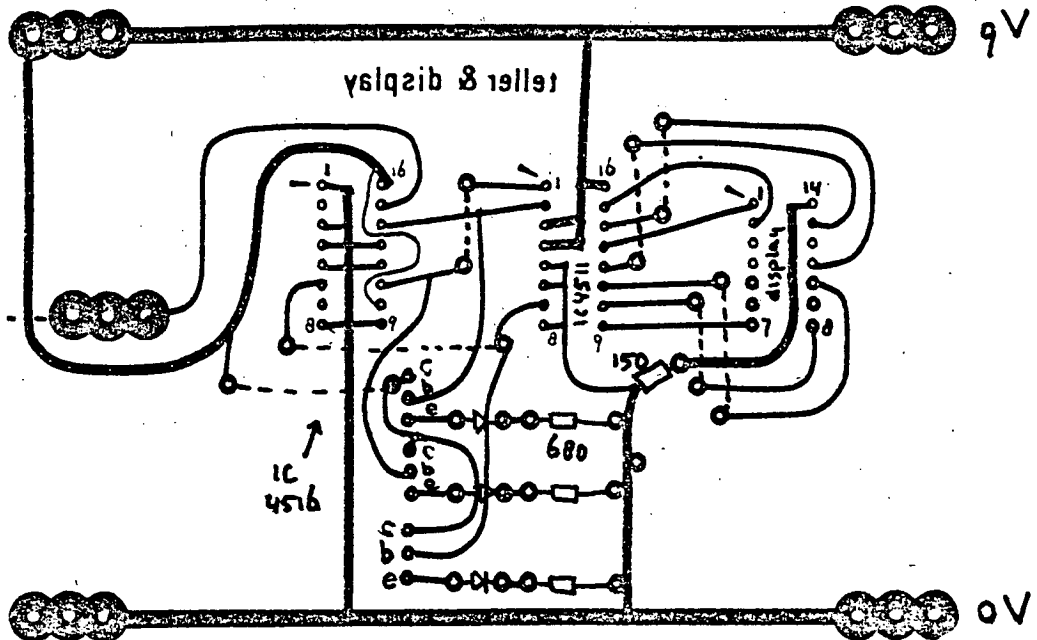
IC 4013
LED
680 Ω



TELLER-IC



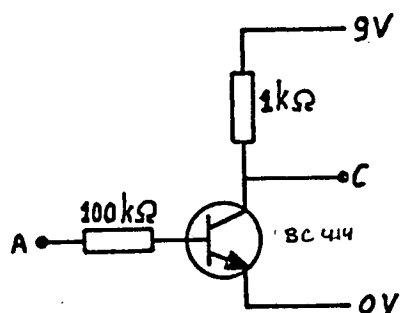
→ te verbinden met de
KLOK-IC schakeling



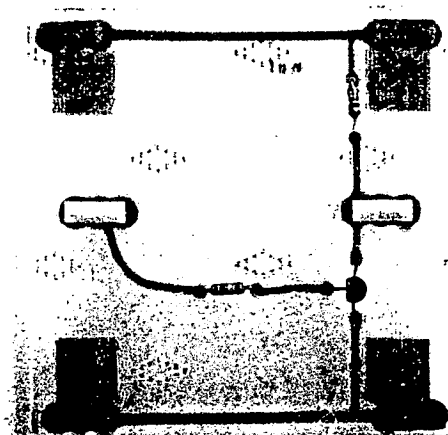
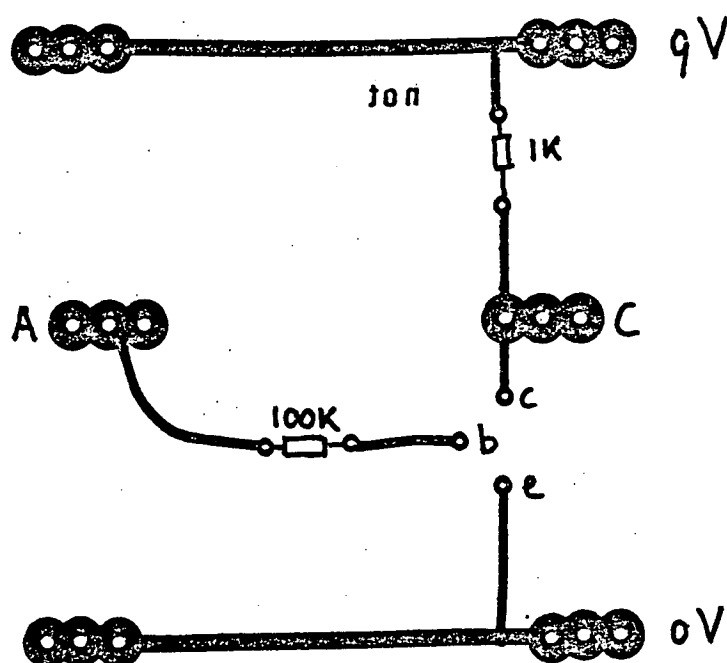
- IC 4516
- 3 BC 414
- 3 LED
- 3 680 Ω
- IC 4511
- 150 Ω (1W)
- common cathode display 7760

APPARATUURGIDS

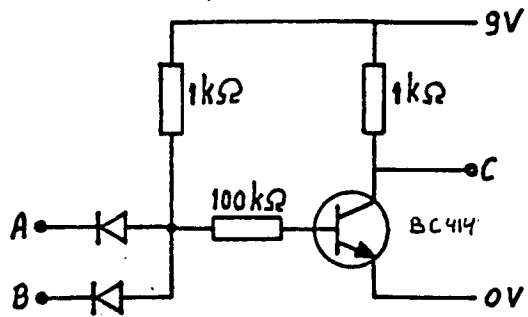
NOT-POORT



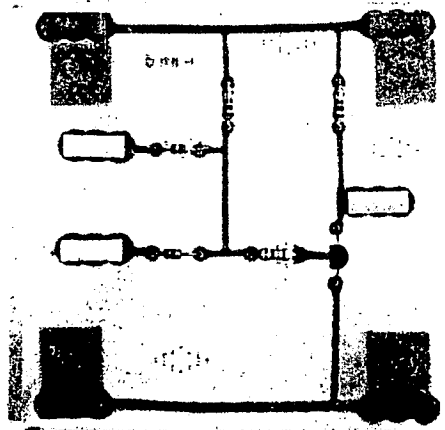
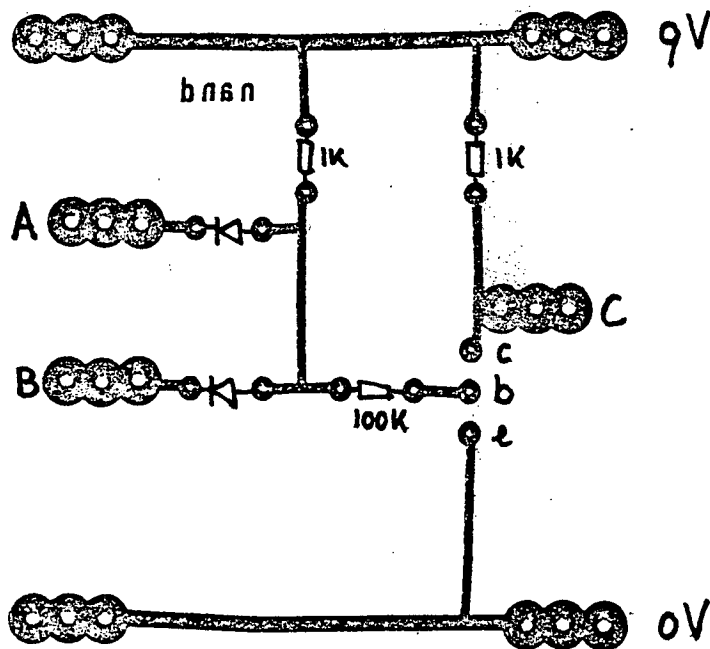
BC 414
100 K
1 K



NAND-POORT



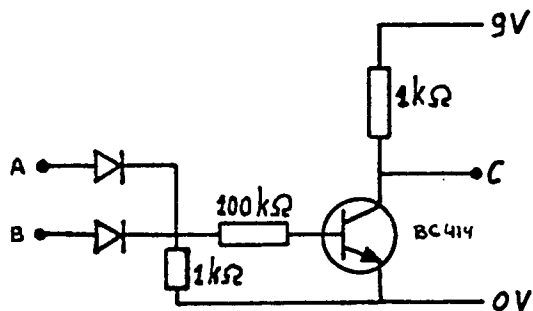
BC 414
100 kΩ
2 1 kΩ
2 diode



APPARATUURGIDS

NOR-POORT

2X



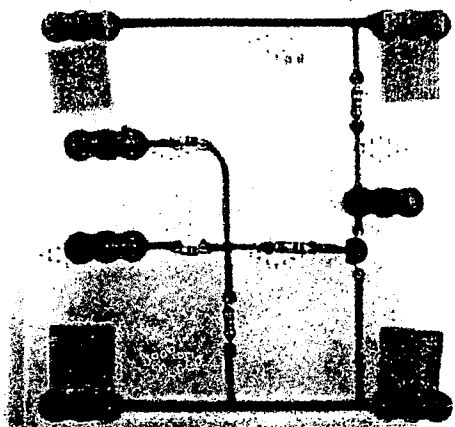
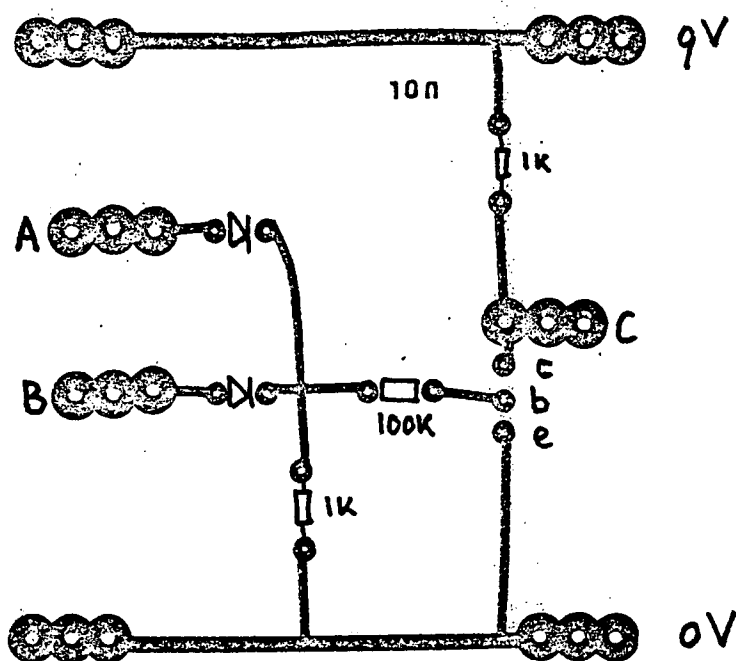
BC 414

100 kΩ

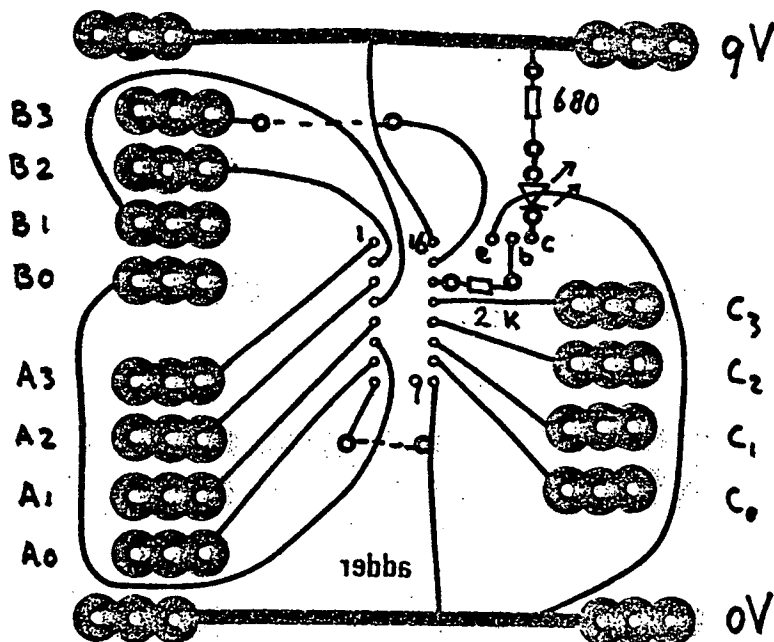
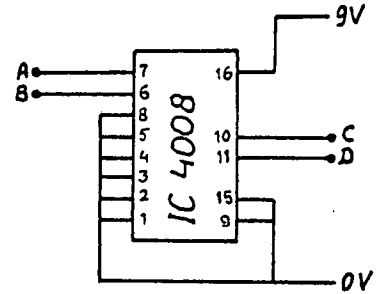
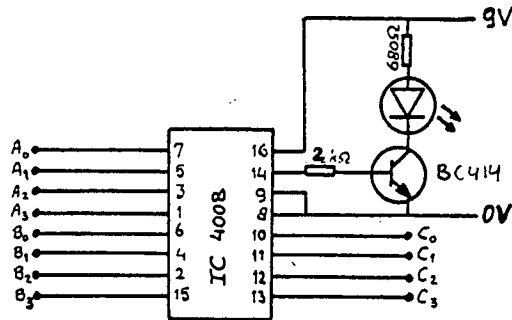
2 1 kΩ

2 diode

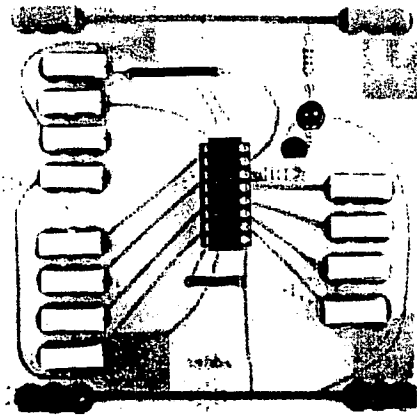
N.B. Er zijn 2 NOR-poorten nodig



OPTELLER-IC

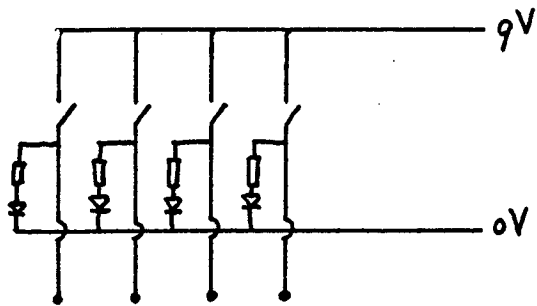


IC 4008
BC 414
LED
680 Ω
2 kΩ

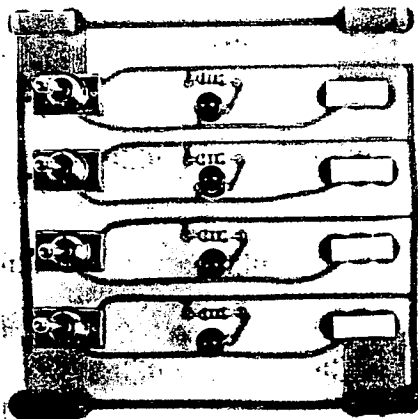
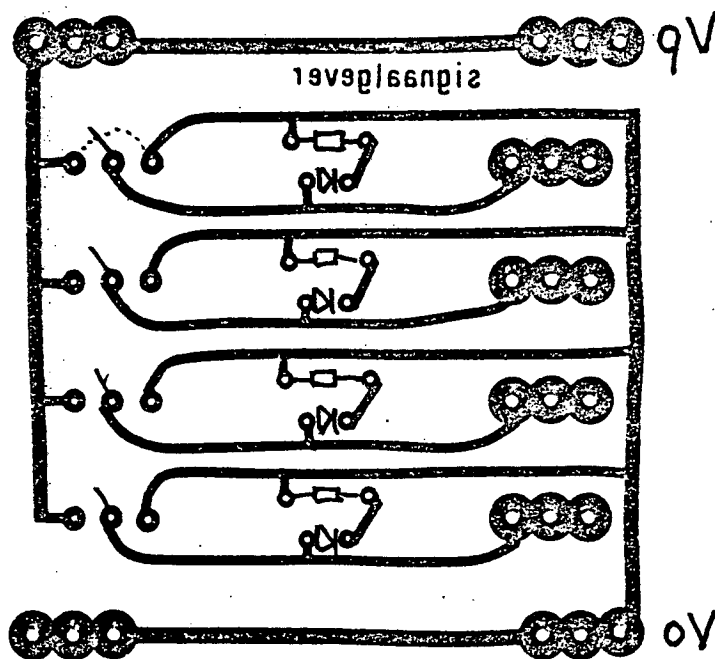


APPARATUURGIDS

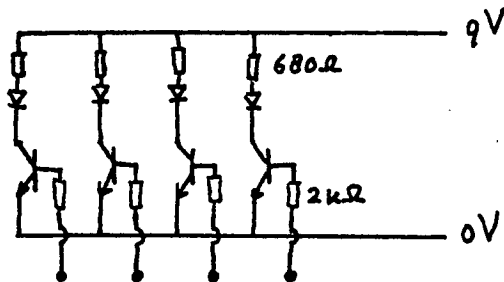
LED - SCHAKELAAR



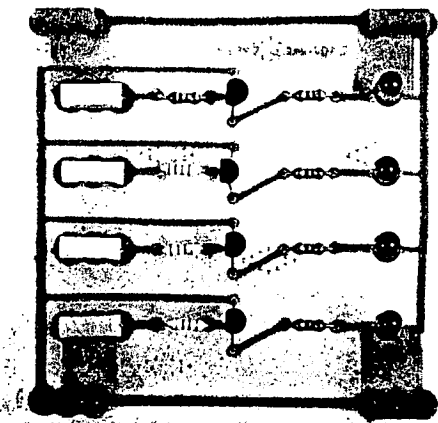
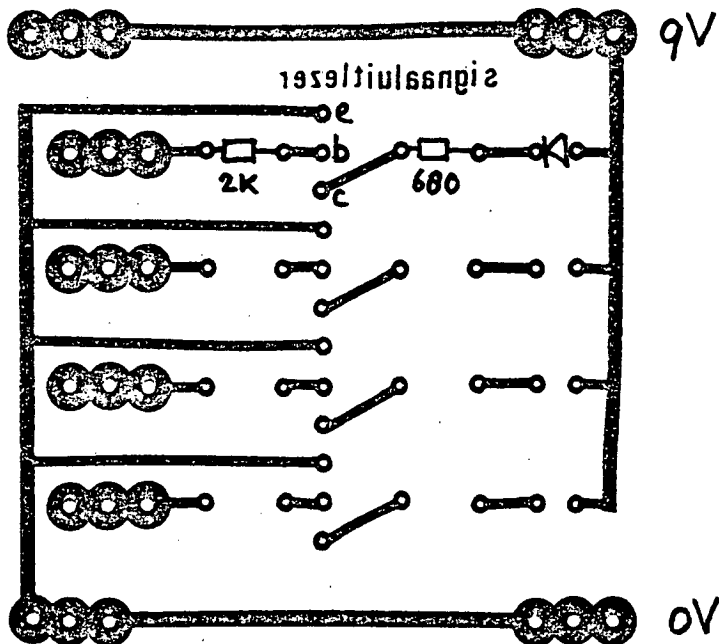
4 LED
4 680 Ω
4 schakelaars



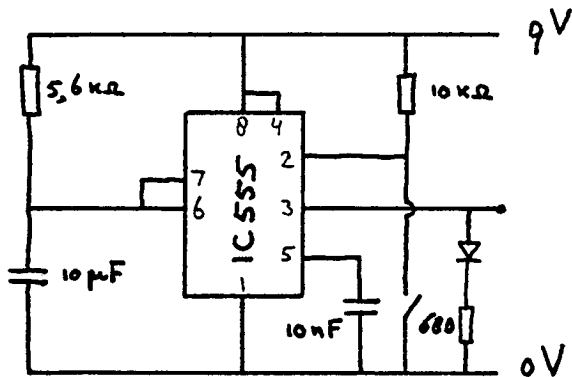
LED-UITLEZER



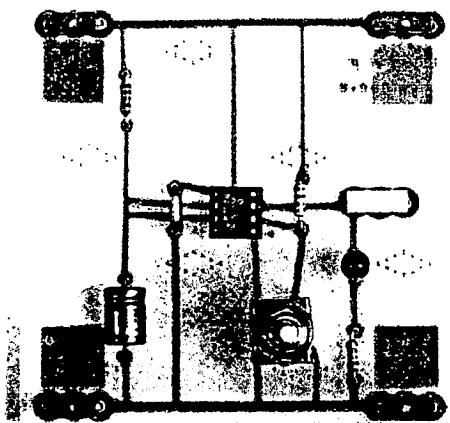
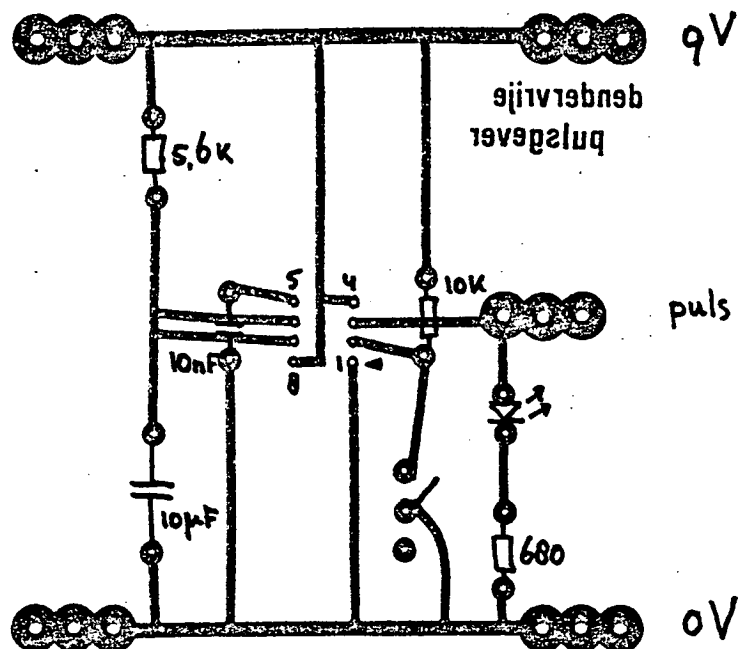
- 4 BC414
- 4 LED
- 4 680 Ω
- 4 2 kΩ



PULS-SCHAKELAAR



IC 555
 5,6 kΩ
 10 kΩ
 10 µF
 10 nF
 LED
 680 Ω
 drukschakelaar



APPARATUURGIDS

APPARATUUR HOOFDSTUK 6.

Voor scholen waar in de natuurkunde les geen Commodore C'64 computer ter beschikking staat is de volgende apparatuur gewenst :

paragraaf apparaat

- 6.2
 - AM zender = sinusgenerator en modulator;
 - microfoon (met voorversterker) of toongenerator of astabiele multivibrator uit H.4, voor het te verzenden signaal;
 - oscilloscoop;
 - voedingen;
 - korte coax-kabel;
 - evt. een AM radio ontvanger.
- 6.3
 - ADC-DAC combinatie;
 - toongenerator;
 - luidspreker;
 - evt. een voorversterkte microfoon;
 - voeding.
- 6.4
 - cassette recorder.
- 6.5
 - ADC-DAC combinatie;
 - een fijn regelbare gelijkspanning (bijv. batterij via spanningsdeler);
 - een mV-meter (variatie van 19 mV moet afleesbaar zijn);
 - voeding voor de ADC-DAC (-15V,0,+15V gestabiliseerd, bijv. van Nat.Did.RU Amsterdam).
- 6.6
 - een stappenmotor;
 - de stuureenheid voor de stappenmotor;
 - voeding stappenmotor 12 V gefilterd;
 - dender vrije pulsschakelaar (zie H.4) met 9 V voeding;
 - astabiele multivibrator met 9 V voeding;
 - evt. stroboscooplamp.

Voor scholen met C'64 micro-computer zijn enkele computer programma's ontwikkeld en verzameld die bij dit hoofdstuk zinvol zijn. Zie daarvoor bijlagen D7 en I3. Deze programma's kunnen op een door U ingeleverde lege cassette of disk worden gezet.

De computer is bruikbaar bij:

- par. 6.4 : activiteit 1 - computer laten "spreken";
 activiteit 2 - programma inlezen;
- par. 6.5 : activiteit 2 - opslaan van toongenerator signaal voor het bepalen van de meetsnelheid van de ADC-computer combinatie;
- par. 6.6 : activiteiten 3 en 4 - stappenmotor aandrijven per computer.

APPARATUURGIDS

Extra apparatuur:

- computer + beeldscherm + cassetterecorder of diskdrive;
- meet ADC (voor 6.5). N.B.: deze ADC met bijbehorend programma is ook bruikbaar bij andere thema's waar aan snelle processen moet worden gemeten, zoals nagalm-meting bij "muziek", botstijdmeting bij "verkeer" en inductiespanningen bij "elektrische machines".
- verbindingskabel van de computer naar de stuureenheid van de stappenmotor.

par.6.2 DE AM ZENDER.

De zender bestaat uit twee blokken. De sinusgenerator die de draaggolf opwekt en de modulator. De blokken worden gekoppeld met een korte coax-kabel. U vindt deze blokken op de volgende twee bladzijden.

Op de ingang s van de modulator kan worden aangesloten :

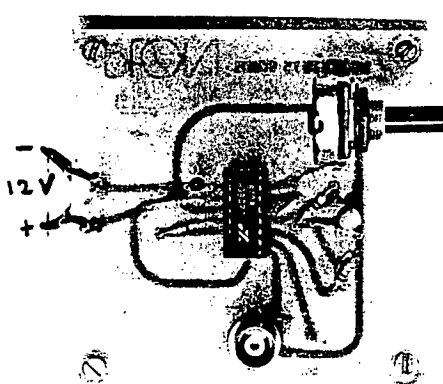
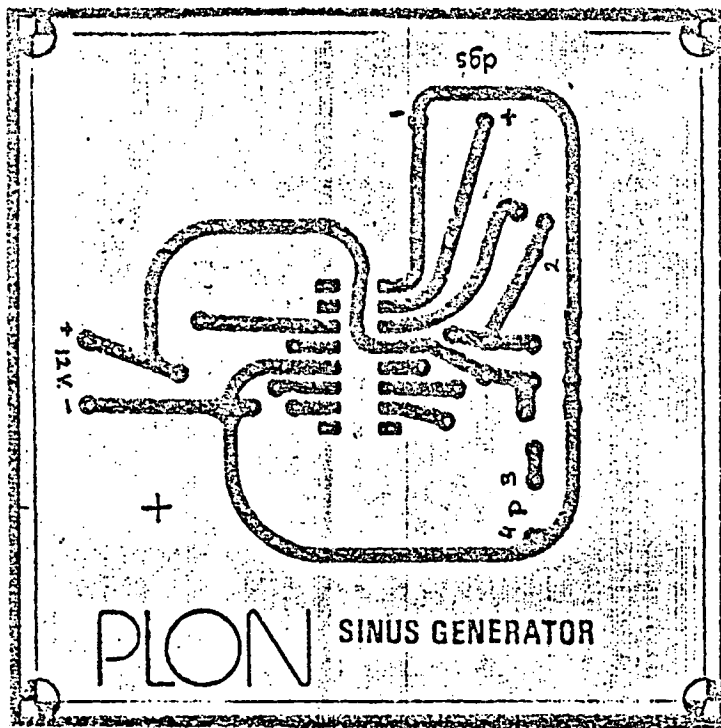
- een microfoon, evt. met voorversterker;
- een toongenerator;
- de astabiele multivibrator van blz. 80.

Door bijstellen van de variabele weerstand van de sinusgenerator verandert de draaggolffrekwentie. De instelpotmeter op de modulator beïnvloedt de verhouding van draaggolf- en signaalamplitude.

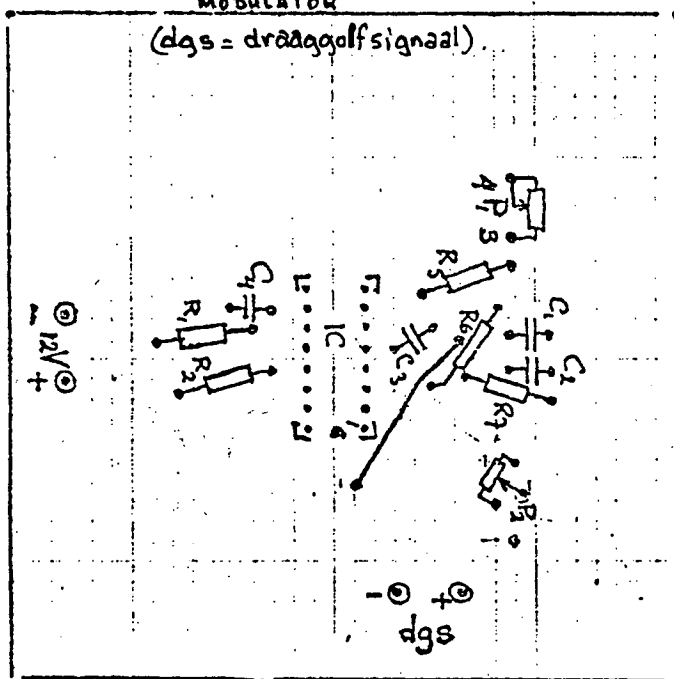
Met een oscilloscoop zijn de deelsignalen te onderzoeken, te weten :

- de draaggolf bij dgs - en + op de sinusgenerator;
- het gemoduleerde signaal op de AM uitgang (- en +) van de modulator;
- het verzonden signaal bij s (- en +) van de modulator.

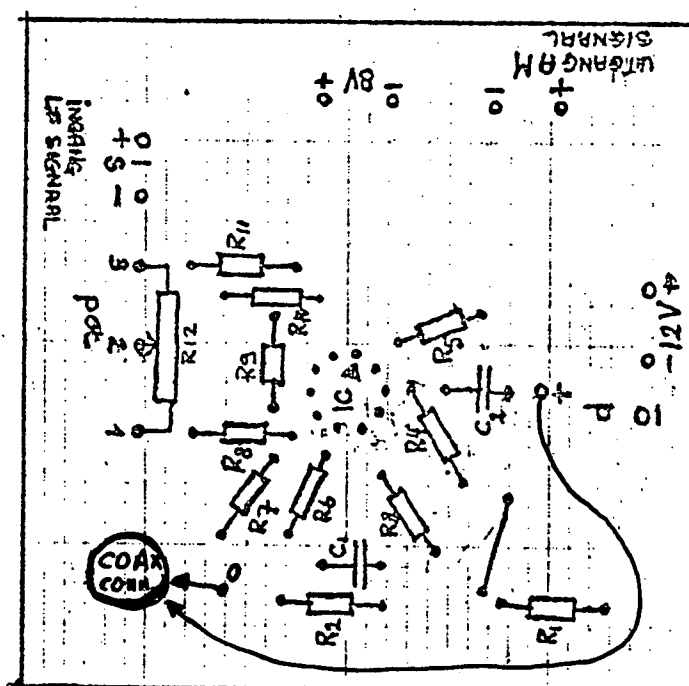
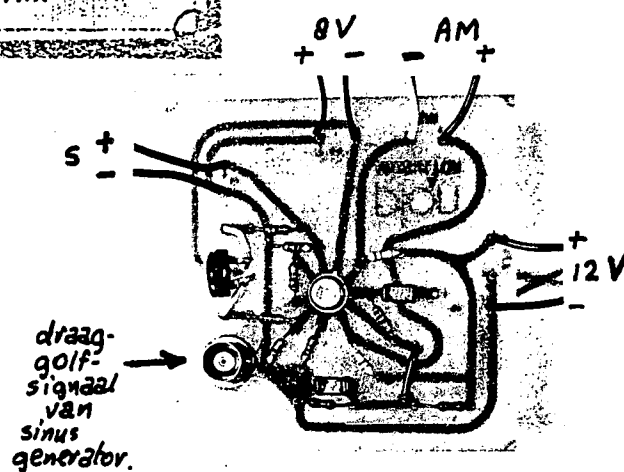
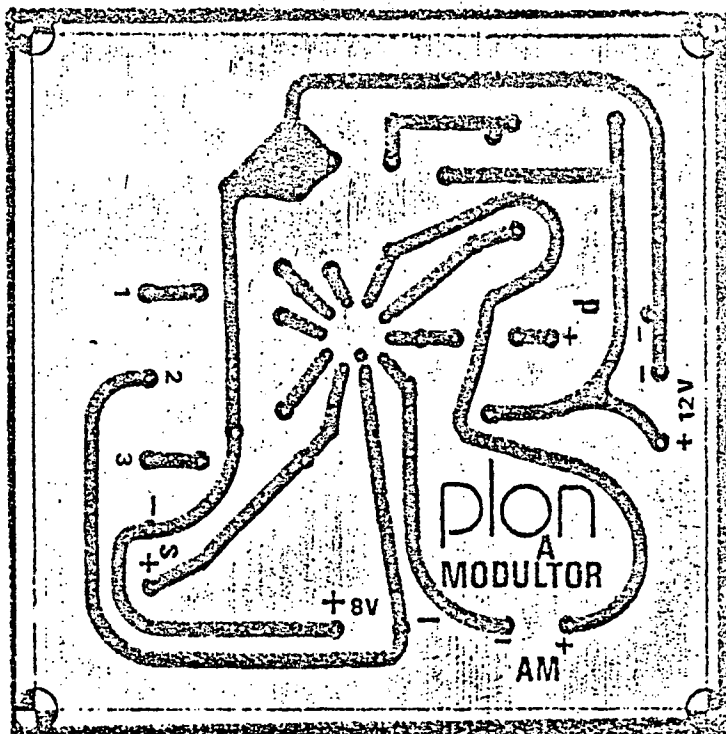
Op de AM uitgang (+) is ook een antenne (2 m draad, vertikaal hangen) aan te sluiten.



$R_1 = 10k\Omega$
 $R_2 = 220\Omega$
 $R_3 = 2,2k\Omega$
 $R_6 = 4,7k\Omega = R_7$
 meerslag $P_1 = 2,2k\Omega$
 instel $P_2 = 25k\Omega$ of $R_{vast} = 10k\Omega$
 $C_1 = 1\mu F$
 $C_2 = 10\mu F$
 $C_3 = 390pF$
 $C_4 = 1\mu F$
 $IC = 2206 CP$



APPARATUURGIDS



- $R_1 = R_2 = R_9 = 1 \text{ k}\Omega$
- $R_3 = R_5 = 3,9 \text{ k}\Omega$
- $R_4 = R_7 = R_{10} = 56 \Omega$
- $R_6 = 6,8 \text{ k}\Omega$
- $R_8 = 680 \Omega$
- $R_{11} = 27 \text{ k}\Omega$
- $R_{12} = 25 \text{ k}\Omega$ instelpot.
- $C_1 = 0,1 \mu\text{F} = C_2$
- IC = MC 1596G

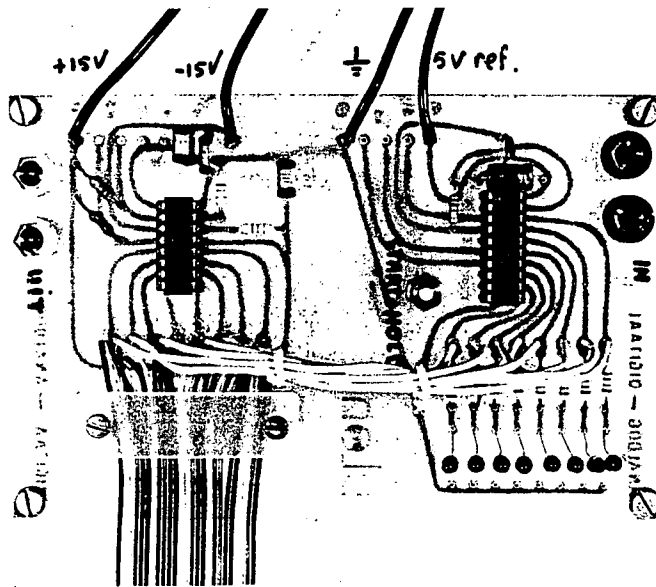
par.6.3 en 6.5 DE ADC-DAC COMBINATIE.

Een -15V, 0V, +15V gestabiliseerde voeding is nodig. Bovendien moet een 5V referentiespanning worden geleverd.

De lay out van de print en de benodigde componenten zijn op de volgende bladzijde afgedrukt.

De foto hieronder toont de analoge ingang van de ADC en de analoge uitgang van de DAC. Het digitale tussenstadium wordt met de acht LED's weergegeven. Het is mogelijk dit 8-bits signaal aan een computer (C'64) toe te voeren via de USER I/O poort.

De start-hold drukschakelaar start het omzettingsproces. (hold - even ophouden zo lang je drukt - is niet zo zinvol).



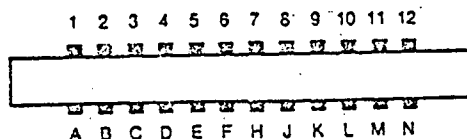
Extra toelichting wat betreft de 2⁴-aderige kabelverbinding naar de computer. Van rechts naar links gezien, in de foto, gaan we van het minst significante bit (bit 0) naar het meest significante bit (bit 7). We hebben maar 8 van de 2⁴ aders nodig en die moeten uitkomen op de juiste pinnen van de computer ingang.

Die pinnen zijn gerangschikt als hier is weergegeven. De tabel het verbindingsschema.

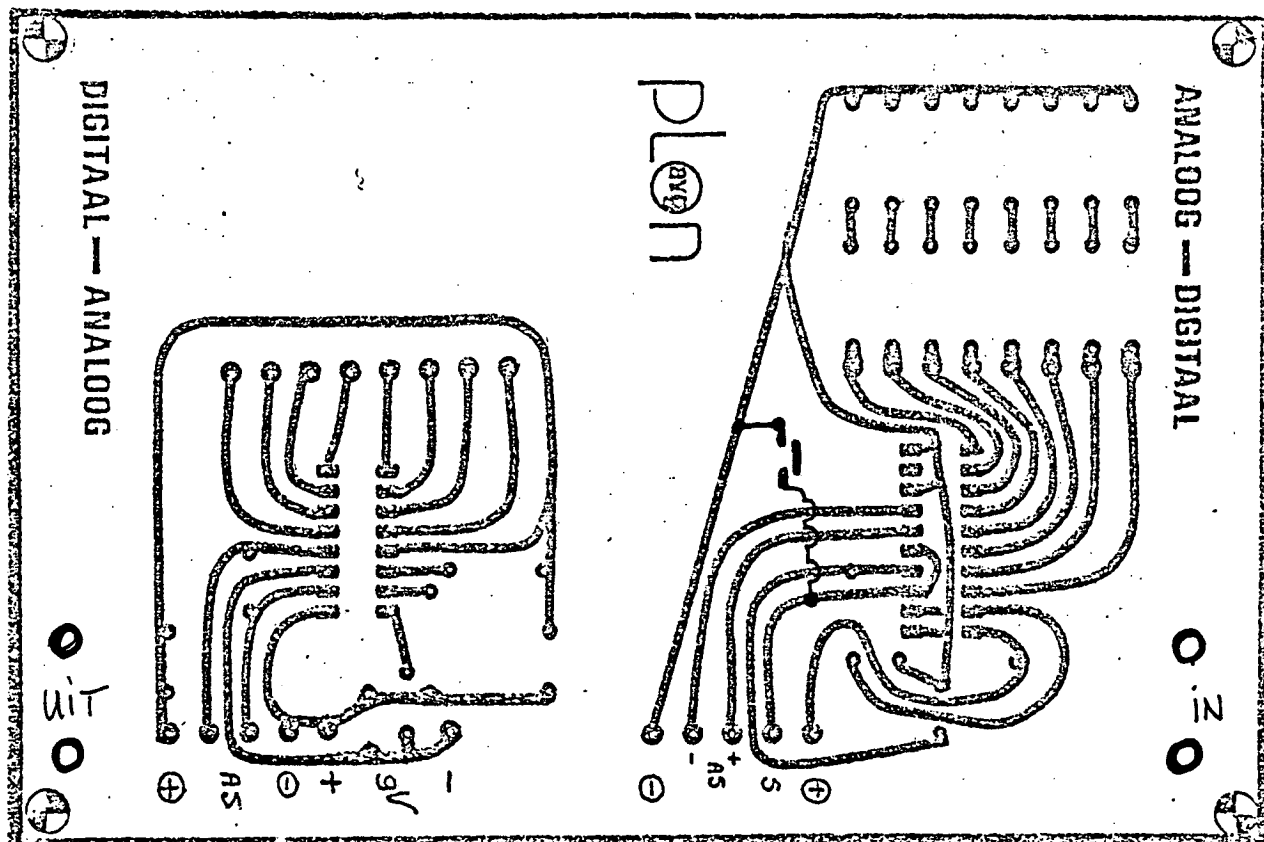
In onze opstelling is een sub-D-connector (stekker en contrasteker) opgenomen. Ook de daar gebruikte pins staan in de tabel.

Aangezien de aders gaan naar respectievelijk 1, A, 2, B, 3, C, 4, D enz. moeten we gebruik maken van de 7e, de 9e, de 11e enz. ader (steeds een overslaan).

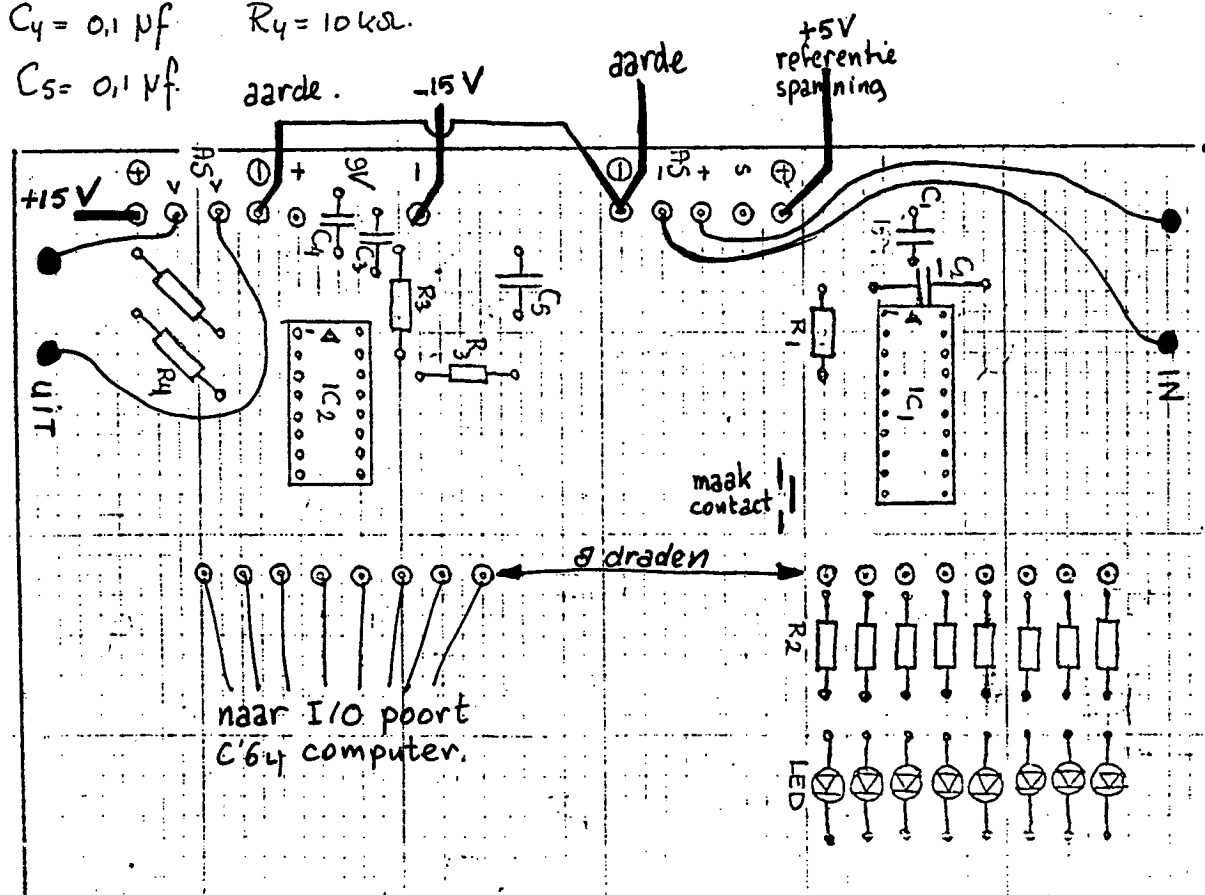
bit no	comp. pin	sub D pin
PB0	C	4
PB1	D	5
PB2	E	6
3	F	7
4	H	8
PB5	J	9
PB6	K	10
PB7	L	11



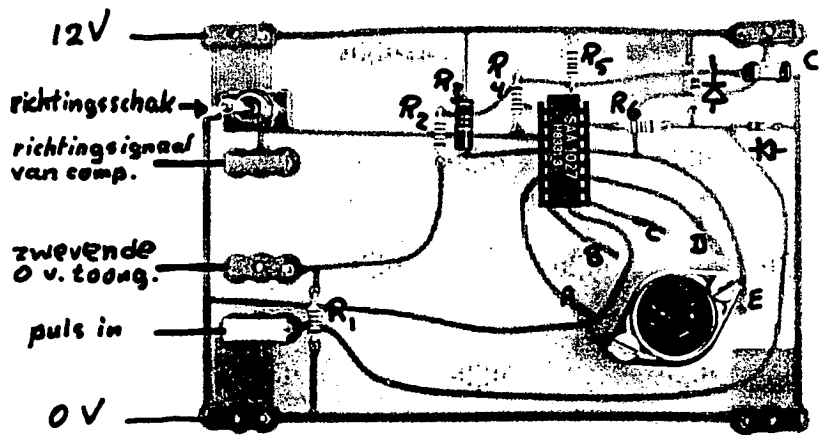
APPARATUURGIDS



- $C_1 = 150 \text{ pf}$ $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ $IC_1 = \text{ADC } 0804 \text{ LCN}$
- $C_2 = 10 \text{ pf}$ $R_2 = 1,2 \text{ k}\Omega$ $IC_2 = \text{DAC } 0800 \text{ LCN}$
- $C_3 = 0,01 \text{ pf}$ $R_3 = 5 \text{ k}\Omega$
- $C_4 = 0,1 \text{ pf}$ $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$
- $C_5 = 0,1 \text{ pf}$



APPARATUURGIDS



$R_1 = R_2 = R_6 = 10\text{ k}\Omega$
 $R_3 = 270\Omega$
 $R_4 = 1\text{ k}\Omega$
 $R_5 = 100\Omega$
 $C_1 = 0,1\mu\text{F}$
 IC = SAA 1027
 2 diodes.
 5 pins contraplug



A → 4 → motordraad geel 1
 B → 1 → " grijs 1
 C → 5 → " geel 2
 D → 3 → " grijs 2
 E → 2 → beide rode draden.

6.6. STAPPENMOTOR.

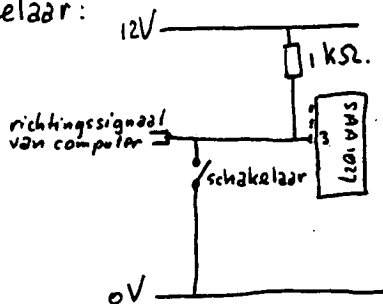
Aandrijfmethoden:

1. Met pulsschakelaar (zie blz. 92): 0V en puls uit- en ingang koppelen.
2. Met astabiele multivibrator: 0V en puls uit- en ingang koppelen
3. Met toongenerator: gebruik een blokgolf met maximaal top-top 12V. Verbindt de zwevende 0 (-) van de toongenerator met de speciale ingang (=6V) en de + uitgang met de puls ingang van de stuu eenheid.
4. Met C64 micro-computer: nadere gegevens volgen.
(5V pulsen van computer moeten mogelijk naar 12V opgetrokken worden).

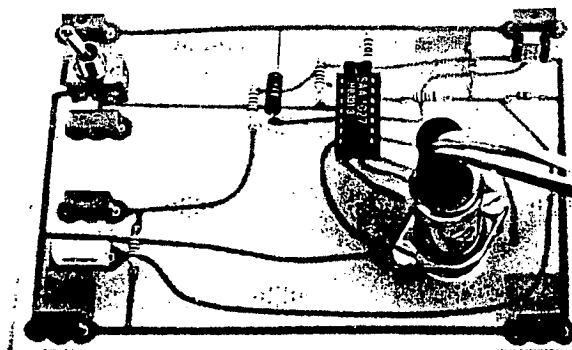
WAARSCHUWING:

Eerst aansluiten. Dan motor IC-voeding (12V) aan.
Dan pas signalen toevoeren.

richtingsschakelaar:



schakelaar open → 3 hoog → ene richting
 " gesloten → 3 laag → andere richting.
 bij computersturing moet de schakelaar open staan, anders doet hij het niet en wordt de computer mogelijk overbelast.



wijzer op 85 om draaien zichtbaar te maken.

STAPPENMOTOR
 Philips 9904 112
 32001

staphoek: 7°30'

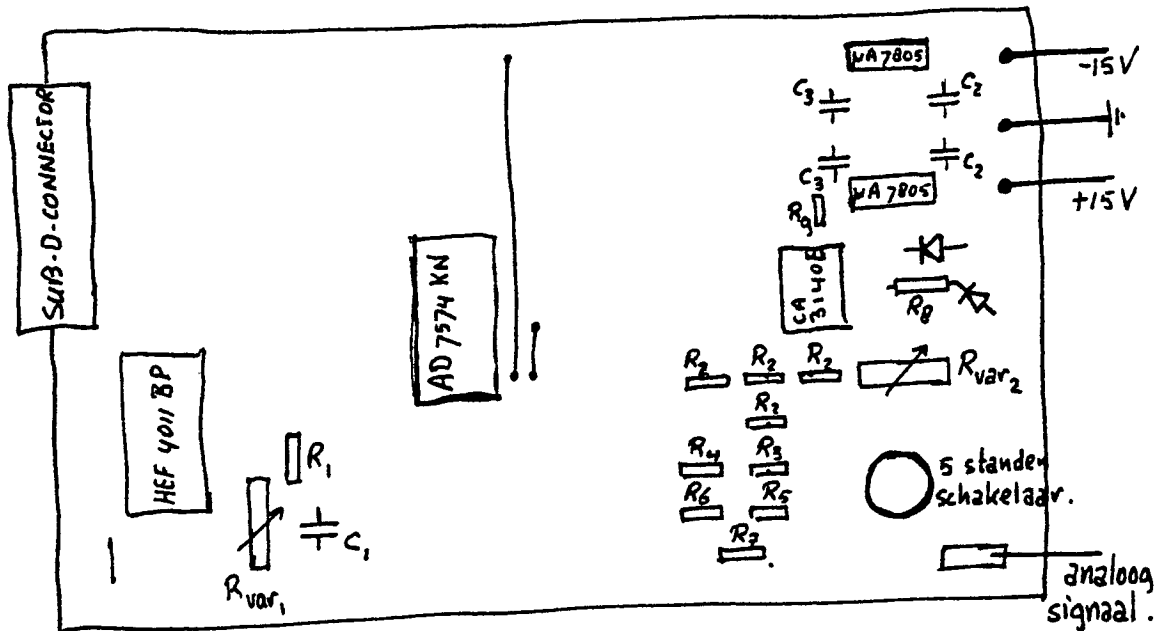
max. snelheid:
 350 stap/s.

max. temp: 120°C

2x3 draden boven elkaar.
 resp: geel, grijs, rood - 1
 geel, grijs, rood - 2.

APPARATUURGIDS

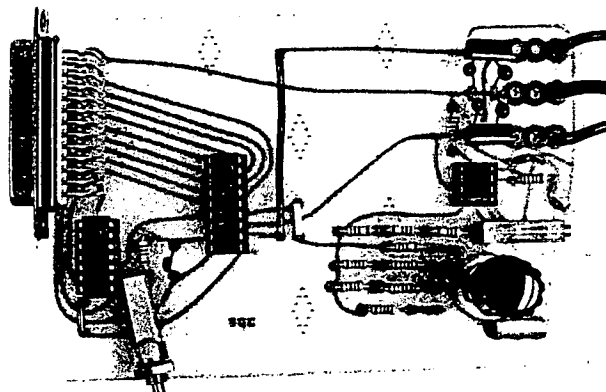
6.5. MEET ADC.



$R_{var1} = 27 \text{ k}\Omega$
 $R_{var2} = 10 \text{ k}\Omega$
 $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$
 $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$
 $R_3 = 270 \text{ k}\Omega$
 $R_4 = R_7 = 20 \text{ k}\Omega$
 $R_5 = 0,2 \text{ k}\Omega$
 $R_6 = 82 \text{ k}\Omega$
 $R_8 = R_9 = 10 \text{ k}\Omega$
 $C_2 = 2 \mu\text{F}$
 $C_3 = 1 \mu\text{F}$
 $C_1 = 100 \text{ pF}$

Aansluitschema computerkabel (zie ook blz. 97)

bit no	comp. pin	sub D pin
PB0	C	4
PB1	D	5
PB2	E	6
PB3	F	7
PB4	H	8
PB5	J	9
PB6	K	10
PB7	L	11
22rde	1	1
22rde	A	13
+5V	2	14
PC 2	8	15



de variabele weerstanden moeten een keer goed ingesteld worden, maar hebben overigens geen functie.

Tot 56000 meetwaarden per sec kunnen worden opgeslagen!!

