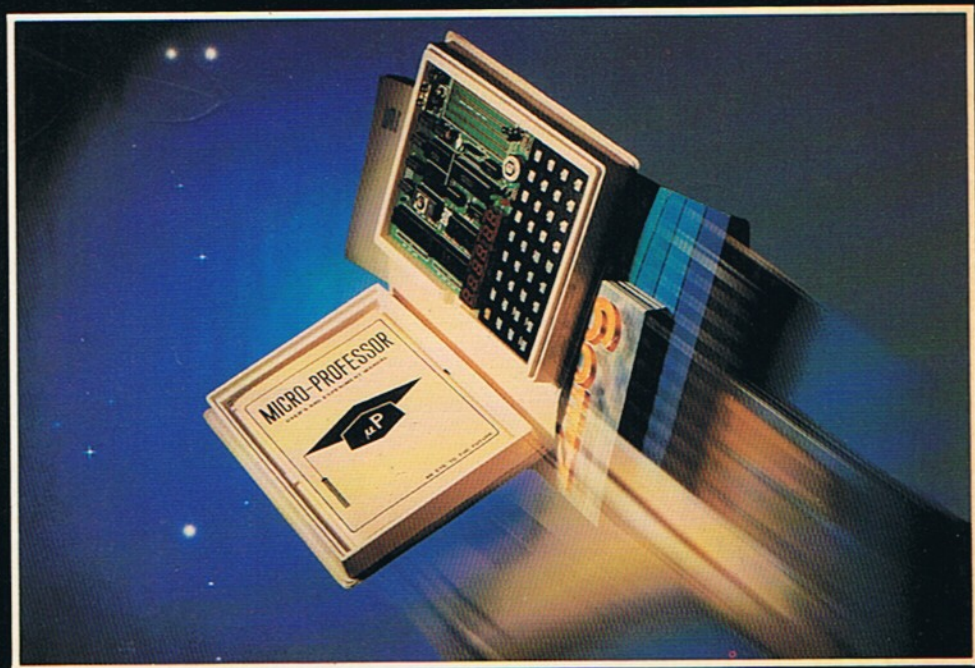


R. Lingier

sturen met de
Z-80
microprocessor



MAKLU
MAARTEN KLUWER'S
INTERNATIONALE UITGEVERSONDERNEMING
Antwerpen - Apeldoorn

Roland Lingier

**STUREN MET
DE MICROPROCESSOR Z-80**

**MAKLU
MAARTEN KLUWER'S
INTERNATIONALE UITGEVERSONDERNEMING
Antwerpen-Apeldoorn**

C.I.P.-GEGEVENS

Lingier, Roland

Sturen met de micro-processor Z-80 / Roland Lingier. — Antwerpen - Apeldoorn ; M. Kluwer's Internationale Uitgeversonderneming, 1985 — 180 p. : ill.

ISBN 90-6215-134-5

Doelgroep : informatici

SISO 365.3 UDC 681.06 UGI A650

Onderwerpen : Z-80 (Microprocessor)

D 1985/1997/23

boekhandelsrubriek 16

© 1985 MAKLU

MAARTEN KLUWER'S

INTERNATIONALE UITGEVERSONDERNEMING

Antwerpen-Apeldoorn

Behoudens uitzondering door de Wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbende(n) op het auteursrecht, c.q. de uitgever van deze uitgave, door de rechthebbende(n) gemachtigd namens hem (hen) op te treden, niets uit deze uitgave worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of anderszins, hetgeen ook van toepassing is op de gehele of gedeeltelijke bewerking.

De uitgever is met uitsluiting van ieder ander onherroepelijk door de auteur gemachtigd de door derden verschuldigde vergoeding voor kopiëren, als bedoeld in artikel 17 lid 2 der Auteurswet 1912 en in het KB van 20.6.74 (*Stb.* 351) ex-artikel 16b der Auteurswet 1912, te doen innen door en overeenkomstig de reglementen van de Stichting Reprorecht te Amsterdam.

No part of this book may be reproduced in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means, without written permission from the publisher.

Onlangs alle aan de samenstelling van de tekst bestede zorg, kan noch de redactie, noch de uitgever, noch de vertaler aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele schade, die zou kunnen voortvloeien uit enige fout, die in deze uitgave zou kunnen voorkomen.

INHOUD

1. De Z-80-PIO	11
1.A. Inleiding	11
1.B. Output via poort A (mode 0)	12
1.C. Output via poort B (mode 0)	16
1.D. Input via poort B (mode 1)	17
1.E. Input via poort A	19
1.F. Tweerichtings-mode (mode 2)	19
1.G. Control mode (mode 3)	21
1.H. Het vector-register	23
1.I. Het interrupt enable flip flop	23
1.J. Output door interrupt	23
1.K. Mask-control-register	27
1.L. Mask-register (8 bits)	27
1.M. Prioriteit bij interrupts	28
2. De Z-80-CTC	30
2.A. Inleiding	30
2.B. Het channel-control-register	30
2.C. Het time-constant-register	31
2.D. De counter mode	31
2.E. De timer mode	35
2.F. Interrupts	36
3. Eenvoudige sturing	40
3.A. Inleiding	40
3.B. Het in- of uitschakelen van een motor door een schakelaar	40
3.C. Het bedienen van een motor door drukknoppen	42
3.D. Start/stop van het toetsenbord	46
3.E. Afwisselend stoppen en draaien	46
3.F. Twee draairichtingen door schakelaars	48
3.G. Het sturen van een elektrisch aangedreven poort	51
4. Van digitaal naar analoog	60
4.A. De op-amp	60
4.B. Het zelf bouwen van een 5-bit DAC	64
4.C. Snelheidsregeling	65
4.D. Progressief versnellen en afremmen	66

5.	Geprogrammeerde sturingen	69
5.A.	Inleiding	69
5.B.	Rijden tot een bepaalde plaats	69
5.C.	Een aantal ronden rijden	72
5.D.	Achteruit rijden	73
5.E.	De CTC als teller	74
5.F.	Meer bewegingen na elkaar	75
5.G.	Progressieve snelheidsverandering	80
5.H.	Programmeerbare traagheid	83
5.I.	Het programmeren van stoptijden	89
6.	Het sturen van wissels	93
6.A.	Inleiding	93
6.B.	Baan met 1 wissel	94
6.C.	Twee wissels en twee treinen	97
6.D.	Uitbreiding met tweede ovaal	99
6.E.	Uitschakelbaar baanvak tussen twee wissels	100
7.	Analoog-digitaal-convertors	101
7.A.	Inleiding	101
7.B.	Parallel conversion	101
7.C.	Single ramp conversion	101
7.D.	Double ramp conversion	103
7.E.	Counter comparator conversion	104
7.F.	Servo conversion	104
7.G.	Successive approximation convertor	104
7.H.	De ADC ZN449	106
8.	ADC's en de Micro-Prof	110
8.A.	Van ADC naar display	110
8.B.	Automatisch SOC-signaal	110
8.C.	Gebruik van het EOC-signaal	111
8.D.	Handshaking met de ZN449	112
8.E.	Instellen en afregelen	115
8.F.	Van hexa naar decimaal	116
8.G.	Lichtmetingen	118
8.H.	Temperatuurmeting	120
8.I.	Analog switches (analoge schakelaars)	123

9. Het sturen van stappenmotoren	126
9.A. De werking van de stappenmotor	126
9.B. Het sturen van de stappenmotor	128
9.C. De stappenmotor sturen door de Micro-Prof	130
9.D. Het testen van de hardware	131
9.E. Voortdurend draaien met vaste snelheid	132
9.F. Aansluiting wijzigingen	133
9.G. Beperkte bewegingen	134
9.H. Meerdere bewegingen na elkaar	135
9.I. Geprogrammeerde draairichting	136
 10. Een zelfgebouwde plotter	 139
10.A. Inleiding	139
10.B. De mechanische opbouw	139
10.C. Het aansluiten van de motoren	140
10.D. Het sturen van de beide motoren	140
10.E. Een programma schrijven op een computer	141
10.F. Schuine lijnen	146
10.G. Pen op en neer	149
10.H. Verdere uitbreidingen	154
 11. Servomechanismen	 155
11.A. Inleiding	155
11.B. Indirecte incrementele opnemer	156
11.C. Een aantal toeren laten draaien	157
11.D. Verandering van draairichting	159
11.E. Nauwkeuriger stoppen	163
 12. Optisch tellen	 167
12.A. De opnemer	167
12.B. Aantal omwentelingen tellen	168
12.C. De motor stoppen na X toeren	169
12.D. De motor langzaam stoppen na X toeren	171
12.E. Snelheidsregeling door DAC	172
12.F. Zeer kleine bewegingen	174
12.G. Twee draairichtingen	176
12.H. Programmeerbare snelheid	180

VOORWOORD

De opkomst van de microprocessor heeft het mogelijk gemaakt computers te fabriceren voor lage prijzen. De zeer snelle verspreiding van dit nieuwe instrument doet ook de vraag naar informatie over het gebruik ervan toenemen. De uitgevers reageren hier graag op met een uitgebreid aanbod op het gebied van software. Ook worden door allerlei instanties cursussen over software gegeven, die veel succes hebben. De reden waarom men zulke cursussen volgt is eenvoudig : ze bieden een veelbelovende toekomst zonder dat er veel gespecialiseerde voorkennis van de cursist verwacht wordt. Bijna iedereen kan met software beginnen en in korte tijd een betrekkelijk verrassend resultaat behalen.

De kennis over de werking van de computer verspreidt zich niet zo snel als die over de programmatuur. Veel minder boeken gaan over de hardware. De weinige die wel over die hardware gaan, zijn zelden op de praktijk gericht, wat voor de lezer die ervaring op dit gebied op wil doen, toch noodzakelijk is. Een theoretische benadering blijft te abstract. Door de grote hoeveelheid nieuwe stof gaan de met veel moeite opgedane begrippen snel vervagen. Daarbij komt nog dat een flinke voorkennis van elektronica noodzakelijk is, waardoor niet iedereen met deze studies kan starten.

Het sturen en regelen van allerlei toestellen kan door middel van een microcomputer gebeuren, maar vaak kan dit ook al met alleen een microprocessor en enkele chips. Is een zeer hoge snelheid vereist, dan is de microprocessor-opstelling zelfs in het voordeel ten opzichte van de veel duurdere microcomputer die in een hogere taal geprogrammeerd wordt.

Wie eens verder wil gaan dan het bedienen van zijn eigen microcomputer heeft niet genoeg aan zijn kennis van een programmeertaal. Tussen het toestel en de microcomputer moet een schakeling komen die zowel aan de microcomputer als aan het te controleren toestel aangepast moet zijn. Een dergelijke schakeling is moeilijk te krijgen, en het vereist bovendien een zekere kennis van hardware om hem in gebruik te nemen.

De werking van een moderne micro- of minicomputer berust helemaal op het principe van de werking van de microprocessor en enkele aanverwante chips. Vandaar dat de studie over microprocessors als vanzelf inzicht geeft in de hardware van computers.

De microprocessor is een stuk dode hardware zolang hij geen programma aangeboden krijgt. Deze programma's moeten in machinetaal geschreven zijn. Het schrijven in machinetaal is bijna niet te leren zonder kennis van hardware. Daarom gaat de studie van een microprocessor zowel over software als over hardware. Programma's moeten de eigenschappen van de hardware aan het licht brengen en omgekeerd.

In de huidige techniek zijn steeds meer toestellen, wanneer ze zijn aangesloten op een microprocessor, in staat om zelfstandig bepaalde taken uit te voeren.

In dit vervolg op *De microprocessor Z-80 stap voor stap* wordt het werkingsprincipe van dergelijke besturingen uitgelegd. Niet alleen de hardware en de software worden besproken, maar ook voorbeelden van de te besturen toestellen.

Eigenschappen van de hardware worden getoond en ook getest door middel van een groot aantal korte programma's. De sturingsprogramma's kunnen zinvol getest worden ; ze kunnen worden toegepast in modelopstellingen die eenvoudig zelf te bouwen zijn met Fischer-techniek of materiaal van een modelspoorbaan.

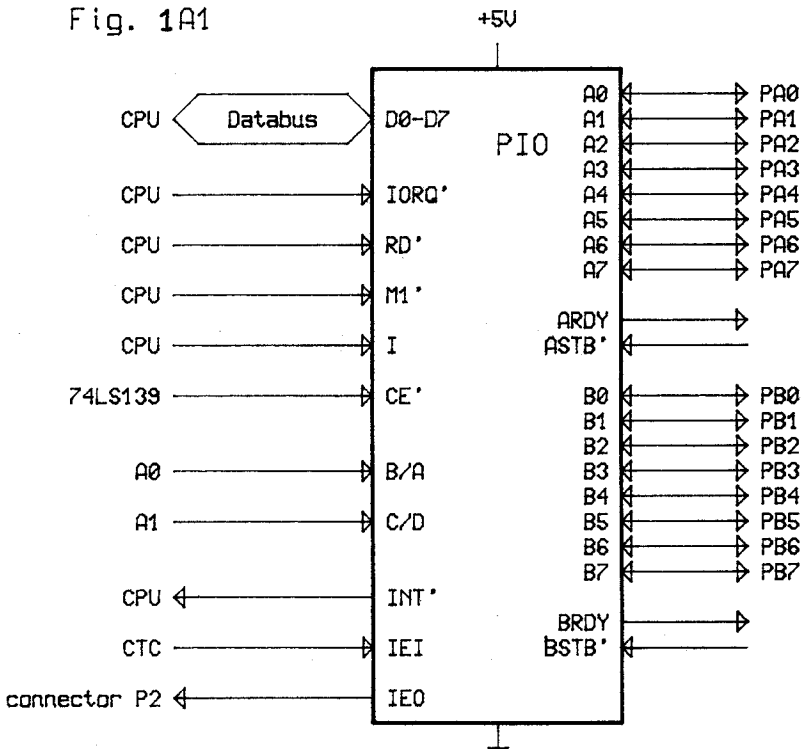
De informatie in dit boek wordt stap voor stap gepresenteerd ; steeds krijgt de lezer alle nodige gegevens om de informatie zelf in de praktijk toe te passen en te testen. Dit maakt het boek geschikt voor zowel onderwijs als zelfstudie.

R. Lingier
Leraar aan het
Stedelijk Hoger Technisch Instituut
in Oostende

1. DE Z-80—PIO

1.A. Inleiding

De PIO (Parallel I/O interface controller) is een programmeerbare chip die dienst kan doen als tussenschakeling voor twee 8-bit randtoestellen. De in- en uitgangen zijn TTL compatible. De PIO bevat twee 8-bit I/O-delen (twee poorten), die elk zowel voor input als voor output geprogrammeerd kunnen worden. Iedere poort heeft ook nog twee control-lijnen RDY (ReaDY) en STB' (STroBe), voor handshaking tussen randtoestel en poort.



Figuur 1.A.1 toont hoe de PIO is aangesloten op de Micro-Prof. De klemmen D0-D7 van de PIO zijn verbonden met de databus van de CPU. Ook de ingangen IORQ', RD' en M1' van de PIO krijgen hun signalen rechtstreeks van de CPU. Via IORQ' en M1' kan de PIO een interrupt-bevestiging van de CPU ontvangen.

De ingang CE' is aangesloten op de uitgang 2Y2 van de 74LS139 op sheet 2. Daardoor kan CE' alleen laag worden als A7 hoog is en A6 laag bij een I/O van of naar de poorten.

Een hoog op ingang B/A selecteert poort B, en een laag kiest poort A.

Iedere poort heeft data-registers (voor IN en OUT data), en verschillende control-registers.

Poort- adres	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	Regis- ters.	Poort
80	1	0	X	X	X	X	0	0	I/O	A
81	1	0	X	X	X	X	0	1	I/O	B
82	1	0	X	X	X	X	1	0	Contr	A
83	1	0	X	X	X	X	1	1	Contr	B

Fig. 1A2

Een hoog op ingang C/D (Control/Data) maakt de control-registers bereikbaar en een laag de data-registers.

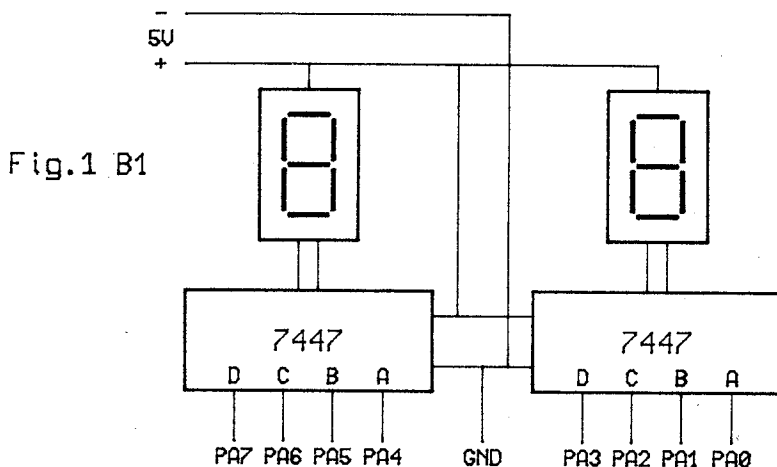
Daar B/A en C/D aangesloten zijn op de adreslijnen A0 en A1 en de ingang CS' gecontroleerd wordt door de A7, A6 en IORQ', kan bepaald worden op welke poortadressen de registers van de PIO bereikbaar zijn. Zie daarvoor figuur 1.A.2.

De adreslijnen A5 tot A2 nemen niet deel aan het selecteren van de PIO, waardoor de registers op nog andere adressen dan die vermeld in figuur 1.A.2. bereikbaar zijn.

1.B. Output via poort A (mode 0)

Poort A kan op vier verschillende wijzen (modes) gebruikt worden. In mode 0 kunnen via de klemmen A7-A0 signalen naar buiten gebracht worden.

Voor de volgende proeven worden op de klemmen PA7-PA0 twee I.C.'s 7447 aangesloten die elk een led-display sturen. Zie figuur 1.B.1.



Eerst moet poort A voor mode 0 ingesteld worden. Daarvoor moet het control woord 0F (0000 1111) naar het control-register-deel gebracht worden. Daar van het control woord de bits b3-b0 alle hoog zijn, komen de bits b7 en b6 in het mode-control-register.

Het mode-control-register is slechts 2 bits groot, en stelt A in de mode 0 als de beide bits laag zijn. De bits b5 en b4 hebben geen invloed.

De samenstelling van het control word is :

bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	0	0	X	X	1	1	1	1
	mode deel		herkennings- deel					

In mode 0 is via het poortadres 80 het data-output-register bereikbaar. De data die in het output-register geschreven worden komen ook op de klemmen PA7-PA0. Met een IN-instructie kan het output-register óók gelezen worden.

Om nu de cijfers 55 op de displays te krijgen moet eerst het control word 0F naar het mode-control-register via poort 82 gebracht worden. Daarna kan de waarde 55 in het output-register geschreven worden via poortadres 80.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 0F	P1B1	LD A,0F	Control word
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.reg.
1804	3E 55		LD A,55	Data
1806	D3 80		OUT (80),A	Naar output register.
1808	76		HALT	

Door de latch-eigenschap van het output-register blijft de display de waarde 55 tonen, ook als de CPU in de HALT-toestand is gekomen. Het sturen van de uitwendige displays is daardoor veel eenvoudiger dan het sturen van de multiplexed displays van de Micro-Prof.

Met het volgende programma kan om de halve seconde (ongeveer) een hexa-waarde van 00 tot FF naar de displays worden gebracht.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 0F	P1B2	LD A,0F	Control word
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.reg.
1804	97		SUB A	Startwaarde.
1805	D3 80		OUT (80),A	Naar output register.
1807	CD 5018	LUS	CALL 1850	Tijdsvertraging.
180A	3C		INC A	Volgende waarde.
180B	18 F8		JR LUS	Herhaal.
1850	1D	S1B2	DEC E	
1851	20 FD		JR NZ,S1B2	
1853	15		DEC D	
1854	20 FA		JR NZ,S1B2	
1856	C9		RET	

De displays tonen wel de cijfers 0 tot 9 maar niet de letters A tot F. De oorzaak ligt bij de decoders 7447 die alleen BCD-waarden omvormen tot de juiste patronen voor de 7-segment displays.

Met PIB3 worden alleen de decimale waarden 0 tot 99 naar de displays gebracht, zodat vreemde tekens niet meer verschijnen.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 0F	PIB3	LD A, 0F	Control word.
1802	D3 82		OUT (82), A	Naar mode contr.reg.
1804	97		SUB A	Startwaarde.
1805	D3 80	LUS	OUT (80), A	Naar outputregister.
1807	CD 5018		CALL 1850	Tijdsvertraging.
180A	A7		AND A	Maak carry laag.
180B	3C		INC A	Volgende waarde.
180C	27		DAA	Decimaal maken.
180D	18 F6		JR LUS	Herhaal
1850	1D	S1B3	DEC E	
1851	20 FD		JR NZ, S1B3	
1853	15		DEC D	
1854	20 FA		JR NZ, S1B3	
1856	C9		RET	

Bij het omvormen naar decimaal houdt DAA ook rekening met de carry. Om een juist resultaat te verkrijgen moet hier de carry laag zijn. Daar INC A de carry niet beïnvloedt, is de instructie AND A opgenomen om de carry laag te maken. Figuur 1.B.2. toont de timing bij mode 0.

Door een OUT naar het output-register wordt in de PIO het signaal SCHR' ($SCHR' = RD \times CE' \times B/A \times C/D \times C/D \times IORQ'$), dat de data in het output-register schrijft, laag. De stijgende flank van SCHR' maakt de uitgang ARDY hoog bij de eerstvolgende dalende flank van I. Dit is een teken voor het randtoestel, dat er nieuwe data ter beschikking staan op de klemmen PA7-PA0.

Bij randtoestellen met ingebouwde latch kan het ARDY-sigitaal gebruikt worden om de data in de latch van het randtoestel te schrijven.

Sommige randtoestellen leveren een signaal STB' als bevestiging dat ze de nieuwe data gelezen hebben. Als zo'n signaal op de ingang ASTB' aangesloten wordt, zal de uitgang ARDY weer laag worden door de stijgende flank op ASTB' bij de eerstvolgende dalende flank van I.

Deze eigenschappen kunnen gecontroleerd worden met de bijkomende hardware uit figuur 1.B.3.

Gebruik met PIB3 de subroutine S1B32 die een nog grotere en met register B instelbare vertraging veroorzaakt. Nadat de eerste data naar de display zijn gebracht, gaat led RDY oplichten als teken dat er nieuwe data beschikbaar zijn. Door contact STB te sluiten wordt ASTB' laag, waarmee bevestiging gegeven wordt dat de data gelezen zijn. De PIO reageert door led RDY te doven. Zodra de volgende waarde op de display komt, gaat led RDY weer oplichten, die weer gedoofd kan worden door het sluiten van contact STB.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1850	06 08	S1B32	LD B,08	Tijdstelling.
1852	1D	TIJD	DEC E	
1853	20 FD		JR NZ,TIJD	
1855	15		DEC D	
1856	20 FA		JR NZ,TIJD	
1858	10 F8		DJNZ TIJD	
185A	C9		RET	

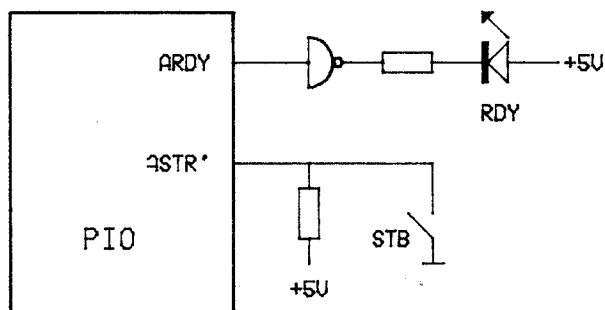
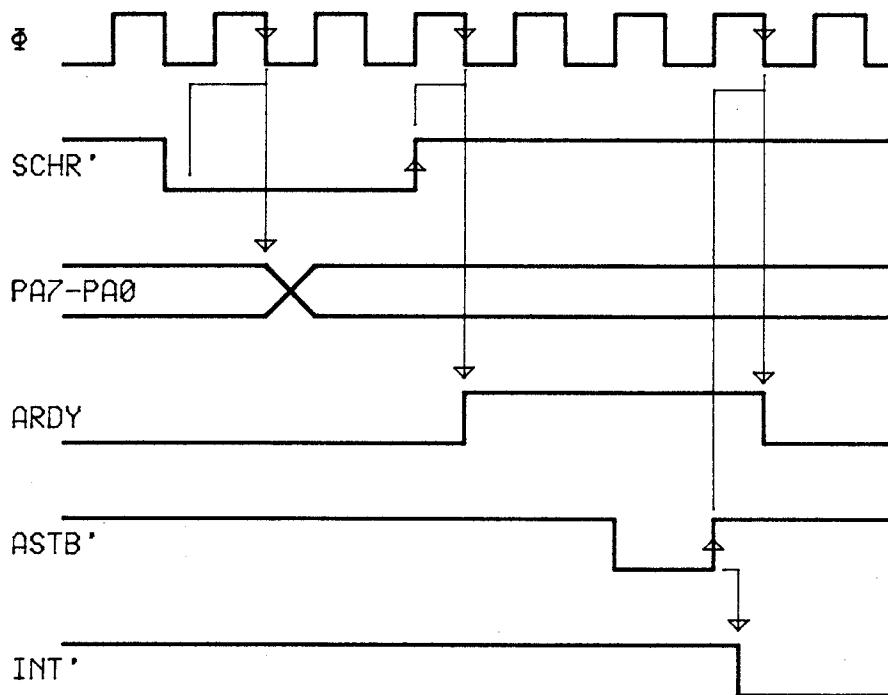
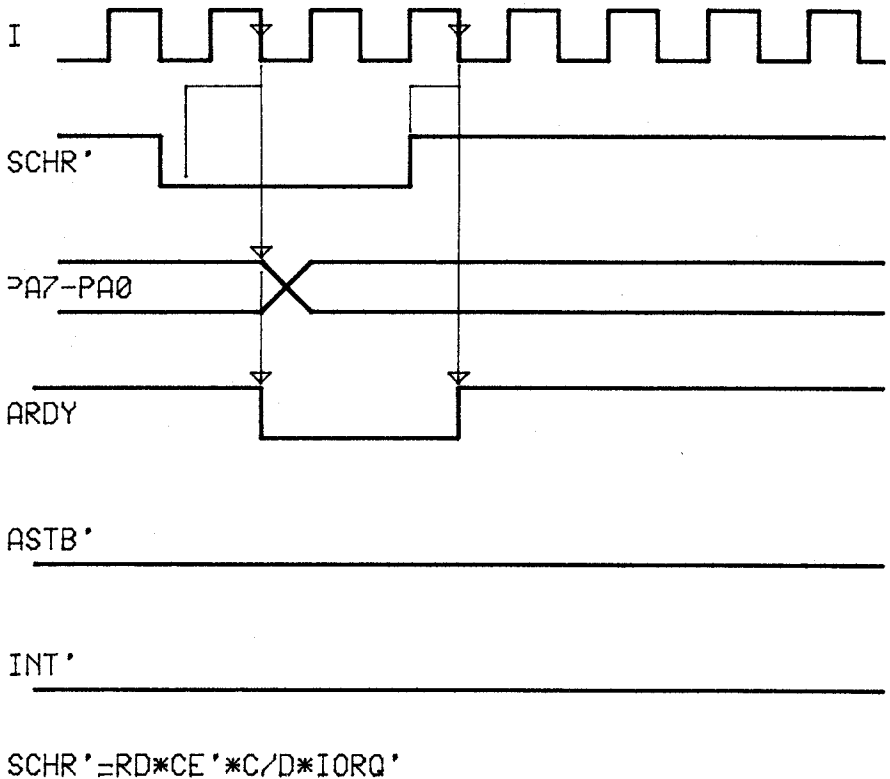


Fig.1 B3

Het signaal INT, dat wordt geleverd door de PIO, wordt later besproken. Ook zonder signaal op ASTB' wordt ARDY' weer laag, maar dan 1.5 periode nadat IORQ' opnieuw laag is geworden, als nieuwe data in het output-register geschreven zijn. Daardoor kunnen bij een randtoestel met ingebouwde latches ook telkens de nieuwe data ingevoerd worden, ook als het randtoestel zelf geen strobe-sigitaal levert.

De timing zonder STB-puls is weergegeven in figuur 1.B.4. De tijd dat ARDY laag blijft is hier echter zo kort, dat het met programma P1B3 niet waarneembaar is. Daar het interrupt-sigitaal veroorzaakt wordt door het STB-sigitaal zullen in zo'n geval geen interrupt-signalen ontstaan.

Fig.1 B4



1.C. Output via poort B (mode 0)

In mode 0 heeft poort B dezelfde eigenschappen als poort A. Wel moet het control word om poort B in te stellen voor output nu naar het poortadres 83 gebracht worden. Het output-register van poort B is bereikbaar via poortadres 81 (zie fig. 1.A.2).

Op poort B, die is ingesteld voor output, kunnen nu nog twee led displays aangesloten worden. Zo wordt dan een 4-digits display verkregen waarnaar programma PIC1 de waarden van 0000 tot FFFF overbrengt.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 0F	PIC1	LD A,0F	Control word.
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.reg.A
1804	D3 83		OUT (83),A	Naar mode contr.reg.B
1806	21 0000		LD HL,0000	Startwaarde.
1809	0E 80	LUS	LD C,80	Adres output reg.A
180B	ED69		OUT (C),L	LSB naar output reg.A
180D	0C		INC C	Adres output reg.B
180E	ED61		OUT (C),H	MSB naar output reg.B
1810	CD 5018		CALL 1850	Instelbare vertraging
1813	23		INC HL	Volgende waarde.
1814	18 F3		JR LUS	Herhaal.
1850	16 20	SIC1 TIJD	LD D,20	Instellen tijdsvertr.
1852	1D		DEC E	
1853	20 FD		JR NZ,TIJD	
1855	15		DEC D	
1856	20 FA		JR NZ,TIJD	
1858	C9		RET	

Daar naar de displays hexa-waarden gebracht worden, komen op de displays weer de vreemde karakters voor waarden groter dan 9.

Taak 1. Schrijf een programma dat alleen de decimale waarden van 0 tot 9999 op de display brengt. Na 9999 moet de ingebouwde speaker een waarschuwingssignaal leveren.

Taak 2. Laat de uitwendige display aangeven, hoeveel maal op de user key is gedrukt.

Taak 3. Ontwerp een afteller voor een fotokopieermachine, die instelbaar is tot 9999. Gebruik de user key als contact dat bij iedere afdruk gesloten wordt. Bij de stand 0000 moet de groene led Tone op de Micro-Prof doven.

1.D. Input via poort B (mode 1)

Als de CPU het input-register gelezen heeft, wordt de RDY-uitgang hoog als teken dat nieuwe data aangeboden mogen worden. Op het ogenblik dat het randtoestel (ponsbandlezer of fully decoded keyboard) data ter beschikking heeft, maakt het de ingang STB' laag. Daardoor worden de data op de PB7-PB0-klemmen in het input-register geladen. Als STB' weer hoog wordt, wordt INT' laag, en bij de volgende dalende flank van I ook de uitgang RDY. Zolang RDY laag is mag het randtoestel geen nieuwe data aanbieden door STB laag te maken. Daar INT' laag geworden is, zou nu een interrupt routine moeten starten die de CPU het input-register laat lezen.

Tijdens het lezen van het input-register wordt het signaal LEES' ($LEES' = RD' \times CE' \times C/D' \times IORQ'$) laag. Als LEES' weer hoog wordt zal bij de volgende dalende flank van I de uitgang RDY weer hoog worden. Het randtoestel weet dan dat nieuwe data aangeboden mogen worden. Figuur 1.D.I. laat de timing bij gebruik van de ingang STB' zien. Proeven waarbij het signaal INT' gebruikt wordt komen later aan de orde.

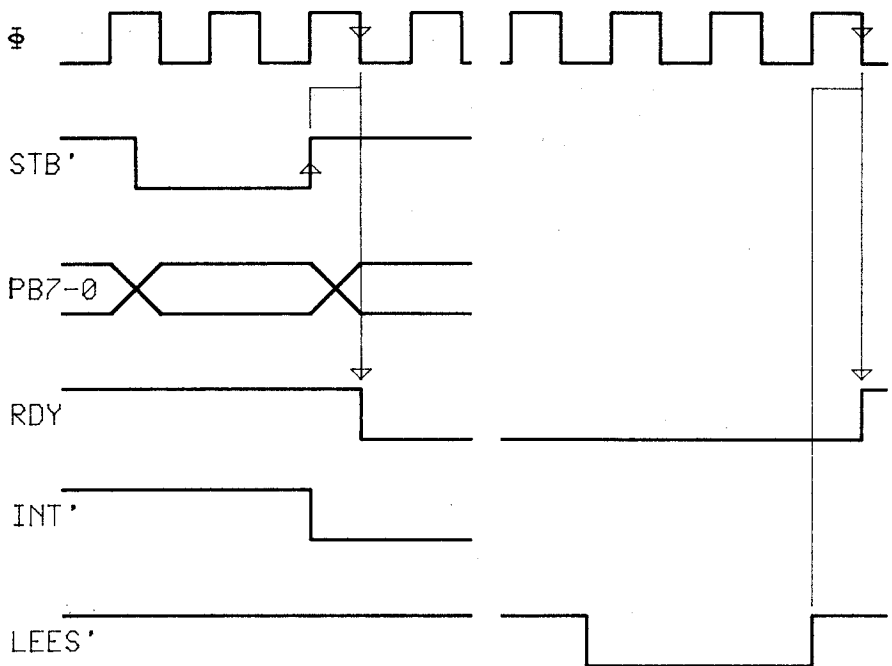


Fig.1 D1

Niet alle randtoestellen leveren een signaal voor de STB'-ingang. De uitgang RDY blijft dan hoog met uitzondering van het korte ogenblik dat de CPU de data leest. Figuur 1.D.2 toont de timing zonder STB'-signaal.

Uitgang RDY wordt laag 1.5 periode na het laag worden van het signaal LEES'. Op dit ogenblik worden de data via het input-register door de CPU gelezen. Nadat LEES' weer hoog geworden is, zal bij de eerstvolgende dalende flank van I ook RDY hoog worden. Zolang RDY laag is mogen de data op de klemmen PB7-PB0 niet veranderen. Let erop, dat de ingang STB' hierbij voortdurend laag gehouden moet worden.

Poort B komt in de input mode door in het mode-control-register van B de waarde 01 te schrijven. Dit kan door het control word 4F (01 00 1111) naar het poortadres 83 te brengen. Het input-register van poort B kan dan op poortadres 81 gelezen worden.

Voor enkele eenvoudige proeven op de input mode kunnen acht eenvoudige schakelaars evenveel signalen op de klemmen PB7-PB0 brengen. Met programma P1D1 worden de signalen van de acht schakelaars aangesloten op input-poort B, overgebracht naar de led displays en aangesloten op output-poort A. Vergeet niet, dat daarbij ASTB' hoog en BSTB' voortdurend laag moet staan.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 4F	P1D1	LD A,4F	Contr.word voor INPUT
1802	D3 83		OUT (83),A	Naar mode contr.reg.B
1804	3E 0F		LD A,0F	Contr.word v.OUTPUT

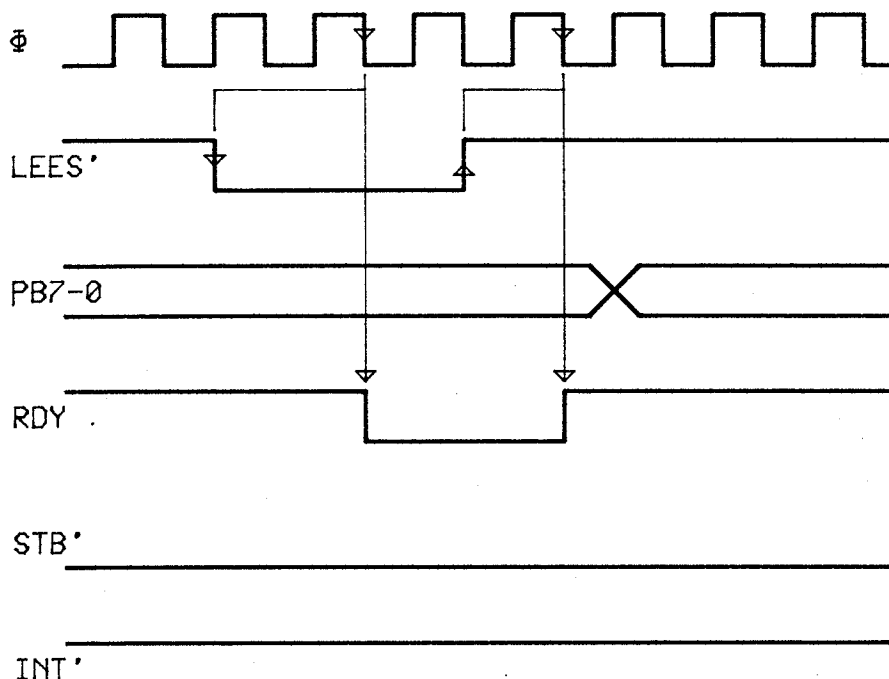


Fig.1 D2

1806	D3 82	LUS	OUT (82),A	Naar mode contr.reg.A
1808	DE 81		IN (81),A	Lees schakelaars
180A	D3 80		OUT (80),A	Breng naar displays.
180C	18 FA		JR LUS	Herhaal.

1.E. Input via poort A

Poort A kan eveneens voor input ingesteld worden door het control word 4F (01 000 1111) naar poortadres 82 te brengen. Het input-register van poort A is te bereiken via poortadres 80.

1.F. Tweerichtings-mode (mode 2)

Dit is een combinatie van mode 0 en mode 1 waarbij de vier handshake-lijnen gebruikt worden. Daardoor kan alleen poort A gebruikt worden in mode 2, waarbij poort B in mode 3 moet staan. Data-overdracht in twee richtingen langs dezelfde acht datalijnen is nodig voor verbinding met randtoestellen die zowel data kunnen ontvangen als data leveren (I/O terminal = scherm + toetsenbord).

De handshake-lijnen van poort A (ARDY en ASTB') worden gebruikt voor de output-controle en de handshake-lijnen van poort B (BRDY en BSTB') voor de input-controle.

In figuur 1.F.1 is de timing weergegeven en in figuur 1.F.2 de verbinding tussen terminal en PIO.

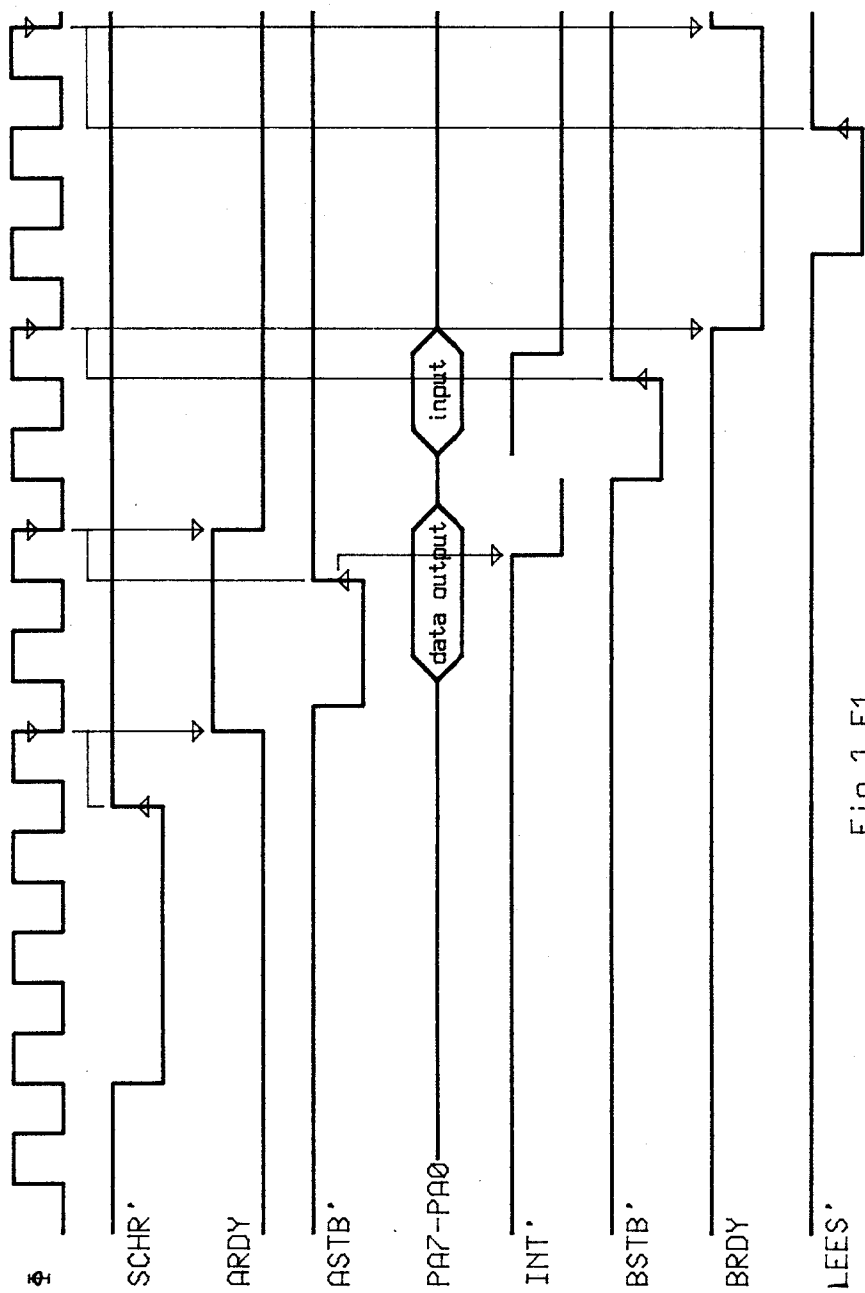


Fig. 1 F1

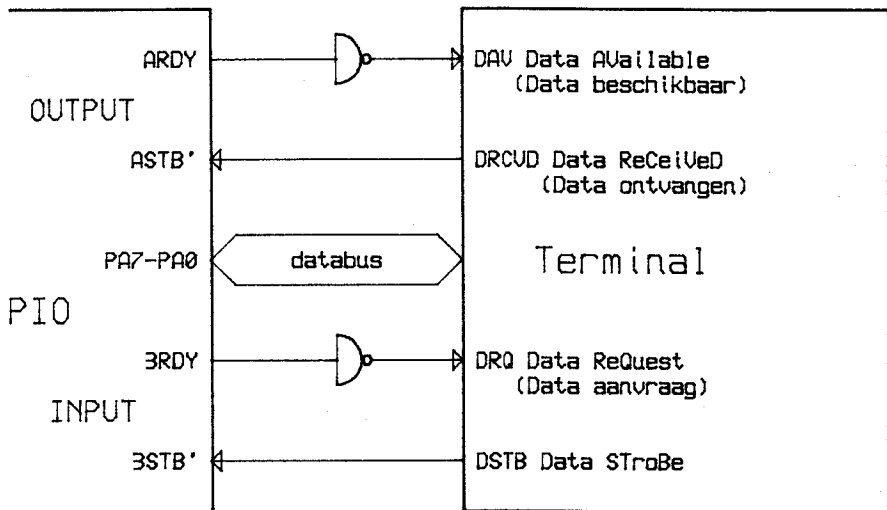


Fig.1 F2

De werking bij output is ongeveer dezelfde als bij mode 0. Wel komen de data alleen op de databus als ASTB' reeds laag is, en blijven daar tot net na het hoog worden van ASTB'. Daardoor kan de stijgende flank van ASTB' gebruikt worden om de data in de latch van het randtoestel te schrijven. Het input-deel bij mode 2 werkt net zo als bij mode 1.

Als het randtoestel data naar het input-register van A wil brengen, moet het BSTB' laag maken en de data op de databus brengen tot BSTB' weer hoog is. Om data-botsingen op de databus te voorkomen mag BSTB' niet laag gemaakt worden als ASTB' nog laag is. Poort A wordt in mode 2 gebracht door de waarde (10 00 1111) 87 naar poortadres 82 te brengen.

1.G. Control mode (mode 3)

Mode 0 en mode 1 zijn vooral bedoeld voor 8-bit output en input met handshaking. Mode 3 is het meest geschikt voor het sturen en controleren van technische processen. In mode 3 kan iedere periferieklem (PA7-PA0 en B7-PB0) willekeurig als ingangs- of uitgangsklem ingesteld worden.

De handshake-signalen worden niet gebruikt. ARDY blijft voortdurend laag. Dit is ook het geval voor BRDY, behalve als poort A in mode 2 staat. ASTB' en BSTB' hebben geen invloed, maar hierbij geldt dezelfde uitzondering.

Naar de bits van het output-register die als uitgang ingesteld zijn, kunnen op ieder ogenblik data geschreven worden die rechtstreeks aan de output-klemmen doorgegeven worden.

De als ingang ingestelde periferieklemmen kunnen op elk moment door de CPU gelezen worden. Daarbij wordt ook het actieve deel van het output-register gelezen, zodat in het register van de CPU zowel de input als de output-waarden komen.

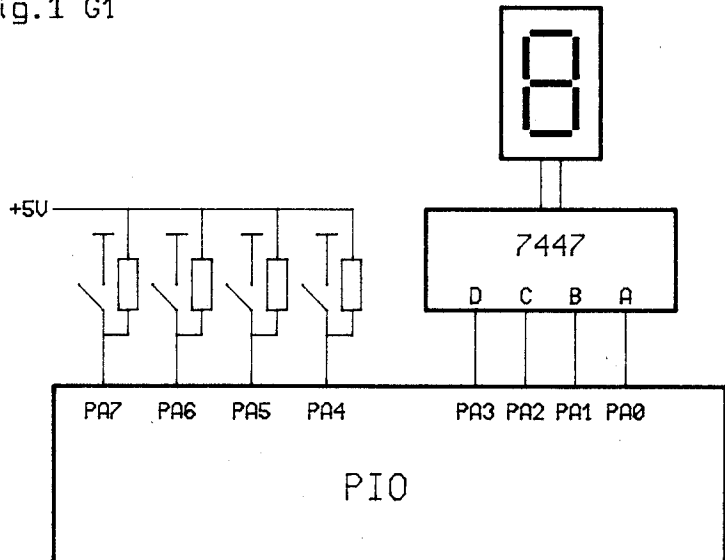
Poort A wordt in mode 3 gebracht als het control word CF (11 00 1111) naar poortadres 82 wordt gebracht. Transport van hetzelfde control word naar poortadres 83 brengt poort B in mode 3.

Onmiddellijk na het control word dat de mode instelt, moet een nieuw control word volgen dat in het input/output-select-register terechtkomt. Een bit die hoog is in dit register maakt van de overeenkomstige periferiekleem een ingang.

Om de klemmen PA7-PA4 als ingang in te stellen en PA3-PA0 als uitgang, moet eerst control word CF naar poort 82 gebracht worden (instellen mode 3) en daarna het control word F0 naar hetzelfde adres (instellen in- en uitgangen).

Door mode 3 is het nu mogelijk om op één poort vier schakelaars aan te sluiten samen met één led display zoals in figuur 1.G.1.

Fig.1 G1



Programma P1G1 leest de data die zijn aangeboden door de schakelaars en brengt deze over op de display.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P1G1	LD A,CF	Contr.word v.mode 3.
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.reg.A
1804	3E F0		LD A,F0	Contr.word IIII 0000
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O sel.reg.A
1808	DB 80	LUS	IN A,(80)	Lees poort A.
180A	0F		RRCA	Vier
180B	0F		RRCA	plaatsen
180C	0F		RRCA	naar
180D	0F		RRCA	rechts schuiven.
180E	D3 80		OUT A,(80)	Naar display.
1810	18 F6		JR LUS	Blijf herhalen.

Taak 1. Als P1G1, maar de waarde mag alleen doorgegeven worden als de stand van de schakelaars groter is dan het getal op de display.

1.H. Het vector-register

De PIO is ontwikkeld om te werken met de Z80 CPU in de interrupt mode 2. In deze mode moet het randtoestel dat een interrupt aanvraagt, een vector op de databus plaatsen waarmee de gewenste interrupt routine aangewezen wordt.

Zowel poort A als poort B van de PIO heeft een vector-register waarin de LSB van de vector geschreven kan worden, die bij een interrupt op de databus wordt geplaatst.

Het vector-register van poort A wordt geladen als men de vector als control word naar adres 82 brengt. Omdat het control word anders in het vector-register zou komen, moet bit b0 laag zijn. Het vector-register van poort B wordt geladen via adres 83.

1.I. De interrupt enable flip flop

Bij een interrupt-aanvraag van een randtoestel dat is aangesloten op de PIO zal de uitgang INT' van de PIO slechts laag kunnen worden als de Interrupt Flip Flop (IFF) van die poort in enable staat. Het stellen van de IFF van een PIO-poort gaat ook weer met een control word dat als volgt samengesteld is :

d7	d6	d5	d4	d3	d2	d1	d0
X	0	0	0	0	1	1	1
IFF	mask control register		mask volgt	herkenningsdeel			
	alleen voor mode 3						

De bits 3-0 moeten 0111 bevatten zodat de informatie op de juiste plaats terecht kan komen. De bits 6-4 worden alleen gebruikt voor interrupts in mode 3 en zullen afzonderlijk behandeld worden. Hier kunnen ze het beste met 000 geladen worden.

Als bit 7 van het control word hoog is, wordt de IFF enable. Een control word met bit 7 laag, zet IFF in disable. Interrupt-aanvragen worden dan niet doorgegeven aan de CPU.

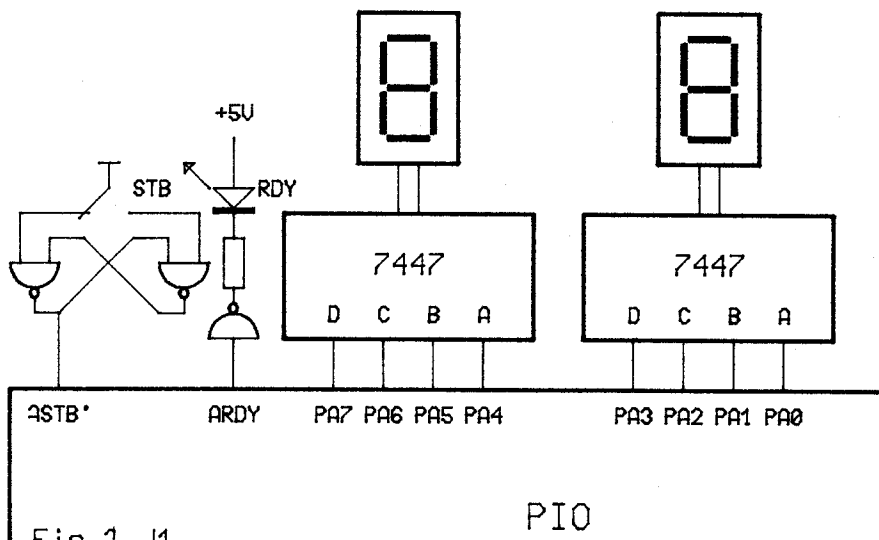
De IFF van poort A in enable zetten, kan door het control word 87 naar adres 82 te brengen. Het control word 07 zet IFF in disable. Voor poort B het adres 83 gebruiken.

De IFF is een software-manier om een interrupt te weigeren of door te geven. Iets dergelijks kan ook via de hardware-zijde. Een onderbrekingsaanvraag van een randtoestel kan INT' van de PIO alleen maar laag maken als de ingang IEI (Interrupt Enable In) hoog is.

De uitgang IEO (Interrupt Enable Out) is normaal hoog, maar tijdens de periode dat een interrupt routine, aangevraagd door de PIO (zowel poort A als poort B), in uitvoering is, blijft IEO laag. Het doel en gebruik van IEI en IEO komen later aan de orde.

1.J. Output door interrupt

Het sturen van een printer door een microcomputer vraagt meestal de volledige en voortdurende aandacht van de CPU. Deze blijft voortdurend de BUZY-lijn van de printer controleren om, zodra die laag wordt, een nieuw karakter te leveren. Daardoor is tijdens het printen de rest van de microcomputer buiten gebruik. De gebruiker kan via het toetsenbord geen bevelen meer geven.



Met de eenvoudige hardware uit figuur 1.J.1 kan een printer gesimuleerd worden die zijn data ontvangt door een interrupt routine. De CPU gaat dan alleen aandacht aan de printer besteden als deze om nieuwe data vraagt, en kan de rest van de tijd ander werk verrichten, zoals het toetsenbord lezen en de bevelen uitvoeren.

De led RDY licht op als nieuwe data beschikbaar zijn. Bij een printer moet de stijgende flank van RDY de nieuwe data opnemen. Afhankelijk van de signaleisen van de printer zal hier misschien een hoekgetriggerde monostabiele multivib tussengeschakeld moeten worden.

Nadat de printer de gelezen data verwerkt heeft en klaar is om nieuwe te ontvangen, moet hij een signaal leveren dat ingang ASTB' laag maakt. Bij de gesimuleerde printer moet na het noteren van de door de displays getoonde data, het contact STB even gesloten worden om ASTB' laag te maken. Het gevolg is dat ARDY weer laag wordt. Als IFFA in enable staat en IEI hoog is zal de uitgang INT' van de PIO laag worden. Daardoor moet de gepaste interrupt routine starten die nieuwe data ophaalt en naar poort A brengt. Signaal ARDY (en de led) wordt weer hoog, waarmee de kringloop gesloten is.

Een voorwaarde om INT' van de PIO laag te krijgen is, dat de IEI-ingang hoog staat. Het schema op sheet 3 toont, dat IEI gevoed wordt door de uitgang IEO van de CTC. Aangezien de CTC nog niet bestudeerd werd en waarschijnlijk ook nog niet aanwezig is op uw Micro-Prof, moeten klem 11 en 13 van de CTC-voet met een stukje geleider verbonden worden.

Om de proeven overzichtelijk te houden is een zeer eenvoudig hoofdprogramma gekozen dat de leds van het led-schakelaars-randtoestel (aangesloten op de bovenste connector) doet schuiven. Het hoofdprogramma is eerst afzonderlijk weergegeven in PIJ1.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	0E F8	PIJ1	LD C,F8	Adres poort leds.
1802	16 01		LD D,01	Startwaarde.
1804	ED51	LEDS	OUT (C),D	Naar leds.

1806	2B	TIJDH	DEC HL	Wacht hier even.
1807	7C		LD A,H	
1808	B5		OR L	
1809	20 FB		JR NZ,TIJDH	
180B	CB02		RLC D	Schuiven naar links. Herhaal.
1800	18 F5		JR LEDS	

De interrupt routine I1J1 heeft als taak een karakter op te halen uit de tabel die begint op adres 1870. De tabel wordt afgesloten met de waarde 03 waaraan de interrupt routine het einde van de lijst herkent, en weet dat deze en volgende data niet meer naar de printer gebracht moeten worden.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	21 5018	PIJZ	LD HL,1850	Adres inter.routine.
1803	22 001B		LD (1800),HL	Naar inter.vector 1.
1806	3E 1B		LD A,1B	MSB adres vect.tabel.
1808	ED47		LD I,A	Naar inter.register.
180A	ED5E		IM 2	Interrupt mode 2.
180C	3E 0F		LD A,0F	Contr.word v.mode 0
180E	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.reg.
1810	3E 00		LD A,00	LSB vector.
1812	D3 82		OUT (82),A	Naar vect.regist.A.
1814	3E 87		LD A,87	Contr.word enable IFF
1816	D3 82		OUT (82),A	Naar IFF deel A PIO.
1818	DD21 7018		LD IX,1870	Adres tabel tekst.
181C	FB		EI	Enable IFF van CPU.
181D	3E 02		LD A,02	Startcode
181F	D3 80		OUT (80),A	Naar printer.
1821	0E F8	LEDS	LD C,F8	Poortadres leds.
1823	16 01		LD D,01	Startwaarde.
1825	ED51		OUT (C),D	Naar leds.
1827	2B	TIJDH	DEC HL	Wacht hier even.
1828	7C		LD A,H	
1829	B5		OR L	
182A	20 FB		JR NZ,TIJDH	
182C	CB02		RLC D	Schuif naar links. Herhaal
182E	18 F5		JR LEDS	
1850	DD7E 00	I1J1	LD A,(IX)	Lees data uit tabel.
1853	FE 03		CP 03	Einde tabel ?
1855	28 04	EIND	JR Z,EIND	Dan naar EIND.
1857	D3 80		OUT (80),A	Naar output reg. A.
1859	DD23		INC IX	Wijs volgende data.
185B	FB		EI	Stel IFF CPU enable.
185C	ED4D		RETI	Terug naar hoofdprog.

1870	40	TABEL	
1871	41		
1872	42		
1873	43		
1874	44		
1875	45		
1876	46		
1877	47		
1878	48		
1879	49		
187A	03		

Bij het starten van P1J1 gaat led RDY direct oplichten, daar het hoofdprogramma de start-code 02 naar het output-register brengt. De led display toont deze waarde. Zodra de waarde genoteerd is, moet het contact STB gesloten worden om het antwoord van de printer te simuleren. De led dooft nu wel, maar licht onmiddellijk weer op, daar de interrupt routine de eerste waarde uit de tabel haalt en deze naar de display brengt. De tijd dat de led niet brandt is zo kort dat het niet waarneembaar is. Telkens als het contact gesloten wordt als teken dat de nieuwe data verwerkt zijn, komen de volgende data op de display. Als het contact gesloten wordt nadat de laatste data op de display zijn verschenen, dooft de led RDY en blijft ook uit. De interrupt routine wordt wel opgeroepen door het laag worden van ASTB', maar deze brengt geen nieuwe data meer naar buiten. Vandaar dat led RDY ook uit blijft.

Gedurende de periode dat de data naar de printer worden gebracht blijft het hoofdprogramma (schijnbaar) ongestoord doorwerken.

Het geval dat de printer sneller de data kan verwerken dan ze geleverd worden komt minder voor. Een demonstratie is toch wenselijk om alle eigenschappen van handshaking te tonen. Om de data langzamer te laten leveren moet in de interrupt routine alleen een tijdsvertraging opgenomen worden zoals I1J2 toont.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1850	E5	I1J2	PUSH HL	Bewaar HL.
1851	21 0000		LD HL,0000	Instellen vertraging.
1854	2F	TIJDJ	DEC HL	Wacht
1855	7C		LD A,H	hier
1856	B5		OR L	
1857	20 FB		JR NZ,TIJDJ	even.
1859	DD7E 00		LD A,(IX)	Lees data uit tabel.
185C	FE 03		CF 03	Einde tabel ?
185E	28 04		JR Z,EIND	Dan naar EIND.
1860	D3 80		OUT (80),A	Naar output regist.A.
1862	DD23		INC IX	Volgende data aanwijz
1864	E1	EIND	POP HL	Haal HL terug.
1865	FB		EI	Enable IFF CPU.
1866	ED4D		RETI	Terug naar hoofdprog

Met deze interrupt routine brengt het hoofdprogramma bij het starten ook direct de start-waarde 02 naar de display en doet daarbij de led RDY oplichten als teken dat data beschikbaar zijn. Als bevestiging van ontvangst moet het contact dat ASTB' laag maakt, weer gesloten

worden. De led RDY dooft en de interrupt routine start. De led blijft uit en ook de display verandert nog niet, daar de interrupt routine met de vertraging bezig is.

Ongeveer een seconde later komen nieuwe data op de display en gaat led RDY oplichten. Een snelle printer die op data staat te wachten zou nu bijna onmiddellijk het signaal ASTB' laag laten worden en daarmee de led doven. Een snelle printer en een trage voeding kunnen op die manier de indruk geven dat de led RDY nooit oplicht.

Daardoor is aangetoond dat met handshaking het snelste toestel altijd op het tragere wacht zonder dat er tijd of data verloren gaan. Door het toepassen van de interrupt-mogelijkheden gaat er ook geen CPU-tijd verloren.

1.K. Mask-control-register

In mode 3 kan een willekeurige groep I/O-lijnen (PA7-0 PB7-0) in een AND of OR-functie een interrupt doen ontstaan. Als bit 6 van het mask-control-register hoog is, wordt voor een AND-functie gekozen, als bit 6 laag is voor een OR-functie. Bit 5 van het mask-control-register bepaalt het niveau waarbij de ingangen van de functie actief zijn.

Zijn bit 6 en bit 5 beide hoog, dan moeten al de deelnemende I/O-lijnen (AND) hoog zijn om een interrupt te laten aanvragen. Worden de bits 6 en 5 beide laag gezet, dan zal een interrupt aangevraagd worden als een (OR) van de deelnemende I/O-lijnen laag wordt. Als bit 4 van het control word voor het mask-control-register hoog is, zal het volgende control word naar het mask-control-register gebracht worden.

1.L. Mask-register (8 bits)

Dit bepaalt welke I/O-lijnen deelnemen aan de AND/OR-functie om een interrupt aan te vragen. Een bit die laag is laat de overeenkomstige I/O-lijn deelnemen.

In mode 3 kan een interrupt alleen ontstaan door de overgang van false naar true van de AND/OR-functie. Zo zal bij een instelling 'OR-functie voor hoge signalen' een interrupt ontstaan als een van de deelnemende I/O-signalen hoog wordt. Als nog een tweede deelnemende I/O-lijn hoog wordt heeft dit geen invloed. Alleen als alle deelnemende I/O-lijnen weer laag zijn, kan een nieuwe interrupt ontstaan als een van de deelnemende I/O-lijnen hoog wordt. In mode 3 worden de I/O-lijnen door middel van het I/O select-register als input of output ingesteld. Ook de I/O-lijnen die als output ingesteld zijn, kunnen deelnemen aan de AND/OR-functie voor het aanvragen van de interrupt. Dit houdt in dat een interrupt niet alleen van buitenaf door een randtoestel aangevraagd kan worden, maar ook door het programma, als dit de juiste bit in het output-register in zijn actieve stand brengt.

De IFF van de PIO kan afzonderlijk in enable en disable gezet worden, zonder het mask-control-register te beïnvloeden, door de control words 83 (1XXX 0011) en 03 (0XXX 0011). Een eenvoudig voorbeeld waarin de mogelijkheden met de interrupt in mode 3 toegepast zijn, gebruikt de hardware uit figuur 1.G.1. De input data op de lijnen PA7-PA4 moeten met enige vertraging op de display komen. Als PA5, PA4, PA1 en PA0 alle hoog zijn moet een geluidssignaal opgewekt worden door een interrupt routine. Dit voorbeeld dient vooral om aan te tonen, hoe de PIO ingesteld moet worden voor een interrupt in mode 3.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	21 5018	P1L1	LD HL,1850	Adres inter.routine.
1803	22 001B		LD (1800),HL	Naar inter.vector 1.
1806	3E 1B		LD A,1B	MSB adres vect.tabel.

1808	ED47		LD I,A	Naar interrupt regis.
180A	ED5E		IM2	Interrupt mode 2.
180C	3E CF		LD A,CF	Control word mode 3.
180E	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.reg.
1810	3E F0		LD A,F0	Contr.word IIII 0000.
1812	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O select reg.
1814	3E 00		LD A,00	LSB vector.
1816	D3 82		OUT (82),A	Naar vector register.
1818	3E F7		LD A,F7	Enable AND High M.Fo.
181A	D3 82		OUT (82),A	Naar mask control reg.
181C	3E CC		LD A,CC	Deelnemende I/O-lijn.
181E	D3 82		OUT (82),A	Naar mask register.
1820	FE		EI	Enable interrupt CPU
1821	DB 80	LUS	IN (80),A	Lees input PA7-PA4.
1823	0F		RRCA	Vier
1824	0F		RRCA	plaatsen
1825	0F		RRCA	naar rechts
1826	0F		RRCA	schuiven.
1827	0D	TIJD	DEC C	Wacht
1828	20 FD		JR NZ, TIJD	hier
182A	10 FB		DJNZ TIJD	even.
182C	D3 80		OUT (80),A	Naar display.
182E	18 F1		JR LUS	Herhaal.
1850	0E 80	11L1	LD C,80	Duur halve periode.
1852	21 0003		LD HL,0300	Aantal perioden.
1855	CD E405		CALL 05E4	TONE
1858	FB		EI	Enable interrupt CPU
1859	ED4D		RETI	Terug naar hoofdprog.

De lijnen PA5, PA4, PA1 en PA0 moeten een AND-functie vormen voor signalen die hoog zijn. De AND-functie voor hoge signalen en het in enable zetten van IFFA gebeurt van adres 1818 tot 181B. De twee erop volgende instructies stellen PA5, PA4, PA1 en PA0 in als deelnemende lijnen voor de AND-functie.

Bij het testen van P1L1 kan vastgesteld worden dat het geluidssignaal niet onmiddellijk opgewekt wordt als PA5 en PA4 beide hoog zijn, maar pas als daarbij ook PA1 en PA0 hoog geworden zijn. Daarmee is dan ook aangetoond dat de AND/OR functie zowel op input- als op output-lijnen toegepast kan worden.

1.M. Prioriteit bij interrupts

Als een poort van een PIO een interrupt aanvraagt, en deze wordt aanvaard door de CPU, dan is de betrokken poort in werking tot de RETI-instructie van de interrupt routine wordt uitgevoerd. Gedurende deze tijd is de uitgang IEO laag.

In eenzelfde PIO heeft poort A voor het aanvragen van een interrupt voorrang op poort B. Dit betekent, dat een interrupt-aanvraag van poort A een interrupt routine in uitvoering van poort B zal onderbreken om zijn eigen interrupt routine te laten uitvoeren. Daarna wordt de rest van de interrupt routine van B verder afgewerkt. B kan echter een interrupt routine van poort A niet onderbreken.

Indien in een opstelling meerdere PIO's gebruikt worden, kan de prioriteit tussen de PIO's onderling vastgelegd worden door de schakeling die in figuur 1.M.1 is te zien. Het vastleggen van de prioriteit op deze manier wordt *daisy chain* genoemd ; er mogen maximaal vier PIO's bij betrokken worden. Uitbreiding met andere hardware is mogelijk.

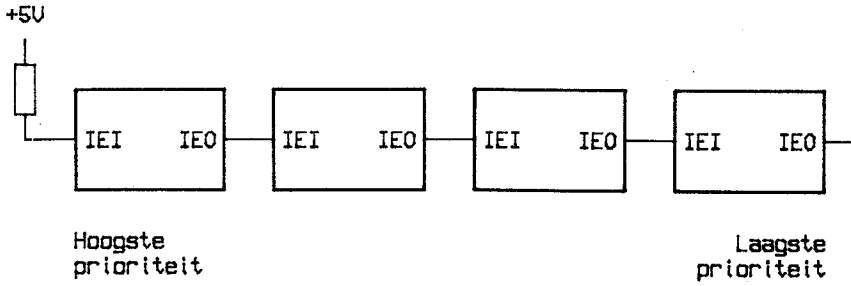


Fig.1 M1

2.C. Het time-constant-register

Ieder kanaal heeft een 8-bit down counter (afteller). De down counter krijgt zijn startwaarde van het 8-bit time-constant-register. Nadat naar het channel-control-register een control word is gebracht waarvan bit 2 (LOAD TIME CONSTANT) hoog is, kan de CPU via hetzelfde poortadres in het time-constant-register schrijven. Daar het time-constant-register 8 bit breed is, kunnen er de waarden van 00 tot FF in geschreven worden, maar de waarde 00 wordt geïnterpreteerd als $FF + 1$ (256 dec.).

De waarde uit het time-constant-register wordt gekopieerd in de down counter als deze nog niet geladen is, of als hij op nul komt te staan.

2.D. De counter mode

In deze mode wordt de down counter telkens met één verlaagd door een puls op de ingang CLK/TRG. Als de down counter op nul komt te staan, ontstaat een kortdurende positieve puls op de uitgang ZC/TO. Figuur 2.D.1 toont de hardware die nodig is om deze eigenschappen in de praktijk te testen. De ingang CLK/TRG0 krijgt dender vrije pulsen van een drukknop. De dender vrije drukknop en de led zijn symbolisch voorgesteld en komen overeen met de schakelingen uit figuur 1.J.1.

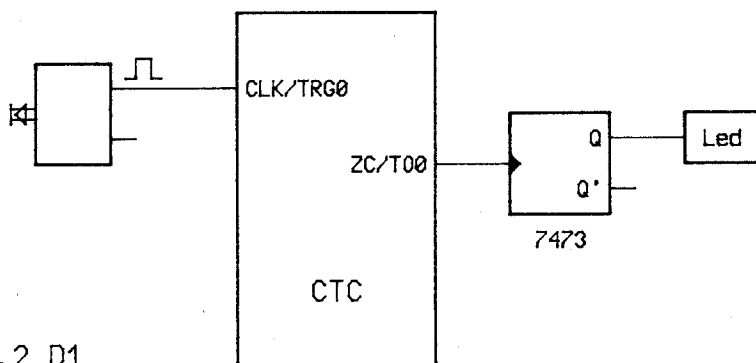


Fig.2 D1

De puls die wordt geleverd door de uitgang ZC/TO0, is te kort om met onze zintuigen waargenomen te kunnen worden. Daarom is tussen de ZC/TO0 en de led een JK-flip flop geschakeld. Een puls zal nu de JK-FF omschakelen en de led van toestand veranderen.

Om kanaal 0 te laten werken in de counter mode moet deze eerst door de CPU ingesteld worden. Dit gebeurt als naar poortadres 40 een control word wordt gestuurd, waarna :

- bit 0 hoog is als herkenning
- bit 1 laag is (reden volgt later)
- bit 2 hoog is, om daarna het time-const.-reg. te kunnen laden
- bit 3: niveau onbelangrijk in de counter mode
- bit 4 laag is, CLK/TRG moet reageren op een stijgende flank
- bit 5: niveau onbelangrijk in de counter mode
- bit 6 hoog is, om de counter mode in te stellen
- bit 7 laag is, om geen interrupts op te wekken.

Direct daarna moet de waarde voor het time-constant-register naar hetzelfde adres gestuurd worden. In programma ziet dit er uit als P2D1.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 45	P2D1	LD A,45	Control word.
1802	D3 40		OUT (40),A	Naar chan.contr.regis
1804	3E 08		LD A,08	Startwaarde afteller.
1806	D3 40		OUT (40),A	Naar time const.reg.
1808	76		HALT	

Nadat P2D1 is uitgevoerd, moet de drukknop acht maal bediend worden om een puls op de uitgang ZC/TO0 te krijgen die de JK-flip flop en de led omschakelt. Wordt daarna nog eens acht maal op de drukknop gedrukt, dan verandert de led weer van toestand. Dit toont aan, dat de down counter opnieuw geladen wordt vanuit het time-constant-register, als hij op nul komt te staan.

Let erop, dat de led omschakelt bij de stijgende flank op CLK/TRG0, dus bij het indrukken van de drukknop. De ingang CLK/TRG zal reageren op een dalende flank als bit 4 van het channel-control-register hoog is.

Door P2D2 zal na vijf dalende flanken de led omschakelen.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 55	P2D2	LD A,55	Control word.
1802	D3 40		OUT (40),A	Naar chan.contr.reg.
1804	3E 05		LD A,05	Startwaarde afteller.
1806	D3 40		OUT (40),A	Naar time const.reg.
1808	76		HALT	

Let erop dat de led nu omschakelt bij het loslaten van de drukknop. De CPU kan op elk ogenblik de inhoud van de down counter lezen met een IN-instructie op het adres van het kanaal. Deze eigenschap kan gedemonstreerd worden door het gebruik van de subroutines HEX7SG en SCAN1, waardoor de inhoud van de down counter op de display van de Micro-Prof gelezen kan worden.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 45	P2D3	LD A,45	Control word.
1802	D3 40		OUT (40),A	Naar chan.contr.reg.
1804	3E 12		LD A,12	Startwaarde afteller.
1806	D3 40		OUT (40),A	Naar time const.reg.
1808	DD21 3018		LD IX,1830	DISBF0 voor SCAN1
180C	21 3018	LUS	LD HL,1830	DISBF0 voor HEX7SG
180F	DB 40		IN A,(40)	Lees down counter.
1811	CD 7806		CALL 0678	HEX7SG
1814	CD 2406		CALL 0624	SCAN1
1818	18 F3		JR LUS	Herhaal.

1830	00	DISBF0	
1831	00	DISBF1	
1835	00	DISBF5	

Met P2D3 kan nu op de display afgelezen worden hoeveel maal de drukknop nog bediend moet worden voordat de led omschakelt. Bij het testen is ook te zien dat de down counter onmiddellijk weer geladen wordt met de startwaarde zodra hij op 0 komt te staan. Deze laatste waarde is zo kort aanwezig dat hij niet zichtbaar is op de display.

In figuur 2.D.2 worden op CLK/TRG0 50 pulsen per seconde toegevoerd, afkomstig van de netfrequentie. De waarde van de bovenste weerstand is afhankelijk van de secundaire spanning van de transformator.

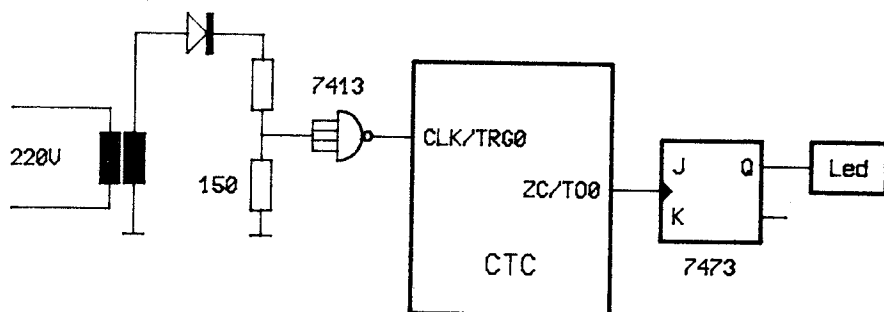


Fig.2 D2

Na uitvoering van het zeer eenvoudige programma P2D1 worden op de led zeer stabiele en nauwkeurige pulsen verkregen. De frequentie is afhankelijk van de waarde die in het time-constant-register geladen wordt. De CPU moet hier alleen het kanaal instellen, en kan dan een andere taak uitvoeren daar de CTC zelfstandig verder telt.

Om op de uitgang ZC/TO0 iedere seconde een puls te laten verschijnen moet het time-constant-register geladen worden met 3C (50 dec.).

Met één kanaal kunnen maximaal 100 (256 dec.) pulsen afgeteld worden. Waar dit onvoldoende is, kunnen twee of meer kanalen achter elkaar geschakeld worden, zoals in figuur 2.D.3.

Het programma dat nu de kanalen 0 en 1 instelt en de inhoud van de beide down counters op de display brengt, is een uitbreiding van P2D3.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 45	P2D4	LD A,45	Control word.
1802	D3 40		OUT (40),A	Naar chan.contr.reg.0
1804	D3 41		OUT (41),A	Naar chan.contr.reg.1
1806	3E 32		LD A,32	Startwaarde 50 dec.
1808	D3 40		OUT (40),A	Naar time const.reg.0
180A	3E 3C		LD A,3C	Startwaarde 60 dec.
180C	D3 41		OUT (41),A	Naar time const.reg.1
180E	DD21 3018		LD IX,1830	DISBF0.

1812	21 3018	LUS	LD HL,1830	DISBF0.
1815	DB 40		IN A,(40)	Lees down counter 0.
1817	CD 7806		CALL 0678	HEX7SG.
181A	DE 41		IN A,(41)	Lees down counter 1.
181C	CD 7806		CALL 0678	HEX7SG.
181F	CD 2406		CALL 0624	SCAN1.
1822	18 EE		JR LUS	Herhaal.
1830	00	DISBF0		
1831	00	DISBF1		
1835	00	DISBF5		

Met startwaarden als in P2D4 levert ZC/TO0 iedere seconde een puls, en ZC/TO1 iedere minuut. Kanaal 0 en 1 samen delen de netfrequentie door $60 \times 60 = 3600$ (32H $\times$ 3CH). Het hoogste telbereik met twee kanalen is $256 \times 256 = 65536$ dec. (100H $\times$ 100H).

Bij het hoog worden van bit 1 (RESET) van het channel-control-register stopt de down counter. Met de hardware uit figuur 2.D.2 en de figuur 2.D.2 en de twee volgende programma's kan dit aangetoond worden.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 45	P2D4	LD A,45	Control word.
1802	D3 40		OUT (40),A	Naar chan.contr.reg.0
1804	3E 10		LD A,10	Startwaarde.
1806	D3 40		OUT (40),A	Naar time const.reg.0
1808	F7		RST 30	Monitor.

De tamelijke kleine waarde die in het time-constant-register geladen wordt doet de led fllikkeren, wat erop wijst dat het kanaal in actie is. Het programma wordt afgesloten met RST 30, zodat na uitvoering de monitor beschikbaar is. Nu kan met de bevelen ADDR 1810 GO het programma P2D5 gestart worden, dat bit 1 (RESET) van het channel-control-register hoog maakt.

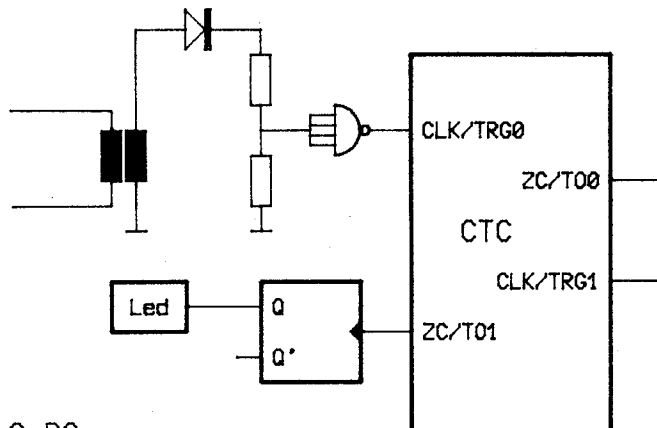


Fig.2 D3

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1810	3E 43	P2D5	LD A,43	Control word.
1812	D3 40		OUT (40),A	Maak RESET hoog.
1814	F7		RST 30	Monitor.

De led stopt het aan- en uitgaan, wat betekent dat het aftellen onderbroken is. Het aftellen voortzetten op de onderbroken waarde is niet mogelijk, ook niet door RESET weer laag te maken.

Het aftellen kan ook onderbroken worden door de ingang RESET' van de CTC laag te maken. Dit kan door de toets RESET op de Micro-Prof in te drukken.

Terwijl een down counter in werking is, kan zijn time-constant-register met een nieuwe waarde geladen worden. De down counter trekt zich daar voorlopig niets van aan, en blijft doortellen. Wel zal de down counter, als hij de nulstand bereikt heeft, zich weer laden met de nieuwe startwaarde en verder tellen.

Als echter RESET en LOAD TIME CONSTANT (bit 1 en 2 van het channel-control-register) hoog gemaakt worden, stopt de down counter. Het aftellen zal opnieuw beginnen als een nieuwe waarde in het time-constant-register geladen wordt, en wel vanaf deze nieuwe startwaarde.

2.E. De timer mode

Ieder kanaal bevat ook nog een deler, die de clock-frequentie van het systeem (I) door 16 of 256 deelt, en *prescaler* genoemd wordt. Als bit 5 (RANGE) van het channel-control-register laag is deelt de prescaler door 16, en als RANGE Hoog is door 256. De timer mode wordt ingesteld door bit 6 (MODE) van het channel-control-register laag te maken.

In de timer mode wordt de down counter verlaagd door de pulsen die worden geleverd door de prescaler. De down counter wordt op dezelfde wijze geladen vanuit het time-constant-register. Bij nul (Time Out) levert de down counter een puls aan de uitgang ZC/TO, en laadt zich opnieuw vanuit het time-constant-register. Daardoor ontstaat op de ZC/TO een pulstrein. De periode van de pulstrein is nauwkeurig te berekenen met de formule $T = tc \times P \times TC$, waarin :

tc = periode van de system clock $1/1\ 789\ 722 = 0.558\ 730\ 229$ microseconde

P = 16 of 256

TC = waarde in het time-constant-register.

Bij de Micro-Prof is de kortste periode die opgewekt kan worden met één kanaal van de CTC $0.558\ 730\ 229 \times 16 = 8.939\ 683$ microsec en de maximum frequentie $111\ 860.781$ Hz.

De langste periode is $0.558\ 730\ 229 \times 256 \times 256 = 36\ 616.944332$ microsec en de laagste frequentie 27.309 Hz.

De down counter begint met aftellen zodra het time-constant-register geladen is, op voorwaarde dat bit 3 (TRIGGER) van het channel-control-register laag is.

Als TRIGGER hoog is moet eerst een actieve flank op de ingang CLK/TRG verschijnen, voordat de down counter start.

Om de laagst mogelijke frequentie op de led te tonen, moet een control word naar het channel-control-register gebracht worden waarvan bit 5 (RANGE), bit 2 (LOAD TIME CONSTANT) en bit 0 hoog zijn. Daarna moet in het time-constant-register 00 (256 dec.) geladen worden. Als hardware moet alleen de led via een JK-flip flop op de ZC/TO0 aangesloten zijn.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 23	P2E1	LD A,25	Control word.
1802	D3 40		OUT (40),A	Naar chan.contr.reg.0
1804	3E 00		LD A,00	Startwaarde 256 dec.
1806	D3 40		OUT (40),A	Naar time const.reg.0
1808	76		HALT	

De frequentie die geleverd wordt (27.3 Hz) is, daar de JK-flip flop als tweedeler werkt, nog net waarneembaar als een snelle flikkering op de led.

Door het aansluiten van een dendervrije drukknop op de ingang CLK/TRG0 kunnen ook de eigenschappen van de trigger-ingang getest worden. Daarvoor moet dan wel bit 3 (TRIGGER) van het channel-control-register hoog gemaakt worden door het control word.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 2D	P2E2	LD A,2D	Contr.word TRIGGER=1
1802	D3 40		OUT (40),A	Naar Chan.contr.reg.0
1804	3E 00		LD A,00	Startwaarde 256 dec.
1806	D3 40		OUT (40),A	Naar time const.reg.0
1808	76		HALT	

Het flikkeren van de led mag nu pas beginnen als de drukknop bediend wordt. Met bit 4 (SLOPE) van het channel-control-register kan nu nog gekozen worden voor het starten na het indrukken of het loslaten van de drukknop.

Voor lagere frequenties kan na kanaal 0 in timer mode kanaal 1 geschakeld worden, dat in counter mode staat. Als beide time-constant-registers dan met 00 (256 dec.) geladen worden, ontstaat op de uitgang ZC/TO1 een puls om de $0.036\ 616 \times 256 = 9.373$ seconden.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 2D	P2E3	LD A,2D	Contr.word timer mode
1802	D3 40		OUT (40),A	Naar chan.contr.reg.0
1804	3E 45		LD A,45	Contr.word count.mode
1806	D3 41		OUT (41),A	Naar chan.contr.reg.1
1808	3E 00		LD A,00	Startwaarde 256 dec.
180A	D3 40		OUT (40),A	Naar time const.reg.0
180C	D3 41		OUT (41),A	Naar time const.reg.1
180E	76		HALT	

2.F. Interrupts

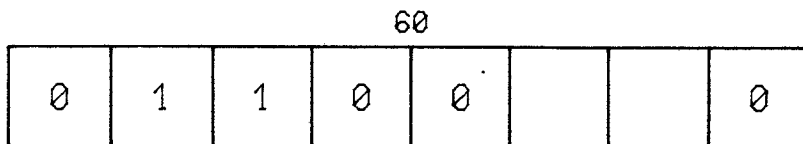
Als bit 7 (INTERRUPT ENABLE) van een channel-control-register hoog is, wordt telkens wanneer zijn down counter nul bereikt de gemeenschappelijke uitgang INT' laag. Daardoor wordt een interrupt aangevraagd bij de CPU.

Daar de CTC ontwikkeld is om te werken met de CPU Z80 in interrupt mode 2, is er ook een interrupt-vector-register aanwezig. Naargelang het kanaal dat de interrupt aanvraagt, moet de

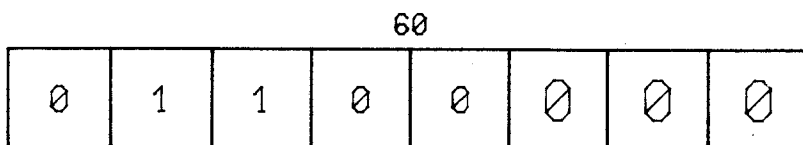
CTC een andere vector op de databus plaatsen. De CTC bevat echter slechts één interrupt-vector-register. De gebruiker moet alleen de vijf hoogste bits in het enige interrupt-vector-register schrijven. De CTC vult deze zelf aan met de bits 2, 1 en 0 naargelang het kanaal dat de interrupt aanvraagt. Figuur 2.F.1 verduidelijkt dit met een voorbeeld.

Fig.2 F1

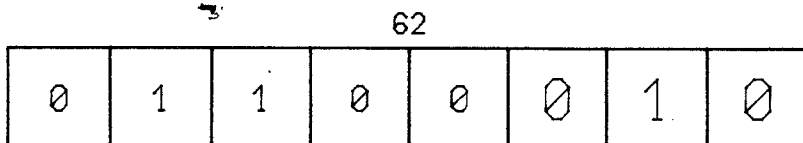
Geplaatst in het interrupt vector register door de gebruiker.



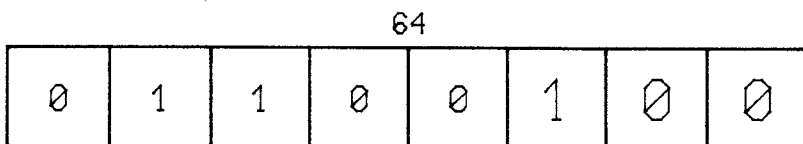
Geplaatst op de databus bij een interrupt door kanaal 0.



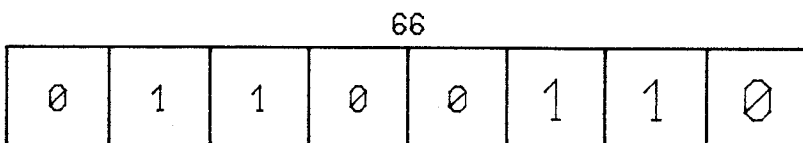
Geplaatst op de databus bij een interrupt door kanaal 1.



Geplaatst op de databus bij een interrupt door kanaal 2.



Geplaatst op de databus bij een interrupt door kanaal 3.



Daaruit is ook af te leiden dat de vier interrupt vectors van dezelfde CTC in volgorde en aangesloten moeten staan in de interrupt vector page. Ook, dat de interrupt vector van kanaal 0 op een adres moet staan dat eindigt op 0 of 8.

Het interrupt-register van de CTC wordt geladen doordat men een control word naar kanaal 0 brengt waarvan bit 0 laag is. De vijf hoogste bits moeten het deel van het adres zijn dat de gebruiker moet leveren. Om de toestand van figuur 2.F.1 te verkrijgen moet naar poortadres 40 de waarde 60 gebracht worden. Wordt 00 naar adres 40 gebracht dan krijgt de CTC de vier eerste vectors van de vector page toegewezen.

Wat betreft de prioriteit bij het aanvragen van een interrupt heeft in de CTC kanaal 0 de eerste prioriteit, terwijl kanaal 3 op de laatste plaats komt.

Door aanwezigheid van de ingang IEI en IEO kan de prioriteit van de CTC tegenover andere CTC's of PIO's bepaald worden door ze in daisy chain te schakelen. Bij de Micro-Prof heeft de CTC prioriteit op de PIO (zie sheet 3).

Er dient ook nog opgemerkt te worden, dat kanaal 3 geen uitgang ZC/TO3 heeft wegens het beperkt aantal aansluitklemmen. Daardoor kan kanaal 3 alleen gebruikt worden voor het aanvragen van interrupts.

Programma P2F1 is een voorbeeld van het gebruik van de CTC met interrupts. Het hoofdprogramma brengt na elkaar vijf woorden op de display van de Micro-Prof. Door interrupts die worden veroorzaakt door kanaal 0 van de CTC, worden de seconden getoond op twee 7-segment displays die over twee 7447's aangesloten zijn op poort A van de PIO. De ingang CLK/TRG0 krijgt de 50Hz-pulsen van de netfrequentie.

Het hoofdprogramma kan zich helemaal wijden aan de tekst die op de display gebracht moet worden. Iedere seconde wordt de CPU verzocht deze taak even te onderbreken om de interrupt routine uit te voeren en zo de secondenaanduiders bij te stellen.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 1B	P2F1	LD A,1B	MSB Vector page.
1802	ED47		LD A,I	Naar Interrupt regist
1804	3E 00		LD A,00	Control word
1806	D3 40		OUT (40),A	Naar int.vect.reg.CTC
1808	3E C5		LD A,C5	Control word
180A	D3 40		OUT (40),A	Naar chan.contr.reg.0
180C	3E 32		LD A,32	Control word 50dec.
180E	D3 40		OUT (40),A	Naar Time const.reg.
1819	FB		EI	Enable interrupt.
181A	DD21 C018	HFDPR	LD IX,18C0	Wijs naar tekst 1.
181E	11 0600	VLIJN	LD DE,0006	Langte 1 tekstlijn
1821	06 A0		LD B,A0	Laad B met 160 dec.
1823	F3	LUS	DI	Disable interrupt
1824	CD 2406		CALL 0624	SCAN1 Toon tekstlijn
1827	FB		EI	Enabele interrupt
1828	10 F9		DJNZ LUS	Herhaal tot B=0
182A	DDE5		PUSH IX	Kontroleer als
182C	E1		POP HL	IX op 18D8 staat
182D	7D		LD A,L	en dus niet meer
182E	FE D8		CP D8	mag verhogen.
1830	28 E8		JR Z,HFDPR	Indien zo naar HFDPR
1832	DD 19		ADD IX,DE	Wijs volg.txtlijn aan
1834	18 EB		JR VLIJN	Naar Volgende LIJN.

18C0	00 23 8F 03 8F 85			Tekstlijn 1
18C6	00 00 03 A3 A3 B3			Tekstlijn 2
18CC	00 00 23 8F A3 B3			Tekstlijn 3
18D2	00 8F B3 00 1F A3			Tekstlijn 4
18D8	0F A3 03 1F 00 2B			Tekstlijn 5
1900	DB 80	I2F1	IN A.(80)	Lees output reg.A PIO
1902	FE 59		CP 59	Is het sec.59 ?
1904	30 03		JR C,VERH	Indien niet naar VERH
1906	97		SUB A	Stel A op 00.
1907	18 03		JR UIT	Naar UITvoeren.
1909	A7	VERH	AND A	Maak carry laag.
190A	3C		INC A	Verhoog A met 1.
190B	27		DAA	Dec.Adjust Accu.
190C	D3 80	UIT	OUT (80),A	Naar output reg.A PIO
190E	FB		EI	Enable Interrupt
190F	ED40		RETI	Terug naar hoofdpr.
1B00	00	VPAGE		LSB adres I2F1
1B01	19			MSB adres I2F1

3. EENVOUDIGE STURINGEN

3.A. Inleiding

De Micro-Prof en andere CPU-systemen mogen niet gezien worden als een goedkopere uitvoering van een microcomputer zoals de Tandy, Apple of Commodore.

Microcomputers zijn ontworpen om te communiceren met de mens. Daarvoor moeten ze voorzien zijn van een alfanumeriek toetsenbord en een scherm. Een microcomputer moet een programma van de gebruiker krijgen, meestal in een hogere taal dan BASIC, PASCAL of FORTRAN. Daardoor moet ook veel informatie bewaard kunnen worden, die gemakkelijk en snel bereikbaar moet zijn. Een of meer disk drives zijn dan ook gewenst. Dit alles maakt de microcomputer veelzijdig, maar ook duur.

Het sturen van een toestel of een technisch proces, zoals een lift of een verwarmingsinstallatie, kan ook door een microcomputer gebeuren. Deze moet dan signalen van het toestel opnemen, ze verwerken, en de passende bevelen geven. Als de microcomputer eenmaal is voorzien van het goede programma, zijn het toetsenbord (of een groot deel ervan), het scherm en de eventuele disk drives overbodig.

Meestal is er niet één sturing nodig, maar verschillende tientallen of honderdtallen. Het programmeren in machinetaal is veel meer werk dan programmeren in een hogere taal, maar is voor grotere aantallen zeker rendabel. Een machinetaalprogramma is ook veel korter en kan daardoor gemakkelijker in een EPROM geladen worden. Dan is het programma ook onmiddellijk beschikbaar bij het inschakelen van de spanning. Bij zo'n systeem is geen alfanumeriek toetsenbord of een scherm nodig, en zijn disk drives helemaal overbodig. Een print met de CPU, in/uit-poorten, wat RAM en de EPROM volstaan om het toestel te sturen. Waar een beperkte communicatie met de mens nodig is, zijn meestal een 7-segment display en enkele toetsen voldoende.

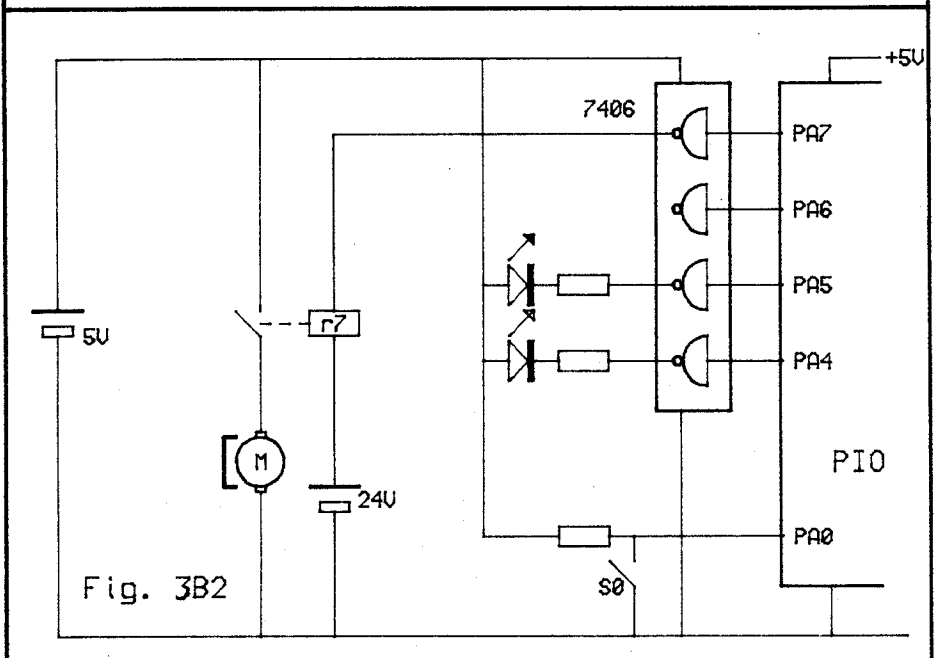
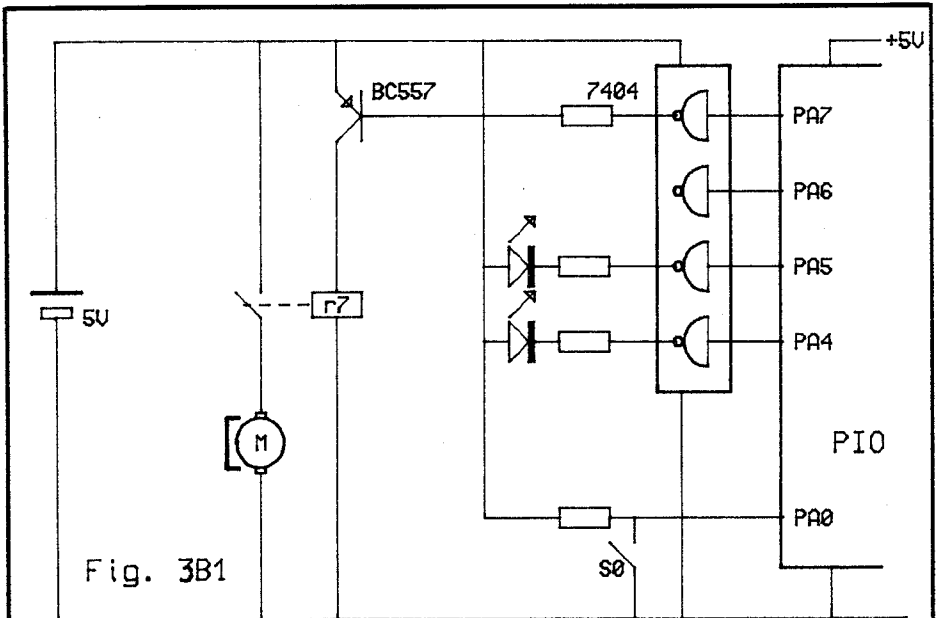
De Micro-Prof is zo'n opstelling. In zijn EPROM staat niet het programma voor het sturen van een lift of een verwarmingsinstallatie, maar het monitorprogramma dat het mogelijk maakt de programma's in machinetaal te schrijven en te testen. Op het moment dat het gewenste programma geschreven is kan het in een EPROM geladen worden, die de monitor-EPROM kan vervangen. Voor grotere aantallen kan dan een nog eenvoudiger print getekend worden, waar overbodige onderdelen als de display en het toetsenbord niet op voorkomen. Dit ontwerpen en programmeren in machinetaal vraagt echter veel kennis en ervaring. Om deze op te doen wordt in dit hoofdstuk begonnen met heel eenvoudige sturingen, waarvoor het gebruik van een CPU eigenlijk niet verantwoord is, maar die vooral een didactische waarde hebben.

Om de werkelijkheid zo dicht mogelijk te benaderen wordt het niet bij leds en handbediende schakelaars gelaten, maar wordt er gebruik gemaakt van mechanische modellen. Deze zijn opgebouwd met Fischertechnik (een soort Meccano), dat in de speelgoedhandel verkrijgbaar is. De motoren werken op 5V of 6V DC, en kunnen het beste door een afzonderlijke bron worden gevoed.

3.B. Het in- of uitschakelen van een motor door een schakelaar

De bedoeling is hier een motor in- of uit te schakelen, met als bevelend element een handbediende schakelaar. De motor waarop de programma's zijn getest is er een van Fischer-technik, alhoewel iedere andere motor die op gelijkspanning werkt ook gebruikt kan worden. Zelfs een modeltrein kan dienst doen.

De motor wordt hier geschakeld door een relais. Kies een relais met liefst twee flinke wisselcontacten die tegen een (kortsluit-)stootje kunnen. Figuur 3.B.1 toont het schema met een 5V relais.



Voor een relais met een spoelspanning van 12V of 24V kan figuur 3.B.2 gevolgd worden. Beide schema's danken hun eenvoud aan het gebruik van de PIO die hier in mode 3 toegepast zal worden. Daardoor volstaat poort A van de PIO, via welke zowel de schakelaar gelezen kan worden als het relais gestuurd.

De flowchart in figuur 3.B.3 laat zien, dat het programma voortdurend de schakelaar s0 controleert en naargelang zijn stand het relais in- of uitschakelt.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P3B1	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.req.A
1804	3E 0F		LD A,0F	Contr.word 0000 IIII
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O select req.A
1808	DB 80	LEES	IN (80),A	Lees poort A van PIO
180A	CB47		BIT 0,A	Schakelaar s0 toe ?
180C	28 06	RELAF	JR Z,RELIN	Ja, dan RELais INsch.
180E	3E 00		LD A,00	Bevel is RELais AF
1810	D3 80	BEVEL	OUT (80),A	BEVEL naar relais.
1812	18 F4	RELIN	JR LEES	Terug naar LEES
1814	3E 80		LD A,80	Bevel is RELais IN
1816	18 F8		JR BEVEL	Naar BEVEL

De motor wordt ingeschakeld als de ingang laag is. Dit kan ook als de ingang hoog staat, maar dan kan de onveilige toestand zich voordoen dat de motor start als er een onderbreking komt in de kring van de schakelaar.

Bij machines is dikwijls signalisatie gewenst. Hier kan de oplichtende led 5 aanduiden dat de motor draait en led 4 dat de motor stilstaat. Voor het schakelen van grotere verbruikers als bellen en claxons kunnen ook weer relais tussengeschakeld worden. Voor het sturen daarvan moeten in P3B1 slechts de operands op de adressen 180F en 1815 vervangen worden door 10 en A0.

Taak 1. Als de motor draait moet led 5 knippen.

Taak 2. De motor mag slechts 3 sec na het sluiten van s0 starten. Uitschakelen moet wel onmiddellijk gebeuren.

3.C. Het bedienen van een motor door drukknoppen

Hier is het de bedoeling de klassieke schakeling voor het in- en uitschakelen van motoren door een stop- en een startdrukknop na te bootsen, waarvan de schakeling weergegeven is in figuur 3.C.1. De stop- en startdrukknop zijn monostabiel. Ze komen altijd in hun getekende toestand terug, in tegenstelling tot het bistabiel contact in figuur 3.B.1. De startdrukknop heeft een maakcontact (normaal open) en de stopdrukknop een breekcontact (normaal gesloten). Voor de proef moet alleen de hardware aangepast worden die weergegeven is in figuur 3.C.2. Daar is ook te zien dat er hier geen breekcontact nodig is. De door de drukknoppen geleverde signalen zijn in actieve toestand laag. Daarmee moet rekening gehouden worden bij het schrijven van het programma.

Om veiligheidsredenen moet de stop altijd voorrang hebben op de startdrukknop. Als beide

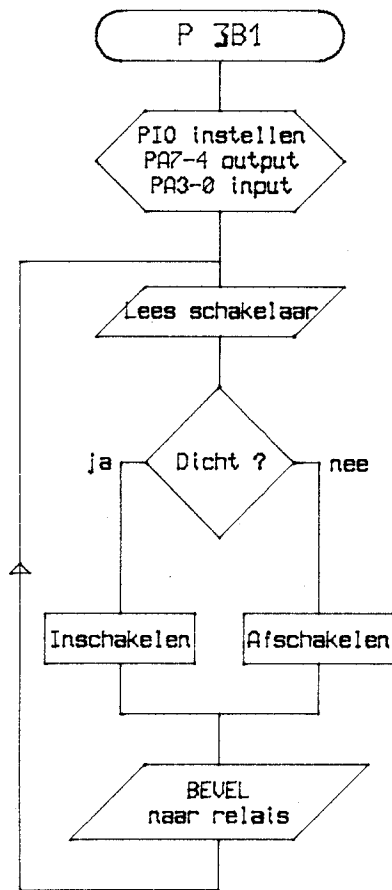


Fig. 3B3

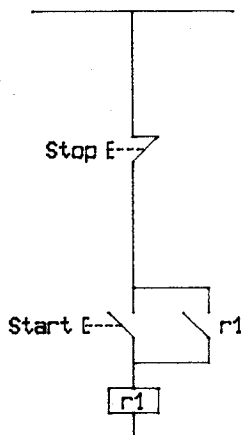


Fig. 3C1

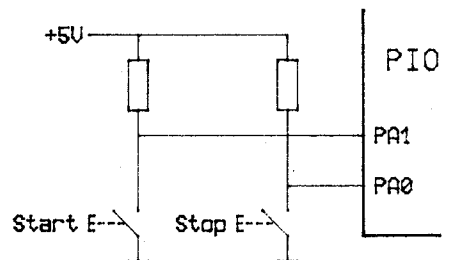


Fig. 3C2

drukknoppen worden ingedrukt mag de motor niet gaan draaien. Deze eigenschap moet in het programma ingebouwd worden.

De flowchart die is weergegeven in figuur 3.C.3, toont dat het programma heel anders is opgebouwd dan P3B1.

Direct na het instellen van de PIO wordt de motor zonder bevel van buitenaf gestopt. Dit is vooral noodzakelijk, wanneer het relais gestuurd wordt via een latch D-flip flop, die bij het inschakelen van de spanning de actieve stand kan kiezen. Bij het sturen via een PIO is het minder belangrijk, maar zeker niet hinderlijk.

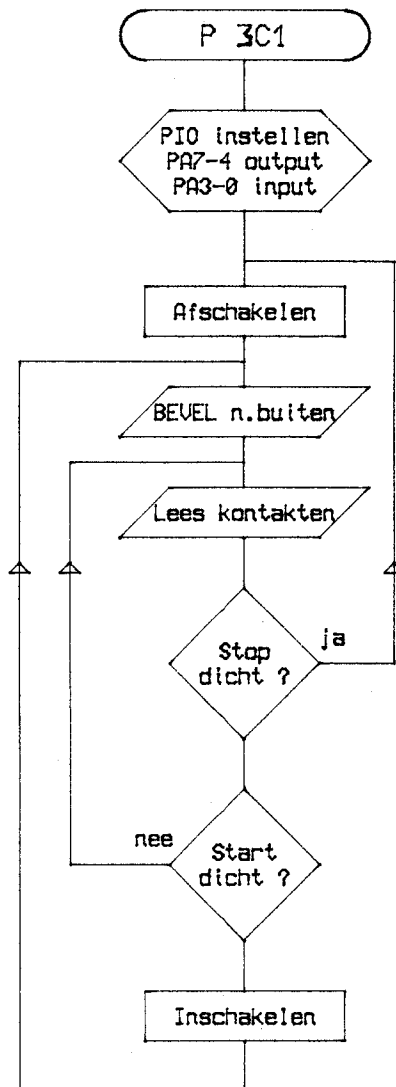
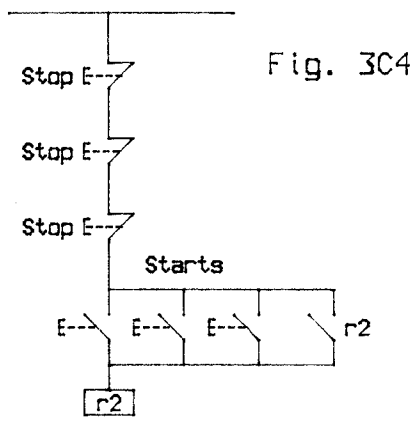


Fig. 3C3

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P3C1	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.req.A
1804	3E 0F		LD A,0F	Contr.word 0000 IIII
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O select req.A
1808	3E 10	RELAF	LD A,10	Bevel is RELais AF
180A	D3 80	BEVEL	OUT (80),A	BEVEL naar buiten.
180C	ED 80	LEES	IN A,(80)	LEES poort A van PIO
180E	CB47		BIT 0,A	Stop gesloten ?
1810	28 F6		JR Z,RELAF	Ja, dan naar RELAF
1812	CB4F		BIT 1,A	Start gesloten ?
1814	20 F6		JR NZ,LEES	Nee, dan naar LEES
1816	3E A0	RELIN	LD A,A0	Bevel is RELais IN
1818	18 F0		JR BEVEL	Naar BEVEL

Normale signalistatie met de leds 5 en 4 is voorzien. Bij starten en stoppen vanaf meer plaatsen moeten in het klassieke schema alle stops in serie staan en alle starts parallel, zoals weergegeven in fig. 3.C.4.



Hier mogen meer starts eveneens parallel geschakeld worden, maar ook alle stopdrukknoppen. Het programma P3C1 hoeft daarvoor niet aangepast te worden.

Taak 1. Starten en stoppen vanaf twee plaatsen. Led 4 duidt aan dat de motor niet draait. Led 5 brandt als de motor gestart werd vanaf plaats 1, en led 6 wanneer het startbevel kwam van plaats 2.

Taak 2. Twee motoren. Een drukknop stopt de beide motoren, een tweede start motor 1 en de derde start motor 2.

Een groene led brandt als de beide motoren niet draaien.

Een gele led brandt als slechts één motor draait en een rode led toont aan dat beide motoren draaien.

Taak 3. Na het sluiten van de enige startdrukknop draait motor 1 onmiddellijk. Vijf seconden later start automatisch motor 2. Beide motoren stoppen onmiddellijk als de stopdrukknop wordt bediend.

3.D. Start/stop van het toetsenbord

De bevelen voor het starten en stoppen van de motor kunnen ook gegeven worden met twee toetsen van het keyboard. De flowchart komt overeen met die uit figuur 3.C.1. maar nu moet het toetsenbord gelezen worden in plaats van de uitwendige drukknoppen. Dit kan gebeuren met de subroutine SCAN die de internal code van de ingedrukte toets in accu A brengt. Wordt voor het stoppen toets 0 gekozen en voor het starten toets 1, dan moet het programma controleren of in A de internal code 00 of 01 staat.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P3D1	LD A,3F	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.req.A
1804	3E 0F		LD A,0F	Contr.word 0000 IIII
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O select req.A
1808	3E 10	RELAF	LD A,10	Bevel is RELais AF
180A	D3 80	BEVEL	OUT (80),A	BEVEL naar buiten
180C	CD FE05	LEES	CALL 05FE	SCAN
180F	FE 00		CP 00	Toets 0 in ?
1811	28 F5		JR Z,RELAF	Ja, dan naar RELAF
1813	FE 01		CP 01	Toets 1 in ?
1815	20 F5		JR NZ,LEES	Nee, dan naar LEES
1817	3E A0	RELIN	LD A,A0	Bevel is RELais IN
1819	18 EF		JR BEVEL	Naar BEVEL

Bij uitvoering van het programma kan vastgesteld worden dat de stop niet meer de volledige prioriteit heeft ten opzichte van de start. Als stop ingedrukt wordt terwijl start reeds ingedrukt is, blijft de motor draaien. De oorzaak moet gezocht worden bij de subroutine SCAN, die de internal code van één toets pas levert als de vorige toets losgelaten is. Indien dit nadeel onaanvaardbaar is, moet een oplossing gezocht worden in het zelf schrijven van een subroutine die de twee toetsen aftast en de gewenste eigenschappen bezit. Dit zou ons hier echter te ver van het onderwerp wegvoeren.

3.E. Afwisselend stoppen en draaien

De bedoeling is, de motor in kringloop een bepaalde tijd te laten draaien om daarna een bepaalde rusttijd in acht te nemen. Dit mag alleen gebeuren als een schakelaar gesloten is. De beide tijden moeten afzonderlijk instelbaar zijn.

Als hardware is wat in figuur 3.B.1 of 3.B.2 is voorgesteld voldoende. De flowchart uit figuur 3.E.1 verduidelijkt de werking van het programma.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P3E1	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.req.A

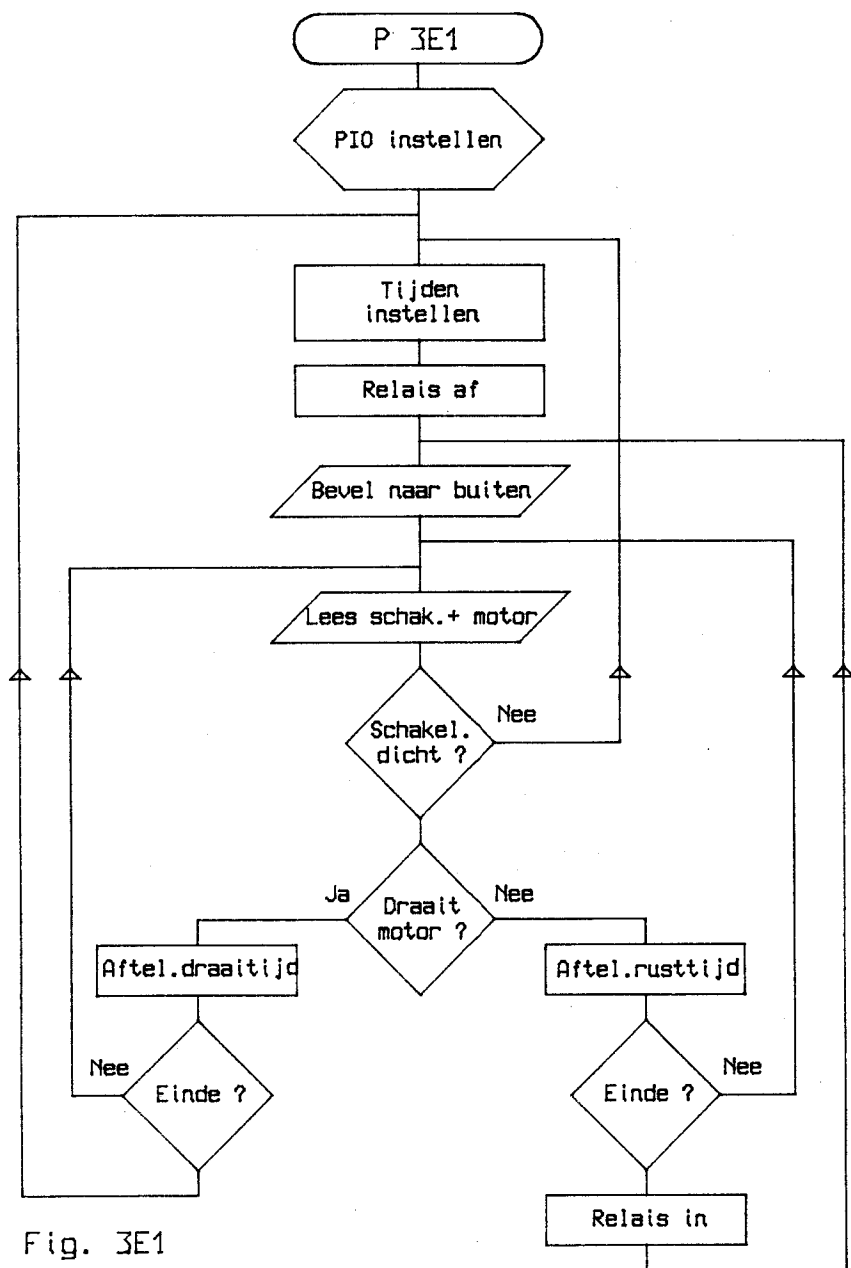


Fig. 3E1

1804	3E 0F		LD A,0F	Contr.word 0000 IIII
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar 1/0 select reg.A
1808	01 0000	STOP	LD BC,0000	Draaitijd instellen
180B	11 0000		LD DE,0000	Rusttijd instellen.
180E	3E 10		LD A,10	Led rust
1810	D3 80	UIT	OUT (80),A	Bevel naar buiten.
1812	DB 80	LEES	IN A,(80)	Lees schakelaar.
1814	CD47		BIT 0,A	Dicht ?
1816	20 F0		JR NZ,STOP	Nee, dan naar STOP
1818	CB7F		BIT 7,A	Relais ingeschakeld ?
181A	28 07		JR Z,WACHT	Nee, dan naar RUST
181C	0B	DRAAI	DEC BC	Draaitijd aftellen
181D	78		LD A,B	Draaitijd
181E	B1		OR C	op nul ?
181F	20 F1		JR NZ,LEES	Nee, dan naar LEES
1821	18 E5		JR STOP	Ja, dan naar STOP
1823	1B	RUST	DEC DE	Rusttijd aftellen
1824	7A		LD A,D	Rusttijd
1825	B3		OR E	op nul ?
1826	20 EA		JR NZ,LEES	Nee, dan naar LEES
1828	3E A0		LD A,A0	Relais en led draaien
182A	18 E4		JR UIT	Naar UIT

Let erop, dat gebruik gemaakt wordt van de eigenschap dat ook het output-register van de PIO gelezen kan worden om de toestand van het relais te kennen.

Als de schakelaar gesloten wordt komt eerst de rusttijd aan de beurt. De wachttijden zijn hier relatief kort, maar kunnen door andere tijdsvertragingen te kiezen onbepert verlengd worden.

Taak 1. Als P3E1, maar met start- en stopdrukknop.

Taak 2. De cyclus moet met de draaiperiode starten als de schakelaar gesloten wordt.

Taak 3. De draaitijd moet (ongeveer) 5 seconden bedragen en de rusttijd (ongeveer) 3 seconden.

3.F. Twee draairichtingen door schakelaars

Om een motor van draairichting te doen veranderen moet de polariteit op het anker omgekeerd worden. Figuur 3.F.1 toont hoe dit kan met twee relais die elk voorzien zijn van twee maakcontacten. Ook twee relais met elk één wisselcontact kunnen deze taak vervullen, volgens het schema uit figuur 3.F.2. De spoel van het extra relais wordt op dezelfde manier aangesloten als de eerste, maar wordt gestuurd door PA6.

De draairichting wordt gekozen met twee schakelaars die zijn aangesloten op PA0 en PA1. Drie leds zijn verbonden met PA5, PA4 en PA3 voor signalisatie dat de motor links draait, rechts draait of stopt. Voor een beter overzicht volgen de aansluitingen in een tabel.

PA7 Relais links
PA6 Relais rechts
PA5 Led links
PA4 Led rechts
PA3 Led stop

PA2 Vrij
 PA1 Schakelaar links
 PA0 Schakelaar rechts

Daar er hier vijf verbruikers zijn moeten PA7-PA3 voor output ingesteld worden. Om kortsluiting te vermijden mogen de relais nooit beide aangetrokken zijn. Uit de flowchart die is weergegeven in figuur 3.F.3 is de werking van het programma gemakkelijk af te leiden.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P3F1	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.reg.A
1804	3E 07		LD A,07	Contr.word 0000 0III
1806	D3 82	STOP	OUT (82),A	Naar I/O select reg.A
1808	3E 08		LD A,08	Led STOP
180A	D3 80		OUT (80),A	Naar verbruikers
180C	DB 80	LEES	IN A,(80)	Lees schakelaars
180E	CB 47		BIT 0,A	Schak.links dicht ?
1810	28 08		JR Z,LINKS	Ja, dan naar links
1812	CB 4F	RECHTS	BIT 1,A	Schak.rechts dicht ?
1814	20 F2		JR NZ,STOP	Nee, dan naar STOP
1816	3E 50		LD A,50	Rel.rechts+led rechts
1818	18 F0	LINKS	JR UIT	Naar UIT
181A	3E A0		LD A,A0	Rel.links+led links
181C	18 EC		JR UIT	Naar UIT

Bij het testen van het programma is weer een onverwachte eigenschap vastgesteld. Als de schakelaars beide gesloten zijn, draait de motor naar links, zelfs als de schakelaar rechts als eerste gesloten was. Door een nadere studie van de flowchart kan deze eigenschap verklaard en indien nodig gewijzigd worden.

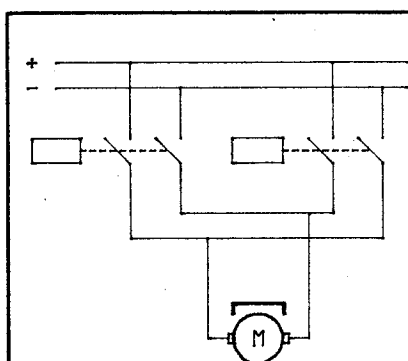


Fig. 3F1

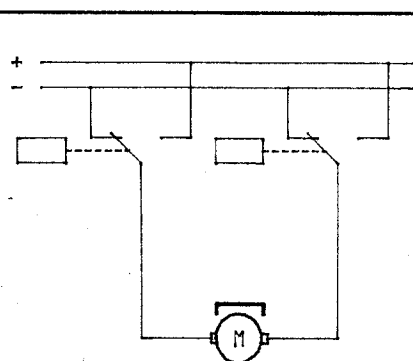
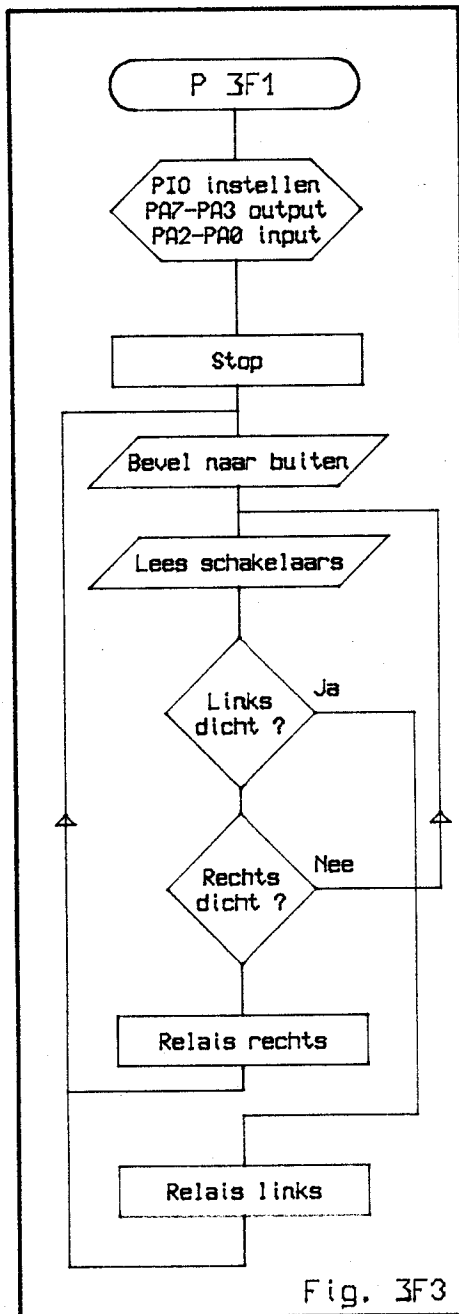


Fig. 3F2



3.G. Het sturen van een elektrisch aangedreven poort

Het sturen van een elektrisch aangedreven poort is meer dan alleen de motor in beide richtingen laten draaien. Op het moment dat de poort volledig open of dicht is, moet de motor automatisch uitgeschakeld worden. Het bevel daartoe wordt gegeven door twee eindcontacten. Het ene eindcontact wordt ingedrukt als de poort helemaal dicht is, en het andere als de poort volledig open is.

Om de degelijkheid van een geschreven programma te testen is een modelpoort noodzakelijk. Hoe goed een programma er ook uitziet op papier, toch kunnen er in de praktijk nog altijd verrassende gebreken aan het licht komen.

Het programma is getest op een modelpoort, opgebouwd met Fischertechnik. Terwille van de mechanische eenvoud werd een schuifpoort gekozen, aangedreven via een tandstang door een minimotor. Twee drukknoppen van Fischertechnik doen dienst als eindcontacten en worden door de poort zelf ingedrukt. Het bevel voor openen of sluiten van een elektrisch aangedreven poort wordt meestal gegeven met drukknoppen.

Daar het programma voor het sturen van een poort niet zo eenvoudig is, wordt eerst het openen en sluiten door bediening van drukknoppen bestudeerd, zonder eindcontacten.

De aansluitingen op de PIO zijn :

- PA7 Relais sluiten
- PA6 Relais openen
- PA5 Led die signaleert dat de poort in beweging is
- PA4 Vrij
- PA3 Vrij
- PA2 Drukknop sluiten
- PA1 Drukknop openen
- PA0 Drukknop stoppen.

De flowchart van P3G1 is weergegeven in figuur 3.G.1.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P3G1	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.reg.A
1804	3E 0F		LD A,0F	Contr.word 0000 IIII
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O select reg.A
1808	3E 00	STOP	LD A,00	Relais af, led uit.
180A	D3 80	UIT	OUT (80),A	Naar toestellen.
180C	DB 80	LEES	IN A,(80)	Lees drukknoppen.
180E	CB47		BIT 0,A	Drukknop stop dicht?
1810	28 F6		JR Z,STOP	Ja, dan naar STOP
1812	CB4F		BIT 1,A	Drukkn.openen dicht?
1814	28 08		JR Z,OPEN	Ja, dan naar OPEN
1816	CB57		BIT 2,A	Drukkn.sluiten dicht?
1818	20 F2		JR NZ,LEES	Nee, dan naar LEES
181A	3E A0	SLUIT	LD A,A0	Relais sluiten + led
181C	18 EC		JR UIT	Naar UIT
181E	3E 60	OPEN	LD A,A0	Relais openen + led
1820	18 E8		JR UIT	Naar UIT

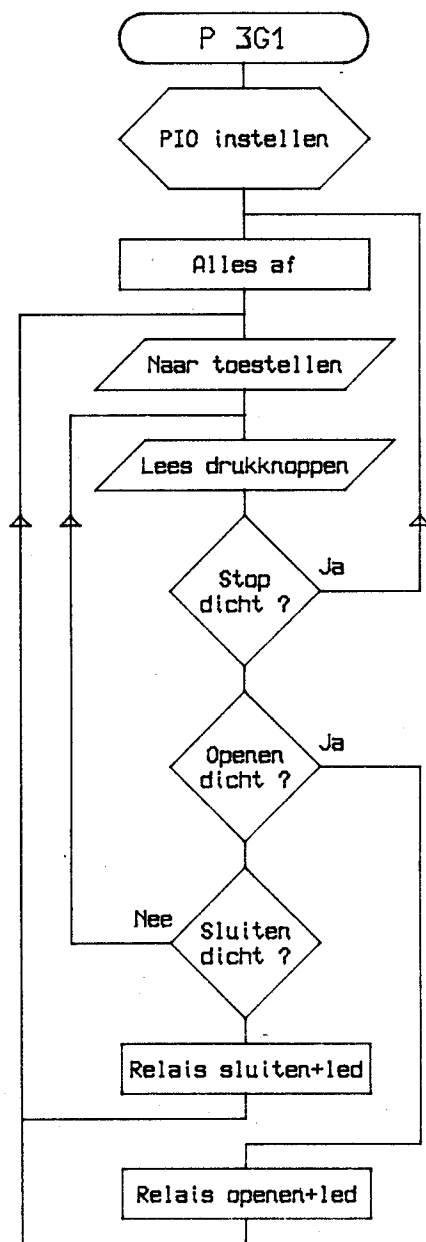


Fig. 3G1

Het inbrengen van de eindcontacten maakt het programma veel moeilijker, omdat altijd maar een enkel, en dan nog het juiste, eindcontact gecontroleerd mag worden, afhankelijk van de richting waarin de poort zich beweegt. Ook bij het geven van het bevel voor het openen of sluiten moet eerst de stand van het juiste eindcontact bekeken worden. De figuren 3.G.2a en 3.G.2b pogen met de flowchart de werking van het programma te verduidelijken. De eindcontacten zijn aangesloten op dezelfde manier als de drukknoppen, maar op de klemmen PA4 en PA3.

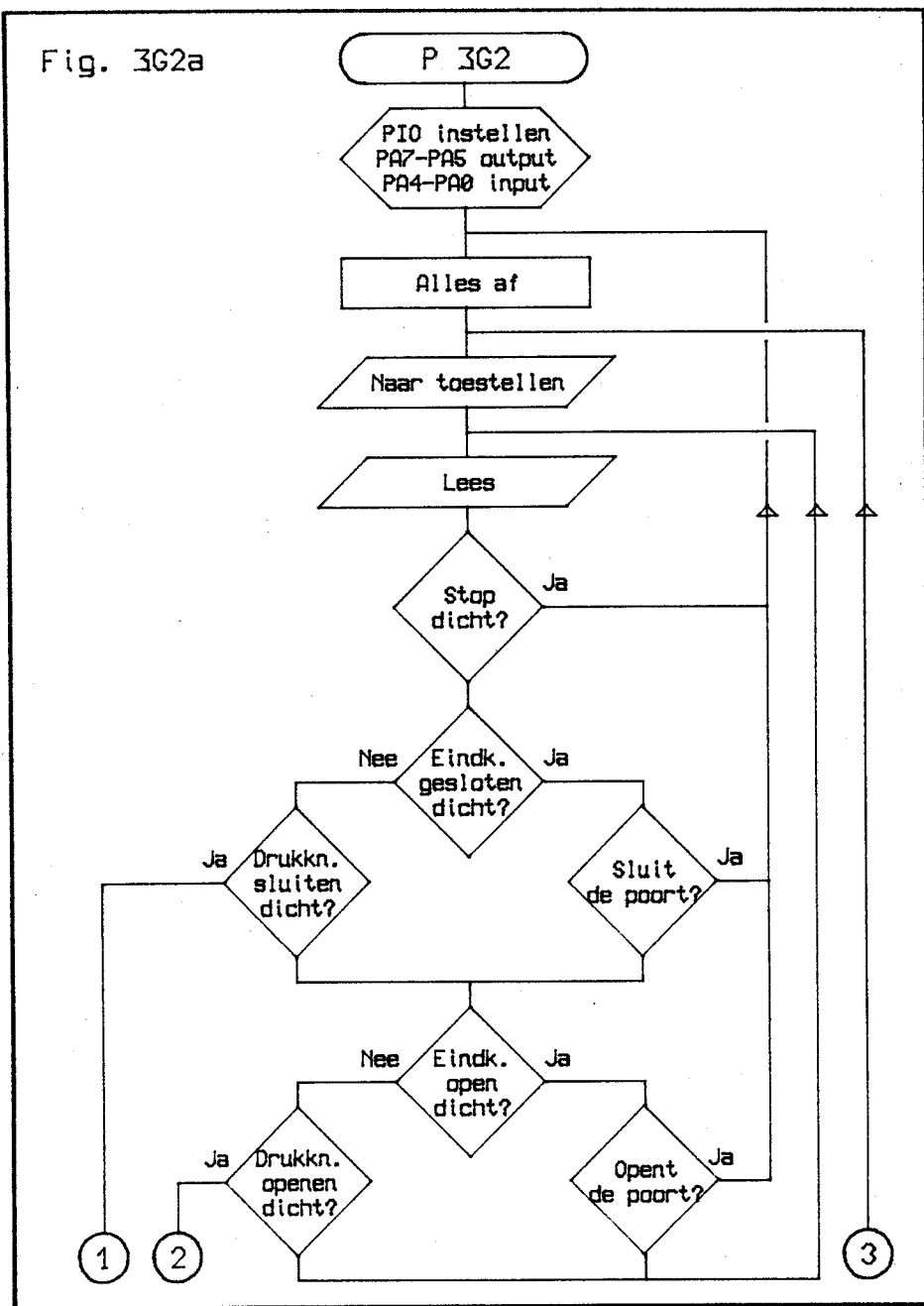
De aansluitingen voor de poort met eindcontacten zijn :

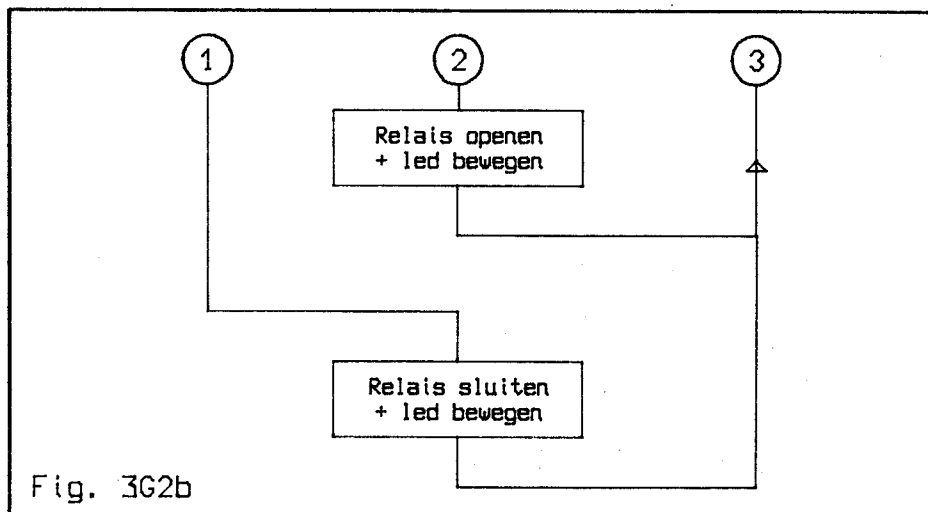
PA7 Relais sluiten
 PA6 Relais openen
 PA5 Led die signaleert dat motor draait
 PA4 Eindcontact gesloten
 PA3 Eindcontact open
 PA2 Drukknop sluiten
 PA1 Drukknop openen
 PA0 Drukknop stop

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P3G2	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.reg.A
1804	3E 1F		LD A,1F	Contr.word 0001 IIII
1806	D3 82	STOP	OUT (82),A	Naar I/O select reg.A
1808	97		SUB A	Alles af.
1809	D3 80		OUT (80),A	Naar toestellen
180B	DB 80	LEES	IN A,(80)	Lees kontakt.+ relais
180D	CB47		BIT 0,A	Stopdrukknop dicht?
180F	28 F7		JR Z,STOP	Ja, dan naar STOP
1811	CE67	EINDG	BIT 4,A	Eindk.gesloten dicht?
1813	28 06		JR Z,SLUIT?	Ja, dan naar SLUIT?
1815	CE57		BIT 2,A	Drukkn.sluiten dicht?
1817	28 16	SLUIT?	JR Z,SLUIT	Ja, dan naar SLUIT
1819	18 04		JR EINDO	Nee, dan naar EINDO
181B	CB7F		BIT 7,A	Relais sluiten aan?
181D	20 E9	EINDO	JR NZ,STOP	Ja, dan naar STOP
181F	CE5F		BIT 3,A	Eindkont.open dicht?
1821	28 06		JR Z,OPENT?	Ja, dan naar OPENT?
1823	CB4F	OPENT?	BIT 1,A	Drukkn.openen dicht?
1825	28 0C		JR Z,OPEN	Ja, dan naar OPEN
1827	18 E2		JR LEES	Nee, dan naar LEES
1829	CB77	SLUIT	BIT 6,A	Relais openen aan?
182B	20 DB		JR NZ,STOP	Ja, dan naar STOP
182D	18 DC		JR LEES	Nee, dan naar LEES
182F	3E A0	OPEN	LD A,A0	Relais Sluiten + led
1831	18 D6		JR UIT	Naar UIT
1833	3E 60		LD A,60	Relais Openen + led
1835	18 D2		JR UIT	Naar UIT

Bij het testen van het programma op de modelpoort moet onmiddellijk gecontroleerd worden of de poort wel in de juiste richting naar het juiste eindcontact beweegt. Als na het bedienen

Fig. 3G2a





van de drukknop voor het openen de poort dicht gaat, moet de polariteit van de motorvoeding verwisseld worden.

Begeeft de poort zich toch in de bevolen richting, wacht dan niet tot de poort het eindcontact indrukt, maar doe dit zelf met de hand. De motor moet dan onmiddellijk stoppen. Doe hetzelfde voor de andere richting.

Als alles behoorlijk werkt, kan het beloofde onverwachte effect ontdekt worden. Als de beide drukknoppen voor het openen en het sluiten ingedrukt worden, geeft de poort er de voorkeur aan te sluiten. Dit is niet erg, maar dezelfde toestand bij een gesloten poort maakt dat deze eerst open gaat, en zodra het eindcontact 'gesloten' vrij komt maakt de voorkeur voor sluiten, dat de poort weer dicht gaat. Zodra het eindcontact 'gesloten' weer ingedrukt wordt, verandert de motor van draairichting en gaat de poort weer open, enz.. Dit oscilleren bij het eindcontact 'gesloten' blijft zolang de beide drukknoppen ingedrukt zijn.

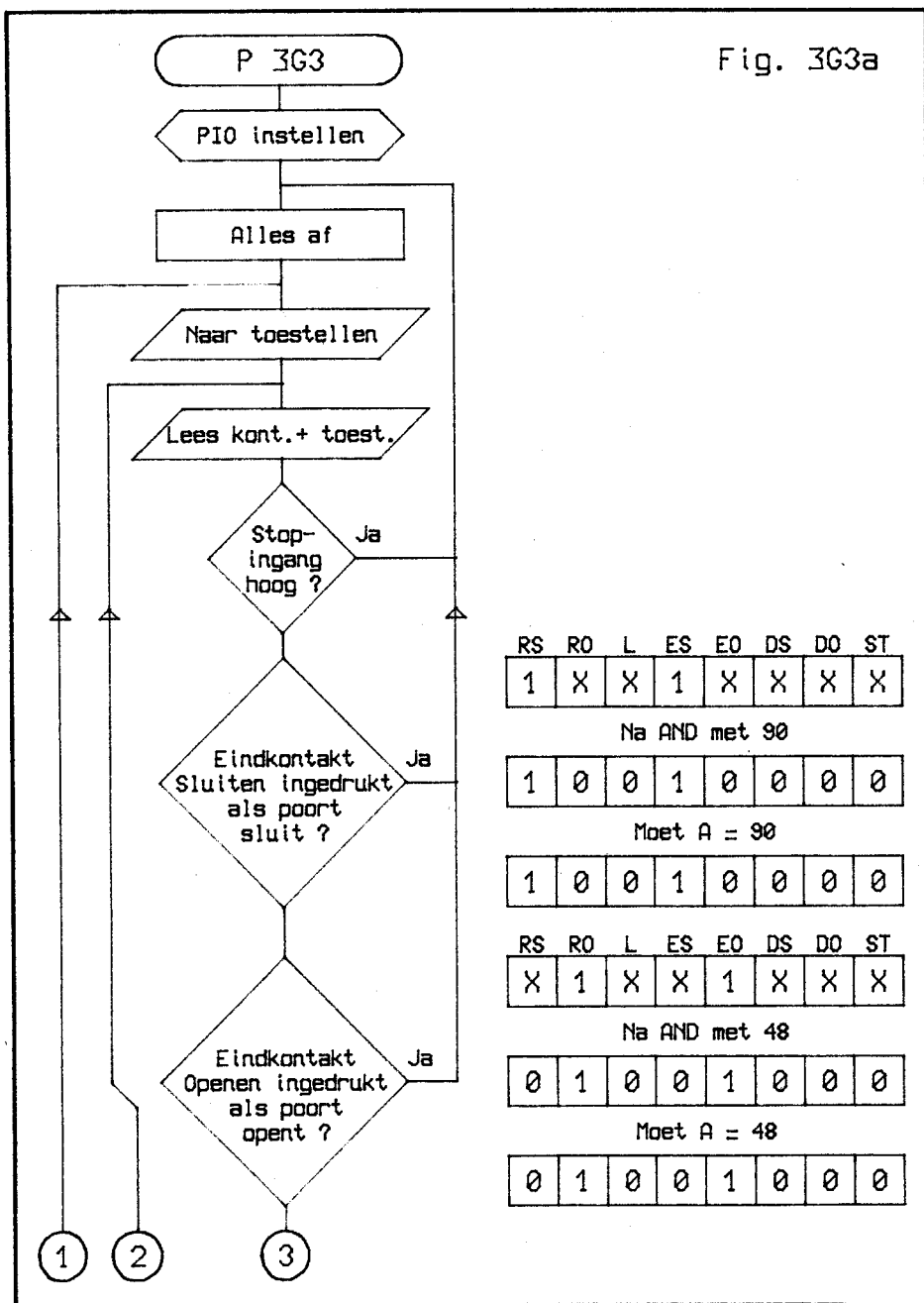
Het omschakelen van openen naar sluiten en omgekeerd kan gebeuren zonder dat de motor eerst wordt gestopt met de stopdrukknop. Dit snel omschakelen van richting kan soms een voordeel hebben. In werkelijkheid echter wordt, vooral bij een zware poort, het mechanisme daardoor zo zwaar belast dat het tot een breuk in de aandrijving kan leiden. Het programma moet dan aangepast worden, zodat alleen vanuit stilstand het bevel voor openen of sluiten kan worden gegeven. Eventueel kan, om de mechanische traagheid van de poort te compenseren, nog een wachttijd geprogrammeerd worden.

Het programma P3G2 controleert telkens maar bit per bit. Naargelang het resultaat wordt het niveau van een volgende getest.

Een andere mogelijkheid is, alle bits die invloed hebben op een toestandsverandering van de poort tegelijk controleren. Bijvoorbeeld : de motor moet uitgeschakeld worden als bit 7 (Relais sluiten) en bit 4 (Eindcontact sluiten) beide actief zijn.

De flowchart voor het sturen van de poort volgens dit principe is weergegeven in de figuren 3.G.3a en 3.G.3b. Deze is veel gemakkelijker te volgen dan de flowchart van P3G2, maar het in programma brengen van de beslissingsruiten is minder eenvoudig. Om dit overzichtelijker te maken is nu voor ingangssignalen gekozen die in rusttoestand laag zijn. Alleen als het contact bediend wordt, is het signaal hoog. Figuur 3.G.4 toont twee mogelijkheden om zulke signalen te verkrijgen.

Fig. 3G3a



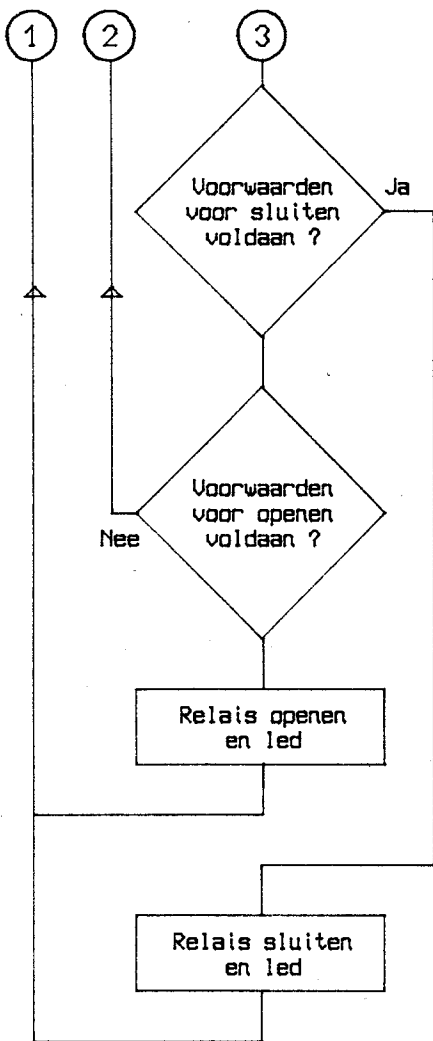


Fig. 3G3b

RS	R0	L	ES	E0	DS	D0	ST
0	0	0	0	X	1	0	0

Na AND met F7

1	1	1	1	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

moet A = 04

0	0	0	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

RS	R0	L	ES	E0	DS	D0	ST
0	0	0	X	0	0	1	0

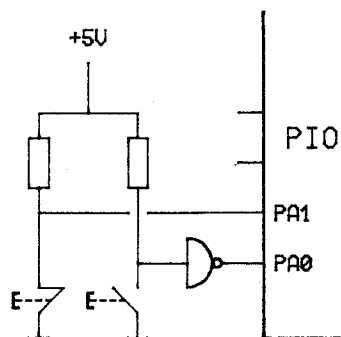
Na AND met EF

1	1	1	0	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

moet A = 02

0	0	0	0	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

Fig. 3G4



De motor moet uitgeschakeld worden als de poort in zijn geheel in gesloten stand is gekomen. Alleen op dit ogenblik zijn bit 7 (Relais sluiten) en bit 4 (Eindcontact sluiten) van A beide hoog. De overige bits van A zijn dan onbelangrijk en kunnen laag gemaakt worden door een AND-bewerking met 90. Alleen op het ogenblik dat een sluitende poort het eindcontact indrukt, zal na de AND 90 het resultaat ook 90 zijn, en moet de motor uitgeschakeld worden. Deze bewerkingen zijn in binaire vorm weergegeven naast de beslissingsruit van de flowchart. De motor moet ook uitgeschakeld worden als bit 6 (Relais openen) en bit 3 (Eindcontact openen) beide hoog zijn.

Aan het inschakelen van de motor voor het sluiten worden veel meer eisen gesteld. De bits 7, 6, 5 en 4 moeten laag zijn (beide relais uit, led uit en Eindcontact sluiten niet ingedrukt).

De toestand van bit 4 mag hier geen rol spelen. De poort moet kunnen sluiten als hij helemaal én als hij half open staat.

Bit 2 (Drukknop sluiten) moet uiteraard hoog zijn. Bit 1 (Drukknop openen) moet laag zijn. Daarmee wordt een neveneffect, dat zou kunnen optreden als de beide startdrukknoppen ingedrukt worden, vermeden.

De toestand van bit 0 (Stopdrukknop) is tevoren al gecontroleerd, maar het kan geen kwaad als eis te stellen dat hij laag is.

Hier moet nu alleen bit 3 uitgefilterd worden door een AND F7, waarna het resultaat 04 moet zijn. Alleen dan mag het Relais sluiten en de led ingeschakeld worden.

De voorwaarden voor het openen van de poort kunnen op dezelfde manier vastgelegd worden en zijn ook weer in binaire vorm naast de beslissingsruit weergegeven.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P3G3	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.reg.A
1804	3E 1F		LD A,1F	Contr.word 0001 II II
1806	D3 82	STOP	OUT (82),A	Naar I/O select reg.A
1808	97		SUB A	Alles af
1809	D3 80		OUT (80),A	Naar toestellen.
180B	DE 80	LEES	IN A,(80)	Lees kontak.en toest.
180D	CB47		BIT 0,A	Stop-ingang hoog ?
180F	20 F7		JR NZ,STOP	Ja, dan naar STOP
1811	47	STOPS	LD B,A	Bewaar toestand
1812	E6 90		AND 90	Selecteer bit 7 en 4
1814	FE 90		CP 90	Voorwaarden voldaan?
1816	28 F0	STOPO	JR Z,STOP	Ja, dan naar STOP
1818	78		LD A,B	Herlaad A
1819	E6 48		AND 48	Selecteer bit 6 en 3
181B	FE 48	STARTS	CP 48	Voorwaarden voldaan?
181D	28 E9		JR Z,STOP	Ja, dan naar STOP
181F	78		LD A,B	Herlaad A
1820	E6 F7	STARTO	AND F7	Select.b7,6,5,4,2,1,0
1822	FE 04		CP 04	Voorwaarden voldaan ?
1824	28 0B		JR Z,SLUIT	Ja, dan naar SLUIT
1826	78	OPEN	LD A,B	Herlaad A
1827	E6 EF		AND EF	Select.b7,6,5,3,2,1,0
1829	FE 02		CP 02	Voorwaarden voldaan ?
182B	20 DE	OPEN	JR NZ,LEES	Nee, dan naar LEES
182D	3E 60		LD A,60	Relais Openen + led
182F	18 D8		JR UIT	Naar UIT

1831	3E A0	SLUIT	LD A.A0	Relais Sluiten + led
1833	19 D4		JR UIT	Naar UIT

Daar hier meer signalen gecontroleerd worden, heeft het programma niet de gebreken van P3G2, hoewel het korter is. Ondanks het behoorlijke resultaat is hier het gebruik van een microprocessor alleen didactisch verantwoord. In de praktijk kan net zo goed een klassieke sturing genomen worden, die even goed werkt en goedkoper is.

Soms worden aan de sturing van de poort veel meer eisen gesteld. Enkele voorbeelden.

Tussen 8 uur en 20 uur moet de poort open blijven staan, maar niet als het donker is.

De poort moet op kleine afstand geopend kunnen worden door gecodeerde lichtstralen en moet na één minuut uit zichzelf sluiten.

Tussen 23 uur en 6 uur mag de poort alleen door drukknoppen aan de binnenzijde geopend kunnen worden.

Als overdag de buitentemperatuur lager is dan vijf graden blijft de poort ook dicht en kan geopend worden door lichtstralen. Idem bij een windkracht groter dan 5 Beaufort.

Hoe meer eisen aan de sturing gesteld worden, des te moeilijker deze met de klassieke schakeltechniek te realiseren is. Bovendien stijgt de kostprijs snel. Bij een bepaalde moeilijkheidsgraad kan een sturing met een microprocessor in prijs concurreren met de klassieke schakeltechniek. Ook het aantal exemplaren van de sturing speelt hierbij een rol.

4. VAN DIGITAAL NAAR ANALOOG

4.A. De op-amp

De uitgangsspanning van een op-amp, geschakeld zoals in figuur 4.A.1, is te berekenen met de formule $V_o = -(V_i \times R_t/R_i)$. Wat rekenwerk voor enkele testweerstandstanden bij een vaste ingangsspanning $V_i = 5V$ en een constante terugkoppelweerstand $R_t = 8k$ levert de volgende tabel op.

Nummer testweerstand	Waarde ingangseerst.	Uitgangsspan. V_o
1	40 k	- 1V
2	20 k	- 2V
4	10 k	- 4V
8	5 k	- 8V
1//2	13,3 k	- 3V
4//8	3.3 k (10k parallel 5k)	- 12V
1//8	4.4 k (40k parallel 5k)	- 9 V

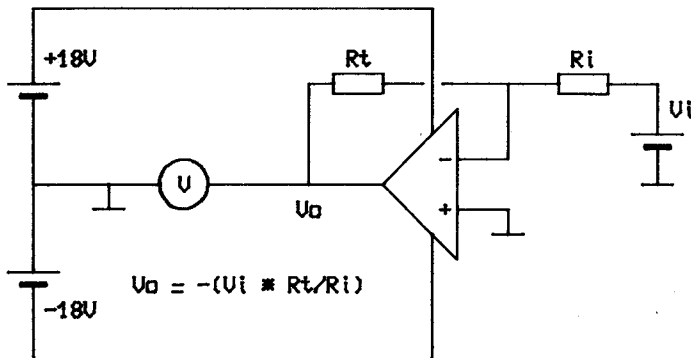


Fig. 4A1

In figuur 4.A.2 kunnen de vier testweerstandstanden elk afzonderlijk door een schakelaar in de kring opgenomen worden. Er kan nu een tabel opgesteld worden die de uitgangsspanning weergeeft voor de 16 standencombinaties met de vier schakelaars.

$R_t = 8k$				$V_i = 5V$	
s3	s4	s2	s1	R_i in kohm	V_o in volt
0	0	0	0	oneindig	0
0	0	0	1	40	-1
0	0	1	0	20	-2
0	0	1	1	13.33	-3
0	1	0	0	10	-4

0	1	0	1	8	-5
0	1	1	0	6.66	-6
0	1	1	1	5.71	-7
1	0	0	0	5	-8
1	0	0	1	4.44	-9
1	0	1	0	4	-10
1	0	1	1	3.63	-11
1	1	0	0	3.33	-12
1	1	0	1	3.07	-13
1	1	1	0	2.85	-14
1	1	1	1	2.66	-15

Deze toont aan dat de schakeling de binaire stand van de schakelaars omzet in een overeenkomstige analoge spanning. Bij de DAC (Digital Analog Convertor) kan de uitgangsspanning waarden aannemen van 0 tot 15V in etappen van 1V. De formule $V_o = -(V_i \times R_t/R_i)$ toont ook aan dat de uitgangsspanning afhankelijk is van R_t . Door in figuur 4.A.2 een R_t van 4k te veronderstellen ontstaat de volgende tabel.

ϵ_8	ϵ_4	ϵ_2	ϵ_1	R_i in kohm	V_o in volt
0	0	0	0	oneindig	0
0	0	0	1	40	-0.5
0	0	1	0	20	-1
0	0	1	1	13.33	-1.5
0	1	0	0	10	-2
0	1	0	1	8	-2.5
0	1	1	0	6.66	-3
0	1	1	1	5.71	-3.5
1	0	0	0	5	-4
1	0	0	1	4.44	-4.5
1	0	1	0	4	-5
1	0	1	1	3.63	-5.5
1	1	0	0	3.33	-6
1	1	0	1	3.07	-6.5
1	1	1	0	2.85	-7
1	1	1	1	2.66	-7.5

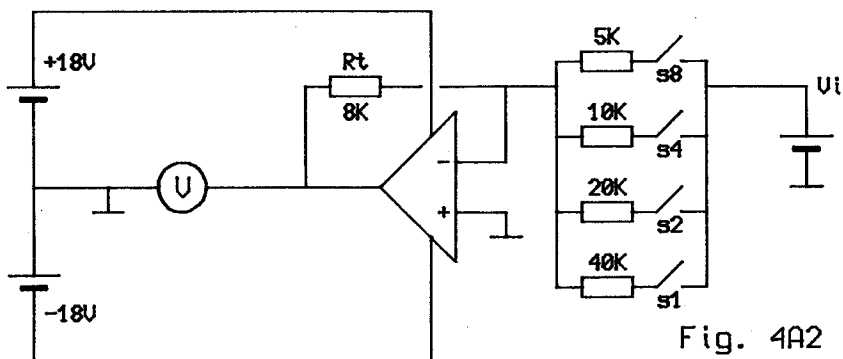


Fig. 4A2

Nu kan de DAC spanningen leveren van 0 tot 7.5V in etappen van 0.5V. Door R_t te vervangen door een regelbare weerstand, worden het bereik (full scale) en de etappen van de DAC regelbaar.

De opstelling uit figuur 4.A.2 kan nog uitgebreid worden met een vijfde schakelaar en een weerstand van 2.5 k.ohm. Daarmee ontstaan dan 32 etappen waarvan ieder de helft is van die in een opstelling met vier schakelaars.

Het verder uitbreiden, telkens met weerstanden die de helft kleiner zijn, is in principe mogelijk. De laagohmische weerstanden gaan zich echter minder stabiel gedragen onder thermische invloed dan de hoogohmische, wat gevolgen heeft voor de uitgangsspanning. Vooral als de afmetingen klein gehouden moeten worden doet deze invloed zich sneller gelden.

Daarom worden DAC's in I.C.'s meestal opgebouwd met andere weerstand-netwerken. Vaak toegepast is het R-2R ladder-netwerk, weergegeven in figuur 4.A.3, waarvan de werking elektronisch en wiskundig minder eenvoudig uit te leggen is.

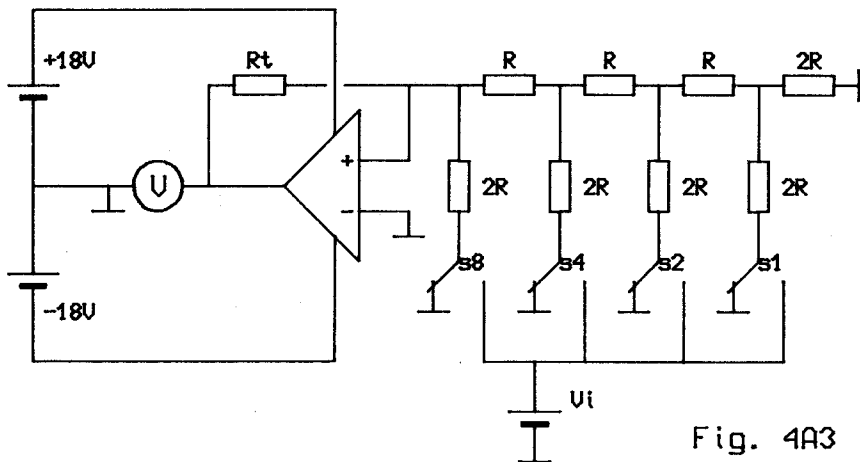


Fig. 4A3

Het grote voordeel is dat daar slechts twee weerstandswaarden toegepast worden die weinig van elkaar verschillen, zodat een stabielere spanning verkregen wordt.

In figuur 4.A.4 is met een streeplijn de grafiek weergegeven van een ideale DAC. In de praktijk kunnen echter verschillende fouten optreden.

Als de uitgang niet helemaal nul is terwijl alle ingangen laag zijn, wordt van een *offset error* gesproken. Dit zijn de volle lijnen in figuur 4.A.4.

Is de volleschaal-waarde niet helemaal zoals gewenst, dan wordt van een *scale factor error* of *gain error* gesproken, die weergegeven is in figuur 4.A.5.

Als de uitgangsspanning niet gelijkmatig (lineair) verandert met de binaire ingang, dan is er sprake van een *linearity error*, grafisch weergegeven in figuur 4.A.6.

Bij grotere lineariteitsfouten kan de DAC zelfs niet-monotoon worden. Dit betekent dat een grotere ingangswaarde niet altijd een grotere uitgangsspanning tot gevolg heeft. Zie de grafiek in figuur 4.A.7.

Hoe groter de resolutie van de DAC (meer ingangen) is, hoe moeilijker het wordt om een DAC te construeren met aanvaardbare fouten. Verschillende soorten fouten kunnen ook tegelijk aanwezig zijn.

Fig. 4A4

Offset-fouten

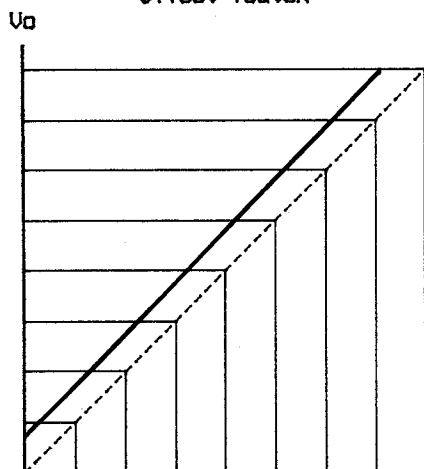


Fig. 4A5

Versterkingsfouten

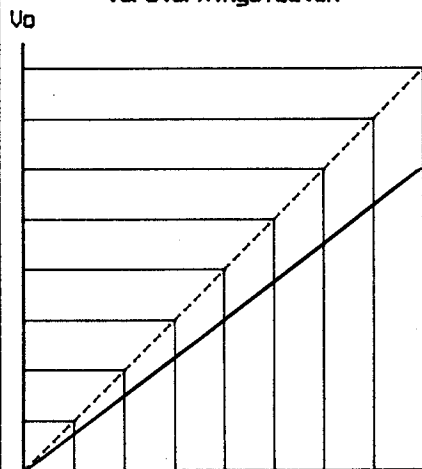


Fig. 4A6

Lineariteitsfouten

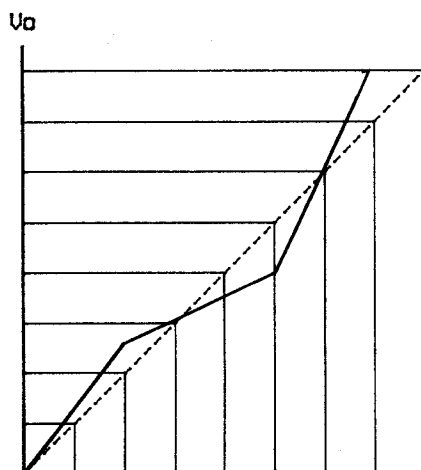
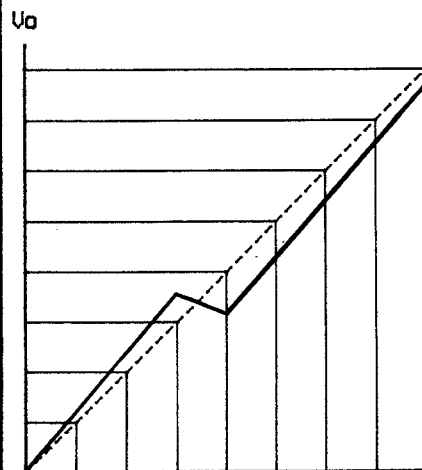


Fig. 4A7

Niet-monotoon



4.B. Het zelf bouwen van een 5-bit DAC

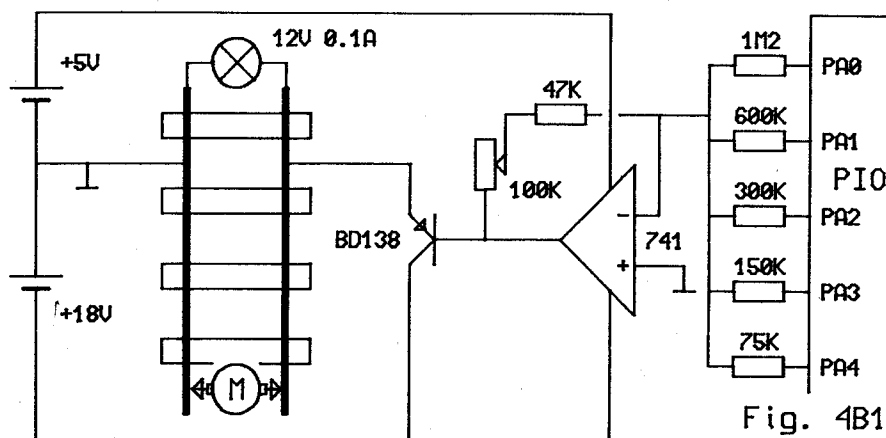
Een DAC kan gebruikt worden als een microprocessor een toestel met een analoge spanning moet sturen. Vaak is dit een kleine DC-motor met permanente polen, waarvan de snelheid en soms ook de draairichting door het microprocessor-systeem beïnvloed moet worden.

Voor proeven op dit gebied is een modelspoorbaan heel geschikt, daar de locomotieven aangedreven worden met deze soort motor. De besturing van een modelbaan heeft ook het voordeel dat zij resulteert in gemakkelijk volgbare en ongevaarlijke mechanische bewegingen. Dit is een mooie aanvulling op al het statische en onzichtbare dat zich afspeelt in de microprocessor, vooral als de mogelijkheden van een microprocessor-sturing aan niet-technici gedemonstreerd moeten worden.

Bovendien kan een modelbaan ook signalen aan het systeem geven als een taak is uitgevoerd of als de locomotief een bepaalde plaats heeft bereikt. Ook wissels, ontkoppelrails en signalen kunnen gestuurd worden.

De maximale spanning voor een locomotief is 12V à 14V. De laagste spanning waarmee een locomotief nog blijft rijden ligt rond de 3V à 4V. Daarvoor moeten de locomotief en de rails wel in perfecte staat zijn.

Een 5-bit DAC levert 32 verschillende spanningen die meer dan voldoende zijn om een nauwkeurige snelheidsregeling te bereiken. Het schema van de DAC die een modeltreinbaan voedt is weergegeven in figuur 4.B.1.



De ingangsweerstanden worden door de uitgangsklemmen PA4-PA0 van de PIO met de +5V verbonden. Door de latch-eigenschappen van de PIO blijven de digitale signalen constant op de DAC, zodat de analoge spanning van blijvende aard is. Om de uitgangsspanning meer belastbaar te maken is een power transistor BD138 als emittervolger tussengeschakeld.

Het gloeilampje parallel aan de rails geeft niet alleen aan dat er spanning aanwezig is, maar verbetert ook het rijgedrag van sommige locomotieven. Met de regelbare terugkoppelingsweerstand kan het maximum bij de grootste digitale ingang (1F) ingesteld worden.

4.C. Snelheidsregeling

Alle volgende schakelingen en programma's zijn getest op een modelbaan met schaal 1/160 of spoor N, door Fleischmann op de markt gebracht onder de naam Piccolo. Andere merken kunnen natuurlijk ook dienst doen als er rekening gehouden wordt met het eventueel groter verbruik van locomotieven op schaal 1/87 of spoor HO. Märklin-locomotieven rijden ook op gelijkspanning, maar voor het omkeren door polariteitswisseling moeten ze met dioden aangepast worden.

De -18V uit figuur 4.B.1 kan verkregen worden uit de normale voedingseenheid voor de modelbaan als een condensator van 1000 microF eraan parallel geschakeld wordt. Bij Märklin moeten ook weer dioden tussengeschakeld worden.

Om DAC-spanning op de rails te brengen moet eerst deel A van de PIO ingesteld worden in mode 3 met de klemmen PA4-PA0 als uitgangen. Daarna moet de waarde 1F naar het output-register A gebracht worden, zodat alle ingangen van de DAC hoog worden. Terwijl een trein op de baan rijdt moet dan de spanning op de rails geregeld worden op 12V door middel van de terugkoppelweerstand van de DAC. Het programma P4C1 stelt de PIO in en brengt de waarde 1F naar de DAC.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P4C1	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.reg.A
1804	3E E0		LD A,E0	Contr.word IIIIO 0000
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O select reg.A
1808	3E 1F		LD A,1F	Maximum snelheid
180A	D3 80		OUT (80),A	Naar output reg.A
180C	F7		RST 30	Monitor

Met kleinere waarden in lokatie 1809 moet de DAC een lagere spanning leveren en de trein langzamer rijden. Door de waarde voor de DAC van het toetsenbord te halen kan de snelheid gemakkelijker gekozen worden. Daarvoor maakt P4C2 gebruik van de subroutine SCAN, die de internal code van de bediende toets in A laadt.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P4C2	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.reg.A
1804	3E E0		LD A,E0	Contr.word IIIIO 0000
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O select reg.A
1808	97		SUB A	Stel A op 0
1809	D3 80	KEY	OUT (80),A	Naar DAC
180B	0D FE05		CALL 05FF	SCAN Laad A van keyb.
180E	D3 80		OUT (80),A	Naar DAC
1810	18 F9		JR KEY	Herhaal

De toetsen 0 tot F leveren de internal code 00 tot 0F. Om via A de waarden 10 tot 1F naar de DAC te brengen moeten de functietoetsen bediend worden. De internal code van deze toetsen is te vinden in de tabel van 17.D. (zie BOEK I)

Voortdurend raadplegen van de tabel wordt overbodig als men op het toetsenbord een kaart, met perforaties voor de toetsen, legt waarop de internal code van de toetsen vermeld staat. Het programma kan nog uitgebreid worden met een snelheidsaanduiding op de display. Daarvoor moet door de subroutine HEX7SG de internal code omgevormd worden tot de overeenkomstige patronen voor de display.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P4C3	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.req.A
1804	3E E0		LD A,E0	Contr.word IIIIO 0000
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O select req.A
1808	97		SUB A	Stel A op 0
1809	D3 80		OUT (80),A	Naar DAC
180B	DD21 A018		LD IX,18A0	DISBF0 voor SCAN
180F	CD FE05		CALL 05FE	SCAN Laad A en displ.
1812	D3 80		OUT (80),A	Naar DAC
1814	21 A018	KEY	LD HL,18A0	DISBF0 voor HEX7SG
1817	CD 7806		CALL 0678	HEX7SG HEX naar patr.
181A	18 F3		JR KEY	Herhaal

Met P4C3 kan heel gemakkelijk de D/A-grafiek opgenomen worden. Ook voor het vaststellen van de laagste spanning waarbij de locs nog net blijven rijden, is het programma heel geschikt. Traag rijden met een modeltrein blijkt al net zo moeilijk te zijn als met een auto. Op de eerste plaats moeten de locomotieven in perfecte staat zijn. De mechanische delen moeten net voldoende gesmeerd zijn, en de collector moet schoon zijn en vetvrij. Dit laatste geldt ook voor de slepende stroomafnemers op de assen of de wielen. Olie op deze plaatsen doet de locomotief stotterig rijden, en sluit traag rijden uit. Volledig demonteren en wassen in witte spiritus is dan de enige remedie. Ook de rails moeten zeer schoon zijn. Reinig ze met een wit doekje dat is bevochtigd met witte spiritus, tot het doekje niet meer zwart wordt. Al na enkele dagen kan een railpoetsbeurt nodig zijn.

4.D. Progressief versnellen en afremmen

Het vorige programma geeft de trein een groot en onnatuurlijk optrek- en afremvermogen. Binnen de halve seconde wordt vanuit stilstand de maximum snelheid bereikt. Om de werkelijkheid dichter te benaderen moeten de treinen langzaam op gang komen en minder abrupt langzamer gaan rijden. Ook in de industrie is een progressieve toerentalverandering dikwijls gewenst om het aandrijfmecanisme minder te belasten en de aanloopstroom te beperken. Figuur 4.D.1 geeft de flowchart voor een snelheidsregelaar waarbij de gewenste snelheid weer ingesteld wordt met een van de 31 toetsen, maar waarbij de spanning langzaam verandert. De gewenste snelheid wordt van het toetsenbord opgehaald en in register A bewaard. De snelheid waarmee de trein op een bepaald ogenblik rijdt is te vinden in register D. Door de waarde in register D per eenheid te verhogen of te verlagen, met tussenschakeling van een tijdsvertraging, wordt de langzame snelheidsverandering verkregen.

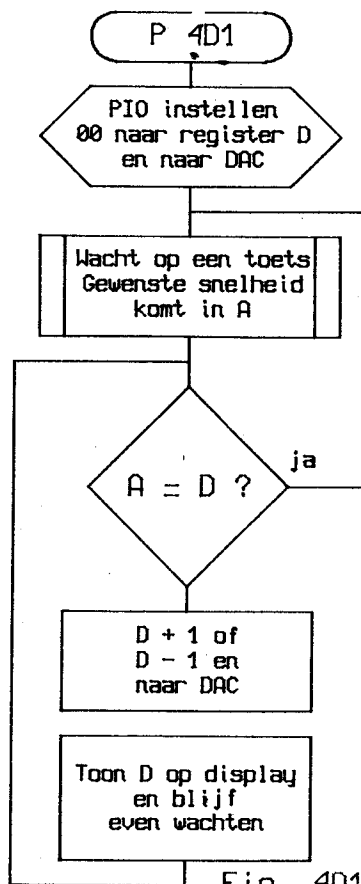


Fig. 4D1

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P4D1	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.req.A
1804	3E E0		LD A,E0	Contr.word III0 0000
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O select req.A
1808	DD21 A018		LD IX,18A0	DISBF0 voor SCAN
180C	0E 80		LD C,80	Poortadres DAC
180E	16 00		LD D,00	Treinsnelheid nul
1810	ED51		OUT (C),D	Naar DAC
1812	CD FE05	KEY	CALL 05FE	SCAN gewen.snelh.in A
1815	BA	VERGL	CP D	Gewen.snh.-treinsnh
1816	28 FA		JR Z,KEY	Gelijk, dan terug
1818	38 03		JR C,VERTR	Gew.<trein dan traager

181A	14	INC D	Verhoog D met 1
181B	18 01	JR DAC	Naar DAC
181D	15	DEC D	Verlaag D met 1
181E	E051	DAC OUT(C),D	Inhoud D naar DAC
1820	F5	PUSH AF	Bewaar AF
1821	06 20	LD B,20	Vertraaging instellen
1823	05	PUSH BC	Bewaar BC
1824	7A	LD A,D	Treinsnelheid in A
1825	21 A018	LD HL,18A0	DISBF0 voor HEX75G
1828	CD 7806	CALL 0678	HEX75G maak patronen
182F	CD 2406	CALL 0624	SCAN1 toon treinsnh.
182E	C1	POP BC	Haal BC terug
182F	10 F2	DJNZ TIJD	Herhaal tot B=0
1831	F1	POP AF	Haal A terug
1832	18 E1	JR VERGL	Ga vergelijken
18A0	00	DISBF0	
18A5	00	DISEF5	

Het programma is ook bruikbaar voor de hardware uit figuur 4.D.2 waar een ZN426 wordt toegepast. Dit is een 8-bit DAC die dan ook 256 spanningsniveaus kan leveren. Daar slechts 32 toetsen beschikbaar zijn voor het kiezen van evenveel spanningen (snelheden) is de ZN426 als 5-bit DAC geschakeld. Vergeet daarbij niet de ingangen D5 tot D7 aan de nul te verbinden. De ZN426 heeft slechts één voedingsspanning (+5V) nodig, en bezit een ingebouwde referentiespanning die met maximaal 3mA belast mag worden. In het schema uit figuur 4.D.2 wordt de +5V geleverd door een afzonderlijke +5V bron, maar daar het verbruik heel beperkt is kan de +5V ook afgetakt worden van de Micro-Prof.

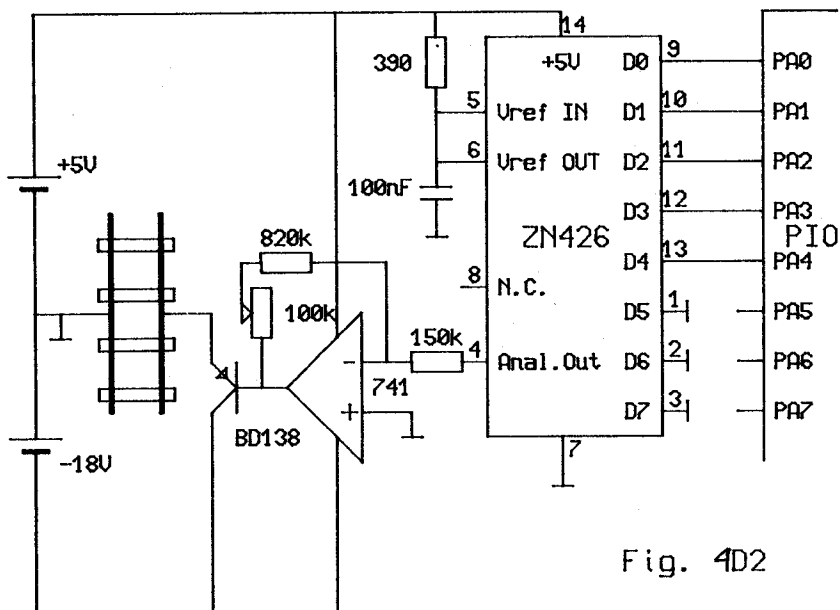


Fig. 4D2

5. GEPROGRAMMEERDE STURINGEN

5.A. Inleiding

Het bekendste en meest verspreide geprogrammeerde toestel is wel de automatische wasmachine. De naam 'geprogrammeerd wastoestel' geeft een duidelijker omschrijving van de automatisering van het apparaat. Deze automaat kan een reeks handelingen uitvoeren : water toelaten tot verschillende niveaus, wasmiddel toevoegen in verschillende hoeveelheden, was-trommel doen draaien, water opwarmen, leegpompen en centrifugeren. De volgorde en duur van de bewerkingen worden door het programma bepaald en uitgevoerd zonder menselijke tussenkomst.

De programmator van de automaat is elektro-mechanisch, waardoor de kans op een defect niet gering is. Ook ligt het programma vast door de vorm van de schijven. Er kan ten hoogste gekozen worden uit twee of drie programma's en uit delen van deze programma's.

Een microprocessor kan de taak van de elektro-mechanische programmator overnemen, en veel beter uitvoeren. Een wasautomaat die buiten dienst gesteld is wegens een defecte programmator, kan gebruikt worden als te sturen toestel voor een microprocessor-opstelling. Daarmee kan dan ervaring opgedaan worden in het ontwikkelen van hard- en software voor praktische toepassingen van een microprocessor.

Voor de proeven zal men wel moeten beschikken over wateraanvoer en -afvoer. Ook heeft de praktijk geleerd dat experimenteren met wasautomaten al snel een natte aangelegenheid wordt, wat samen met de 220V levensgevaar betekent. Daarbij komt nog dat sommige handelingen erg lang duren. Opwarmen kan een uur in beslag nemen, wat erg lang is om het resultaat van een hard- of software-wijziging te controleren. Ook met het grote water- en energieverbruik moet rekening gehouden worden.

Ook op een modelbaan kunnen verschillende handelingen uitgevoerd worden : vooruit en achteruit rijden met verschillende snelheden, versnelling en vertraging wijzigen, rijsnelheid aanpassen aan een baandeel, wissels stellen, wagen koppelen en ontkoppelen, seinen stellen, baanvakken uitschakelen, enz.. Ook hier kan door een opeenvolging van bewerkingen een bepaalde taak verricht worden. Door meerdere treinen, wissels en signalen te gebruiken zijn de mogelijkheden en variaties nog groter dan bij een wasautomaat. Het resultaat van een wijziging is bijna onmiddellijk waar te nemen zonder levensgevaar of groot energieverbruik.

Deze vergelijking wordt gemaakt om aan te tonen dat het programmeren van een modelbaan niet 'treintje spelen' is, maar een verantwoord gebruik van gemakkelijk verkrijgbare (en relatief goedkope) mechanische toestellen. De schema's en programma's zijn getest en uitgevoerd met de Micro-Prof op een modelbaan van het merk Fleischmann-Piccolo.

5.B. Rijden tot een bepaalde plaats

De eenvoudigste taak voor de modeltrein is rijden tot een aangeduide plaats met een bepaalde snelheid. Om de snelheid te kunnen instellen worden de rails gevoed via een DAC door side A van de PIO.

De Micro-Prof moet een signaal krijgen als de trein op zijn bestemming is gekomen. Dit kan door op deze plaats een contact te laten sluiten door de trein. Er moet een contact gebruikt worden dat geschikt is voor het merk van de modelbaan. Ook een reedcontact kan gebruikt worden, dat het voordeel heeft helemaal van de rails geïsoleerd te zijn. Het reedcontact wordt

onder de rails gemonteerd. Een permanent magneetje, dat onder de loc bevestigd wordt zal het reedcontact sluiten als de loc boven het contact komt.

De ligging van het reedcontact onder de rails is heel belangrijk (zie figuur 5.B.1).

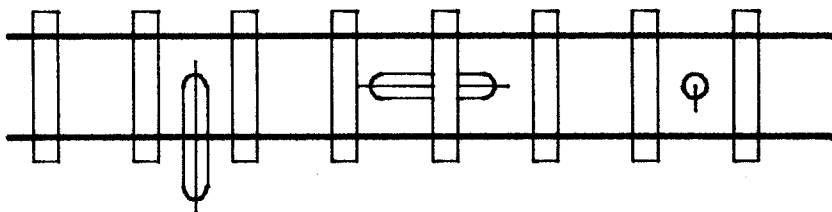


Fig. 5B1

Een horizontaal reedcontact dat evenwijdig tussen de rails ligt, zal door een voorbijkomende magneet tweemaal gesloten worden. Ligt het reedcontact horizontaal maar haaks ten opzichte van de rails, dan sluit het slechts eenmaal. Wel is zijn plaats dan veel kritischer.

Het reedcontact kan ook verticaal onder de rails gemonteerd worden als een sterke magneet gebruikt wordt. Het contact sluit dan ook maar één keer door een voorbijkomende magneet. Een opstelling waarbij het contact maar één keer sluit verdient de voorkeur. Bij uitbreiding is de soft- en hardware er iets eenvoudiger door. Voer voor een definitieve montage eerst een proefrit uit, om te controleren of het contact wel gesloten wordt bij de gekozen opstelling. Bij N-spoor (schaal 1/160) is er meestal onder de locs geen ruimte meer voor een magneetje. Dan kan het onder de eerste wagen bevestigd worden.

Het reedcontact onder de railbedding is natuurlijk niet bruikbaar bij de metalen Märklin-rails. De nodige hardware komt overeen met die uit figuur 4.B.1 of figuur 4.D.2, aangevuld met het reedcontact (of een ander contact dat door de trein bediend wordt), aangesloten tussen PA6 van de PIO en de nul. Een weerstand van 4K7 tussen PA6 en +5V is noodzakelijk.

De flowchart voor deze eenvoudige taak is weergegeven in figuur 5.B.2, waaruit gemakkelijk het nodige programma af te leiden is.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P5B1	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.req.A
1804	3E E0		LD A,E0	Contr.word IIIIO 0000
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O select req.A
1808	3E 1F	REED	LD A,1F	Gekozen snelheid
180A	D3 80		OUT (80),A	Naar DAC
180C	DB 80		IN A,(80)	Lees reedkontakt
180E	CD77		BIT 6,A	Is het gesloten ?
1810	20 FA		JR NZ,REED	Nee, dan terug
1812	97		SUB A	Snelheid 0
1813	D3 80		OUT (80),A	Naar DAC
1815	CF		RST 0	Naar monitor

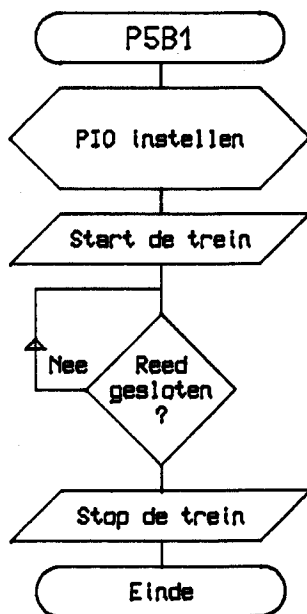


Fig. 5B2

Als de trein het contact al sluit voor de start, zal het programma onmiddellijk eindigen en de trein niet in beweging komen. Indien een gesloten baan (cirkel of ovaal) gebruikt wordt, kunnen soft- en hardware zodanig gewijzigd worden dat de trein een bepaald aantal ronden rijdt. Daarbij moet het reedcontact iedere gereden ronde vaststellen. Daarvoor moet echter eerst de contactdender van het reedcontact weggewerkt worden. Figuur 5.B.3 toont een mogelijke oplossing door middel van een Schmitt-trigger en een filter. Om de schakeling te proberen kan het vorige programma gewijzigd worden tot P5B2.

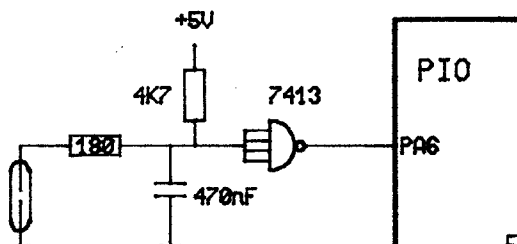


Fig. 5B3

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P5B2	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.reg.A
1804	3E E0		LD A,E0	Contr.word IIIIO 0000

1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O select reg.A
1808	3E 1F		LD A,1F	Kies snelheid
180A	D3 80		OUT (80),A	Naar DAC
180C	DB 80	HOOG	IN A,(80)	Lees signaal
180E	CB77		BIT 6,A	Is het hoog ?
1810	20 FA		JR Z,HOOG	Nee, dan naar HOOG
1812	97		SUB A	Treinsnelheid 0
1813	D3 80		OUT (80),A	Naar DAC
1815	CF		RST 08	Naar monitor

De Schmitt-trigger keert het signaal van het reedcontact ook om. Ingang PA6 is nu normaal laag en wordt hoog als het reedcontact sluit. Daardoor is de instructie op adres 1810 anders dan die uit P4B1.

5.C. Een aantal ronden rijden

Ook hier zal het programma voortdurend het ingangssignaal moeten controleren. Hoewel de contactdender weggewerkt is met de Schmitt-trigger, mag niet aangenomen worden, dat telkens wanneer een hoog-signaal vastgesteld wordt een ronde gereden is. Het reedcontact blijft betrekkelijk lang dicht, zodat eenzelfde hoog-signaal vele malen gelezen zal worden. Om geen valse ronden te noteren, moet het programma na het vaststellen van een hoog-signaal wachten tot het signaal weer laag is (reedcontact open). Pas daarna mag weer met een hoog-signaal rekening gehouden worden. In figuur 5.C.1 is de flowchart gegeven voor het programma dat de trein een aantal ronden laat rijden.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P5C1	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.reg.A
1804	3E E0		LD A,E0	Contr.word IIIIO 0000
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O select reg.A
1808	16 05		LD D,05	Rondenteller instell.
180A	3E 1F		LD A,1F	Maximum snelheid
180C	D3 80		OUT (80),A	Naar DAC
180E	DB 80	HOOG	IN A,(80)	Lees ingangen
1810	CB77		BIT 6,A	Is het signaal hoog ?
1812	28 FA		JR Z,HOOG	Nee, dan terug
1814	15		DEC D	Tel 1 ronde af.
1815	28 08		JR Z,STOP	Naar stop indien 0
1817	DB 80	LAAG	IN A,(80)	Lees ingangen
1819	CB77		BIT 6,A	Is het signaal laag ?
181B	20 FA		JR NZ,LAAG	Nee,dan terug
181D	18 EF		JR HOOG	Anders naar HOOG

181F	97	STOP	SUB A	Snelheid 0
1820	D3 80		OUT (80),A	Naar DAC
1822	C7		RST 0	Naar monitor

Het aantal ronden dat de trein zal afleggen is afhankelijk van de waarde in adres 1809.

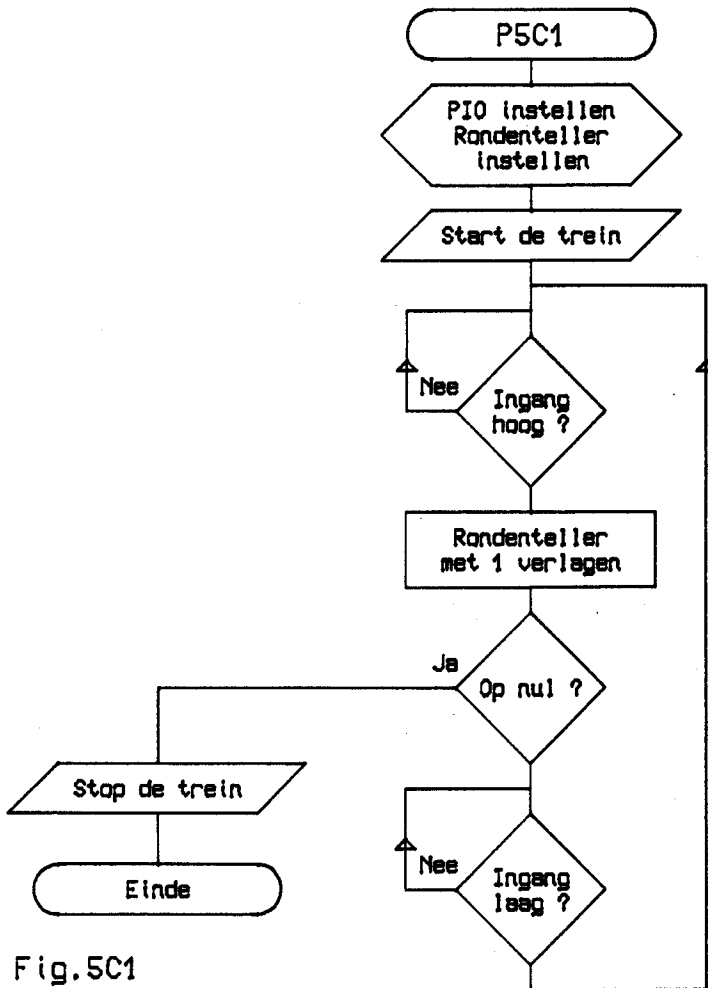


Fig. 5C1

5.D. Achteruit rijden

Om achteruit te rijden moet de polariteit op de rails omgekeerd worden. De eenvoudigste manier om dit te bereiken is het gebruik van een relais met een dubbelpolig wisselcontact zoals in figuur 5.D.1. Werkt de relaispoel op 12V of 24V, dan is een extra spanningsbron nodig. Met een relaispoel op 5V wordt de belasting te groot voor de voeding van de Micro-Prof zodat dan ook een afzonderlijke +5V nodig is.

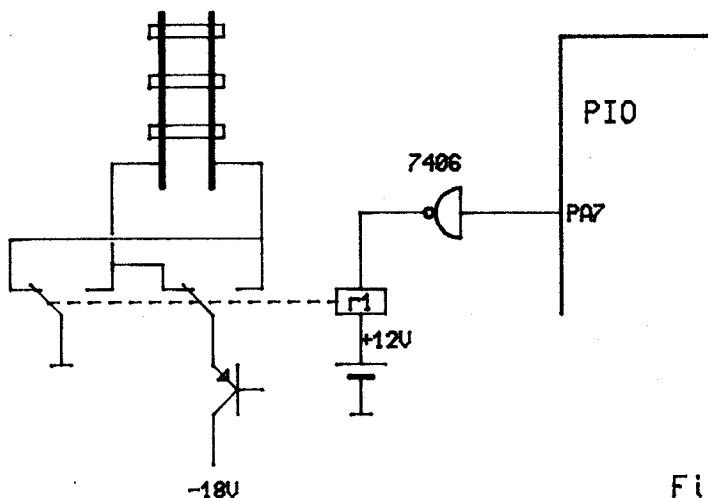


Fig. 5D1

De relaispoel wordt gestuurd via een poort 7406 door de als uitgang ingestelde klem PA7. Daardoor bepaalt de waarde die naar het output-register A gebracht wordt zowel de snelheid als de rijrichting. De maximumsnelheid vooruit wordt nog altijd verkregen door 1F. Voor het achteruit rijden moet ook PA7 hoog zijn. De trein rijdt dan ook met de maximumsnelheid achteruit als de waarde 9F naar het output-register gebracht wordt.

Om de bijgeschakelde hardware te proberen kan P5C1 gewijzigd worden. Het control word voor het I/O select-register en de waarde voor het output-register moeten aangepast worden.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P5D1	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.reg A
1804	3E 60		LD A,60	Contr.word 0110 0000
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O select reg.A
1808	16 05	HOOG	LD D,05	Rondenteller instell.
180A	3E 9F		LD A,9F	Max.snelh.achteruit
180C	D3 80		OUT (80),A	Naar DAC en relais
180E	DB 80		IN A,(80)	Lees ingang
1810	CB77	LAAG	BIT 6,A	Is het signaal hoog?
1812	28 FA		JR Z,HOOG	Nee, dan terug
1814	15		DEC D	Tel 1 ronde af
1815	28 08		JR Z,STOP	Naar STOP indien 0
1817	DB 80	LAAG	IN A,(80)	Lees ingang
1819	CB77		BIT 6,A	Is het signaal laag?
181B	20 FA		JR NZ,LAAG	Nee, dan terug
181D	18 EF		JR HOOG	Anders naar HOOG

181F	97	.STOP	SUB A	Snelheid 0, relais af
1820	D3 80		OUT (80),A	Naar DAC en relais
1822	C7		RST 0	Naar monitor.

5.E. De CTC als teller

Het banenplan uit figuur 5.E.1 (op een plaat van 55 cm × 122 cm) is de basis voor alle verdere uitbreidingen. In plaats van één, zijn er nu vier reedcontacten gemonteerd die alle parallel geschakeld zijn. Daardoor kan de trein nu in etappen van 1/4-ovaal geprogrammeerd worden. Het is aan te raden de gewijzigde baan eerst te testen met het programma P5D1.

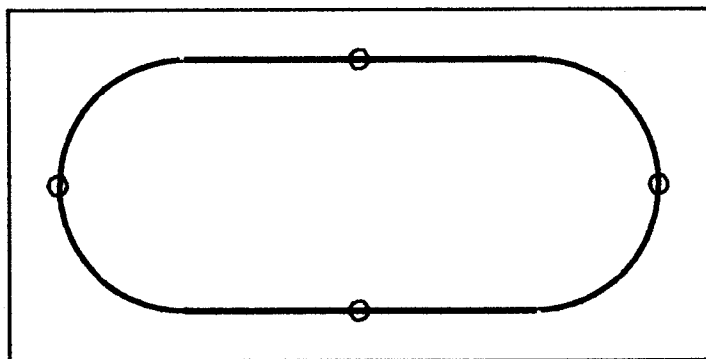


Fig. 5E1

Het tellen van de pulsen die worden geleverd door de reedcontacten, kan ook door een kanaal van de CTC gedaan worden. Dit heeft het voordeel dat het hoofdprogramma niet voortdurend de ingangen hoeft te lezen.

Het aantal etappen (1/4-ovaal) dat de trein moet rijden, moet nu in het time-constant-register 0 van de CTC geladen worden. De CTC wordt zo ingesteld, dat hij een interrupt-aanvraag levert als de down counter tot 0 verlaagd is door de pulsen van de baan. Een interrupt routine moet dan de trein tot stilstand brengen.

De praktijk leert dat de down counter in de CTC zeer gevoelig is voor storingen, en dat een rijdende locomotief met zijn collector en al zijn slepende contacten een flinke storingsbron is. Vooral kleine snelle locs die meer over de rails huppelen dan rijden veroorzaken veel storingen. Bovendien liggen de lange geleiders naar de reedcontacten dicht bij de rails, die als een antenne de storingen opvangen. Daardoor is een filter zoals in figuur 5.B.3 niet meer voldoende.

Een betrouwbare oplossing is de reedcontacten een miniatuurrelais met een wisselcontact te laten schakelen. De contactdender van deze contacten wordt weggewerkt door een RS-flip flop die de ingang CLK/TRG0 van de CTC stuurt.

Om de storingen van de baan niet via de voeding tot de CTC te laten doordringen, wordt zo dicht mogelijk bij de rails (de storingsbron) een flinke (elektrolytische) condensator geschakeld. Daar de polariteit op de rails niet altijd eender is, worden twee elco's in antiserie geschakeld en onder de baanplaat aangebracht. Nog een derde condensator vlak voor de schakelcontacten helpt de storingen te verhelpen. De hardware is weergegeven in figuur 5.E.2.

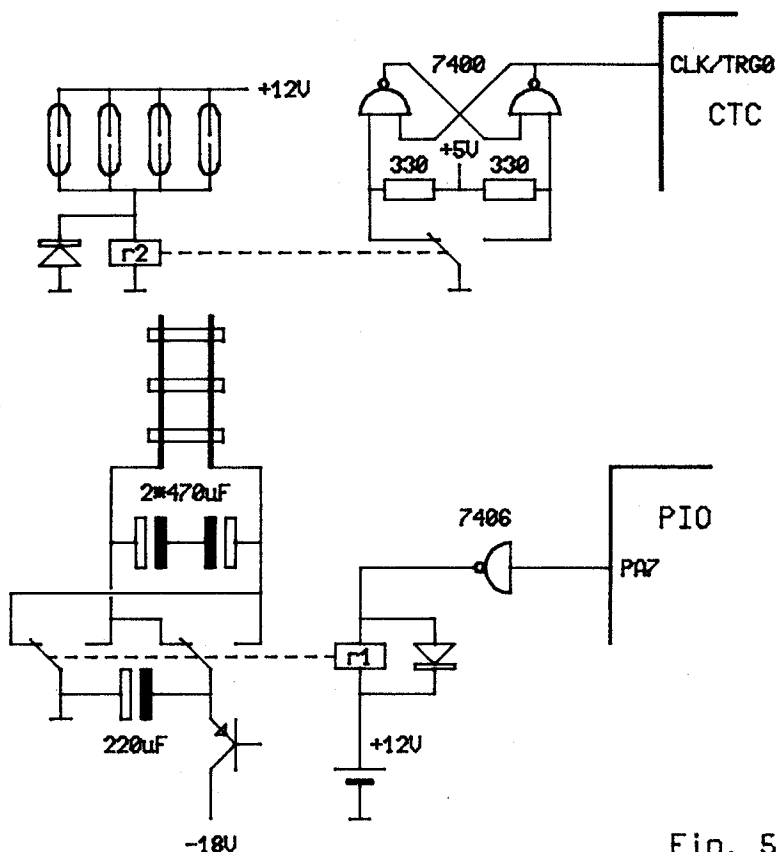


Fig. 5E2

Het relais dat door de reedcontacten wordt geschakeld mag niet te groot zijn. Een klein relais heeft een geringere mechanische traagheid en zal daardoor nog reageren op een korte puls van de reedcontacten die worden veroorzaakt door een snel rijdende trein. Het relais zal ook snel reageren bij een grotere voedingsspanning.

Het programma moet de CTC en de PIO instellen en het nodige doen om een interrupt mogelijk te maken. Als dan nog het aantal etappen naar de CTC is gebracht en via de PIO de DAC en het relais zijn gevoed, moet de CPU alleen nog wachten op een interrupt, aangevraagd door de CTC, om de trein te stoppen door nul naar de DAC te brengen. In plaats van de CPU zolang werkeloos te laten, brengt hij in P5E1 de inhoud van de down counter op de display. Daardoor is het gemakkelijker te controleren of de hardware behoorlijk functioneert en of er geen storingen zijn.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 00	P5E1	LD A,00	CTC instellen
1802	D3 40		OUT (40),A	Control word
1804	3E C5		LD A,C5	Naar int. vect. req. CTC
				Control word

1806	D3 40		OUT (40),A	Naar chan.contr.req.0
1808	3E CF		LD A,CF	PIO instellen
180A	D3 82		OUT (82),A	Control word mode 3
180C	3E 60		LD A,60	Naar mode contr.req.A
180E	D3 82		OUT (82),A	Contr.word 0110 0000
1810	3E 1B		LD A,1B	Naar I/O register A
1812	ED47		LD I,A	Interr.voorbereiden
1814	ED5E		IM2	MSB Vector page
1816	FB		EI	Naar Interrupt req.
1817	3E 08		LD A,08	Kies interrupt mode
1819	D3 40		OUT (40),A	Maak interr.mogelijk
181B	3E 1F		LD A,1F	Opdracht geven
181D	D3 80		OUT (80),A	Aantal stappen
181F	DD21 5018		LD IX,1850	Naar Time const.req.0
1823	21 5018	LUS	LD HL,1850	Snelheid en richting
1826	DB 40		IN A,(40)	Naar DAC en relais
1828	CD 7806		CALL 0678	Toon down counter
182B	CD 2406		CALL 0624	DISBF0 voor SCAN1
182E	18 F3		JR LUS	DISBF0 voor HEX7SG
1830	C7		RST 0	Lees down counter
1850	00			HEX7SG
1855	00			SCAN1
1900	97	I29E1	SUB A	Herhaal
1901	D3 80		OUT (80),A	Naar monitor
1903	21 3018		LD HL,1830	
1906	E3		EX (SP),HL	
1907	ED4D		RETI	
1B00	00			Interrupt routine
1B01	19			Stel A op nul
				Stop de trein
				Adres RST 0
				Naar top v/d stack
				Terug naar hoofdprog.
				LSB interrupt vector
				MSB interrupt vector

Waarschijnlijk is het doel van de instructies 3 en 4 uit de interrupt routine niet zo duidelijk. Zonder deze zou na het beëindigen van de interrupt routine terrugekeerd worden in de lus voor het tonen van de down counter, en zou het hoofdprogramma nooit eindigen. Nu wordt de top van de stack geladen met het adres waar de RST 0 staat, waardoor teruggekeerd wordt naar deze instructie, die het programma beëindigt. Een mooi voorbeeld van de bedoeling van de instructie EX (SP),HL.

5.F. Meer bewegingen na elkaar

Om meer bewegingen achtereenvolgens uit te voeren moeten na het beëindigen van een beweging het aantal etappen en de snelheidscode voor de volgende beweging opgehaald worden. Deze informatie staat in een tabel die begint op adres 18A0. Om alle verwarring te vermijden wordt deze tabel het *treinprogramma* genoemd. Het treinprogramma begint met het aantal etappen voor de eerste beweging, gevolgd door de snelheidscode voor dezelfde

beweging. Op adres 18A2 staan de etappen voor beweging 2 en op adres 18A3 de snelheidscode, enz.. Het aantal bewegingen is alleen beperkt door de ruimte die voorzien is voor de tabel. Wel moet het treinprogramma afgesloten worden met de waarde 80.

Het programma P5F1 heeft het vorige programma als basis. Wel liggen de verschillende delen dichter bij elkaar zodat het vlugger op een cassette geladen kan worden. Figuur 5.F.1 toont de flowchart waardoor P5F1 gemakkelijker te begrijpen is. Let erop dat de interrupt routine op twee manieren kan eindigen, die elk voor terugkeer naar een ander adres zorgen. De eerste uitgang wordt gebruikt als nog een beweging moet worden uitgevoerd.

De tweede uitgang zorgt niet meer voor terugkeer naar het hoofdprogramma, maar gaat naar adres 0000, waar dan de RESET routine wordt uitgevoerd en de tekst 'uPF—1' op de display komt. Dit heeft het voordeel, dat de PC op 1800 komt te staan zodat alleen op de toetsen PC en GO gedrukt hoeft te worden om het programma weer te laten uitvoeren.

Van het control word voor het channel-control-register moet nu ook bit 1 (RESET) hoog zijn, omdat anders de waarde die naar het time-constant-register wordt gebracht ook in de down counter geladen zou worden. Daardoor is het control word hier C7, terwijl in P5E1 de waarde C5 voldeed. De klemmen PA7 tot PA0 van de PIO zijn nu alle als uitgang ingesteld, daar langs deze weg geen signalen meer ingevoerd moeten worden.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P5F1	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.reg.A
1804	3E 00		LD A,00	Contr.word 0000 0000
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O register A
1808	3E 19		LD A,19	Interr.vorbereiden
180A	ED47		LD I,A	MSB vector page
180C	ED5E		IM2	Naar Interrupt req.
				Kies interrupt mode
180E	FD21 A018		LD IX,18A0	Begin treinprogramma
				CTC instellen
1812	3E 00		LD A,00	Control word
1814	D3 40	LADEN	OUT (40),A	Naar int.vect.reg.CTC
1816	3E C7		LD A,C7	Control word (+RESET)
1818	D3 40		OUT (40),A	Naar chan.contr.reg.0
181A	FD7E 00		LD A,(IX+00)	Laad aantal stappen
181D	D3 40		OUT (40),A	Naar time const.reg.0
181F	FD7E 01		LD A,(IX+01)	Laad snelh.en richt.
1822	D3 80		OUT (80),A	Naar DAC en relais
				Toon down counter
1824	DD21 5018	LUS	LD IX,1850	DISBF0 voor SCAN1
1828	21 5018		LD HL,1850	DISBF0 voor HEC7SG
182B	DB 40		IN A,(40)	Lees down counter
182D	F3		DI	Disable interrupt
182E	CD 7806		CALL 0678	HEX7SG
1831	CD 2406		CALL 0624	SCAN1
1834	FB		EI	Enable interrupt
1835	18 F1		JR LUS	Herhaal
1850	00	DISBF0		
1855	00	DISBF5		
1860	3E 80	I29F1	LD A,80	Stopwaarde

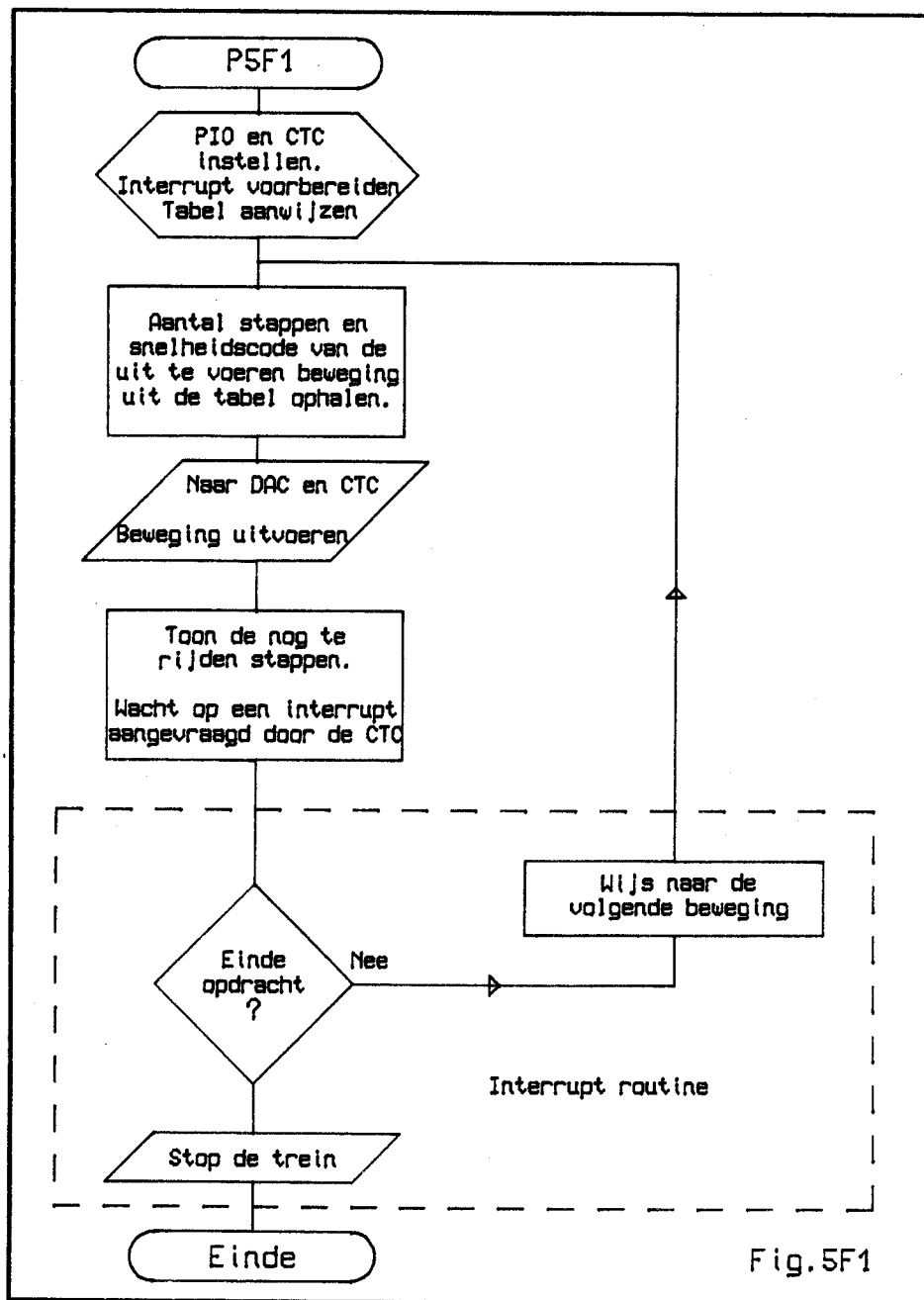


Fig.5F1

1862	FD8E 02		CP (IY+02)	Einde treinprogramma?
1865	28 0A		JR Z,STOP	Ja, dan naar STOP
1867	FD23		INC IY	Wils naar
1869	FD23		INC IY	de volgende beweging.
186B	21 1618		LD HL,1816	Terugkeeradres
186E	E3		EX (SP),HL	Naar top v/h stack
186F	ED4D		RETI	Einde 1 inter.routine
1871	97	STOP	SUB A	Stel A op nul
1872	D3 80		OUT (80),A	Stop de trein
1874	21 0000		LD HL,0000	Adres RESET routine
1877	E3		EX (SP),HL	Naar top v/h stack
1878	ED4D		RETI	Einde 2 inter.routine
1900	60			LSB interrupt vector
1901	18			MSB interrupt vector

Adres	Beweging	Nr.	Verklaring.
18A0	08 1F	1	Treinprogramma. T29F1
18A2	04 98	2	8 stappen zeer snel vooruit.
18A4	80		4 stappen snel achteruit.
			Einde treinprogramma

5.G. Progressieve snelheidsverandering

In het vorige programma is het overschakelen van een beweging naar de volgende snel en abrupt. Bij het uitvoeren van het treinprogramma T5F1 komt dit tot uiting bij het overschakelen van beweging 1 naar beweging 2. Van snel vooruit wordt plotseling naar snel achteruit overgegaan. In werkelijkheid zou de trein eerst langzamer gaan rijden, even stilstaan, en dan geleidelijk in omgekeerde richting op snelheid komen.

De snelheid progressief verlagen is niet zo moeilijk. Het is voldoende de snelheidscode met tussenpozen te verlagen. Dit gaat prima tot de snelheidscode 00 is. Door een volgende vermindering wordt de snelheidscode FF. Deze waarde moet nu op de rails de kleinste spanning brengen en het relais doen aantrekken. Al de volgende kleinere waarden moeten telkens een iets grotere spanning veroorzaken en het relais aangetrokken houden.

Grootste spanning:	Relais af	Kleinste spanning
1F 1E 1D 1C 1B 1A 19 18 17 16.....	09 08 07 06 05 04 03 02 01 00	
E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9 EA.....	F7 F8 F9 FA FB FC FD FE FF	
Grootste spanning	Relais aan	Kleinste spanning

De waarden van E1 tot FF moeten eerst omgevormd worden voordat ze naar de DAC en het relais worden overgebracht. Zo moet FF omgezet worden tot 81, FE tot 82, E1 tot 9F. Door de instructie NEGate (two's complement) wordt een waarde uit de onderste rij omgezet tot die daarboven. Als dan nog bit 7 hoog wordt gemaakt is de gewenste code verkregen, die naar de DAC en het relais kan worden gebracht.

Oorspronkelijke snelheidscode	2's complement	Bit 7 hoog maken	Code naar DAC en relais
03			03
02			02
01			01
00			00
FF	01	81	81
FE	02	82	82
FD	03	83	83
E2	1E	9E	9E
E1	1F	9F	9F

In een treinprogramma moeten nu ook de snelheden achteruit op deze manier opgegeven worden, dus door de two's-complement-waarde van de gewenste snelheid. In figuur 5.G.1 is de uitgangstoestand weergegeven voor het uitvoeren van het treinprogramma T5G1.

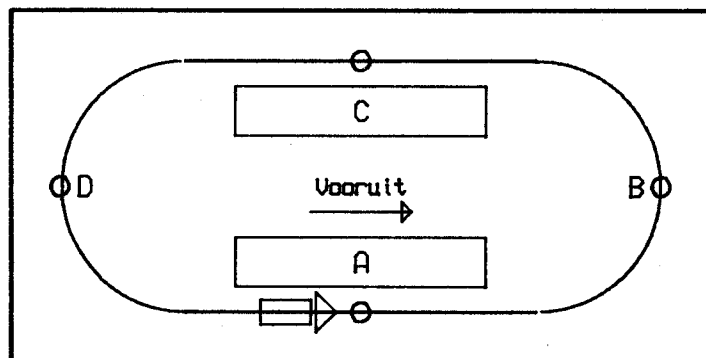


Fig. 5G1

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
		P5G1		PIO instellen
1800	3E CF		LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.req.A
1804	97		SUB A	Contr.word 0000 0000
1805	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O register A
				Interr.vorbereiden
1807	3E 19		LD A,19	MSE vector page
1809	ED47		LD I,A	Naar interrupt req.
180B	ED5E		IM2	Kies interrupt mode
180D	FD21 A018		LD IY,18A0	Begin treinprogramma
1811	DD21 5918		LD IX,1859	DISEFO voor SCAN1
				CTC instellen

1815	97		SUB A	Control word 00
1816	D3 40		OUT (40),A	Naar int.vect.req.CTC
1818	57		LD D,A	Bevinsnelheid 00
1819	D3 80		OUT (80),A	Ook naar DAC
181B	3E C7	LADEN	LD A,CF	Control word
181D	D3 40		OUT (40),A	Naar chan.contr.req.0
181F	FD7E 00		LD A,(IY+00)	Laad aantal stappen
1822	D3 40		OUT (40),A	Naar time const.req.0
1824	FD7E 01	VERGL	LD A,(IY+1)	Laad gewenste snelh.
1827	BA		CP D	Verqel.met treinsnlh.
1828	28 11		JR Z,DISPL	Gelijk,dan naar DISPL
182A	FA 3018		JF M,VERLA	Gew.snlh.< treinsnlh.
182D	14		INC D	Verhoog code voor DAC
182E	18 01		JR RICHT	Volq.instr.overlaten
1830	15	VERLA	DEC D	Verlaag code voor DAC
1831	7A	RICHT	LD A,D	Aangepaste code in A
1832	F2 3918		JP P,DAC	Indien vooruit n.DAC
1835	ED44		NEG	Anders 2's complement
1837	CBFF		SET 7,A	En bit 7 hoog maken
1839	D3 80	DAC	OUT (80),A	Naar DAC en relais
183B	06 06	DISPL	LD B,06	Traagheid instellen
183D	C5	TIJD	PUSH BC	Bewaar BC
183E	21 5918		LD HL,1859	DISBF0 voor HEX7SG
1841	7A		LD A,D	Treinsnelheid in A
1842	F3		DI	Disable interrupt
1843	CD 7806		CALL 0678	HEX7SG (treinsnlh.)
1846	DB 40		IN A,(40)	Lees down counter.
1848	CD 7806		CALL 0678	HEX7SG(n.t.r.stappen)
184B	CD 2406		CALL 0624	SCAN1
184E	FB		EI	Enable interrupt
184F	C1		POP BC	Haal BC van stack
1850	10 EB		DJNZ TIJD	Herhaal tot B=0
1852	18 D0		JR VERGL	Herhalen tot interr.
1859	00	DISBF0		
185F	00	DISBF5		
1860	3E 80	I5 1	LD A,80	Afsluitwaarde in A
1862	FDRE 02		CP (IY+02)	Einde treinprogramma?
1865	28 0A		JR Z,STOP	Ja, dan naar STOP
1867	FD23		INC IY	Wils naar de
1869	FD23		INC IY	volgende beweging.
186B	21 1B18		LD HL,1B18	Terugkeeradres
186E	E3		EX (SP),HL	Naar top v/h stack
186F	ED4D		RETI	Einde 1 inter.routine
1871	DB 80	STOP	IN A,(80)	Treinsnelheid in A
1873	CB2F		SRA A	Delen door 2
1875	D3 80		OUT (80),A	Naar DAC en relais
1877	21 0000		LD HL,0000	Uitlooptijd instellen
187A	23	OPEN	DEC HL	Korte uitlooptijd

187B	7C		LD A,H	om het laatste
187C	B5		OR L	reedkontakt te
187D	20 FB		JR NZ,OPEN	doen openen.
187F	97		SUB A	Stel A op 00
1880	D3 80		OUT (80),A	Naar DAC en relais.
1882	E3		EX (SP),HL	0000 naar top v.stack
1883	ED4D		RETI	Einde 2 inter.routine

Adres	Beweging	Nr.	Verklaring
			=====
18A0	08 1F	1	T5G1 8 stappen zeer snel vooruit.
18A2	04 EA	2	4 stappen snel achteruit.
18A0	80		Einde treinprogramma.

Als de laatste beweging afgehandeld is, wordt nog gedurende 1/2 sec. een kleine spanning op de rails gehouden. Dit om de trein nog enkele mm te laten doorrijden, zodat de magneet het reed-contact niet gesloten houdt.

Beweging 1 is vooruit rijden en beweging 2 achteruit rijden. Door beweging 2 daalt de spanning eerst langzaam tot nul, om dan geleidelijk op te lopen, terwijl het relais aangetrokken is. Gedurende de periode van zeer lage spanning staat de trein stil. Daarmee is het natuurge-trouwe effect verkregen dat de trein even stilstaat, voordat hij van rijrichting verandert.

Het treinprogramma is zo ontworpen dat de trein na het uitvoeren van zijn opdracht weer op dezelfde plaats staat als aan het begin. Daardoor kan het programma onmiddellijk opnieuw begonnen worden zonder dat de trein met de hand verplaatst hoeft te worden.

Het is niet uitgesloten dat bij een grotere of kleinere baan, of materiaal van een ander merk, de traagheid gewijzigd moet worden zodat de trein op de gewenste plaats tot stilstand komt. Dit gebeurt door de waarde in lokatie 183C te wijzigen.

Taak. Wijzig P5G1, zodat het treinprogramma automatisch herhaald wordt.

5.H. Programmeerbare traagheid

In het P5G1 zijn de acceleratie en de remkracht van de trein (in het vervolg de traagheid genoemd) vast ingesteld. Iedere beweging heeft dezelfde traagheid. De traagheid bepaalt welke tijd de trein nodig heeft om op snelheid te komen, maar bepaalt ook hoe groot de remweg is. Meestal moet de traagheid ingesteld worden om de juiste remweg te verkrijgen en moet de overeenkomstige acceleratie erbij genomen worden.

Door ook de traagheid van een beweging in het treinprogramma op te nemen worden de mogelijkheden van de baan groter en wordt het gedrag van de trein meer werkelijkheids-getrouw. Een beweging in het treinprogramma zal nu uit drie bytes bestaan.

Byte 1	Byte 2	Byte 3
Te rijden stappen.	Snelheid en richting.	Traagheid.
01 tot 00(256)	00 - 1F Vooruit FF - E1 Achteruit	01 - 00

De display moet dan ook deze drie waarden tonen in dezelfde opstelling. Ten opzichte van P5G1 is de belangrijkste wijziging dat de instructie 183B LD B,06 vervangen wordt door LD B,(Y+02). Het treinprogramma is verplaatst naar adres 1910.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P5H1	LD A,CF	PIO instellen
1802	D3 82		OUT (82),A	Control word mode 3
1804	97		SUB A	Naar mode contr.req.A
1805	D3 82		OUT (82),A	Contr.word 0000 0000
1807	3E 19		LD A,19	Naar I/O register A
1809	ED47		LD I,A	Interr.voorbereiden
180B	ED5E		IM2	MSB vector page
180D	FD21 1019		LD IX,1910	Naar interrupt req.
1811	DD21 9018		LD IX,1890	Kies interrupt mode
1815	97		SUB A	Begin treinprogramma
1816	D3 40		OUT (40),A	DISBF0 voor SCAN1
1818	57		LD D,A	CTC instellen
1819	D3 80		OUT (80),A	Control word 00
181B	3E C7	LADEN	LD A,C7	Naar int.vect.req.CTC
181D	D3 40		OUT (40),A	
181F	FD7E 00		LD A,(1Y+00)	
1822	D3 40		OUT (40),A	
1824	FD7E 01	VERGL	LD A,(1Y+1)	Laad gewenste snelh.
1827	BA		CP D	Vergel.met treinsnlh.
1828	28 11		JR Z,DISPL	Gelijk,dan naar DISPL
182A	FA 3018		JF M,VERLA	Gew.snlh.< treinsnlh.
182D	14		INC D	Verhoog code voor DAC
182E	18 01		JR RICHT	Volg.instr.overlaten
1830	15	VERLA	DEC D	Verlaag code voor DAC
1831	7A	RICHT	LD A,D	Aangepaste code in A
1832	F2 3918		JF P,DAC	Indien vooruit n.DAC
1835	ED44		NEG	Anders 2's complement
1837	CEFF		SET 7,A	En bit 7 hoog maken
1839	D3 80	DAC	OUT (80),A	Naar DAC en relais
183B	FD46 02	DISPL TIJD	LD B,(1Y+02)	Traagheid instellen
183E	C5		PUSH BC	Bewaar BC
183F	21 9018		LD HL,1890	DISBF0 voor HEX7SG
1842	FD7E 02		LD A,(1Y+02)	Traagheid in A
1845	F3		DI	Disable interrupt
1846	CD 7806		CALL 0678	HEX7SG (Traagheid.)
1849	7A		LD A,D	Treinsnelheid in A.
184A	CD 7806		CALL 0678	HEX7SG(Treinesnelh.)
184D	DB 40		IN A,(40)	Lees down counter.
184F	CD 7806		CALL 0678	HEX7SG(n.t.r.stappen)
1852	CD 2406		CALL 0624	SCAN1(Toon op displ.)
1855	FB		EI	Enable interrupt
1856	C1		POP BC	Haal P terug.
1857	10 E5		DJNZ TIJD	Herhaal tot P=0
1859	18 C9		JR VERGL	Herhalen tot interr.

1890	00	DISBF0		
1895	00	DISBF5		
18A0	3E 80	I29H1	LD A,80	Afsluitwaarde in A
18A2	FDRE 03		CP (IY+03)	Einde treinprogramma?
18A5	28 0C		JR Z,STOP	Ja, dan naar STOP
18A7	FD23		INC IY	Wijs naar
18A9	FD23		INC IY	de volgende
18AB	FD23		INC IY	beweging.
18AD	21 1B18		LD HL,1B18	Terugkeeradres
18B0	E3		EX (SP),HL	Naar top v/h stack
18B1	ED4D		RETI	Einde 1 inter.routine
18B3	DB 80	STOP	IN A,(80)	Treinsnelheid in A
18B5	CB2F		SRA A	Delen door 2
18B7	D3 80		OUT (80),A	Naar DAC en relais
18B9	21 0000		LD HL,0000	Uitlooptijd instellen
18BC	23	OPEN	DEC HL	Korte uitlooptijd
18BD	7C		LD A,H	om het laatste
18BE	B5		OR L	reedkontakt te
18BF	20 FB		JR NZ,OPEN	doen openen.
18C1	97		SUB A	Stel A op 00
18C2	D3 80		OUT (80),A	Naar DAC en relais.
18C4	E3		EX (SP),HL	0000 naar top v.stack
18C5	ED4D		RETI	Einde 2 inter.routine
1900	A0			LSB Interrupt vector
1901	18			MSB Interrupt vector

Het treinprogramma T5H1 moet de trein van A naar C laten rijden en dan laten terugkeren. Door de zeer korte afstand moet de traagheid erg klein gehouden worden om de trein op snelheid te kunnen laten komen.

In figuur 5.H.1 is de trein getekend op de plaatsen waar hij tot stilstand komt. De cijfers geven aan welke beweging dan afgehandeld is. De stoptijd bij het omkeren is zeer kort door de geringe traagheid.

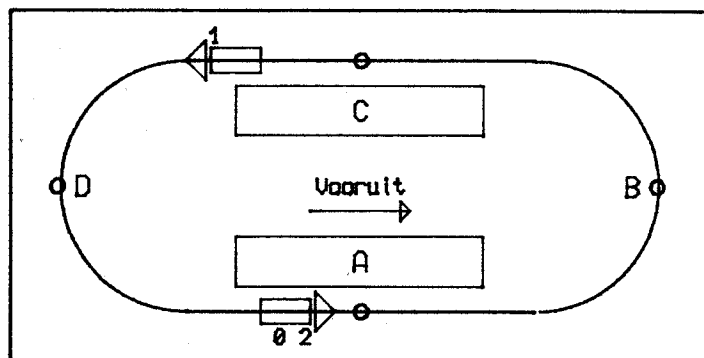


Fig. 5H1

Adres	Beweging	Nr.	Verklaring
1910	03 1F 02	1	T5H1 3 stappen, max.vooruit, traagheid 02
1913	03 E1 02	2	3 stappen, snel achteruit, traagh.02
1916	80		Einde treinprogramma.

Een langere afstand tussen de stations kan op deze kleine baan gesimuleerd worden door de trein eerst het gehele ovaal te laten rondrijden voordat hij stopt in station C. Van A naar C is de weg dan : A B C D A B C. Er is nu ruimte om de trein langzamer op snelheid te laten komen.

Adres	Beweging	Nr.	Verklaring
1910	07 1F 08	1	T5H2 Van A over B C D A en B naar C, met een merkbare traagheid.
1913	07 E1 08	2	Terug langs dezelfde weg, achteruit rijdend met iets lagere snelheid en dezelfde traagheid.
1916	80		Einde.

Door de grotere traagheid blijft de trein nu langer stilstaan voordat hij aan het terugkeren begint, maar jammergenoeg een heel eind voorbij zijn bestemming, door de lange uitloopweg. Figuur 5.H.2 geeft deze toestand weer.

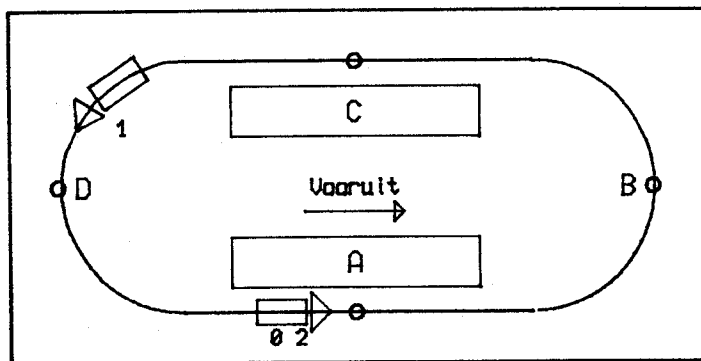


Fig. 5H2

Dit kan voorkomen worden door een stap eerder de snelheid te verlagen, dus als de trein voor de tweede maal punt B passeert. De trein komt nu station C binnen met een verlaagde snelheid en heeft dan ook maar een korte uitloopweg. De locomotief stopt aan het einde van het perron C, zodat zijn wagens keurig voor het perron staan. Zie figuur 5.H.3 en het volgende treinprogramma.

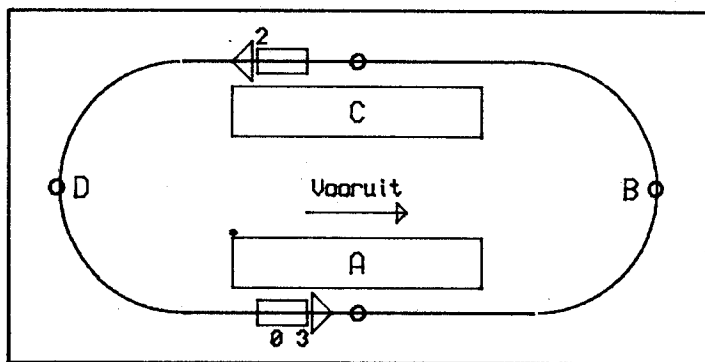


Fig. 5H3

Adres	Beweging	Nr.	Verklaring
1910	06 1F 20	1	T5H3 A B C D A B met grote traagheid en hoge snelheid.
1913	01 0C 08	2	Afremmen vanaf B tot C.
1916	07 E1 18	3	C B A D C B A met matige snelheid.
1919	80		Einde.

Ook het terugkeren in station A kan eleganter als vanaf punt B al afgeremd wordt.

Adres	Beweging	Nr.	Verklaring
1910	06 1F 20	1	T5H4 A B C D A B
1913	01 0C 08	2	C
1916	06 E1 18	3	C B A D C B
1919	01 F4 08	4	A
191C	80		

De trein stopt nu nog niet op de juiste plaats t.o.v. het perron, maar dit is met P5H1 moeilijk haalbaar.

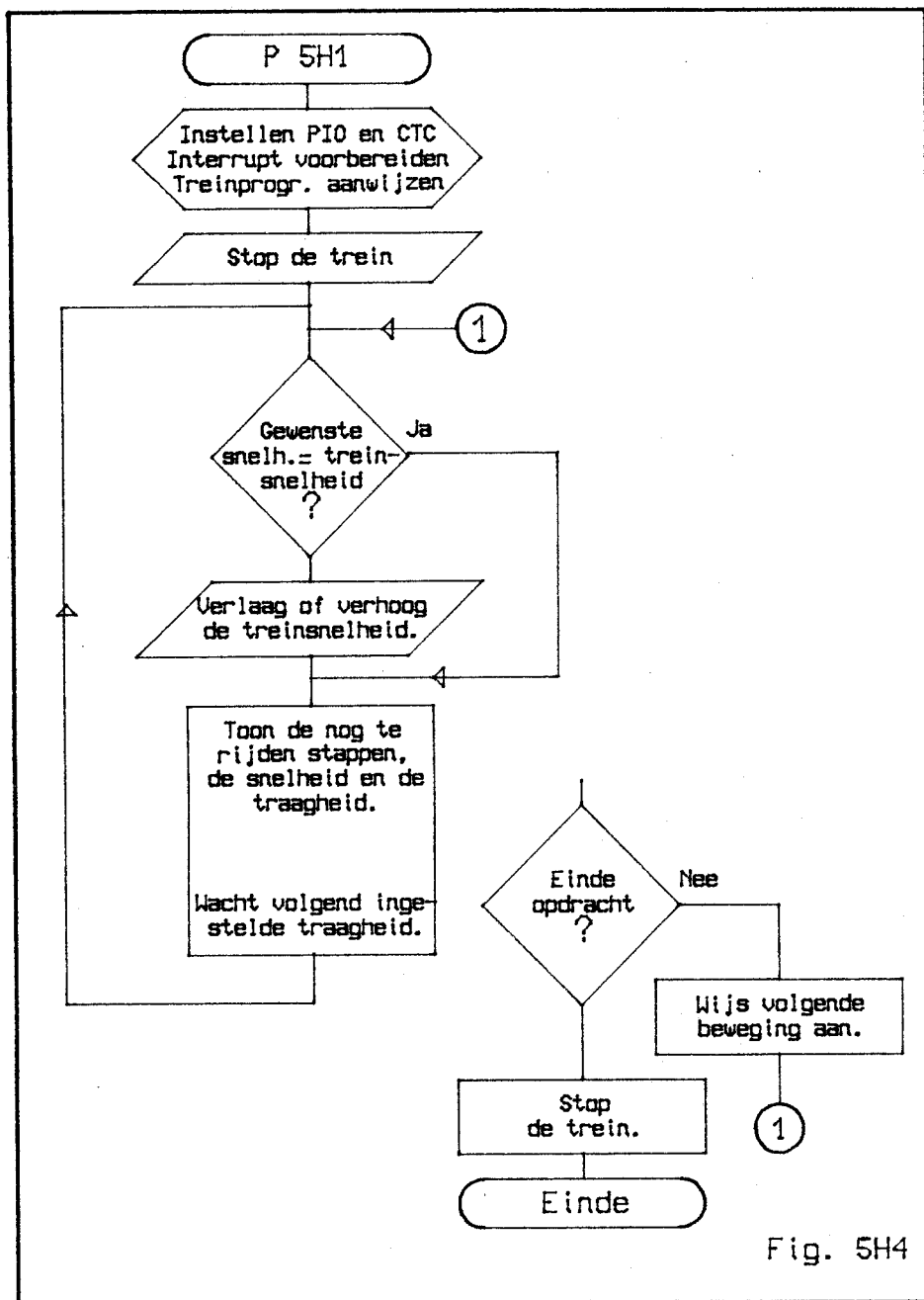


Fig. 5H4

5.1. Het programmeren van stoptijden

De moeilijkheden die ondervonden worden bij het opstellen van een treinprogramma voor een bepaalde taak, ontstaan vooral omdat het nog niet mogelijk is de trein te laten stilstaan.

In het treinprogramma kan wel 00 als snelheid opgegeven worden, waardoor de trein tot stilstand zal komen. Het gevolg is echter dat geen enkel reedcontact meer bediend zal worden en deze beweging nooit zal eindigen. Het programma loopt vast in een eindeloze lus.

Een oplossing daarvoor kan zijn de pulsen in plaats van door de reedcontacten, door het programma te laten leveren. Deze pulsen kunnen naar buiten gebracht worden via PA6 van de PIO die nog vrij is. De 7400 heeft nog twee poorten vrij die gebruikt kunnen worden om zowel de pulsen van de reedcontacten als die van PA6 naar de ingang CLK/TR0 van de CTC te brengen. Deze hardware-wijziging is weergegeven in figuur 5.1.1.

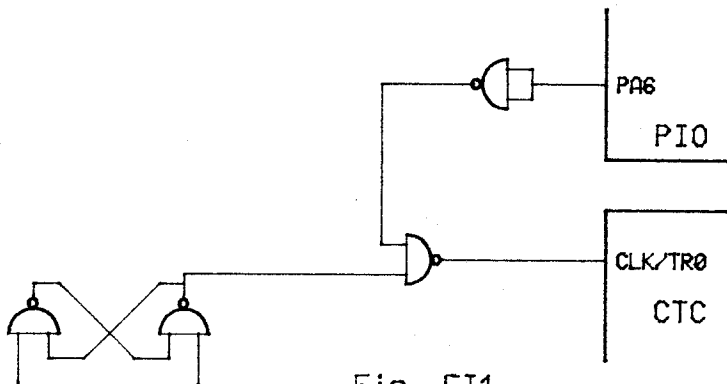


Fig. 5I1

Nu moet nog de software aangepast worden. Wanneer moet het programma pulsen aan PA6 leveren ? Dit is gemakkelijk te zien door de flowcharts van figuur 5.H.4 en figuur 5.I.2 te vergelijken. De wijzigingen en uitbreidingen die in P5H1 moeten gebeuren zijn beperkt.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1828	28 31	P5I1	JR Z,NUL?	Wijziging ten opzichte van P5H1 Gelijk, dan naar NUL?
185B	A7	NUL?	AND A	Aanvulling bij P5H1
185C	20 D0		JR NZ,DISP	Is A = 0 ?
185E	CBF7		SET 6,A	Neen, dan naar DISPL
1860	D3 80		OUT (80),A	Maak bit 6 hoog.
1862	97		SUB A	Maak PA6 hoog.
1863	D3 80		OUT (80),A	Maak bit 6 weer laag
1865	18 D4		JR DISPL	Maak PA6 weer laag Naar DISPL

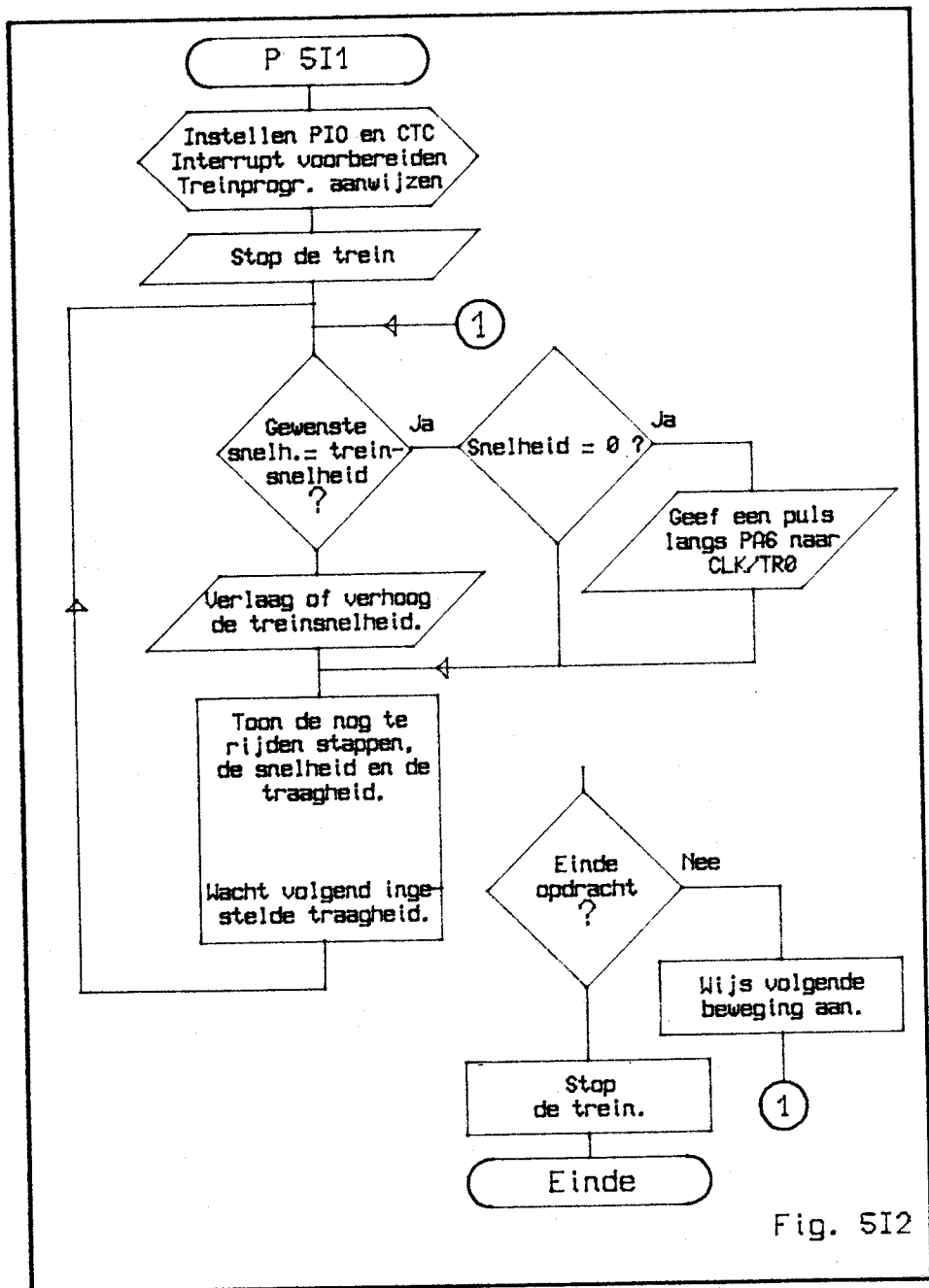


Fig. 5I2

Hetzelfde effect als met T514 kan nu verkregen worden met het volgende treinprogramma.

Adres	Beweging	Nr.	Verklaring.
1910	05 1F 18	1	A B C D A B
1913	01 0C 08	2	Afremmen voor station C.
1916	10 00 08	3	Uitlopen en stilstaan tot het aantal stappen afgeteld is door het progr.
1919	07 E6 18	4	Terugrijden achteruit C B A D C B A
191C	80		

Byte 3 van beweging 3 bepaalt de uitloopweg, en daarmee de plaats waar de trein tot stilstand komt. Als de beste waarde proefondervindelijk is vastgesteld, kan met het aantal etappen de tijd ingesteld worden dat er geen spanning op de rails is. Deze tijd is een produkt van byte 1 en byte 3.

Tijdens de spanningloze periode is op de display het aftellen van de stappen te volgen.

Met programma P5H1 is het alleen mogelijk de trein tot stilstand te brengen door de rijrichting om te keren.

Door P5I1 is het nu mogelijk de trein van A over B naar C te laten rijden, daar te laten stoppen, om hem even later vooruit rijdend over D naar A te laten gaan. De uitgangstoestand van de trein is hierbij rechts van het reedcontact A, dus met zijn wagens voor het perron.

Adres	Beweging	Nr.	Verklaring
			T512
1919	05 1F 18	1	B C D A B
1913	01 0C 08	2	Afremmen tot aan C
1916	10 00 08	3	08 bepaalt waar de trein tot stopt, 10 en 08 samen bepalen de stoptijd.
1919	06 1F 18	4	D A B C D A
191C	80		

Het stoppen in A gebeurt door het tweede deel van de interrupt routine, en is tamelijk ruw en weinig instelbaar. Nu kan het stoppen in A ook op dezelfde manier geprogrammeerd worden als het stoppen bij C. Daar het de laatste beweging van het treinprogramma is, mag de stoptijd minimaal zijn, waarvoor het aantal etappen op 01 wordt gesteld. Met byte 3 wordt de uitloopweg ingesteld, en wel zó dat de wagens weer precies voor het perron staan. Om niet te ruw te stoppen wordt reeds afgeremd vanaf D.

Adres	Beweging	Nr.	Verklaring
			T513
1910	05 1F 18	1	B C D A B
1913	01 0C 08	2	Afremmen tot aan C
1916	10 00 10	3	Uitlopen en wachten
1919	05 1F 18	4	D A B C D
191C	01 0C 08	5	Afremmen tot aan A
191F	01 00 10	6	Uitlopen
1921	80		

In het deel STOP van de interrupt routine wordt gedurende 0.5 sec de helft van de laatste spanning op de rails gehouden om de trein tot voorbij het laatste reedcontact te laten rijden. Daar het uitlopen nu in het treinprogramma zelf geprogrammeerd kan worden is dit deel overbodig geworden. Wel moet het deel STOP nog het terugkeeradres op de top van de stack plaatsen. Het deel STOP van de interrupt routine mag tot het volgende gereduceerd worden.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
18B3	21 0000	STOP	LD HL,0000	Terugkeeradres
18B6	E3		EX (SP),HL	Naar top v.h.stack
18B7	ED4D		RETI	Einde 2 interr.rout.

Als voor het terugkeeradres het begin van het programma genomen wordt, zal het treinprogramma zich automatisch herhalen.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
18B3	21 0018	STOP	LD HL,1800	Beginadres P511
18B6	E3		EX (SP),HL	Naar top v.h.stack
18B7	ED4D		RETI	Einde 2 inter.rout.

Om de trein even te laten wachten in A voordat het programma opnieuw begint, moet de eerste byte van beweging 6 met een grotere waarde geladen worden.

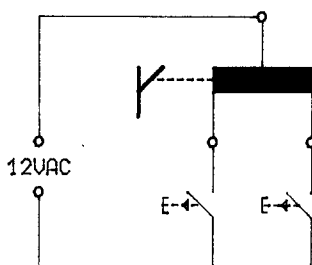
6. HET STUREN VAN WISSELS

6.A. Inleiding

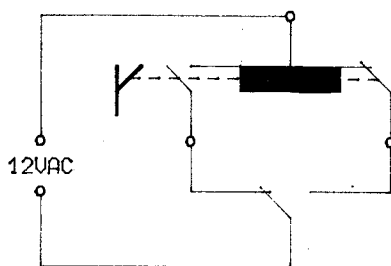
Door de eenvoud van het treincircuit is het aantal treinprogramma's beperkt. Als men ook wissels door het systeem laat sturen, ontstaan veel meer mogelijkheden met indrukwekkende resultaten.

Een wissel wordt elektrisch versteld door twee elektromagneten. Wissels zijn bistabiël, wat betekent dat ze hun stand blijven houden, ook als de elektromagneten geen spanning meer krijgen. De spoelen van deze elektromagneten laten een grote stroom door (sommige 1A bij 12V), waardoor ze ook maar even spanning mogen krijgen. Het langdurig inschakelen van een wisselspoel veroorzaakt dat deze eerst warm wordt en daarna verbrandt. Bij een klassieke modelbaan worden de wissels gewoonlijk door twee drukknoppen gestuurd, die maar even ingedrukt mogen worden.

Om het verbranden van de wisselspoelen te voorkomen zijn de wissels van het merk Fleischmann (en wellicht ook van andere merken) van eindcontacten voorzien. Deze onderbreken de betrokken wisselspoel zodra de wissel omgelegd is, waardoor de stroom maar even door de wisselspoel kan lopen. Bij deze wissels mag de spanning dan ook voortdurend op een van de wisseldraden blijven. Daardoor kan de wissel door een eenpolig bistabiël wisselcontact gestuurd worden, zoals weergegeven in figuur 6.A.1.



Wissel zonder eindcontacten
Geschakeld door monostabiele
kontakten.



Wissel met eindcontacten
Geschakeld door bistabiël
kontakt.

Fig. 6A1

Door het zelf uitschakelen van de Fleischmann-wissels is zowel de soft- als de hardware voor het sturen van deze wissel veel eenvoudiger. Een relais met één eenpolig wisselcontact wordt over een buffer (7406) in- of uitgeschakeld via een uitgangsklem van de PIO. Zie figuur 6.A.2. Als de uitgang hoog is trekt het relais aan. Het relaiscontact moet nu zo op de wisselspoelen aangesloten zijn dat de wissel op afslaan komt te staan. Met andere woorden : met een nul op de uitgang van de PIO moet de wissel op rechtdoor staan. Wie wissels zonder ingebouwde eindcontacten wil gebruiken, moet hardware en/of software aanpassen, zodat de spoelen slechts een korte puls krijgen.

6.B. Baan met 1 wissel

De uitbreiding aan de baan is weergegeven in figuur 6.B.1. Buiten de wissel is er ook nog het reedkontakt E bijgekomen dat weer parallel aan de andere is aangesloten.

In het treinprogramma zal nu ook bij iedere beweging de stand van de wissel moeten opgegeven worden. In principe is er nog plaats voor de stand van 2 wissels in de byte die de snelheid en de rijrichting aangeeft. De bits 0 tot 4 bevatten de snelheid en bit 7 de rijrichting. Daar PA6 ook in gebruik is kan alleen langs PA5 de stand van 1 wissel beïnvloed worden.

De software moet dan wel zorgen dat de informatie voor de trein en deze voor de wissel uit elkaar gehouden worden.

Daar het toch de bedoeling is meer dan 1 wissel te sturen is er direct gekozen voor een eenvoudiger oplossing waarbij poort B van de PIO gebruikt wordt voor het sturen van de wissels. De software is eenvoudiger, en de capaciteit 8 wissels.

De schakeling voor de wissel kan beproefd worden met volgend programma.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P6B1	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 83		OUT (83),A	Naar mode contr.req.B
1804	3E 00		LD A,00	Contr.word 0000 0000
1806	D3 83		OUT (83),A	Naar I/O register B
1808	3E 01		LD A,01	Wissel 1 afwijken
180A	D3 81		OUT (81),A	Naar wissel
180C	76		HALT	

Door het uitvoeren van dit programma moet het relais aantrekken en de wissel op afwijken komen.

Nadat de inhoud van adres 1809 op 00 is gesteld moet het heruitvoeren van het programma het relais doen afvallen en de wissel in de stand rechtdoor brengen.

In het treinprogramma moet nu voor iedere beweging een byte toegevoegd worden die 00 of 01 moet bevatten naargelang de wissel bij deze beweging op rechtdoor of op afwijken moet komen.

Het hoofdprogramma moet dan voor iedere beweging deze byte ophalen en naar side B van de PIO brengen.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P6B2	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.req.A
1804	97		SUB A	Contr.word 0000 0000
1805	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O req. A
1807	3E CF		LD A,CF	Control word mode 3
1809	D3 83		OUT (83),A	Naar mode contr.req.B
180B	97		SUB A	Contr.word 0000 0000
180C	D3 83		OUT (83),A	Naar I/O req. B
180E	3E 19		LD A,19	MSB vector page
1810	ED47		LD I,A	Naar interrupt req.
1812	ED5E		IM2	Kies interrupt mode

1814	FD21 1019		LD IX,1910	Adres treinprogramma
1818	DD21 9018		LD IX,1890	DISBF0 voor SCAN1
181C	97		SUB A	Control word 00
181D	D3 40		OUT (40),A	Naar int.vect.req.CTC
181F	57		LD D,A	Bevinsnelheid 00 in D
1820	D3 80		OUT (80),A	En ook naar DAC
1822	3E C7	LADEN	LD A,C7	Control word
1824	D3 40		OUT (40),A	Naar chan.contr.req.0
1826	FD7E 00		LD A,(IY+00)	Laad aantal stappen
1829	D3 40		OUT (40),A	Naar time cont.req.0
182B	FD7E 03		LD A,(IY+3)	Laad stand wissels
182E	D3 81		OUT (81),A	Naar wissels
1830	FD7E 01	VERGL	LD A,(IY+1)	Laad gewenste snelh.
1833	8A		CP D	Verdel.met treinsnlh
1834	28 31		JR Z,NUL?	Gelijk, dan naar NUL?
1836	FA 3C18		JP M,VERLA	Als gewenst<treinsnlh
1839	14		INC D	Verhoog code voor DAC
183A	18 01		JR RICHT	Volg.instr.overlaten
183C	15	VERLA	DEC D	Verlaag code voor DAC
183D	7A	RICHT	LD A,D	Aangepaste code in A
183E	F2 4518		JP P,DAC	Indien vooruit n.DAC
1841	ED44		NEG	Anders 2's complement
1843	CBFF		SET 7,A	en bit 7 hoog maken.
1845	D3 80	DAC	OUT (80),A	Naar DAC en relais
1847	FD46 02	DISPL	LD B,(IY+02)	Traagheid laden
184A	C5	TIJD	PUSH BC	Bewaar BC op stack.
184B	21 9018		LD HL,1890	DISBF0 voor HEX75G
184E	FD7E 02		LD A,(IY+02)	Traagheid in A
1851	F3		DI	Disable interrupt
1852	CD 7806		CALL 0678	HEX75G (traagheid)
1855	7A		LD A,D	Treinsnelheid in A
1856	CD 7806		CALL 0678	HEX75G (treinsnelh.)
1859	DB 40		IN A,(40)	Lees down counter 0
185B	CD 7806		CALL 0678	HEX75G(n.t.r.stappen)
185E	CD 2406		CALL 0624	SCAN1 (naar display)
1861	FB		EI	Enable interrupt
1862	C1		POP BC	Haal B terug
1863	10 E5		DJNZ TIJD	Herhaal tot B=0
1865	18 C9		JR VERGL	Terug om te vergelijken
1867	A7	NUL?	AND A	Is A = 0 ?
1868	20 DD		JR NZ,DISP	Nee,dan naar DISPL
186A	CBF7		SET 6,A	Maak bit 6 hoog
186C	D3 80		OUT (80),A	Maak PA6 hoog
186E	97		SUB A	Maak bit 6 laag
186F	D3 80		OUT (80),A	Maak PA6 laag
1871	18 D4		JR DISPL	Naar DISPL
1870	00	DISBF0		
	00			
1895	00	DISBF5		

18A0	3E 80	16B2	LD A,80	Afsluitwaarde in A
18A2	FD8E 04		CP (1Y+04)	Einde treinprogramma?
18A5	28 0E		JR Z,STOP	Ja, dan naar STOP
18A7	FD 23		INC 1Y	Wils
18A9	FD 23		INC 1Y	naar
18AB	FD 23		INC 1Y	de volgende
18AD	FD 23		INC 1Y	beweging.
18AF	21 2218		LD HL,1822	Terugkeeradres
18B2	E3		EX (SP),HL	Naar top v.h.stack
18B3	ED4D		RETI	Einde 1 inter.routine
18B5	21 0000	STOP	LF HL,0000	Terugkeeradres
18B8	E3		EX (SP),HL	Naar top v.h.stack
18B9	ED4D		RETI	Einde 2 inter.routine
1900	A0			Adres interrupt
1901	18			routine.

Het schakelen van de wisselspoelen kan storingen veroorzaken die het programma kunnen beïnvloeden. Daarom moeten enkele voorzorgsmaatregelen getroffen worden. Voed het relais en de wissels vanuit een afzonderlijke transformator. Hiervoor is een Fleischmann-transformator heel geschikt. Zijn wisselspanning kan de wisselspoelen voeden en de gelijkspanning de relaispoelen.

De storingen die ontstaan bij het schakelen van de spoelen kunnen tegengegaan worden door

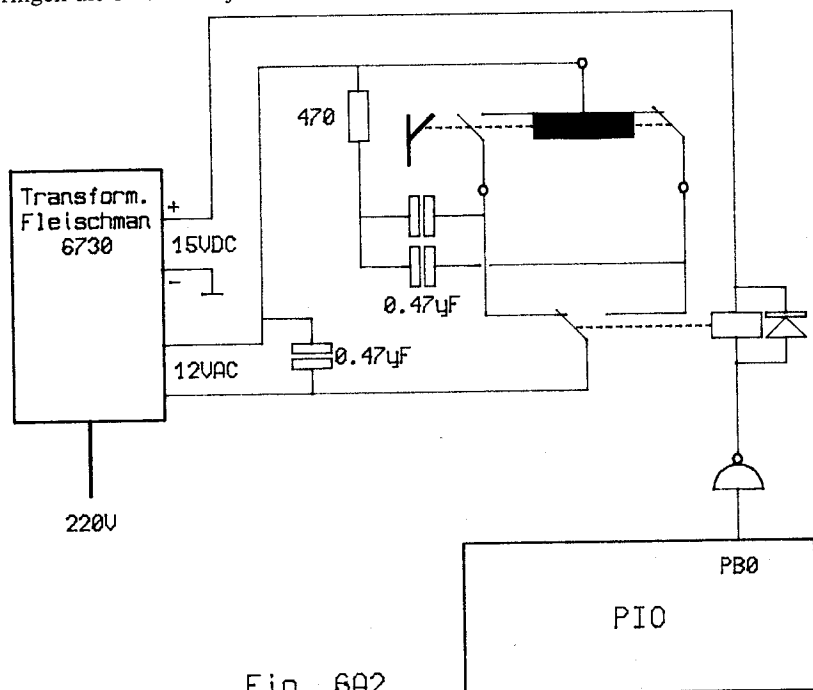


Fig. 6A2

op iedere wissel twee condensatoren en een weerstand aan te sluiten, zoals in figuur 6.A.2. Ook een condensator parallel aan de 12VAC helpt, evenals een diode over de relaispoelen.

Een treinprogramma dat dit nieuwe hoofdprogramma test moet vooral de wissel gebruiken. In de starttoestand moet de trein voor (in de rijrichting) het reedcontact E staan, zoals weergegeven in figuur 6.B.1. Om herhaling van het treinprogramma mogelijk te maken moet de trein, nadat het programma is afgewerkt, weer op zijn startplaats staan. Treinprogramma T6B1 laat de trein tweemaal het circuit rondrijden en daarna voorbij D achteruit weer naar zijn startplaats.

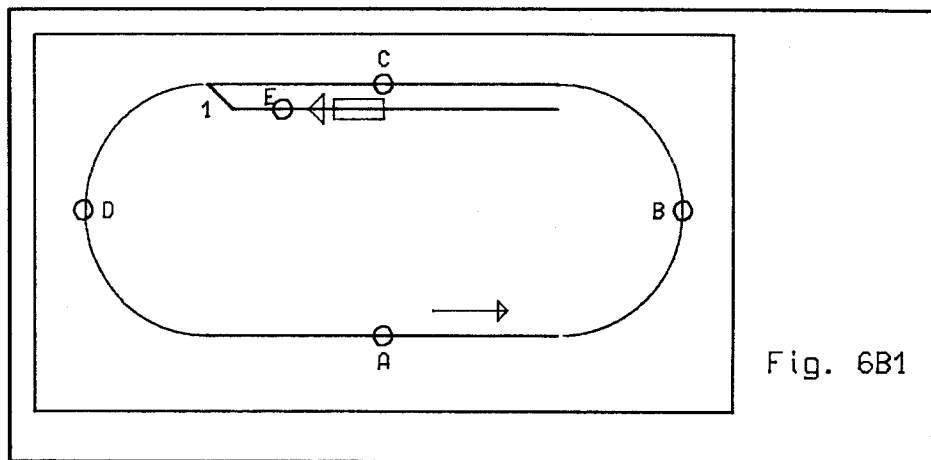


Fig. 6B1

Adres	St.	Sn.	Tr.	Wi.	Verklaring.	T6B1
1910	04	1F	10	01	E D A B	Wissel 1 afwijken.
1914	05	1F	10	00	C D A B C	Wissel 1 rechtdoor.
1918	01	0A	08	00	D	
191C	02	F5	10	01	D E	Wissel 1 afwijken.
1920	10	00	10	01	Stoppen.	
1924	80				Einde	

6.C. Twee wissels en twee treinen

Figuur 6.C.1 toont de baanuitbreiding. Let erop dat ook het reedcontact F erbij is gekomen. Wissel 2 wordt weer over een relais geschakeld, dat op zijn beurt gestuurd wordt door PB1. De uitbreiding kan het beste weer getest worden met programma P6B1.

Ook als proef wordt eerst het treinprogramma T6B1 aangepast, zodat het weer bruikbaar is op de uitgebreide baan. Wissel 2 moet bij alle bewegingen van dit programma op afslaan blijven staan. Daarvoor moet de wisselbyte van alle bewegingen met 2 verhoogd worden. Het nieuwe treinprogramma T6C1 ontstaat door op de volgende adressen de inhoud te veranderen :

1913 03 1917 02 191B 02 191F 03 1923 03.

Op dezelfde baan kan maar één trein tegelijk rijden. Wel is het mogelijk, verschillende treinen beurtelings te laten rijden. Op het baanplan van figuur 6.C.1 staan al twee treinen getekend. Als trein a rijdt moet trein b op een geïsoleerd baanvak blijven wachten, en omgekeerd.

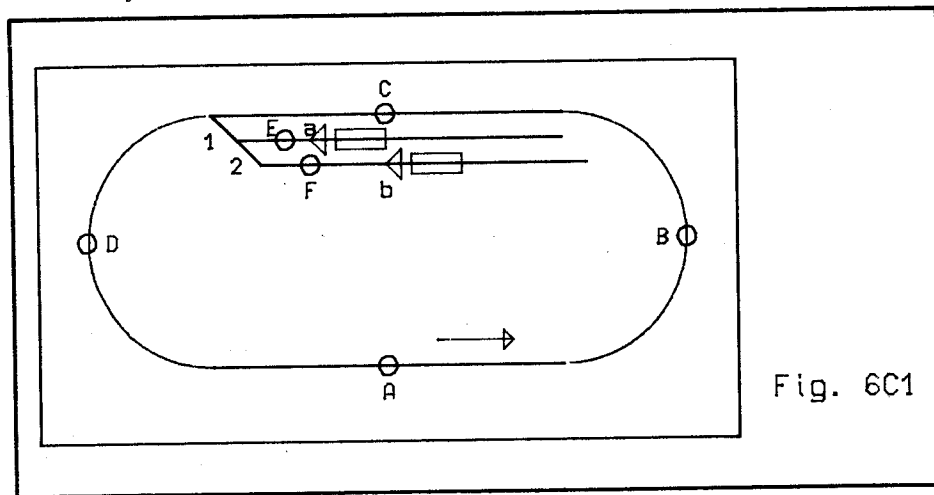


Fig. 6C1

Om dit mogelijk te maken moeten de baanvakken rechts van de reedcontacten E en F afzonderlijk van spanning voorzien kunnen worden. Het inschakelen van deze twee geïsoleerde baanvakken zou kunnen gebeuren met twee relais, gestuurd door de PIO. Daarbij zouden ook het hoofdprogramma en de treinprogramma's aangepast moeten worden.

Op een Fleischmann-baan kan dit veel eenvoudiger opgelost worden. Fleischmann-wissels worden normaal als doorrijwissel geleverd. Dit betekent dat de drie uiteinden van een wissel altijd elektrisch met elkaar in verbinding staan.

Als twee draadbruggen op de wissel verwijderd worden (zie de bij de wissel geleverde documentatie) moeten de wisseltongen zelf voor de elektrische verbinding tussen de wisseluiteinden zorgen. Als de rijspanning voor de wissel wordt aangevoerd zal deze over de wisseltongen worden doorgegeven, ofwel naar het doorgaande spoor, ofwel naar het zijspoor achter de wissel. Daardoor is het mogelijk een baanvak uit te schakelen door de wissel in de andere stand te brengen.

Als op de baan uit figuur 6.C.1 de wissels 1 en 2 van hun draadbruggen ontdaan zijn, zal met wissel 1 op rechtdoor geen spanning staan op de baanvakken E en F. Met wissel 1 en 2 beide op afslaan komt wel spanning op baanvak E, maar niet op baanvak F. Staat wissel 1 op afslaan en wissel 2 op rechtdoor, dan komt alleen spanning op baanvak F.

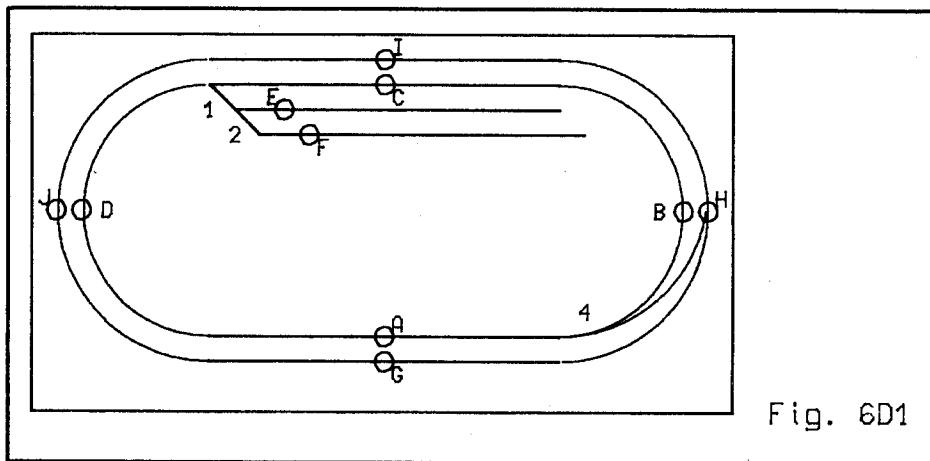
De baanvakken E en F kunnen dus van spanning voorzien worden door eenvoudig de wissels naar het gewenste baanvak te stellen. Het aanpassen van de hardware of de software is hierdoor overbodig geworden. Om nu de treinen elk op hun beurt hetzelfde te laten doen als in treinprogramma T6B1, volstaat het volgende treinprogramma.

Adres	St.	Sn.	Tr.	Wi.	Verklaring.
1910	04	1F	10	03	E D A B Wissels 1 en 2 afwijken.
1914	05	1F	10	02	C D A B C Wissel 1 komt op rechtdoor.
1918	01	0A	08	02	D Vertragen.
191C	02	F2	10	03	D E Achteruit, 1 en 2 afwijken.
1920	10	00	20	03	Uitlopen en stoppen.

1924	04	1F	10	01	F D A B	Wissel 1 op afwijken.
1928	05	1F	10	00	C D A B C	Wissel 1 komt op recht door.
1920	01	0A	08	00	D	Vertraagen.
1930	02	F2	10	01	D E	Achteruit, 1 op afwijken.
1934	10	00	10	01		Uitlopen en stoppen.
1934	80					Einde

6.D. Uitbreiding met tweede ovaal

Door deze uitbreiding worden de mogelijkheden op de baan veel groter ; zij is weergegeven in figuur 6.D.1. De twee ovals zijn verbonden door een paar meegebogen wissels. Daar deze wissels geen schakelfunctie krijgen, worden ze als doorrijwissel gebruikt. De draadbruggen worden van deze wissels niet verwijderd.



Deze twee wissels moeten nooit afzonderlijk gesteld kunnen worden. Eenzelfde relais kan de beide wissels tegelijk schakelen. Ze moeten zo aangesloten zijn dat ze de ovals met elkaar verbinden als het relais aangetrokken is. Dit relais wordt net als de andere weer over een buffer gestuurd, maar nu die door PB2 van de PIO.

Om een trein van het ene ovaal naar het andere te laten rijden moet in de wisselbyte voor de beweging de waarde 4 (bit 2) staan. Daarom worden deze wissels ook met nummer 4 aangeduid. Het buitenste ovaal is verder nog voorzien van de reedcontacten G, H, I en J die ook weer parallel staan aan de andere.

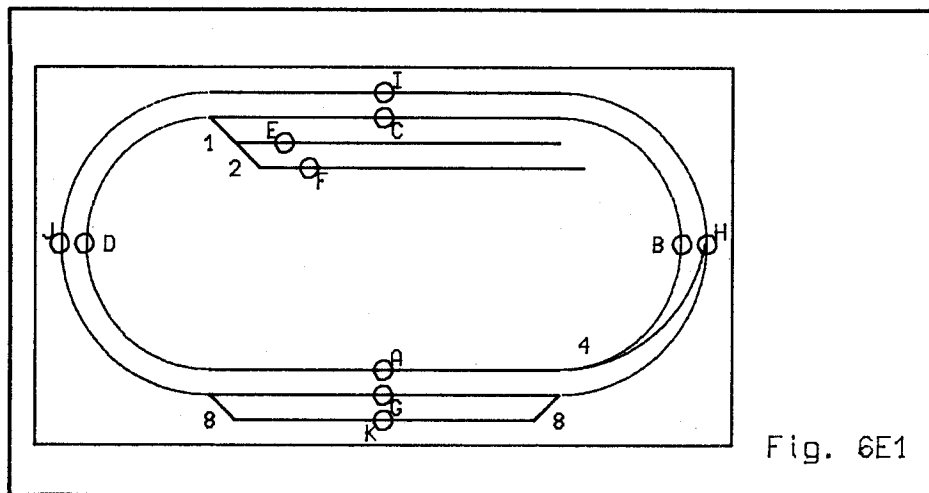
Bij het opstellen van een treinprogramma moet met enkele gebruiken uit de (model)spoorwereld rekening gehouden worden. Achteruit rijden gaat altijd langzaam. Ook over een wissel die naar het zijspoor leidt moet met matige snelheid gereden worden.

In principe zou de snelheid ook moeten worden gematigd in de bochten, maar dan zou op deze kleine baan nooit de maximumsnelheid bereikt kunnen worden. Daarom wordt deze regel niet strikt nageleefd en wordt op de twee ovals de maximumsnelheid toegelaten. Wel moet er bij de overgang van het ene ovaal naar het andere met geringe snelheid over wissel 4 gereden worden. Programmeer een beweging zo, dat zo weinig mogelijk wissels tegelijk omgeschakeld worden. Dit om de kansen op storingen zo klein mogelijk te houden en de 12VAC niet te overbelasten.

6.E. Uitschakelbaar baanvak tussen twee wissels

De twee bijgekomen wissels in figuur 6.E.1 worden door eenzelfde relais geschakeld, dat gestuurd wordt door PB3 van de PIO. Om ze beide op afslaan te zetten moet de waarde 08 in de wisselbyte geschreven worden. Het bijgekomen reedcontact K is eveneens parallel aan de andere aangesloten.

Van deze twee wissels worden weer de draadbruggen verwijderd, zodat baanvak I of K uitgeschakeld kan worden. Daardoor kan in een van deze baanvakken weer een trein blijven staan, terwijl op de rest van de baan een andere trein rijdt.



7. ANALOOG-DIGITAAL-CONVERTORS

7.A. Inleiding

Het omzetten van een analoge waarde in een digitaal equivalent kan op verschillende manieren gebeuren. Iedere methode heeft zijn eigen voor- en nadelen, waarmee rekening gehouden moet worden naargelang de gestelde eisen en de schakeling, waarin de ADC opgenomen zal worden. De verschillende schakelingen voor het omzetten van analoog naar digitaal verschillen in kostprijs, conversiesnelheid, nauwkeurigheid, stabiliteit en afmetingen.

Hoewel volledige ADC's in IC-vorm verkrijgbaar zijn, is het toch belangrijk het principe van de toegepaste conversie te kennen. Alleen dan kunnen hun voordelen volledig benut worden, en zijn hun gebreken geen verrassing.

7.B. Parallel conversion

In figuur 7.B.1 is het schema van een 3-bit parallel-converter weergegeven. De analoge ingangsspanning wordt aangebracht op de plus-ingang van acht comparatoren. Op de min-ingang van iedere comparator komt een verschillende deelspanning van de referentiespanning. De uitgang van deze comparatoren wordt hoog ; de deelspanning daarvan is kleiner dan de analoge ingangsspanning. Zo zijn de uitgangen van de vier onderste comparatoren hoog als de ingangsspanning de helft is van de referentiespanning.

De acht uitgangen van de comparatoren kunnen door een poortschakeling omgezet worden in een binaire of andere code. De snelheid van omzetting wordt slechts beperkt door de schakeltijd van de comparatoren en de poorten, en is daardoor zeer hoog. Zodra de analoge ingang verandert, verandert ook de digitale uitgang, zonder dat extra bevelen gegeven hoeven worden. Daar de uitgang altijd het binair equivalent is van de analoge ingang, hoeft er nooit gecontroleerd te worden of de uitgang wel geldig is. Naast al deze voordelen staat de zeer snelle stijging van het aantal componenten voor hogere resolutie.

7.C. Single ramp conversion

De analoge ingangsspanning wordt vergeleken met een lineair stijgende spanning (single ramp). Zolang deze laatste kleiner is dan de V_{in} wordt een teller verhoogd met een vaste en bekende frequentie. Zodra de V_{ramp} gelijk is aan V_{in} wordt de uitgang van de comparator laag en worden geen pulsen meer toegevoerd naar de teller. De stand van de teller is dan evenredig aan V_{in} . Zie figuur 7.C.1.

De conversie is niet voortdurend, zoals bij parallel conversion, maar wordt slechts uitgevoerd op bevel van het signaal SOC (Start Of Conversion). De dalende flank van SOC moet de teller op nul zetten en V_{ramp} vanaf nul doen stijgen.

Vanaf de start van de conversie tot $V_{ramp} = V_{in}$ is de uitgang van de comparator hoog. Gedurende die tijd is de stand van de teller niet geldig. Om te laten weten wanneer de digitale uitgang geldig is, levert een poort het signaal EOC (End Of Conversion), dat hoog wordt zodra de conversie beëindigd is.

De conversiesnelheid is afhankelijk van de klokfrequentie. De conversietijd is evenredig aan de waarde van V_{in} . De nauwkeurigheid van deze converter is vooral afhankelijk van de V_{ramp} die perfect lineair moet stijgen en vanaf precies 0 volt moet starten. Daar het zeer moeilijk is dit te bereiken, wordt deze conversiemethode weinig toegepast.

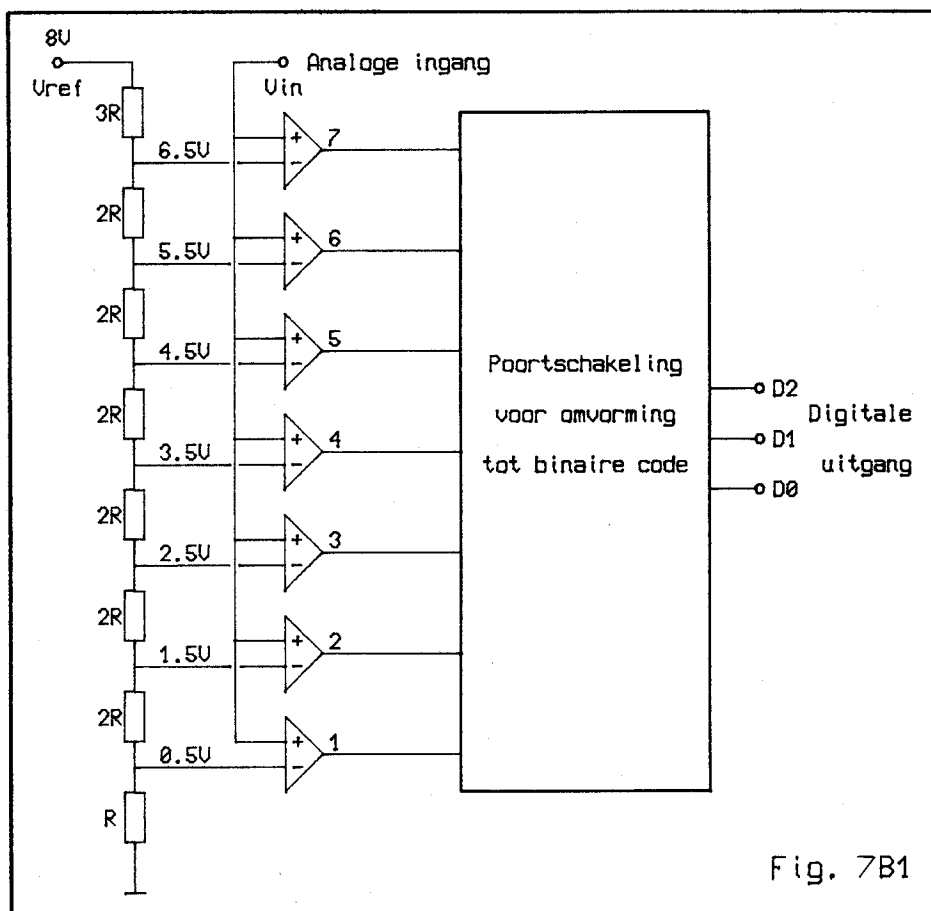


Fig. 7B1

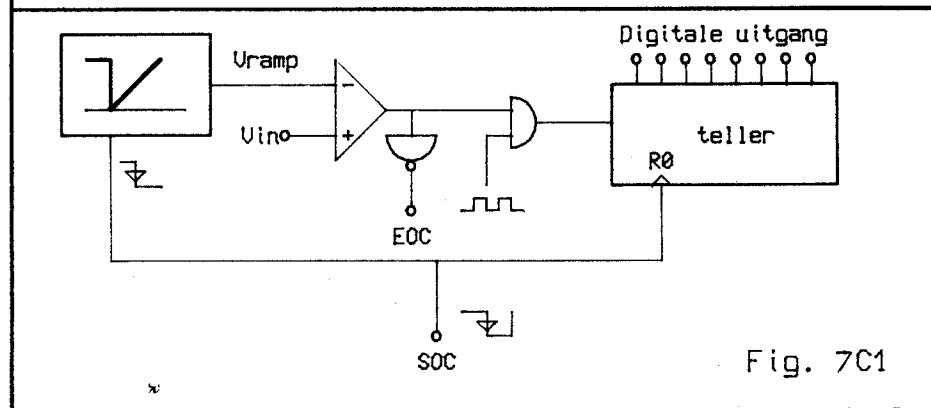


Fig. 7C1

7.D. Double ramp conversion

Met figuur 7.D.1 wordt het principe van de double ramp conversion verklaard. Bij deze conversie wordt een condensator opgeladen door de V_{in} tot een teller volgeteld is, dus gedurende een vaste tijd. Dit gebeurt door het contact 1 te sluiten. Zodra de teller van 111111.. naar 0000000.. overspringt wordt een puls gegeven aan de sequencer die contact 1 opent en contact 2 sluit. De opgeladen condensator wordt nu door een negatieve referentiespanning ontladen, terwijl de teller vanaf nul weer oploopt. Zodra de condensator ontladen is tot 0 volt, wordt de uitgang van de comparator laag en stopt de teller. Op dit ogenblik wordt ook het signaal EOC hoog als teken dat de omzetting beëindigd is en de digitale uitgang op de teller geldig is.

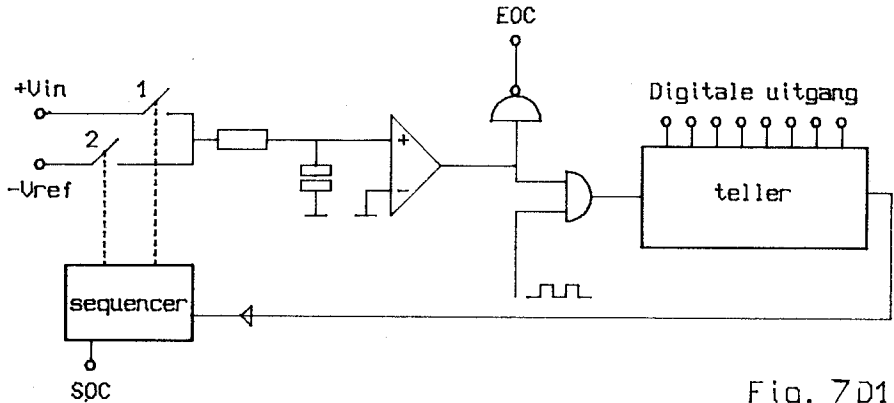


Fig. 7D1

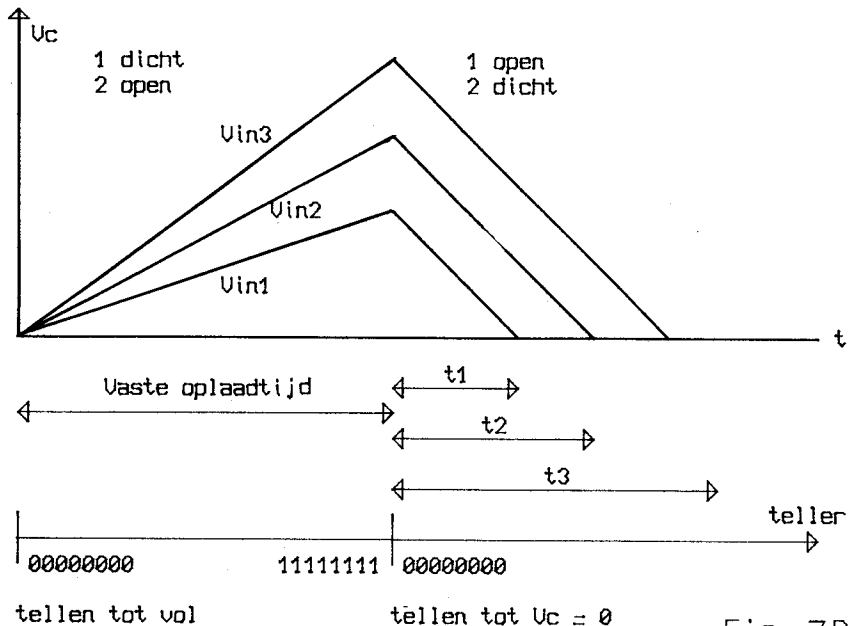


Fig. 7D2

Figuur 7.D.2 toont het spanningsverloop op de condensator voor verschillende waarden van V_{in} .

Deze conversie vraagt geen nauwkeurig ingestelde schakelingen. Zelfs onvolmaaktheden rond de condensator of de klokfrequentie hebben weinig nadelige invloed op de nauwkeurigheid bij het omzetten. Fouten tijdens het opladen worden gecompenseerd tijdens het ontladen. Storingen hebben weinig invloed, daar het de gemiddelde waarde van de spanning is die de condensator oplaadt. Uiteraard is de conversietijd niet klein, ongeveer 20 msec. Wel is het resultaat nauwkeurig, een resolutie van 12 tot 13 bit is mogelijk.

7.E. Counter comparator conversion

Een DAC converteert de digitale uitgang van een teller in een overeenkomstige analoge spanning. Deze spanning wordt door een comparator vergeleken met de V_{in} .

Zolang de uitgang van de comparator hoog is, worden pulsen naar de teller toegevoerd. Zodra de uitgang van de DAC groter is dan de V_{in} , wordt de uitgang van de comparator laag en stopt het oplopen van de teller. De digitale uitgang van de teller komt dan overeen met de V_{in} . Enige gelijkenis met de single ramp conversion is opvallend, maar de moeilijk op te wekken V-ramp ontbreekt.

Door het SOC-sigitaal moet de teller op 0 gezet worden en moeten pulsen naar de teller worden gebracht. Het signaal EOC kan weer achter de comparator afgetakt worden. Zie figuur 7.E.1.

De conversietijd is ook weer evenredig aan de waarde van V_{in} , en kan niet klein genoemd worden. Zo kan de conversie bij een 10-bit ADC (max. 1024 tellingen), die een klokfrequentie heeft van 10MHz, 100microsec duren. De conversiefrequentie ligt dan rond de 10kHz.

De counter-comparator-conversie kan vergeleken worden met een balansweegschaal waar kilo na kilo op de gewichtenschaal wordt gelegd tot de balans omslaat.

7.F. Servo conversion

Deze heeft veel overeenkomst met de counter comparator conversion. De teller is een up-down counter die optelt als de $V_{in} > V_o$, en aftelt in het omgekeerde geval. Als V_{in} een vaste waarde heeft, blijft de teller voortdurend 1 op- en 1 aftellen.

Niet te snelle wijzigingen van V_{in} in beide richtingen kunnen door deze convertor gevolgd worden. Deze mogen niet groter zijn dan 1 LSB per klokperiode. Deze eigenschap wijst erop dat de conversie voortdurend is, net als de parallelconversie. Daardoor is er ook geen SOC-sigitaal nodig, maar de convertor kan ook geen EOC-sigitaal leveren.

Als de V_{in} in een heel korte tijd een grote waardeverandering ondergaat, is de digitale uitgangswaarde tijdelijk ongeldig, wat door de convertor niet medegedeeld wordt. De werking van deze convertor kan vergeleken worden met een servomechanisme, vandaar de benaming.

7.G. Successive approximation convertor

Successive approximation (opeenvolgende benaderingen) converters worden wel het meest gebruikt, wegens hun hoge resolutie (tot 16 bits) en hoge snelheid (tot 1MHz). De conversietijd is vast en niet afhankelijk van de amplitude van V_{in} .

De werking en de opbouw van deze convertor wijkt maar iets af van de counter comparator convertor. De teller is vervangen door een shift-register en wat poorten. Voor de verklaring van de werking wordt een ADC met vier bits verondersteld en een ingangsbereik van 15V.

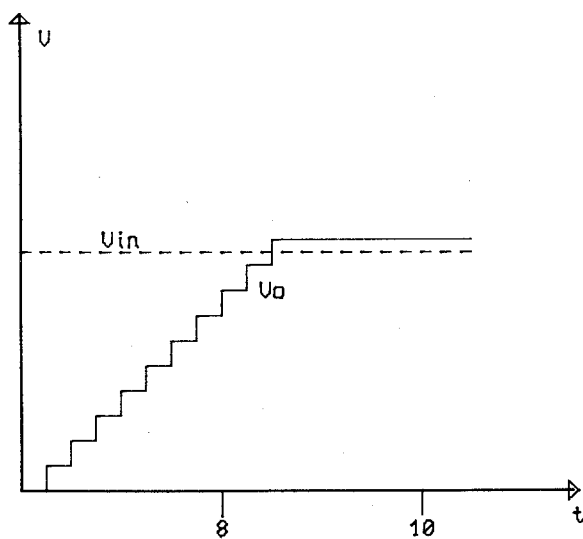
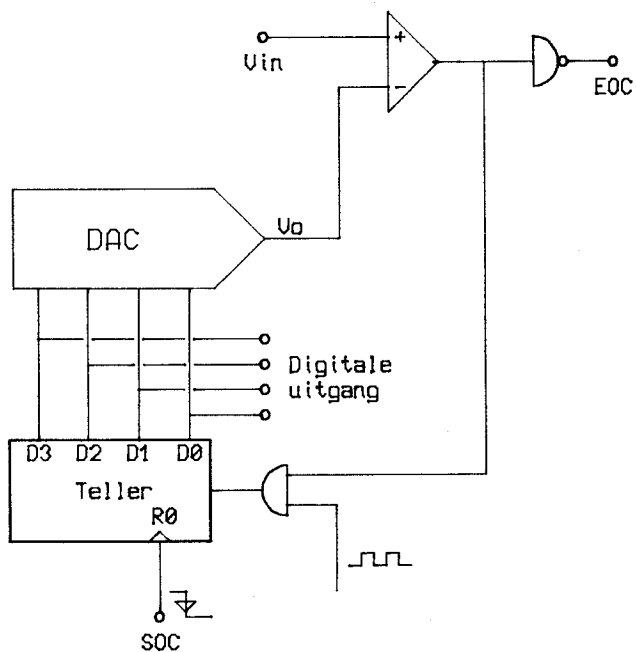


Fig. 7E1

Direct na het SOC-sigitaal wordt bit 3 van het register hoog gemaakt. Daardoor wordt Vo van de DAC 8V, die door de comparator vergeleken wordt met de Vin. Blijft de uitgang van de comparator hoog ($V_{in} > V_o$), dan wordt naast bit 3 ook nog bit 2 hoog gemaakt. De Vo stijgt daardoor tot 12V. Blijft daardoor de uitgang van de comparator nog altijd hoog, dan wordt ook bit 1 hoog gemaakt waardoor Vo stijgt tot 14V. Is Vi nog hoger, dan wordt ook bit 0 hoog gemaakt, waarmee de conversie beëindigd wordt en het signaal EOC hoog wordt. Dit gebeuren is weergegeven in figuur 7.G.1.

Figuur 7.G.2 toont hoe de conversie gaat, als $V_{in} = 11.5V$. Eerst wordt weer bit 3 hoog gemaakt en daarna bit 2. De Vo is nu 12V en daarmee groter dan Vin. Het gevolg is dat bit 2 weer laag gemaakt wordt, maar bit 1, die aan de beurt is, wordt wel hoog gemaakt. Vo wordt daardoor 10V en is daarmee weer lager dan Vin. Bit 1 blijft hoog en bit 0 wordt hoog gemaakt. Het signaal EOC wordt hoog terwijl de digitale uitgang (shift-register) op 1011 staat. De volgende figuren geven de conversie weer voor andere waarden van Vin.

Bij een 4-bit ADC duurt de conversie slechts vier klokperiodes. Een n-bit ADC van dit type doet het in n periodes, wat de hoge snelheid van deze convertor verklaart.

De werking kan ook hier weer vergeleken worden met een balansweegschaal, maar één waarvan het eerste gewicht de helft is van het weegvermogen, de volgende telkens de helft lichter. Ook het wegen gaat volgens dit procédé veel sneller.

7.H. De ADC ZN449

Figuur 7.H.1 toont deze ADC, die verpakt is in een DIL18 behuizing. De ZN449 werkt volgens het successive-approximation-principe, en heeft daardoor een conversietijd van 9 microsec.

De voedingsspanning is 5V, maar voor de comparator is er toch een negatieve spanning nodig, die over een weerstand aangesloten moet worden op de Rext-klem. De waarde uit het successive-approximation-register wordt over een 3-state buffer naar buiten gebracht. Daardoor kan de ZN449 rechtstreeks aangesloten worden op de databus. De referentiespanning voor de ingebouwde DAC kan in de ZN449 zelf opgewekt worden door een 390 Ohm weerstand van de +5V naar de Vref Out aan te sluiten.

De DAC kan dan ook maximaal 2.5V leveren. Daarmee is nu ook duidelijk het bereik van Vin 2.5 V. Nu kan ook berekend worden, welke spanning er nodig is om alleen de LSB hoog te maken. $1 \text{ LSB} = 2.5V / 256 = 9.8 \text{ mV}$. In figuur 7.H.2 is een eenvoudige opstelling gegeven om de ADC te testen en met de werking vertrouwd te raken.

De uitgangen D0-D7 zijn aangesloten op 8 led-drivers waarop het resultaat van de conversie onmiddellijk zichtbaar is. De uitgang OE' is met de nul verbonden om de 3-state buffers voortdurend in hun actieve stand te houden. De analoge ingangsspanning wordt afgetakt van een multituurn trimweerstand, waardoor de Vi zeer nauwkeurig ingesteld kan worden. De klem Rext is aangesloten op een -5V over een weerstand van 82K. Een spanning van -3V tot -30V is bruikbaar, maar dan met aanpassing van de weerstand. Op de CLK-klem is een condensator van 500 pF aangesloten, waardoor een zeer hoge klokfrequentie opgewekt wordt. De conversietijd is dan ook zeer kort.

Het bevel SOC wordt gegeven met een drukknop. Direct na het bevel moet het binair equivalent van Vin op de leds verschijnen. Met een voltmeter op Vin kan de juistheid van de binaire uitgang gecontroleerd worden.

Op de uitgang EOC kan ook weer een driver die een led stuurt aangesloten worden. Deze zou dan moeten doven door het bevel SOC en weer oplichten als de conversie beëindigd is. Door de hoge klokfrequentie is dit zo kort dat het niet waarneembaar is.

Om het signaal EOC waarneembaar te maken moet de frequentie drastisch verlaagd worden. Vervang daarvoor de 500 pF door een elko van 220 microF. Daar de 3-state buffers voort-

Fig. 7G1

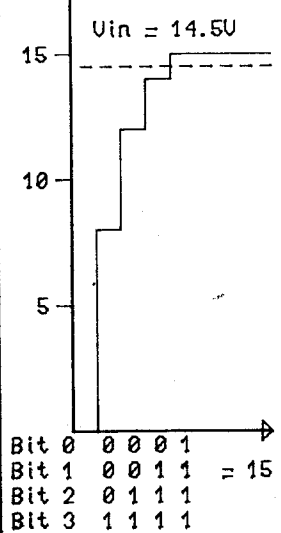


Fig. 7G2

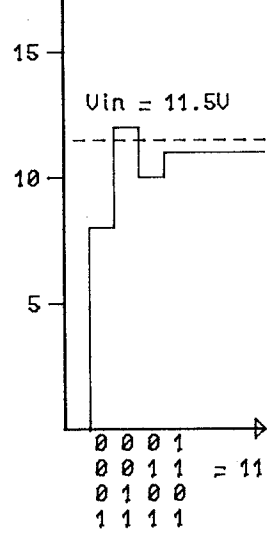


Fig. 7G3

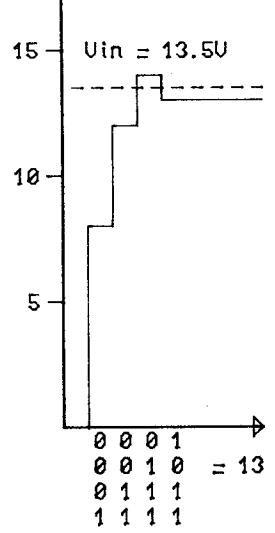


Fig. 7G4

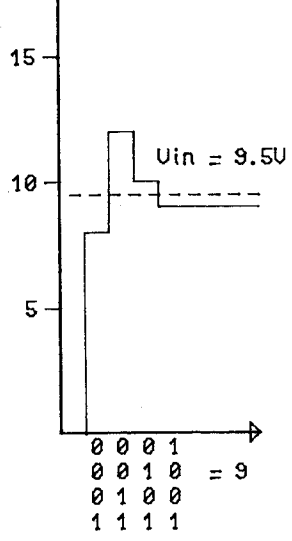


Fig. 7G5

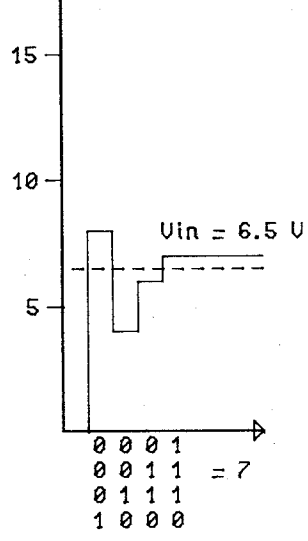
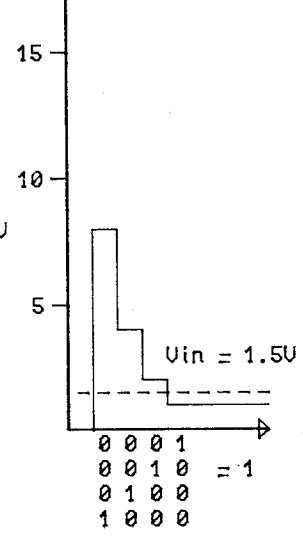


Fig. 7G6



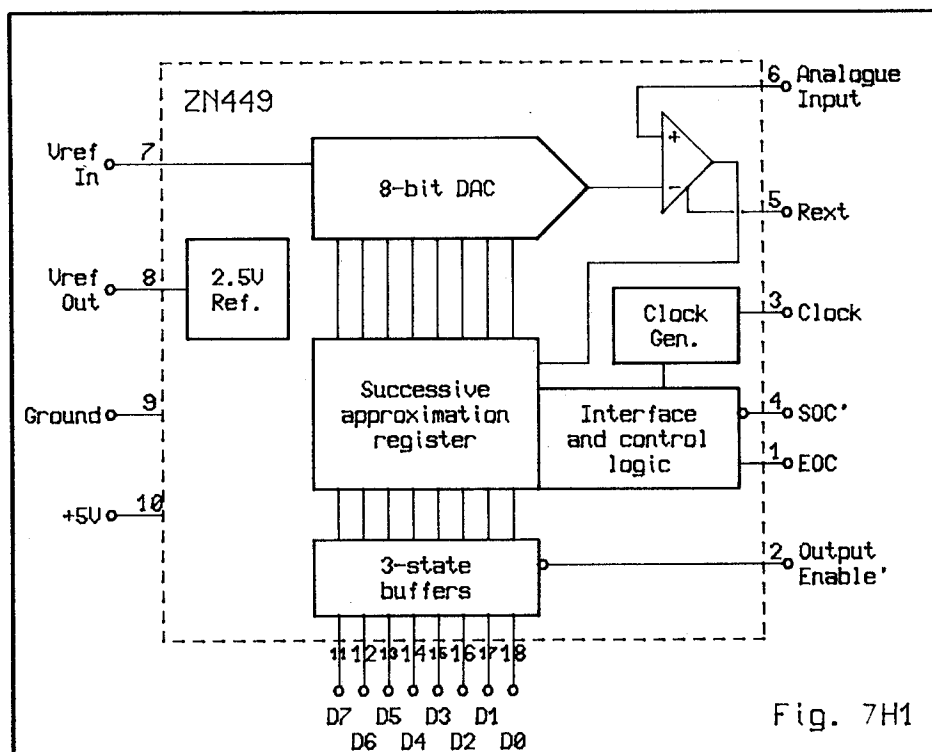


Fig. 7H1

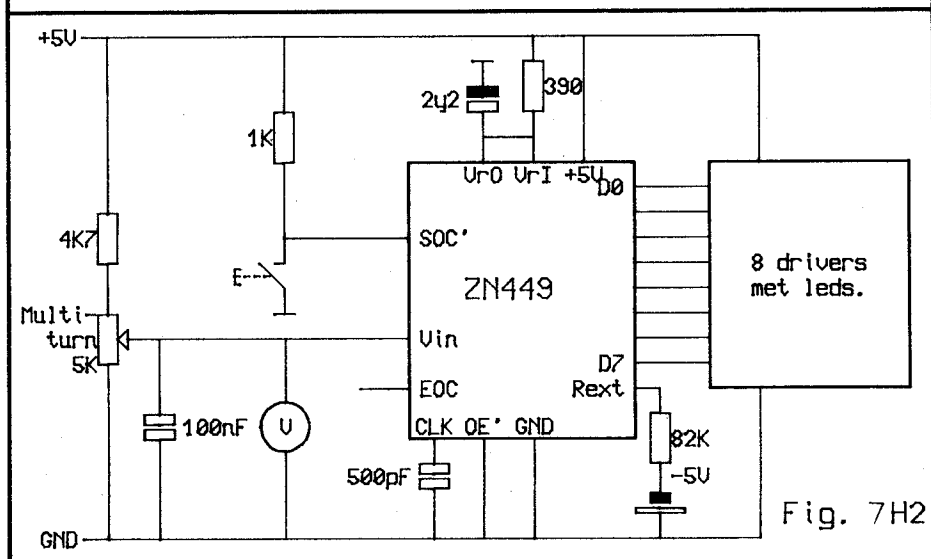


Fig. 7H2

durende de signalen van het successive-approximation-register doorgeven aan de leds, is nu ook te volgen hoe de conversie gebeurt. Leg voor deze proef een gemakkelijk te volgen Vin aan. Bijvoorbeeld 16 à 17 mV.

Nadat SOC laag is geworden, gaat EOC uit. Led 7 wordt hoog, dooft weer en led 6 gaat aan, die ook weer dooft als led 5 oplicht, enz.. Nadat de conversie voltooid is gaat led EOC weer aan.

8. ADC'S EN DE MICRO-PROF

8.A. Van ADC naar display

Het is de bedoeling, hier alleen het resultaat van de conversie op de displays van de Micro-Prof leesbaar te maken. Het bevel om een analoge waarde te converteren wordt nog altijd gegeven met de drukknop. Daarvoor moet een programma de inhoud van de 3-state buffer van de ADC lezen, deze omvormen tot de overeenkomstige patronen en naar de displays brengen.

Een mogelijkheid is de 3-state buffers te lezen met alleen een adresdecoder, net als de 3-state poorten van de schakelaars uit figuur 11.C.1, uit het deel *De Microprocessor Z80 stap voor stap*.

Ook via een zijde van de PIO kunnen de data binnengehaald worden. Dit vraagt geen extra hardware en biedt meer mogelijkheden. Het schema uit figuur 7.H.2 kan behouden blijven. Alleen moeten nu de uitgangen D0-D7 van de ZN449 verbonden worden met de klemmen PB0 tot PB7 van de onderste connector. De drivers met de leds zijn overbodig geworden. Voor de eerste proeven kan het beste weer de condensator van 500pF gebruikt worden. De +5V kan nu ook afgetakt worden van de Micro-Prof.

Het programma moet eerst de B-zijde van de PIO instellen en daarna in een gesloten lus voortdurend de binaire data lezen, omvormen en naar de displays brengen.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P8A1	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 83		OUT (83),A	Naar mode contr.reg.B
1804	3E FF		LD A,FF	Contr.word I III I III
1806	D3 83		OUT (83),A	Naar I/O select reg.B
1808	DD21 A018		LD IX,18A0	DISPBF0 voor SCAN1
180C	DB 81	LUS	IN A,(81)	Lees ADC uitgangen.
180E	21 A018		LD HL,18A0	DISPBF0 voor HEX7SEG
1811	CD 7806		CALL 0678	HEX7SEG
1814	CD 2406		CALL 0624	SCAN1
1817	18 F3		JR LUS	Blijf herhalen.
18A0	00	DISPBF0		
1805	00	DISPBF5		

De display duidt nu wel voortdurend de waarde uit de 3-state buffer aan, maar deze wordt alleen gewijzigd als Vin verandert en daarna op de drukknop wordt gedrukt.

8.B. Automatisch SOC-sigitaal

Om het telkens bedienen van de drukknop te vermijden kan het bevel SOC ook gegeven worden door de Micro-Prof. Dit bevel kan naar buiten gebracht worden via side A van de PIO, waarvoor hier klem PA0 uitgekozen is.

Drukknop en weerstand zijn nu overbodig. Een verbinding van SOC naar PA0 volstaat. De software-aanpassing is iets uitgebreider. Uiteraard moet nu ook side A van de PIO ingesteld worden (1808 — 180F).

Op regelmatige tijdstippen moet SOC laag, en daarna weer hoog gemaakt worden (1814 — 181A). De periode voor het SOC-signaal kan het eenvoudigst bepaald worden door het aantal keren te tellen dat de display-lus doorlopen wordt.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P8B1	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 83		OUT (83),A	Naar mode contr.req.B
1804	3E FF		LD A,FF	Contr.word IIII IIII
1806	D3 83		OUT (83),A	Naar I/O select reg.B
1808	3E CF		LD A,CF	Control word mode 3
180A	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.req.A
180C	3E FE		LD A,FE	Contr.word IIII IIII
180E	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O select reg.A
1810	DD21 A018		LD IX,18A0	DISBUF0 voor SCAN1
1814	97	SOC	SUB A	Maak bit 0 laag.
1815	D3 80		OUT (80),A	SOC laag
1817	3E 01		LD A,01	Maak bit 0 hoog.
1819	D3 80		OUT (80),A	SOC terug hoog.
181B	06 80	LUS	LD B,80	Instel.periode v.SOC
181D	DB 81		IN A,(81)	Lees ADC uitgangen.
181F	C5		PUSH BC	Bewaar B
1820	21 A018		LD HL,18A0	DISBUF0 voor HEX7SEG
1823	CD 7806		CALL 0678	HEX7SEG
1826	CD 2406		CALL 0624	SCAN1
1829	C1		POP BC	Haal B terug.
182A	10 F1		DJNZ LUS	Herhaal tot B=0.
182C	18 E6		JR SOC	Herbegin bij SOC.
18A0	00	DISPBF0		
18A5	00	DISPBF5		

Ongeveer iedere seconde wordt een SOC-signaal geleverd. Dit is merkbaar op de display doordat het beeld even verstoord wordt. Een verandering van Vin is nu binnen de seconde waarneembaar op de display. Daarmee is het systeem al voldoende comfortabel om een analoog-digitaal karakteristiek op te nemen.

8.C. Gebruik van het EOC-signaal

Het vorige programma en de bijbehorende hardware is wel bruikbaar als alleen visuele waarneming nodig is. Voor bewaking van Vin is het systeem ongeschikt. Korte wijzigingen van Vin zouden niet waargenomen worden. Bovendien worden valse waarden gelezen als de ADC aan het omvormen is.

De periode tussen iedere omvorming verkorten maakt de kans op het missen van een wijziging natuurlijk kleiner, maar daarmee wordt de verstoring van het beeld ook erger. Door de inhoud van lokatie 181C tot 08 te verkleinen is de waarde al moeilijk te herkennen door de voortdurende verstoring van de display.

Deze storingen zijn de tussenwaarden die in het successive-approximation-register staan tijdens de omvorming en ook heel kort op de display worden gebracht.

Voor bewaking is het verkorten van de periode zeker geen verbetering, daar er dan nog meer valse waarden gelezen worden. De enige oplossing is het output-register niet meer te lezen als de convertor aan het omvormen is; dit door gebruik te maken van het signaal EOC.

De Micro-Prof moet daarvoor het signaal EOC kunnen lezen, wat mogelijk wordt als EOC verbonden wordt met PA1. Het programma moet nu na het geven van het signaal SOC de ingang PA1 lezen, en blijven wachten tot deze hoog wordt. Dan pas mag het output-register van de ADC gelezen worden.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	PBC1	LD A,CF	Control word mode 3
1802	D3 83		OUT (83),A	Naar mode contr.req.B
1804	3E FF		LD A,FF	Contr.word IIII IIII
1806	D3 83		OUT (83),A	Naar I/O select req.B
1808	3E CF	SOC	LD A,CF	Control word mode 3
180A	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.req.A
180C	3E FE		LD A,FE	Contr.word IIII IIII
180E	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O select req.A
1810	DD21 A018		LD IX,18A0	DISBUF0 voor SCAN1
1814	97	SOC	SUB A	Maak bit 0 laag.
1815	D3 80		OUT (80),A	SOC laag
1817	3E 01		LD A,01	Maak bit 0 hoog.
1819	D3 80		OUT (80),A	SOC terug hoog.
181B	DB 80	EOC	IN A,(80)	Lees EOC-signaal
181D	CB4F		BIT 1,A	Wacht indien
181F	2B FA		JR Z,EOC	niet hoog.
1821	DB 81	EOC	IN A,(81)	Lees ADC uitgangen.
1823	21 A018		LD HL,18A0	DISBUF0 voor HEX7SEG
1826	CD 7806		CALL 0678	HEX7SEG
1829	CD 2406		CALL 0624	SCAN1
182C	1B E6		JR SOC	Herbegin bij SOC.

8.D. Handshaking met de ZN449

Hoewel het vorige programma perfect werkt en het resultaat aan de gestelde eisen voldoet, moeten er toch twee eigenschappen belicht worden die zich later, bij verdere uitbreiding, als nadelen kunnen manifesteren. Daar naast side B van de PIO ook nog de klemmen PA0 en PA1 gebruikt worden, kan side A niet meer gebruikt worden voor 8-bit input of 8-bit output.

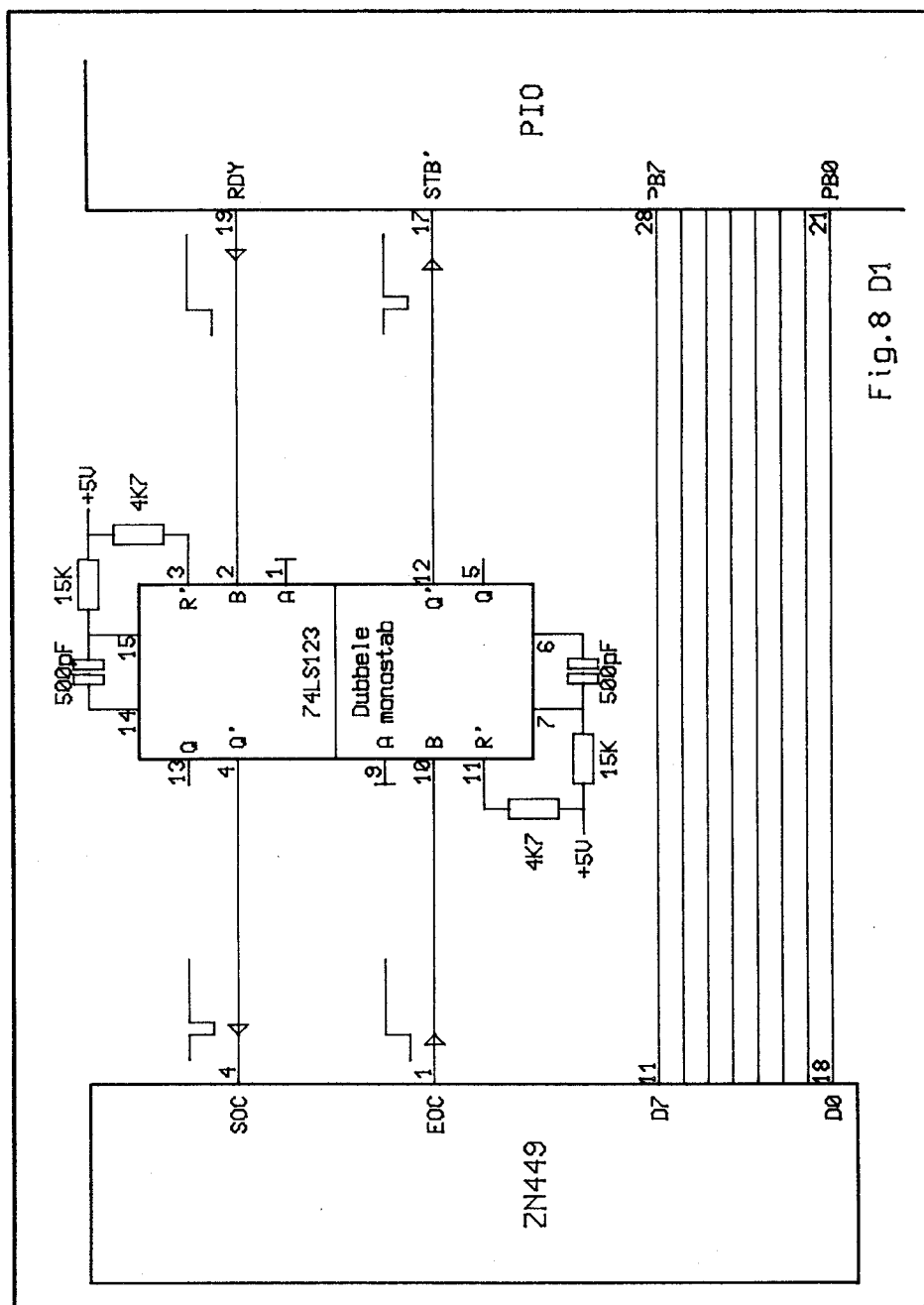


Fig.8 D1

Het programma moet zelf het bevel geven tot omvorming en dan blijvend controleren of de conversie beëindigd is. Ondertussen kan geen ander werk verricht worden.

Als side B in mode 1 gebruikt wordt, staan ook de uitgang RDY en de ingang STB' ter beschikking (zie figuur 1.D.1). De uitgang RDY wordt dan hoog zodra side B vrij is en nieuwe data kan ontvangen. Dit is dan ook het goede ogenblik om de ADC het startbevel te geven. Daar SOC een korte laag-puls moet krijgen, moet het signaal RDY door een monostabiele multivib omgevormd worden zoals getekend in figuur 8.D.1. Het signaal STB' moet eveneens een korte laag-puls zijn die dan de data van de ADC in het input-register van side B schrijft. De ADC levert het signaal EOC, dat eveneens een hoog blijvend signaal is, en moet ook weer met een monostabiele multivib omgevormd worden tot een laag-puls. Als STB' dan weer hoog wordt, vraagt side B een interrupt aan. Daarmee weet de CPU dat er nieuwe data beschikbaar zijn in het input-register van side B. Met een interrupt routine kunnen deze data nu door de CPU gelezen worden.

Door het lezen van het input-register wordt RDY weer hoog, waardoor een nieuw signaal SOC ontstaat en de cyclus zich weer herhaalt. Het programma moet nu side B instellen in mode 1 en de interrupt voorbereiden. Hoewel interrupt mode 1 hier zou volstaan wordt toch de iets moeilijker interrupt mode 2 gekozen om bij verdere uitbreidingen minder wijzigingen te hoeven uitvoeren.

Zodra deze taken zijn uitgevoerd moet het hoofdprogramma alleen de inhoud van A naar de display brengen, en blijft dan in deze lus lopen tot een interrupt uitgevoerd moet worden. De interrupt routine moet alleen maar het input-register van side B gaan lezen en in A plaatsen. Daarmee staan in A de nieuwe data, geleverd door de ADC, en mag naar het hoofdprogramma teruggekeerd worden om deze nieuwe waarden op de display te brengen.

De instructie IN A, (81) op adres 1816 mag niet verkeerd begrepen worden. Het input-register van side B wordt er inderdaad gelezen, maar alleen met de bedoeling het signaal RDY hoog te maken om zo de handshaking te starten.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 4F	PBD1	LD A,4F	Control word mode 1
1802	D3 83		OUT (83),A	Naar mode contr.req.B
1804	3E 00		LD A,00	LSB vector
1806	D3 83		OUT (83),A	Naar vector regist.B
1808	3E 87		LD A,87	Contr.word Enable IFF
180A	D3 83		OUT (83),A	Enable IFF side B
180C	3E 19		LD A,19	MSB adres vector tab.
180E	ED47		LD I,A	Naar interrupt regis.
1810	ED5E		IM2	Kies interrupt mode 2
1812	DD21 A018		LD IX,18A0	DISBUF0 voor SCAN1
1816	DB 81		IN A,(81)	Maak RDY hoog.
1818	21 A018	LUS	LD HL,18A0	DISBUF0 voor HEX7SGM
181B	F3		DI	Disable Interrupt
181C	CD 7806		CALL 0678	HEX7SGM
181F	CD 2406		CALL 0624	SCAN1
1822	FB		EI	Enable Interrupt
1823	18 F3		JR LUS	Herhaal

18A0	00	DISPF0		
18A5	00	DISPF5		
18E0	DE 81	18D1	IN A. (81)	Lees input regis.P
18E2	ED4D		RETI	Terug naar hoofdproc.
1900	E0			
1901	18			

De interrupt routine kan pas uitgevoerd worden na de instructie EI, en slechts éénmaal daar de interrupt routine niet afgesloten wordt met een EI-instructie.

De ADC kan sneller nieuwe waarden leveren dan de subroutines HEX7SEG en SCAN1 ze kunnen verwerken. Door de handshaking blijft de ADC wachten op de subroutines. Zelfs met een gewoon meettoestel kan dit vastgesteld worden. De gemiddelde waarde van het signaal RDY is zeer laag omdat het maar heel kort hoog blijft. Een mooi voorbeeld van handshaking waarbij het randtoestel sneller waarden kan leveren dan de CPU ze kan verwerken.

8.E. Instellen en afregelen

De analoge ingang van de ZN449 heeft normaal een meetbereik van 2.5V. Door middel van een eenvoudig weerstand-netwerk zoals in figuur 8.E.1 kan het meetbereik verhoogd worden.

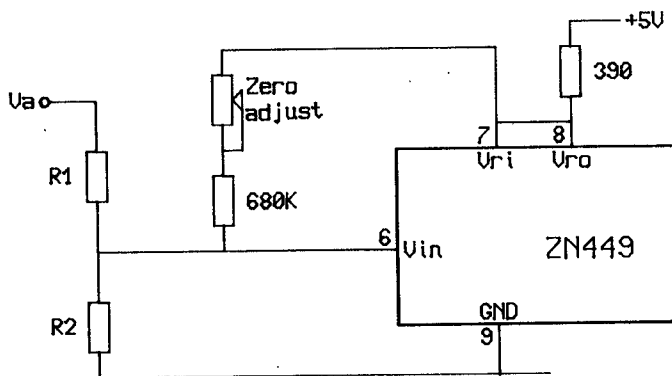


Fig.8 E1

De weerstanden R1 en R2 kunnen berekend worden met de volgende formules, waarin Vb het gewenste meetbereik is :

$$R1 = 4k \text{ Ohm} \times Vb/2.5$$

$$R2 = R1 / (Vb/2.5 - 1)$$

Voor een meetbereik van 5V wordt $R1 = 8k \text{ Ohm}$ en $R2 = 8k \text{ Ohm}$. Dit zijn dan richtwaarden voor het praktische schema zoals in figuur 8.E.2, waar het meetbereik afgesteld moet worden.

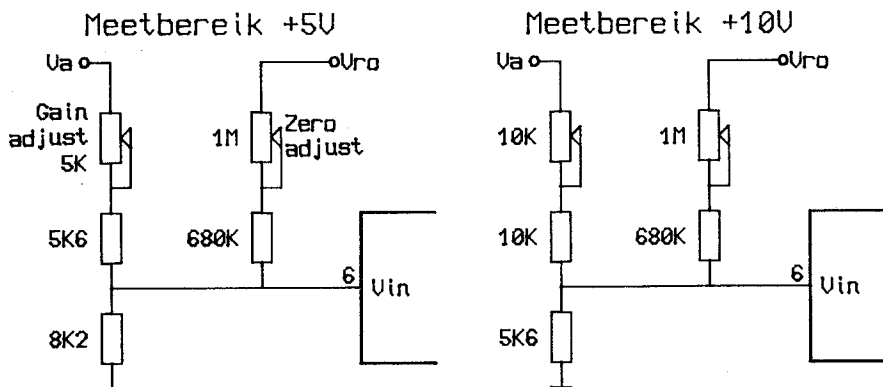


Fig.8 E2

Het afstellen gebeurt in twee fasen.

Eerst wordt een spanning aangelegd van $V_b - 1.5 \times \text{LSB}$ en de gain adjust zo afgesteld dat de display schommelt tussen FE en FF.

Bij het meetbereik 5V is $1 \text{ LSB } 5\text{V}/256 = 0.0195\text{V}$ en $1.5 \text{ LSB} = 1.5 \times 0.0195 = 0.02925$.

Het meetbereik $- 1.5\text{LSB}$ is nu $5\text{V} - 0.02925 = 4.97075 \text{ V}$.

Voor de instelling rond het nulpunt wordt een spanning van 0.5 LSB aangelegd en de zero adjust zo geregeld dat de display schommelt tussen 0 en 1. Bij een meetbereik van 5V is deze afregelspanning $0.5 \times 0.0195 = 0.00975 \text{ V}$.

8.F. Van hexa naar decimaal

Bij veel toepassingen waarbij de gemeten waarde door iedereen gelezen moet kunnen worden is de display in het hexadecimale stelsel onbruikbaar. Voor een decimale weergave moet de 8-bit binaire waarde, die is geleverd door de ADC en opgehaald door de CPU, omgevormd worden tot 3 BCD-codes (000-255). Deze moeten dan nog omgevormd worden tot patronen die in de display-buffer (DISPBF0-3) moeten komen.

Al deze bewerkingen kunnen het beste in een subroutine geschreven worden die dan naar wens in ieder programma opgeroepen kan worden. Deze subroutine HEXBCD is 'relocable', wat betekent dat hij om het even waar in het adresgebied geplaatst kan worden.

Voordat HEXBCD opgeroepen wordt, moet de om te vormen waarde in A staan en moet HL naar DISPBF0 wijzen. De subroutine HEXBCD gebruikt de registers B en D. Nadat HEXBCD is uitgevoerd staan de patronen in DISPBF2-0, en wijst HL naar DISPBF3.

Hoe de omzetting gebeurt kan het best gevolgd worden in de flowchart van figuur 8.F.1. Het principe is eenvoudig. De waarde wordt naar B gebracht en daar afgeteld. Tegelijkertijd wordt A decimaal verhoogd. Telkens wanneer A van 99 naar 00 verhoogd wordt, wordt D (honderdtallen) met 1 vermeerderd.

De eenheden en de tientallen worden daarna door de subroutine HEX7SG omgevormd tot twee patronen en in DISPBF0 en DISPBF1 geplaatst. Voor het verkrijgen van het patroon der honderdtallen wordt gebruik gemaakt van de subroutine HEX7 uit de ROM. Deze vormt alleen de vier laagste bits van A om in één patroon zonder deze naar de DISPBF te brengen. Hiervoor is ook de subroutine HEX7SG bruikbaar, maar dan met het nadeel dat er altijd een overbodige 0 op display 3 getoond wordt.

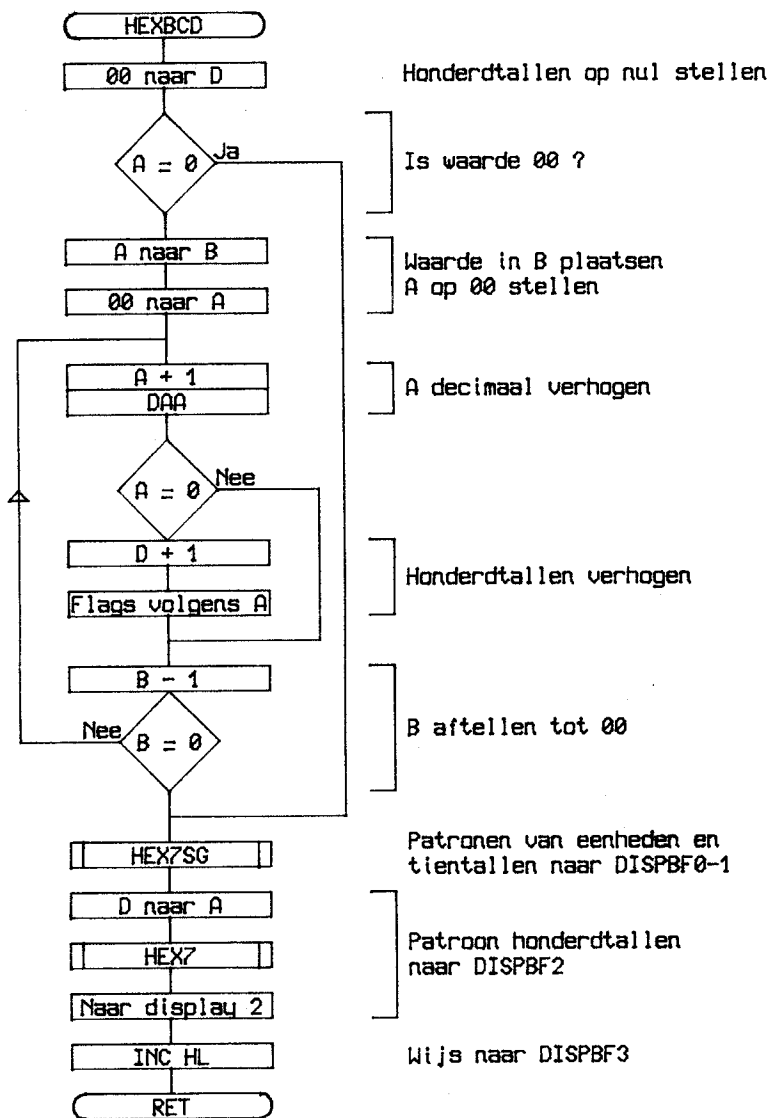


Fig.8 F1

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
18A6	16 00	HEXBCD	LD D,00	Stel D op 00.
18A8	A7		AND A	Stel flags volgens A
18A9	28 0A		JR Z,CONV	JR indien A=0.
18AB	47		LD B,A	Hexa-waarde naar B.
18AC	97	PLUS1	SUB A	Stel A op 00.
18AD	3C		INC A	Verhoog A met 1.
18AE	27		DAA	Eventueel decim.maken
18AF	20 02		JR NZ,HERH	JR indien A>00.
18B1	14	HERH	INC D	Verhoog honderdtallen
18B2	A7		AND A	Stel flags volgens A.
18B3	10 F8		DJNZ,PLUS1	B aftellen tot 0.
18B5	CD 7806	CONV	CALL 0678	HEX7SG
18B8	7A		LD A,D	Honderdtallen naar A
18B9	CD 8906		CALL 0689	HEX7
18BC	77		LD (HL),A	Patroon naar DISPF2.
18BD	23		INC HL	Wijs naar DISPF3.
18BE	C9		RET	Terug naar hoofdprogr

Het is aan te bevelen deze subroutine eerst te testen met een zo eenvoudig mogelijk proefprogramma. Deze toont ook aan hoe de HEXBCD gebruikt moet worden.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 11	PBF1	LD A,11	Om te vormen waarde.
1802	DD21 A018		LD IX,18A0	DISPF0 voor SCAN1.
1806	21 A018		LD HL,18A0	DISPF0 voor HEXBCD.
1809	CD A618	LUS	CALL 18A6	HEXBCD
180C	CD 2406		CALL 0624	SCAN1
180F	18 FB		JR LUS	Blijf herhalen.

Test de goede werking van HEXBCD door in lokatie 1801 telkens andere waarden te plaatsen. De display moet de overeenkomstige decimale waarde tonen.

8.G. Lichtmetingen

Een opnemer (transducer) van een natuurkundige grootte (licht, temperatuur, druk, debiet, niveau, vochtigheidsgraad) levert meestal een analoog elektrisch signaal (weerstand, stroom, spanning). Analoge signalen kunnen moeilijk bewaard worden. Ook het vergelijken van analoge signalen met meerdere grenswaarden is niet altijd eenvoudig. Digitale waarden kunnen gemakkelijk bewaard worden in RAM en een CPU kan ze gemakkelijk vergelijken met andere vooropgestelde digitale waarden.

Het opnemen van analoge signalen, het voorverwerken, het omzetten in digitale data en het overbrengen van deze data in het geheugen van het systeem wordt *data acquisition* (verwerving) genoemd. Naargelang de soort transducer kan de data acquisition moeilijker zijn. Een bijzonder gemakkelijke opnemer is de LDR. Bij zeer veel licht is zijn weerstand zeer klein (enkele tientallen ohms) en wordt tientallen Mohms bij volledige duisternis.

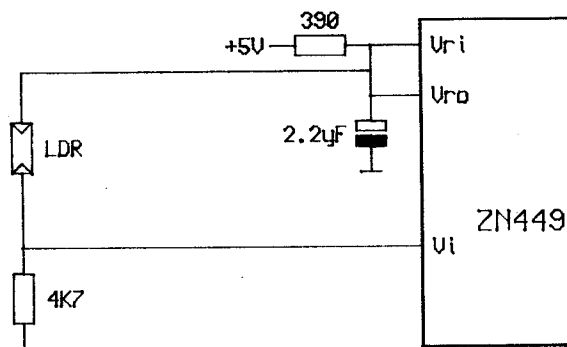


Fig.8 G1

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 4F	P8G1	LD A,4F	Control word mode 1
1802	D3 83		OUT (83),A	Naar mode contr.req.B
1804	3E 00		LD A,00	LSB vector
1806	D3 83		OUT (83),A	Naar vector regist.B
1808	3E 87		LD A,87	Contr.word Enable IFF
180A	D3 83		OUT (83),A	Enable IFF side B
180C	3E 19		LD A,19	MSB adres vector tab.
180E	ED47		LD I,A	Naar interrupt regis.
1810	ED5E		IM2	Kies interrupt mode 2
1812	DD21 A018		LD IX,18A0	DISPEF0 voor SCAN1
1816	DB 81		IN A,(81)	Maak RDY hoog.
1818	21 A018	LUS	LD HL,18A0	DISPEF0 voor HEX7SGM
181B	F3		DI	Disable Interrupt
181C	CD A618		CALL 18A6	HEXECD
181F	CD 2406		CALL 0624	SCAN1
1822	FB		EI	Enable Interrupt
1823	18 F3		JR LUS	Herhaal
18A0	00	DISPEF0		
18A5	00	DISPEF5		
18A6	16 00	HEXECD	LD D,00	Stel D op 00
18BE	C9		RET	Terug naar hoofdprog.
18E0	DB 81	I8G1	IN A,(81)	Lees input regis.B
18E2	ED4D		RETI	Terug naar hoofdprog.
1900	E0			
1901	18			

Het meten van licht, en deze weergeven op de display van de Micro-Prof als een waarde van 0 tot 255 kan met een eenvoudige data acquisition. Als schema kan figuur 8.D.1 gebruikt worden, aangevuld met figuur 8.G.1. Naargelang het licht op de LDR zal de Vi op de ZN449 variëren van 0 tot 2.5V. Voor de software kan P8D1 als basis dienen. Om een decimale uitlezing te krijgen wordt een beroep gedaan op de subroutine HEXBCD.

Van de subroutine HEXBCD is enkel de eerste en laatste instructie weergegeven om zijn plaats in het geheugen aan te wijzen. Let er op dat de interrupt routine hier op adres 18E0 begint en de interrupt vector overeenkomend is aangepast.

8.H. Temperatuurmeting

Voor het meten en controleren van temperaturen is de data acquisition iets moeilijker. Naargelang de te controleren temperatuur moeten aangepaste voelers gekozen worden. NTC-weerstanden hebben een grote waardeverandering per graad Celsius, maar deze is niet lineair over een groter bereik. Voor hogere temperaturen (vanaf 250 graden Celsius) staan de thermokoppels ter beschikking die een lineaire spanning afgeven bij een stijgende temperatuur. De doorlaatspanning van een diode daalt met 2 mV per graad Celsius als de temperatuur van de diode stijgt. Deze kleine spanningsverandering is zeer lineair over het gehele temperatuurgebied van de diode, op voorwaarde dat de stroom door de diode constant blijft. Daardoor is een afregeling op twee punten voldoende.

Voor temperaturen tussen -25 en $+85$ graden kan het best een temperature controller LM3911 in IC-vorm gebruikt worden. Deze bevat een temperatuurvoeler, een vaste referentiespanning en een op-amp. Zie figuur 8.H.1.

De voeler in de LM3911 levert 10 mV/graad Kelvin. De op-amp dient vooral als comparator, die de uitgang doet omklappen als de spanning van de voeler verschilt met de instelspanning op de ingang.

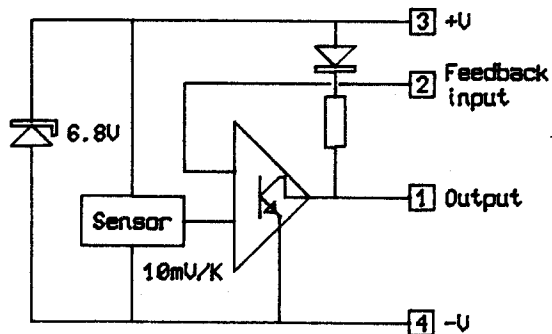
Voor het gebruik als temperatuurmeter wordt de input rechtstreeks met de output verbonden, zodat de op-amp met een versterking 1 werkt. De LM3911 levert dan 10 mV/gr.K. Figuur 8.H.2 toont een typische aansluiting van de LM3911. De weerstand $R1 = +V - 6.8$ in KOhm.

De formule toont ook dat een voedingsspanning van meer dan 6.8 V nodig is. Daar toch al een +5V en een -5V nodig is voor de ADC, kan een extra bron uitgespaard worden als de LM3911 met deze 10V kan worden gevoed.

Op de ADC moet een ingangsspanning komen van 0 tot +2.5V t.o.v. de nul. Deze voorwaarden hebben geleid tot het kiezen van de schakeling zoals weergegeven in figuur 8.H.3. Dat de uitgang van de LM3911 met de massa verbonden is wekt misschien verwondering. Als de LM3911 vergeleken wordt met een potentiometer (met loperstand afhankelijk van de temperatuur) waarvan de loper aan de nul is verbonden, wordt het duidelijk dat op de +ingang van de 741 een stijgende spanning verschijnt als de temperatuur hoger wordt.

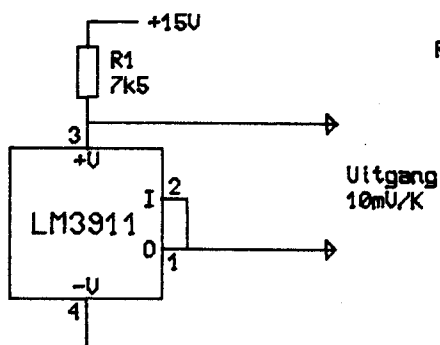
De weerstanden (27k — 33k en trimmer 5k) zijn zo gekozen dat bij 0° Celsius ook 0 V op de +ingang van de 741 komt. Per graad Celsius stijgt de spanning daar dan ook met 10 mV. De weerstand van 2k7 en de trimmer van 2k2 bepalen de versterking van de op-amp, die bij 25.5° C een spanning van 2.5V aan de ADC moet leveren. De elco van 100 microF zorgt dat storingen niet versterkt worden.

De schakeling kan het beste getest worden voordat hij aan de ADC wordt verbonden. Als software kan het programma P8G1 gebruikt worden, hoewel het beter zou zijn dat de decimaal punt van display 1 brandt. Om alle verwarring te vermijden wordt het volledige aangepaste programma gegeven.



LM3911
Temperatuur
controller

Fig.8 H1



$$R1 = +V - 6.8 \text{ in kohm.}$$

Fig.8 H2

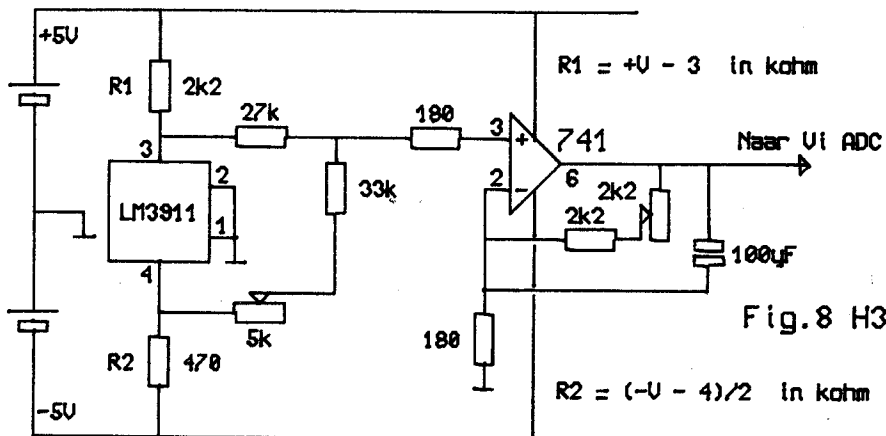


Fig.8 H3

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E 4F	P8H1	LD A,4F	Control word mode 1
1802	D3 83		OUT (83),A	Naar mode contr.req.P
1804	3E 00		LD A,00	LSB vector
1806	D3 83		OUT (83),A	Naar vector regist.B
1808	3E 87		LD A,87	Contr.word Enable IFF
180A	D3 83		OUT (83),A	Enable IFF side B
180C	3E 19		LD A,19	MSB adres vector tab.
180E	ED47		LD I,A	Naar interrupt regis.
1810	ED5E		IM2	Kies interrupt mode 2
1812	DD21 A018		LD IX,18A0	DISPF0 voor SCAN1
1816	DB 81		IN A,(81)	Maak RDY hoog.
1818	21 A018	LUS	LD HL,18A0	DISPF0 voor HEX7SGM
181B	F3		DI	Disable Interrupt
181C	CD A618		CALL 18A6	HEXBCD
181F	2B		DEC HL	Wijs naar
1820	2B		DEC HL	display 1.
1821	CBF6		SET 6,(HL)	Set bit 6 in DISPF1
1823	CD 2406		CALL 0624	SCAN1
1826	FB		EI	Enable Interrupt
1827	18 EF		JR LUS	Herhaal
18A0	00		DISPF0	
18A5	00		DISPF5	
18A6	16 00	HEXBCD	LD D,00	Stel D op 00.
18A8	A7		AND A	Stel flags volgens A
18A9	2B 0A		JR Z,CONV	JR indien A=0.
18AB	47		LD B,A	Hexa-waarde naar B.
18AC	97	PLUS1	SUB A	Stel A op 00.
18AD	3C		INC A	Verhoog A met 1.
18AE	27		DAA	Eventueel decim.maken
18AF	20 02		JR NZ,HERH	JR indien A>00.
18B1	14		INC D	Verhoog honderdtallen
18B2	A7	HERH	AND A	Stel flags volgens A.
18B3	10 F8		DJNZ,PLUS1	B aftellen tot 0.
18B5	CD 7806	CONV	CALL 0678	HEX7SG
18B8	7A		LD A,D	Honderdtallen naar A
18B9	CD 8906		CALL 0689	HEX7
18BC	77		LD (HL),A	Patroon naar DISPF2.
18BD	23		INC HL	Wijs naar DISPF3.
18BE	C9		RET	Terug naar hoofdprog.
18E0	DB 81	I32H1	IN A,(81)	Lees input regis.B
18E2	ED4D		RETI	Terug naar hoofdprog.
1900	E0			
1901	18			

Op adres 1821 wordt bit 6 van DISPBF1 hoog gemaakt, waardoor de subroutine SCAN1 de decimaal punt zal doen oplichten. Voor het meten van de luchttemperatuur kan de LM3911 rechtstreeks in de betrokken omgeving geplaatst worden.

De aansluitpinnen 5 tot 8 van de LM3811 zijn thermisch verbonden met de ingebouwde thermometer. Als een eind koperdraad van 1.5 mm² aan deze pennen gesoldeerd wordt, kan de temperatuur van een vloeistof gemeten worden door het staafje in de vloeistof te dompelen, zonder de LM3911 te bevochtigen.

Voor het afregelen wordt eerst bij smeltend ijs met de trimmer van 5k de display op 00.0 geregeld. Daarna moet de versterking ingesteld worden bij 25° C met de trimmer van 2k2 tot dat de display 25.0 toont.

8.1. Analog switches (analoge schakelaars)

Stel, dat met de vorige schakeling de temperatuur op vier verschillende plaatsen gemeten of gecontroleerd moet worden. Een eenvoudige oplossing zou zijn op de vier plaatsen telkens een opnemer te installeren. Met een handbediende vierstandenschakelaar kan dan het analoge signaal van de gewenste opnemer naar de schakeling gebracht worden. Deze elektro-mechanische oplossing heeft ook zijn nadelen.

De Micro-Prof kan altijd maar één temperatuur tegelijkertijd controleren en weet zonder tussenkomst van de mens niets af van de andere temperaturen. Dit kan wel opgelost worden door de Micro-Prof vier relais te laten sturen die, in plaats van de kiesschakelaar, de opnemers elk op hun beurt met de ADC verbinden. De relais kunnen gestuurd worden door de op output ingestelde klemmen van side A van de PIO.

Software kan er nu voor zorgen dat de temperatuur op elk van de vier plaatsen op het juiste moment gemeten wordt. Eventueel kunnen de gemeten waarden met hun eigen toegelaten grenswaarden vergeleken worden. Door side A van de PIO volledig te benutten voor het sturen van de relais kan de Micro-Prof acht verschillende temperaturen meten. Daar er toch altijd maar één relais ingeschakeld mag worden, kunnen er door een demultiplexer tussen de PIO en de relais te schakelen tot 256 relais gestuurd worden.

De nauwkeurigheid van de metingen hangt nu ook af van de contacteigenschappen van de relais. Over mechanische contacten ontstaan kleine spanningsverliezen. Meestal zijn deze relatief klein t.o.v. de gebruikte spanning en te verwaarlozen.

Hier is de te schakelen spanning betrekkelijk laag (10 mV/C) zodat de spanningsverliezen over de contacten een niet te verwaarlozen invloed kunnen hebben. Door oxidatie van de contacten kan het spanningsverlies flink toenemen. Ook de kostprijs, afmetingen en energieverbruik van relais kunnen hoog genoemd worden. Het traag schakelen van relais kan soms een bezwaar zijn. Hier, bij de langzaam veranderende temperaturen, is dit niet het geval.

Door al deze nadelen is een hele reeks elektronisch analoge relais op de markt gekomen (meestal in CMOS), die *analog switches* worden genoemd. Zo bevat de 4066 vier onafhankelijke analoge relais, waarvan het contact het analoge signaal in beide richtingen kan doorlaten. Ieder relais heeft een sturingang waarop een hoog digitaal signaal het contact in de ON-toestand brengt.

De analoge spanning die door de relais geschakeld kan worden, moet tussen de voedingspanning ($V_{dd} = +3$ tot $+15V$) en de massa (V_{ss}) van de 4066 liggen. De logische ingangen zijn bij deze IC niet direct geschikt voor TTL-signalen. Een sturingang is hoog als $V_c = V_{dd}$ en laag als $V_c = V_{ss}$. Daarom moeten de logische ingangen gestuurd worden door een TTL-poort met open collector. De collector-weerstand (bv. 10 k) moet aan de V_{dd} verbonden zijn. Hierbij wordt verondersteld dat de analoge massa (V_{ss}) en de logische massa (GND van TTL) met elkaar verbonden zijn.

De inwendige weerstand in de ON-toestand ligt rond de 80 Ohm. In de OFF-stand laat het contact slechts ± 100 picoA door. Het contact mag niet zwaarder belast worden dan met een weerstand van 10 kOhm.

Nog voordeliger voor toepassing met de ADC is de 4051, een achtkanaals-multiplexer/demultiplexer voor analoge signalen. Deze bevat acht elektronische eenpolige relais waarvan één zijde van de contacten onderling verbonden is. De acht relais worden gestuurd door een 3-naar-8-decoder. Daardoor zijn er slechts drie control-ingangen, waarop de binaire waarde moet komen van het te activeren relais.

Figuur 8.G.1 toont een proefopstelling met de 4051. Op de analoge ingangen zijn acht verschillende spanningen geplaatst. Met de drie schakelaars kan gekozen worden welke van de analoge spanningen naar de uitgang doorgegeven moet worden.

De logische ingangen (A, B, C en INH) zouden hier ook door TTL gestuurd kunnen worden daar $V_{dd} = +5V$. De contacten kunnen hier analoge spanning tussen 0V en +5V doorgeven. Als de digitale ingang INH (Inhibit = verhinderen) hoog is, gaan alle contacten open, ongeacht hoe de ingangen A, B en C zijn.

Bij het overschakelen kunnen het openend en het sluitend contact kort met elkaar in verbinding staan. Dit kan vermeden worden door om te schakelen terwijl de ingang INH hoog is. De 4051 kan ook negatieve analoge spanningen doorgeven als op Vee (analoge massa) een negatieve spanning wordt aangesloten. Met +5V op V_{dd} en -5V op Vee kunnen analoge spanningen van +5V tot -5V doorgegeven worden. De logische spanningen (A, B, C en INH) zijn dan hoog als $V_c = V_{dd}$, en laag als $V_c = V_{ss}$ (logische massa). V_{ss} mag nooit lager zijn dan Vee.

De 4051 kan de signalen van acht opnemers achtereenvolgens naar eenzelfde ADC brengen. De Z80 moet dan wel de adressen (000-111) langs side A van de PIO naar de A, B en C-ingangen brengen. Zo'n systeem heet *input multiplexing*, en is alleen bruikbaar als de signalen langzaam veranderen.

Voor meerdere snel veranderende signalen moet iedere opnemer zijn eigen eenkanaals-converter hebben, waarvan de digitale resultaten dan op de databus gemultiplext worden. Ook waar meer opnemers op grote afstand van de processor staan is er een eenkanaals-converter nodig per opnemer. Deze staat dan bij de opnemer. Het digitaal meetresultaat (8 of 10 bits) kan dan over de grote afstand niet parallel verstuurd worden wegens de storingsgevoeligheid. Seriële data-overdracht is minder storingsgevoelig, en wordt daar dan ook toegepast. Bij de processor moeten dan alle seriële signalen weer omgezet worden naar parallel voordat ze op de databus gemultiplext kunnen worden.

De IC 4051 kan beschouwd worden als een eenpolige achtstanden-schakelaar met nulstand. Tot dezelfde familie behoort ook de 4052 (tweepolig vier standen + nulstand), en de 4053 (driepolig, twee standen + nulstand).

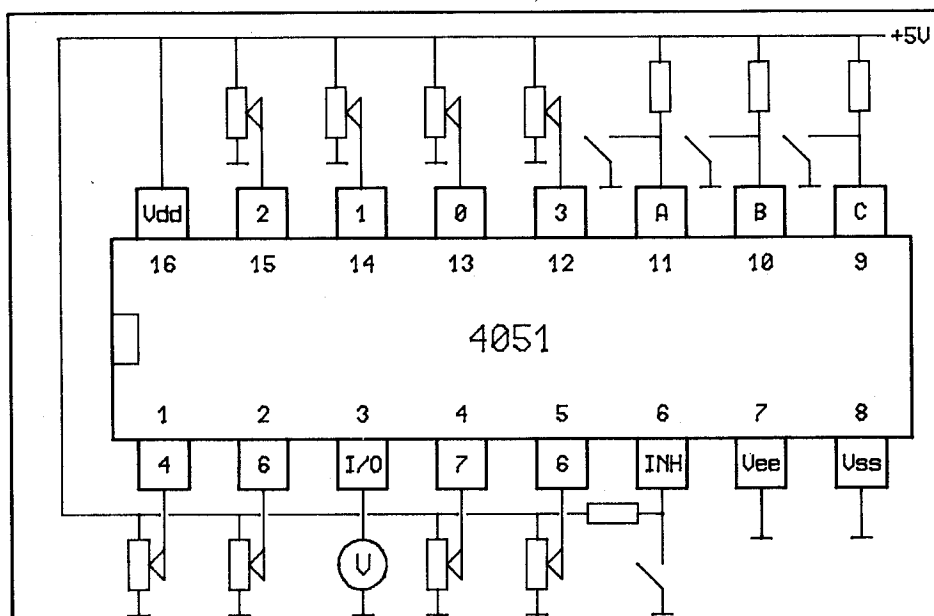


Fig.8 I1

9. HET STUREN VAN STAPPENMOTOREN

9.A. De werking van de stappenmotor

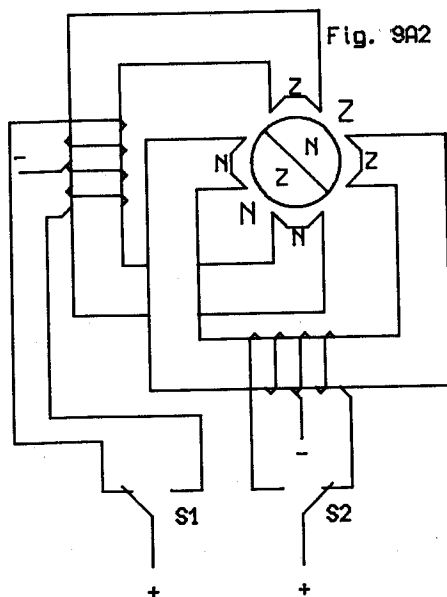
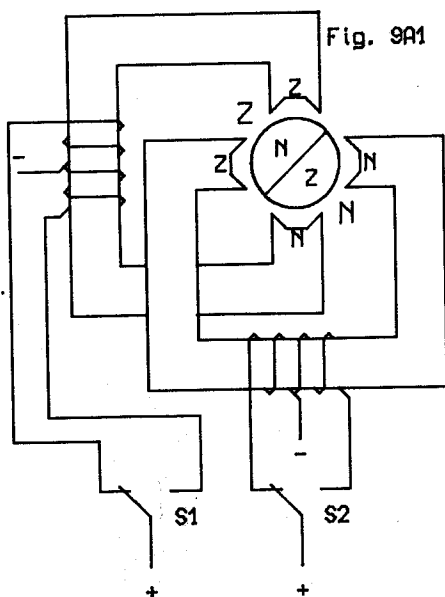
De stappenmotor is in staat digitale data om te zetten in mechanische beweging. Bij een stappenmotor in zijn eenvoudigste vorm bestaat de rotor uit een permanente magneet. De stator heeft twee poolparen, hun magnetisch veld wordt opgewekt door twee dubbele spoelen. De polariteit van het veld is afhankelijk van de ingeschakelde spoelhelft.

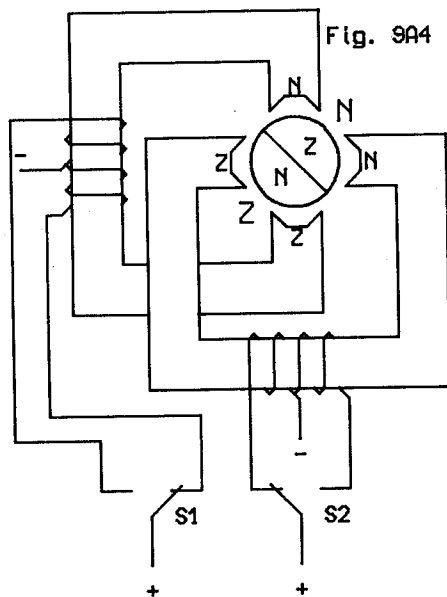
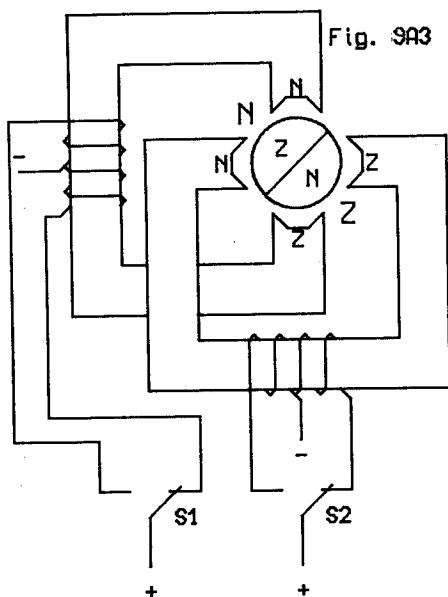
In fig. 9.A.1 veroorzaakt het elektromagnetisme een zuidpool bovenaan links. De rotor neemt daardoor de stand aan zoals in de figuur.

Door nu S2 om te schakelen komt de zuidpool boven rechts, zoals in fig. 9.A.2. De rotor draait een kwart toer in de richting van de wijzers van de klok. Wordt nu S1 omgeschakeld zoals in fig. 9.A.3, dan komt de zuidpool onder rechts, en draait de motor weer een kwarttoer met de klok mee.

De zuidpool komt naar links onder als S2 weer omgeschakeld wordt zoals in fig. 9.A.4, waardoor de motor nog een kwart toer verder draait in dezelfde richting. Als nu S1 omgeschakeld wordt is de uitgangstoestand van fig. 9.A.1 bereikt. De motor heeft met de klok mee een volledige omwenteling gemaakt in vier stappen.

Wordt S2 uit fig. 9.A.1 in de middenstand geplaatst, dan is er alleen een zuidpool bovenaan en verdraait de rotor een achtste toer. Door daarna S2 verder naar rechts te zetten wordt de toestand van fig. 9.A.2 bereikt en verdraait de motor weer 1/8 toer. Bij deze schakelmethode verstaat de rotor per 45 graden of halve stap. Het kleinere magnetische veld verlaagt het koppel van de motor. Als de schakelaars in omgekeerde volgorde bediend worden zal de draairichting ook omgekeerd zijn.





In de praktijk komen dergelijke vierpolige motoren weinig voor. Meestal zijn er 24, 48, 96 of zelfs meer polen. Daardoor kan de motor kleinere stappen maken en is het koppel groter. De staphoek is het aantal graden dat de rotor verdraait per volle stap, en dus afhankelijk van het aantal polen.

De staphoek van een motor met 24 polen is $360/24 = 15$ graden, of 7 graden 30' per halve stap. Een motor met 96 polen bevat dus geen 96 spoelen. Het grote aantal polen wordt verkregen door de mechanische constructie.

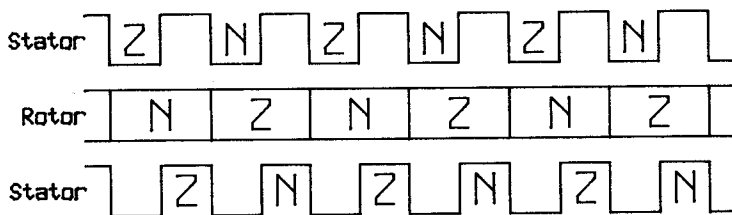


Fig. 9A5

Figuur 9.A.5 toont een fragment van de rotor en de stator gezien dwars op de asrichting. Meestal heeft een stappenmotor zes aansluitdraden, vier stuurdraden en twee middenaftakkingen. In plaats van één spoel met middenaftakking kunnen er ook twee spoelen op eenzelfde pool liggen en zijn er acht aansluitdraden. Welke spoelen bij elkaar horen kan gevonden worden door ze in serie te schakelen en er een wisselspanningvoltmeter op aan te sluiten. Bij het verdraaien van de as mag dan geen spanning gemeten worden.

9.B. Het sturen van de stappenmotor

De standen van de schakelaars uit de figuren 9.A.1 tot 9.A.4 kunnen als volgt in tabel gebracht worden :

Hele stappen

S1		S2	
L	R	L	R
*		*	
	*	*	
	*		*
*			*

Halve stappen

S1		S2	
L	R	L	R
*		*	
		*	
	*	*	
	*		*
*			*
*			*

Elke wisselschakelaar wordt vervangen door twee powertransistoren BD138. Een diode beschermt de transistor tegen inductiespanningen van de motor. Als de geleidingstoestand van de transistor door een 1 wordt voorgesteld en het blokkeren door een 0, kan weer een tabel aangeven welke binaire waarden aan de transistoren aangeboden moeten worden.

Hele stappen

T1	T2	T3	T4	Hex
1	0	1	0	A
0	1	1	0	6
0	1	0	1	5
1	0	0	1	9

Halve stappen

T1	T2	T3	T4	Hex
1	0	1	0	A
0	0	1	0	2
0	1	1	0	6
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	0	0	1	1
1	0	0	1	9
1	0	0	0	8

Deze waarden moeten met tussenpozen achtereenvolgens aan de transistoren aangeboden worden om de motor te laten draaien.

Een binaire teller levert wel al deze waarden, maar niet in de gewenste volgorde. Wel kan de binaire waarde van de teller omgevormd worden via een binair-decimaal decoder en een diodematrix in de gewenste code voor de stappenmotor. Figuur 9.B.1 toont het volledige schema. De binaire waarde van de teller (74193) wordt door de rechtse 7442 omgevormd tot vier lijnen die een diodematrix sturen en de juiste signalen op de transistoren brengen zodat de motor met hele stappen beweegt.

Met het signaal 1/2-1/1 wordt de linker 7442 actief die een diodematrix met achttienvoedt, waardoor de motor per halve stap beweegt. De 74193 is een up/down counter die op- en aftelt naargelang de pulsen op Tu of Td worden toegevoerd. Bij het aftellen komen de codes in omgekeerde volgorde op de motor, zodat deze dan ook in omgekeerde richting draait.

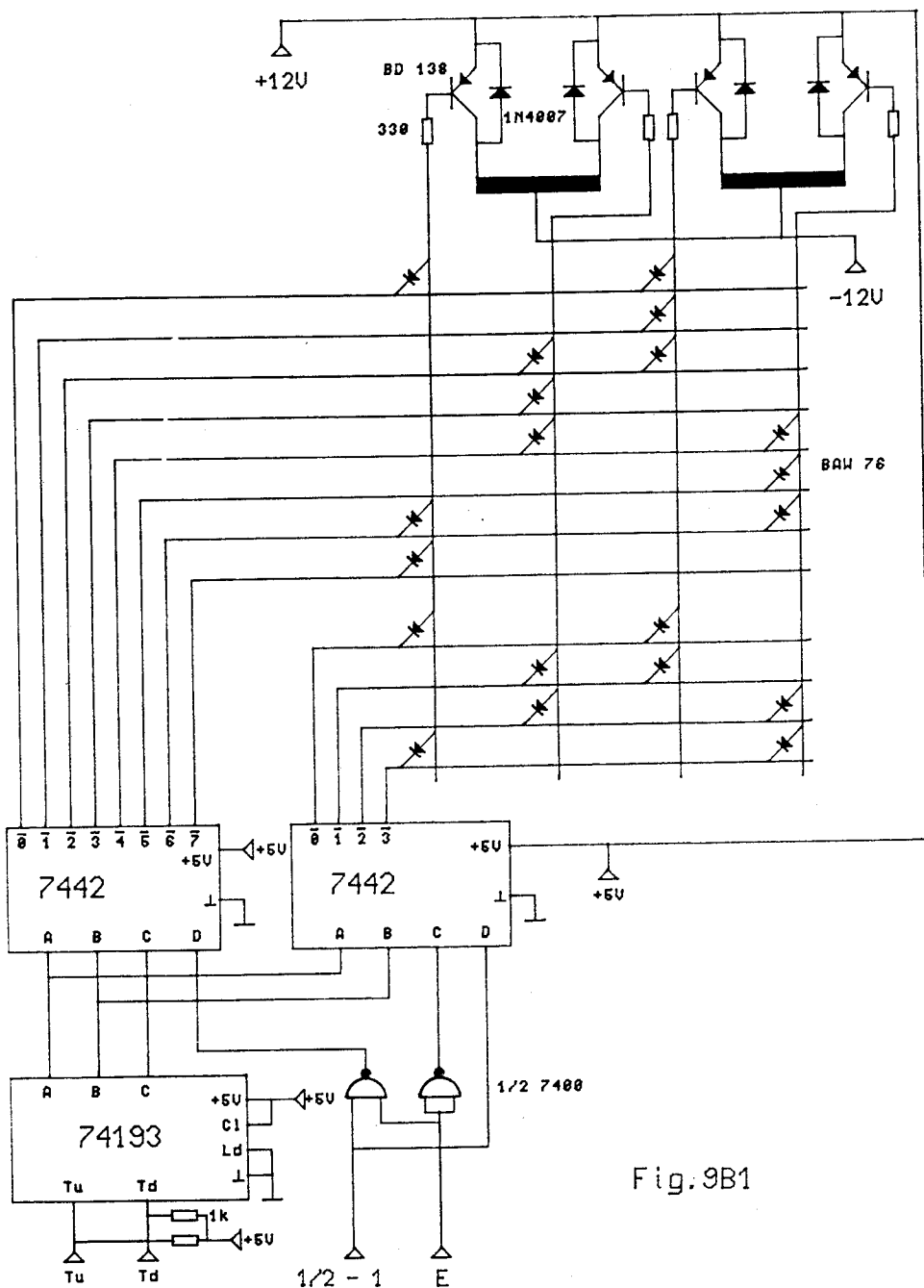


Fig. 9B1

Als er lange tijd geen pulsen toegevoerd worden, blijft er onnodig stroom door de motor lopen. Door de ingang E laag te maken worden de beide 7442's in overflow gestuurd, waardoor al de gebruikte uitgangen hoog worden. De diodematrix schakelt alle stroom naar de motor uit. Ter vervanging van dit tamelijk uitgebreide schema zijn er ook taakgerichte integrated circuits voor het sturen van een stappenmotor.

De SAA1027 (van RTC) kan met zijn vier uitgangen direct de spoelen van een stappenmotor voeden als deze maximaal 350 mA verbruiken. Een puls op een ingang beweegt de motor één stap in de richting die bepaald wordt door het niveau van een tweede ingang.

Voedingsspanningen tot maximaal 18 V zijn bruikbaar, waarbij de ingangssignalen dezelfde waarden moeten hebben als de voedingsspanning. Met de UNC4202A (van Sprague) kan per spoel 600 mA geschakeld worden en voldoen TTL-signalen op de ingangen, ook als de voedingsspanning meer is dan +5 V.

9.C. De stappenmotor sturen door de Micro-Prof

Als een stappenmotor in een schakeling met een microprocessor opgenomen wordt, volstaan een latch en een vermogensschakeling. De CPU is zelf in staat om op het juiste ogenblik de gepaste code aan de stappenfasenmotor aan te bieden. Als de Micro-Prof voorzien is van een PIO, vervalt de latch en is alleen nog een vermogensschakeling nodig.

Figuur 9.C.1 toont een stappenmotor die geschakeld wordt door twee elektronische wissel-schakelaars. De Micro-Prof moet slechts twee signalen leveren, maar er loopt altijd stroom door twee spoelen. Ook als de motor langdurig moet stilstaan, kan deze stroom niet onderbroken worden. Daar deze stroom zelfs iets groter is dan bij het stappen, wordt de koeling benadeeld.

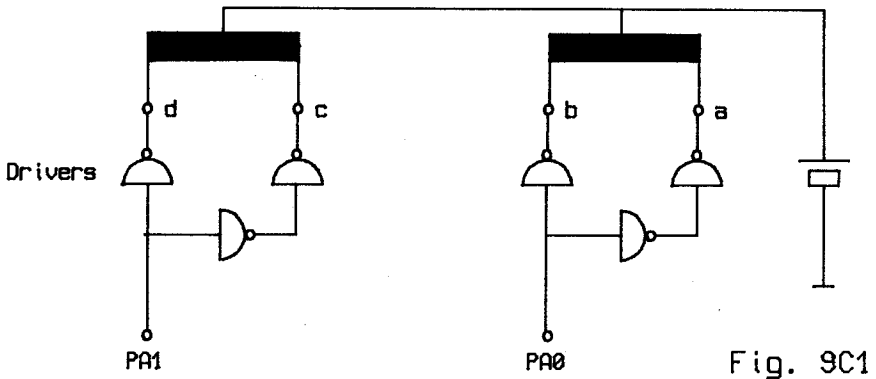


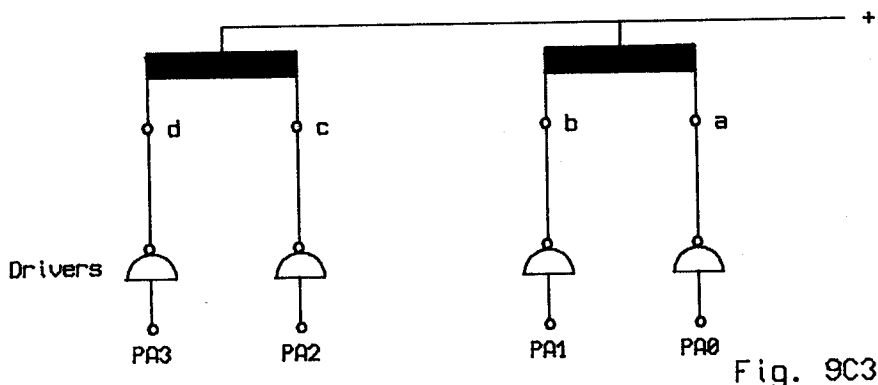
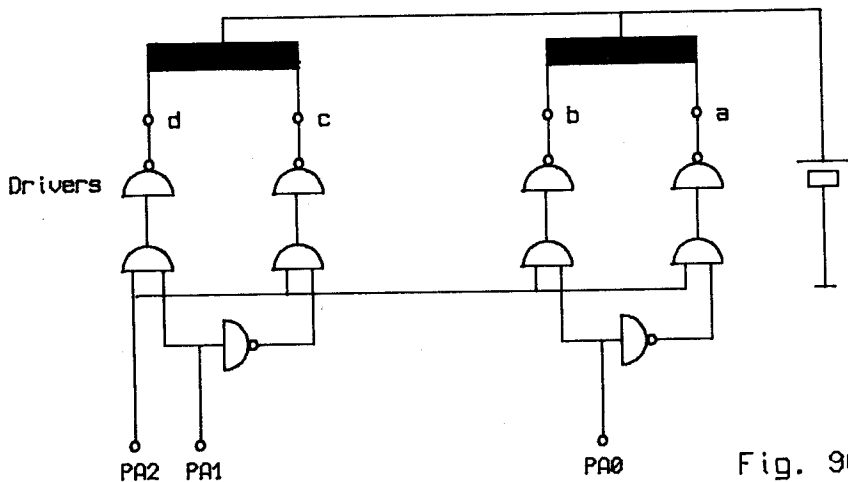
Fig. 9C1

Door het bijschakelen van 4 AND-poorten zoals in figuur 9.C.2 kan de motorstroom wel onderbroken worden, maar de Micro-Prof moet nu ook één signaal meer leveren.

Beide schakelingen kunnen de motor alleen met hele stappen laten bewegen. Als zowel uit-schakelen als halve stappen gewenst is, moet de schakeling uit figuur 9.C.3 gebruikt worden.

Daar moet de Micro-Prof wel vier signalen leveren, maar de hardware is eenvoudiger.

Hoewel niet noodzakelijk, wordt liefst aan iedere motorspoel een led (met weerstand) parallel geschakeld. De werking is dan gemakkelijker te volgen en eventuele software-fouten kunnen vlugger ontdekt worden.



9.D. Het testen van de hardware

Voordat met de software begonnen wordt, moet er eerst 100 % zekerheid zijn dat de hardware in orde is. Daarom eerst een zo eenvoudig mogelijk programma, dat elke spoel afzonderlijk kan inschakelen. Daarin moet natuurlijk eerst side A van de PIO in mode 3 gesteld worden. Daarna wordt A geladen en naar het output-register van de PIO gebracht.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P9D1	LD A,CF	Contr.word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.req.A
1804	3E F0		LD A,F0	Contr.word IIII 0000
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O sel.req.A
1808	3E 00		LD A,00	Alle spoelen afschak.
180A	D3 80		OUT (80),A	Naar stappenmotor.
180C	C7		RST 00	Naar monitor

Na het uitvoeren van P9D1 moeten alle leds uit zijn. Een mA-meter in de gemeenschappelijke lijn mag geen stroom aanwijzen. Nu kan iedere spoel afzonderlijk bekrachtigd worden door de waarde op adres 1809 achtereenvolgens te vervangen door 01, 02, 04, 08. Voor iedere waarde moet een andere led gaan oplichten, maar moet de stroom (ongeveer) dezelfde blijven. Op dezelfde manier kan de motor nu ook telkens één stap verplaatst worden door de volgende waarden :

Binaire	Hexa
0000 0101	05
0000 0110	06
0000 1010	0A
0000 1001	09

Iedere stap moet hierbij in dezelfde richting gebeuren. De stroom moet het dubbele zijn van de vorige metingen.

9.E. Voortdurend draaien met vaste snelheid

Om de stappenmotor voortdurend met constante snelheid te laten draaien moeten de codes in de juiste volgorde en met vaste tussenpozen naar de motor gebracht worden. Daar de tijdsvertraging meer malen nodig is kan deze het best in een subroutine opgewekt worden.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P9E1	LD A,CF	Contr.word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.req.A
1804	3EF0		LD A,F0	Contr.word I III 0000
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O sel.req.A
1808	16 80	LUS	LD D,80	Instellen tijdsvertr.
180A	3E 05		LD A,05	Eerste motorcode
180C	D3 80		OUT (80),A	Naar motor
180E	CD 8018		CALL 1880	Subroutine TIJD
1811	3E 06		LD A,06	Tweede motorcode
1813	3D 80		OUT (80),A	Naar motor
1815	CD 8018		CALL 1880	Subroutine TIJD
1818	3E 0A		LD A,0A	Derde motorcode
181A	D3 80		OUT (80),A	Naar motor
181C	CD 8018		CALL 1880	Subroutine TIJD
181F	3E 09		LD A,09	Vierde motorcode
1821	D3 80		OUT (80),A	Naar motor
1823	CD 8018		CALL 1880	Subroutine TIJD
1826	18 E2		JR LUS	Herhaal
1880	D5	TIJD	PUSH DE	Bewaar DE op stack
1881	1E 00	BUITL	LD E,00	Stel req.E op 00
1883	1D	BINNL	DEC C	Req.C aftellen
1884	20 FD		JR NZ,BINNL	Herhaal tot E=0
1886	15		DEC D	Tel D af
1887	20 F8		JR NZ,BUITL	Herhaal tot D=0
1889	D1		POP DE	Haal DE van stack
188A	C9		RET	Terug naar hoofdprog.

Taak 1. Laat de motor in de andere richting draaien.

Taak 2. Verlaag het toerental van de motor.

Taak 3. Stel proefondervindelijk het hoogst mogelijke toerental vast voor de beide draai-richtingen.

9.F. Aansluitingen wijzigen

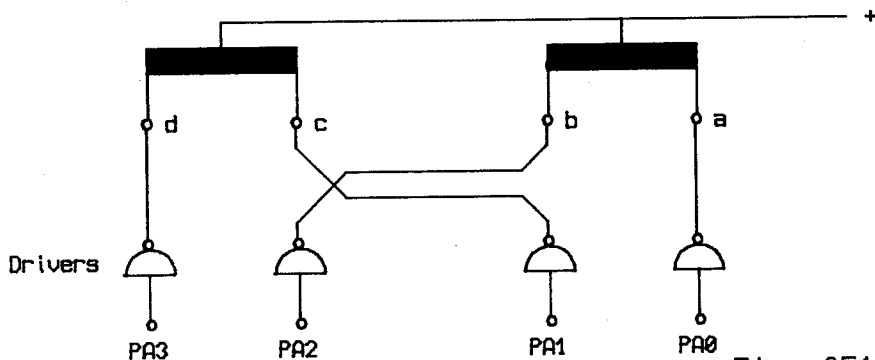


Fig. 9F1

Als de motoraansluiting gewijzigd wordt in die van figuur 9.F.1, kan de motor toch nog door het vorige programma gestuurd worden als de volgende codes gebruikt worden :

Binair	Hexa
0000 0011	03
0000 0110	06
0000 1100	0C
0000 1001	09

In deze codes zit nu nog geen wiskundige regelmaat, maar wel een logische. De vier laagste bits moeten circuleren als een byte, onder invloed van de RLC-instructie. Dit kan bereikt worden door in de hoogste nibble dezelfde waarde te laden en de RLC-instructie te gebruiken.

Binair	Hexa
0011 0011	33
0110 0110	66
1100 1100	CC
1001 1001	99

Daardoor kan nu een veel korter programma geschreven worden.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P9F1	LD A,CF	Contr.word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.req.A
1804	3E F0		LD A,F0	Contr.word I III 0000
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O sel.req.A
1808	3E 33	MOT	LD A,33	Startwaarde motorcode
180A	16 10		LD D,10	Instellen tijdsvertr.
180C	D3 80		OUT (80),A	Naar motor
180E	CD 8018		CALL TIJD	Subroutine TIJD
1811	07		RLCA	Volgende motorcode
1812	18 F8		JR MOT	Blijf herhalen.
1880	D5	TIJD	PUSH DE	Bewaar DE op stack
1881	ENZ.....			

Taak. Laat de motor in de andere richting draaien.

9.G. Beperkte bewegingen

Een programma kan ook het aantal uitgevoerde stappen tellen en de motor stoppen als een bepaald aantal is bereikt. Een aangedreven mechanisch onderdeel zal daardoor een bepaalde mechanische beweging uitvoeren. Daarmee is dan het basisprincipe van een plotter of een geprogrammeerde machine bereikt.

Wordt bijvoorbeeld een motor met een staphoek van 7 graden 30 minuten gebruikt, dan moeten er 48 stappen uitgevoerd worden om de as precies één omwenteling te laten maken. Hexadecimaal zijn dit 30 stappen. Voor het aftellen van de stappen is het register B met zijn DJNZ-instructie het meest geschikt.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P9G1	LD A,CF	Contr.word mode 3
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.req.A
1804	3E F0		LD A,F0	Contr.word I III 0000
1806	D3 83		OUT (82),A	Naar I/O sel.req.A
1808	3E 33	MOT	LD A,33	Startwaarde motorcode
180A	16 10		LD D,10	Instellen snelheid
180C	06 30		LD B,30	Aantal stappen
180E	D3 80		OUT (80),A	Naar motor
1810	CD 8018		CALL 1880	Subroutine TIJD
1813	07		RLCA	Volgende motorcode
1814	10 F8		DJNZ,MOT	Herhaal tot B=0
1816	C7		RST 00	Naar monitor
1880	D5	TIJD	PUSH DE	Bewaar DE
1881	ENZ.....			

Als de motor een volledige omwenteling heeft gemaakt stopt hij wel, maar er blijft stroom door twee spoelen lopen. Door een uitbreiding van het programma kan de motorstroom na de laatste stap uitgeschakeld worden.

1816	AF		XOR A	Stel A op 00.
1817	D4 80		OUT (80),A	Naar motor.
1819	C7		RST 00	Naar monitor.
1880	D5	TIJD	PUSH DE	Bewaar DE op stack.
1881	ENZ.....			

Taak 1. Laat de motor twee toeren in omgekeerde richting draaien.

Taak 2. Laat de motor de grootste beweging maken die mogelijk is met P9G1.

9.H. Meer bewegingen na elkaar

De informatie over de uit te voeren beweging (aantal stappen en snelheid) staat bij P9G1 in het programma zelf. Als zij buiten het programma wordt geplaatst, kan ze gemakkelijker en met minder risico veranderd worden. Door het aanwijzen van HL kan de informatie eenvoudig door het programma opgehaald worden.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P9H1	LD A,CF	Contr.word mode 3.
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.req.A
1804	3E F0		LD A,F0	Contr.word IIII 0000
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O sel.req.A
1808	3E 33	MOT	LD A,33	Startcode motor.
180A	21 0019		LD HL,1900	Adres beweginginfo.
180D	46		LD B,(HL)	Aantal stappen in B.
180E	23		INC HL	Verhoog HL.
180F	56		LD D,(HL)	Snelheid in D.
1810	D3 80		OUT (80),A	Naar motor.
1812	CD 8018		CALL 1880	Subroutine TIJD.
1815	07		RLCA	Volgende motorcode.
1816	10 F8		DJNZ	Herhaal tot B=0.
1818	C7		RST 00	Naar monitor.
1880	D5	TIJD	PUSH DE	Bewaar DE op stack.
1881	ENZ.....			

Het is nu niet meer zo moeilijk om verschillende bewegingen die in het geheugen staan na elkaar te laten uitvoeren. Nadat een beweging afgewerkt is, moet gewoon de informatie voor de volgende opgehaald worden. Wel moet er in het taakgeheugen na de informatie voor de laatste beweging een code volgen waaraan het programma kan herkennen, dat de taak beëindigd is en de motorstroom uitgeschakeld mag worden. Daar een beweging toch nooit zal bestaan uit nul stappen is de waarde 00 als stopper heel geschikt. De volgorde stappen-snelheid-snelheid—snelheid-00 in het taakgeheugen moet strikt gevolgd worden.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P9H2	LD A,CF	Contr.word mode 3.
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.reg.A
1804	3E F0		LD A,F0	Contr.word IIII 0000.
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O sel.reg.A
1808	3E 33	BEGE	LD A,33	Startcode voor motor.
180A	21 0019		LD HL,1900	Begin taakgeheugen.
180D	46		LD B,(HL)	Stappen in B.
180E	04		INC B	Is het
180F	05		DEC B	nul ?
1810	28 00		JR Z,STOP	Ja, dan naar STOP.
1812	23	MOT	INC HL	Verhoog HL.
1813	56		LD D,(HL)	Snelheid in D.
1814	23		INC HL	Verhoog HL.
1815	D3 80		OUT (80),A	Naar motor.
1817	CD 8018		CALL 1880	Subroutine TIJD.
181A	07		RLCA	Volgende motorcode.
181B	10 F8	STOP	DJNZ,MOT	Herhaal tot B=0.
181D	18 EE		JR BEGE	Volgende beweging.
181F	AF	STOP	XOR A	Stel A op 0.
1820	D3 80		OUT (80),A	Schakel stroom uit.
1822	C7	TIJD	RST 00	Naar monitor.
1880	D5		PUSH DE	Bewaar DE op stack.
1882	ENZ.....			
1900	04	TAAK		4 stappen
1901	20			langzaam.
1902	28			28 stappen
1903	05			snel.
1904	04			4 stappen
1905	20			langzaam.
1906	00			Einde taak.

De inhoud van het taakgeheugen laat de motor één volle omwenteling maken, maar met vertraagd starten en stoppen. Het aantal bewegingen die na elkaar kunnen worden uitgevoerd, is alleen beperkt door de beschikbare RAM. Daarmee is de sturing weer een stap dichterbij die voor een geprogrammeerde machine gekomen.

9.1. Geprogrammeerde draairichting

De gewenste draairichting zou ook in het taakgeheugen genoteerd kunnen worden door een derde byte per beweging op te nemen. Een minder geheugenverbruikende mogelijkheid is de draairichting te plaatsen in bit 7 van de snelheidsbyte. Daardoor wordt echter de grootste tijdsvertraging tussen twee motorstappen de helft kleiner, waarmee de laagst mogelijke snelheid wordt verdubbeld. Daar de zeer lage snelheden toch weinig toepassing vinden, wordt hier voor dit compromis gekozen.

De laagste snelheid met de klok mee zal nu bereikt worden met 7F, en tegen de klok in met FF.

Met andere woorden : de snelheid kan gekozen worden met waarden van 7F (langzaamst) tot 1 à 10 (snelst — afhankelijk van motor en belasting) in de richting van de wijzers van de klok. Door bij de gekozen waarde nog eens 80 op te tellen wordt de tegenovergestelde richting verkregen.

Adres	Mach. taal	Label	Mnemonic	Verklaring
1800	3E CF	P911	LD A,CF	Contr.word mode 3.
1802	D3 82		OUT (82),A	Naar mode contr.req.A
1804	3E F0		LD A,F0	Contr.word IIII 0000.
1806	D3 82		OUT (82),A	Naar I/O sel.req.A.
1808	3E 33	BEGE	LD A,33	Startcode voor motor.
180A	21 0019		LD HL,1900	Adres taakgeheugen.
180D	46		LD B,(HL)	Stappen in B.
180E	04		INC B	Is het
180F	05	TEST	DEC B	nul ?
1810	28 14		JR Z,STOP	Ja, dan naar STOP.
1812	23		INC HL	Verhoog HL.
1813	56		LD D,(HL)	Zin en snelheid in D.
1814	23	TEST	INC HL	Verhoog HL.
1815	0E 7A		BIT 7,A	Tegenwijzerszin ?
1817	20 03		JR NZ,TEGWZ	Dan naar TEGEnWijzerZ
1819	07		RLCA	1 stap wijzerszin.
181A	18 01	TEGWZ MOT	JR MOT	Naar MOTor.
181C	0F		RRCA	1 stap tegenwijzerzin
181D	D3 80		OUT (80),A	Naar motor.
181F	CD 8018		CALL 1880	Subroutine TIJD1.
1822	10 F1	STOP	DJNZ,TEST	Herhaal tot B=0.
1824	18 E7		JR BEGE	Volgende beweging.
1826	AF		XOR A	Stel A op 00.
1827	D3 80		OUT (80),A	Schakel stroom uit.
1829	C7	TIJD1	RST 00	Naar monitor.
1880	D5		PUSH DE	Bewaar DE op stack.
1881	CBBA		RESET 7,D	Maak bit 7 avn. D laag
1883	1E 00		LD E,00	Stel E op 00.
1885	1D	BUILT BINL	DEC E	Req.E aftellen.
1886	20 FD		JR NZ,BINL	Herhaal tot E=0.
1888	15		DEC D	Tel D af.
1889	20 F8		JR NZ,BUILT	Herhaal tot D=0.
188B	D1	TAAK	POP DE	Haal DE van de stack.
188C	C9		RET	Terug naar hoofdprog.
1900	30			30 stappen
1901	60			langzaam wijzerszin.
1902	30			30 stappen
1903	05			snel tegenwijzerszin.
1904	00			Einde taak.

Daar de bit die de draairichting aangeeft geen invloed mag hebben op de snelheid, is de sub-routine iets gewijzigd. Met een RESET 7,D-instructie wordt deze bit laag gemaakt.

Als de motor een beitel van een draaibank aandrijft, zal de vermelde taak de beitel eerst langzaam bewegen (afdraaien). Daarna wordt de beitel met de hoogste snelheid naar zijn oorspronkelijke plaats teruggebracht.

10. EEN ZELFGEBOUWDE PLOTTER

10.A. Inleiding

Om de kennis die is opgedaan in het vorige hoofdstuk te benutten, is er een mechanisch toestel nodig dat aangedreven wordt door stappenmotoren.

Een machine met assen, aangedreven door stappenmotoren, is wel bruikbaar, maar heeft toch enkele nadelen. Meestal is zo'n werktuigmachine te koop met aangebouwde (overbodige) sturing, waardoor de prijs zeer hoog ligt. Door de noodzakelijke grote krachten is het experimenteren met zo'n machine niet zonder gevaar. Een verkeerde beweging van een stappenmotor kan de beitel te diep in het werkstuk drukken. Mechanische beschadiging, en zelfs het uitslingeren van het werkstuk, kan het gevolg zijn. Ook is kennis en ervaring met zulke machines een noodzaak en zijn de kosten van het te bewerken materiaal niet te verwaarlozen.

Wie over een goed uitgeruste werkplaats beschikt kan wel een bestaande miniatuu draaibank aanpassen door (flinke) stappenmotoren te monteren die de X-as en de Y-as aandrijven.

Het aanbod van kleine robotarmen op de markt is nog zeer beperkt. De kans dat men de kinderziekten op de koop toe krijgt is niet uitgesloten. Het zelf bouwen van een behoorlijk functionerende robotarm kan als onmogelijk beschouwd worden. Ook is een robotarm iets teveel van het goede. Gemiddeld wordt hij aangedreven door zes stappenmotoren, waardoor de sturing niet eenvoudig is. Meestal zal de hoge kostprijs van een robotarm doen uitzien naar een ander mechanisch toestel dat aangedreven wordt door stappenmotoren.

Een plotter kan beschouwd worden als een tekenrobot. Een pen wordt via de X-as bewogen door een stappenmotor en via de Y-as door een tweede stappenmotor. Een elektromagneet kan de pen laten opheffen of op het papier laten neerdrukken.

Het aanbod van plotters begint op gang te komen, maar toch kan de prijs nog niet laag genoemd worden. Dit wordt ook veroorzaakt door de ingebouwde sturing en intelligentie.

Het zelf bouwen van het mechanische deel van een plotter ligt binnen de mogelijkheid van een ervaren metaalbewerker. Zeker wanneer als basis het mechanisme van een tekentafel gebruikt wordt.

Wie minder ervaring heeft in metaalbewerking, of niet over de nodige werktuigen beschikt, kan zelf een didactische plotter bouwen met Fischertechnik. Het is deze laatste mogelijkheid die verder besproken zal worden. Deze plotter kan tekeningen maken op gewoon papier van het formaat DIN A4.

10.B. De mechanische opbouw

Plotters kunnen onderverdeeld worden in flat bed plotters en drum plotters.

Van een flat bed plotter ligt het papier vast op een vlak bed. De pen kan zowel in de X als in de Y-richting bewegen. De afmetingen van de tekeningen zijn beperkt door de maten van het bed.

Een drum plotter kan de pen alleen in de X-richting bewegen. Het papier is op een draaibare trommel (drum) bevestigd. Door het verdraaien van de trommel worden de Y-lijnen getekend. De afmetingen van de tekening zijn beperkt door de beweging van de pen en de omtrek van de trommel.

Bij een variatie van de drum plotter is geen trommel meer aanwezig. Het papier zit geklemd tussen twee rollen die door de Y-motor aangedreven worden. De afmeting van de tekening in de Y-richting is hierdoor theoretisch onbeperkt. Het zwakke punt bij dit soort plotters is de

mogelijke slip tussen het papier en de rollen. Alhoewel hier meestal ook van een drum plotter gesproken wordt, zou een naam als 'rollen-plotter' duidelijker zijn.

Voor de zelf te bouwen plotter is het rollenprincipe gekozen, omdat de mechanische opbouw beter te realiseren is met Fischertechnik. Kies stappenmotoren met een groot aantal stappen om voldoende nauwkeurigheid te verkrijgen.

Daar een opbouw met een constructiesysteem nooit zo soepel kan lopen als een fijn-mechaniek, moeten de stappenmotoren voldoende kracht hebben. Een goed resultaat kan bereikt worden met stappenmotoren waarop de volgende gegevens voorkomen :

SUPERIOR ELECTRIC

SLO-SYN SYNCHRONOUS/STÉPPING MOTOR

TYPE MO61-FD-6126 200 STEPS PER REV 11.2 V 0.44 A

De mechanische overbrenging tussen de pen en zijn stappenmotor en tussen de rollen en hun stappenmotor moet zo rechtstreeks mogelijk gebeuren. Elk tussengeschakeld tandwiel veroorzaakt een speling die de nauwkeurigheid nadelig beïnvloedt.

De pen wordt gemonteerd op een glijblok dat kan bewegen over twee parallelle glijassen van 4 mm diameter. Aan één uiteinde van de glijassen is de X-motor opgesteld met zijn as verticaal, waarop een tandwiel met 20 tanden (diameter 30 mm) is bevestigd. Eenzelfde tandwiel op een verticale as is gemonteerd aan het andere einde van de glijassen. Door een gesloten ketting kan de X-motor het glijblok over de glijassen bewegen. De pen wordt met een verend scharnierstuk op het glijblok bevestigd.

Voor de rollen die het papier moeten aandrijven worden twee assen gebruikt waarop wielen van 30 mm zijn gemonteerd. De onderste rol wordt aangedreven door de Y-motor. Deze is, met zijn as horizontaal, gemonteerd in het verlengde van de onderste rol. Daardoor volstaat een enkele cardankoppeling voor de verbinding tussen de Y-motor en de onderste rol.

De bovenste rol is scharnierend opgesteld, en wordt door twee elastiekjes op de onderste rol gedrukt. Hoewel niet noodzakelijk, kan ook de bovenste rol door de onderste aangedreven worden via twee tandwielen met elk twintig tanden. Daar de steekdiameter van het tandwiel (X-as) dezelfde is als de diameter van de rollen (Y-as) zal een omwenteling van de X-motor een lijn met dezelfde lengte tekenen als een omwenteling van de Y-motor.

10.C. Het aansluiten van de motoren

Als de voorgestelde motoren gebruikt worden kan iedere spoel van de beide motoren nog net geschakeld worden door een driver uit een IC ULN 2003 (XR 2203 — MC 1413 — SN 75478). De motoren worden aangesloten zoals in figuur 9.F.1.

De ingangen van de vier drivers voor de X-motor worden eveneens als in figuur 9.F.1 aangesloten op de klemmen PA0-PA3 van de Micro-Prof, de ingangen van de drivers voor de Y-motor in dezelfde volgorde op de klemmen PA4-PA7.

Als voeding voor de motoren is een gelijkspanningsbron van 12V nodig die 2 Amp. kan leveren. Na opstelling en aansluiting kan iedere motor afzonderlijk getest worden met een van de programma's uit hoofdstuk 9.

10.D. Het sturen van de beide motoren

Voor iedere stap moet een code naar de stappenmotor gestuurd worden. Deze code is niet alleen afhankelijk van de gewenste draairichting, maar ook van de vorige code die aan de motor is aangeboden. In P9I1 wordt de laatste code die naar de motor is gebracht in A

bewaard, zo zijn er nooit problemen om de volgende code op te roepen. Ook niet als het de eerste stap is van een volgende beweging.

Als er nu twee stappenmotoren moeten worden gestuurd, moet de laatste code van iedere motor afzonderlijk bewaard worden. De code van de Drum-motor kan bewaard worden in register D, en van de pEn-motor in register E. Het oproepen van de volgende code kan dan met de instructies RRC D en RLC D voor de Drum-motor, en met RRC E en RLC E voor de pEn-motor. Om de beide codes naar de motoren te brengen moet een nibble (halve byte) van D en een nibble van E samengevoegd worden tot één byte en naar poort A van de PIO overgebracht worden.

Bij een plotter heeft het geen zin dat iedere beweging met een andere snelheid gebeurt. Een bepaalde, maar instelbare snelheid voor alle bewegingen is voldoende. De code voor de gewenste snelheid wordt bewaard op adres 19FF. Vanaf adres 1A00 wordt dan de informatie voor de bewegingen geplaatst. Als telkens maar één motor alleen gestuurd wordt, kunnen lijnen getrokken worden in de richtingen noord, oost, zuid en west.

De taaktabel die begint op adres 1A00 moet de gegevens voor iedere te tekenen lijn bevatten. De gegevens voor iedere te tekenen lijn staan in twee opeenvolgende bytes. In de eerste staat een code die de richting van de lijn aangeeft, en in de tweede de lengte van de lijn, uitgedrukt in stappen. Ook hier kan gesproken worden van een opcode (tekenrichting) en een operand (lengte). De gebruikte opcodes zijn :

oost	02
zuid	04
west	06
noord	08
stop	00

Voor het tekenen van een vierkant is de taaktabel als volgt samengesteld :

Adres	Opcode	Operand	Verklaring
1A00	02	80	80 stappen naar het Oosten
1A02	04	80	80 stappen naar het Zuiden
1A04	06	80	80 stappen naar het Westen
1A06	08	80	80 stappen naar het Noorden
1A08	00		Stop, einde taaktabel

10.E. Een programma schrijven op een computer

Alle voorgaande programma's zijn geschreven door eerst de lijst met mnemonics op te stellen. Daarna zijn met behulp van de instructietabel de mnemonics vertaald in machinecode en de relatieve jumps berekend. Deze werkwijze is wel zeer didactisch, maar evenzeer tijdrovend. De kans dat er fouten gemaakt worden bij het vertalen en het berekenen van de relatieve jumps is niet gering. Worden bij het testen van het programma nog fouten ontdekt of wil men wijzigingen aanbrengen, dan moet het programma grotendeels herschreven en opnieuw vertaald worden. Hoe groter het programma, hoe zwaarder deze nadelen gaan wegen. Daarom kunnen grotere programma's beter op een microcomputer geschreven worden. Als men gebruik maakt van een Editor-Assembler-programma, hoeven alleen de mnemonics ingevoerd te worden en, indien gewenst, de verklaringen. Daarna doet de microcomputer de rest van het werk.

De lijst S10E1 vermeldt wat in de microcomputer ingevoerd wordt ; de Source(bron)-code. Assembler werkt met lijnummers die in de eerste kolom weergegeven zijn. De tweede kolom zijn de labels. De mnemonics staan in de kolommen 3 en 4. Alles wat na een puntkomma staat is verklaring en heeft geen invloed bij het oproepen van de machinecode.

```

00100 ;S10E1
00110 ;Plotterprogramma voor de Micro-Prof
00120 ;Tekent in vier richtingen
00130 ;Opgemaakt op een TRS-80 model 3 met het programma EDTASM
00140
00150      ORG      1800H      ;Begin RAM Micro-Prof
00160      LD       A,0CFH    ;Contr.word voor mode 3
00170      OUT      (82H),A   ;Naar mode contr.reg.A
00180      SUB      A         ;Cont.word voor 0000 0000
00190      OUT      (82H),A   ;Naar I/O register A
00200
00210      LD       DE,3333H  ;Startpatronen
00220      LD       HL,19FFH  ;Begin taaktabel -1
00230
00240 VOLG      INC      HL   ;Wijs volgende loc.aan
00250      LD       A,(HL)    ;Laad opcode in A
00260      AND      A         ;Stel de flags
00270      JR       Z,STOP    ;Indien = 0 naar STOP
00280      CP       2         ;Is de opcode 02 ?
00290      JR       Z,00ST    ;Dan naar label 00ST
00300      CP       4         ;Is de opcode 04 ?
00310      JR       Z,ZUID    ;Dan naar label ZUID
00320      CP       6         ;Is de opcode 06 ?
00330      JR       Z,WEST    ;Dan naar label WEST
00340      CP       8         ;Is de opcode 08 ?
00350      JR       Z,NOORD    ;Dan naar label NOORD
00360      JR       VOLG      ;Indien het een nietbe-
00370 ;staande opcode is wordt overgegaan naar label VOLG.
00380
00390 STOP      SUB      A     ;Stel A op 00
00400      OUT      (80H),A    ;Schakel beide motoren af
00410      RST      0         ;Terug naar monitor
00420
00430 00ST      INC      HL   ;Wijs naar de operand
00440      LD       B,(HL)     ;Aantal stappen in B
00450 01         RRC      E     ;Volg.code voor pEn-motor
00460      CALL    UIT        ;Code naar motor
00470      DJNZ    01         ;Herhaal tot B=0
00480      JR      VOLG      ;Einde beweging
00490
00500 ZUID      INC      HL   ;Wijs naar operand
00510      LD       B,(HL)     ;Aantal stappen in B
00520 Z1        RRC      D     ;volg.code voor Drum-mot.
00530      CALL    UIT        ;Code naar motor
00540      DJNZ    Z1         ;Herhaal tot B=0
00550      JR      VOLG      ;Einde beweging
00560
00570 WEST      INC      HL   ;Wijs naar operand
00580      LD       B,(HL)     ;Aantal stappen in B
00590 W1        RRC      E     ;Volg.code voor pEn-motor
00600      CALL    UIT        ;Code naar motor
00610      DJNZ    W1         ;Herhaal tot B=0
00620      JR      VOLG      ;Einde beweging
00630
00640 NOORD     INC      HL   ;Wijs naar operand
00650      LD       B,(HL)     ;Aantal stappen in B
00660 N1        RRC      D     ;Volg.code voor Drum-mot.
00670      CALL    UIT        ;Code naar motor
00680      DJNZ    N1         ;Herhaal tot B=0

```

```

00690      JR      VOLG      ;Einde beweging
00700
00710
00720      ;Subroutines
00730
00740      ORG      1900H      ;Beginadres subroutines
00750
00760 ;Subroutine UIT
00770 ;Brenat de codes uit D en E naar de beide motoren.
00780 ;en wacht in verhouding met de snelheidscode in 19FF.
00790 ;Vernielde registers: A
00800 UIT      PUSH      BC      ;Bewaar BC
00810      LD      A,D      ;Code voor Drum-mot.in A
00820      AND      0F0H      ;Alleen de linker nibble
00830      LD      B,A      ;Bewaar in B
00840      LD      A,E      ;Code voor pEn-mot. in A
00850      AND      0FH      ;Alleen de rechter nibble
00860      OR      B      ;Codes v. beide mot.in A
00870      OUT      (80H),A      ;Naar beide motoren
00880      ;Begin tijdsvertraging
00890      LD      A,(19FFH)      ;Tijdcode in A
00900      LD      C,A      ;Tijdcode in C
00910      LD      B,0      ;Stel B op 0
00920 UIT1     DJNZ      UIT1      ;256 maal B verminderen
00930      DEC      C      ;C verminderen
00940      JR      NZ,UIT1      ;Herhaal tot C=0
00950      POP      BC      ;Haal BC terug
00960      RET      ;Terug naar hoofdprogr.
00970
00980
00990 ;Codes en taaktabel.
01000      ORG      19FFH      ;Adres snelheidscode
01010      DEFB      8      ;Snelheidscode voor motor
01020      DEFW      8002H      ;80 stappen richting Oost
01030      DEFW      8004H      ;80 stap. richting Zuid
01040      DEFW      8006H      ;80 stap. richting West
01050      DEFW      8008H      ;80 stap. richting Noord
01060      DEFB      0      ;Stop
01070      END

```

Tabel P10E1 laat zien wat de computer levert na vertaling van de source-code. In de eerste kolom staan nu de adressen en in de tweede de machinecode. De lijst wordt afgesloten met de vermelding van het aantal fouten die ontdekt zijn tijdens het vertalen en wordt gevolgd door een lijst met de adressen van de gebruikte labels. De machinecode uit kolom 2 kan in de RAM van de Micro-Prof ingevoerd worden op de adressen die zijn aangegeven in kolom 1.

Ook het monitorprogramma van de Micro-Prof is met behulp van een computer gemaakt. Het bij de Micro-Prof geleverde boekje 'MPF-1 MONITOR PROGRAM SOURCE LISTING' is een lijst die dezelfde kolommen bevat als de lijst P10E1.

Iedere computer die is uitgerust met een microprocessor Z80 en waarbij een EDITOR-ASSEMBLER-programma beschikbaar is, kan gebruikt worden om programma's voor de Micro-Prof te schrijven. Het gebruik van een EDITOR-ASSEMBLER-programma is te afhankelijk van de gebruikte computer en het programma om hier besproken te worden.

Het programma P10E1 is reeds aangevuld met een taaktabel voor het tekenen van een vierkant. Nadat het vierkant getekend is, staat de pen weer in zijn uitgangspositie en kan dezelfde figuur nog eens getekend worden. Theoretisch zouden dan de lijnen van het tweede vierkant bovenop die van het eerste getekend moeten worden, zodat er slechts één vierkant zichtbaar is. Een verschuiving van een van de twee figuren wijst op mechanische gebreken van de plotter. Uiteraard mag een mechanisme dat is opgebouwd met een universeel constructiesysteem als

Fischertechniek niet vergeleken worden met een speciaal gebouwd fijn mechanisme. Toch zijn de resultaten van de zelfgebouwde plotter meer dan voldoende voor zijn doel : opleiding en onderwijs.

Als bewijs toont figuur 10.E.1 het resultaat van zes op elkaar getekende vierkanten. Een kleine verschuiving van de noord- en zuidlijnen is zichtbaar. Dit komt door de minder perfecte koppeling tussen het papier en de rollen. Ook het papier zelf heeft hier invloed. Een typisch zwak punt bij een rollen-plotter.

```

00100 :P10E1
00110 :Plotterprogramma voor de Micro-Prof
00120 :Tekent in vier richtingen
00130 :Opgeemaakt op een TRS-80 model 3 met het programma EDTASM
00140
1800 00150 ORG 1800H :Begin RAM Micro-Prof
1800 3ECF 00160 LD A,0CFH :Contr.word voor mode 3
1802 D382 00170 OUT (82H),A :Naar mode contr.reg.A
1804 97 00180 SUB A :Cont.word voor 0000 0000
1805 D382 00190 OUT (82H),A :Naar I/O register A
00200
1807 113333 00210 LD DE,3333H :Startpatronen
180A 21FF19 00220 LD HL,19FFH :Begin taaktabel -1
00230
180D 23 00240 VOLG INC HL :Wijs volgende loc.aan
180E 7E 00250 LD A,(HL) :Laad opcode in A
180F A7 00260 AND A :Stel de flags
1810 2812 00270 JR Z,STOP :Indien = 0 naar STOP
1812 FE02 00280 CP 2 :Is de opcode 02 ?
1814 2812 00290 JR Z,OOST :Dan naar label OOST
1816 FE04 00300 CP 4 :Is de opcode 04 ?
1818 2819 00310 JR Z,ZUID :Dan naar label ZUID
181A FE06 00320 CP 6 :Is de opcode 06 ?
181C 2820 00330 JR Z,WEST :Dan naar label WEST
181E FE08 00340 CP 8 :Is de opcode 08 ?
1820 2827 00350 JR Z,NOORD :Dan naar label NOORD
1822 18E9 00360 JR VOLG :Indien het een nietbe-
00370 :staande opcode is wordt overgegaan naar label VOLG.
00380
1824 97 00390 STOP SUB A :Stel A op 00
1825 D380 00400 OUT (80H),A :Schakel beide motoren af
1827 C7 00410 RST 0 :Terug naar monitor
00420
1828 23 00430 OOST INC HL :Wijs naar de operand
1829 46 00440 LD B,(HL) :Aantal stappen in B
182A CB0B 00450 01 RRC E :Volg.code voor pEn-motor
182C CD0019 00460 CALL UIT :Code naar motor
182F 10F9 00470 DJNZ 01 :Herhaal tot B=0
1831 18DA 00480 JR VOLG :Einde beweging
00490
1833 23 00500 ZUID INC HL :Wijs naar operand
1834 46 00510 LD B,(HL) :Aantal stappen in B
1835 CB0A 00520 Z1 RRC D :volg.code voor Drum-mot.
1837 CD0019 00530 CALL UIT :Code naar motor
183A 10F9 00540 DJNZ Z1 :Herhaal tot B=0
183C 18CF 00550 JR VOLG :Einde beweging
00560
183E 23 00570 WEST INC HL :Wijs naar operand
183F 46 00580 LD B,(HL) :Aantal stappen in B
1840 CB03 00590 W1 RLC E :Volg.code voor pEn-motor
1842 CD0019 00600 CALL UIT :Code naar motor
1845 10F9 00610 DJNZ W1 :Herhaal tot B=0
1847 18C4 00620 JR VOLG :Einde beweging
00630
1849 23 00640 NOORD INC HL :Wijs naar operand

```

184A 46	00650	LD	B,(HL)	:Aantal stappen in B
184E CB02	00660 N1	RLC	D	:Volg.code voor Drum-mot.
184D CD0019	00670	CALL	UIT	:Code naar motor
1850 10F9	00680	DJNZ	N1	:Herhaal tot B=0
1852 18B9	00690	JR	VOLG	:Einde beweging
	00700			
	00710			
	00720		:Subroutines	
	00730			
1900	00740	ORG	1900H	:Beginadres subroutines
	00750			
	00760		:Subroutine UIT	
	00770		:Brengt de codes uit D en E naar de beide motoren.	
	00780		:en wacht in verhouding met de snelheidscode in 19FF.	
	00790		:Vernielde registers: A	
1900 C5	00800	UIT	PUSH BC	:Bewaar BC
1901 7A	00810	LD	A,D	:Code voor Drum-mot.in A
1902 E6F0	00820	AND	0F0H	:Alleen de linker nibble
1904 47	00830	LD	B,A	:Bewaar in B
1905 7B	00840	LD	A,E	:Code voor pEn-mot. in A
1906 E60F	00850	AND	0FH	:Alleen de rechter nibble
1908 B0	00860	OR	B	:Codes v. beide mot.in A
1909 D380	00870	OUT	(80H),A	:Naar beide motoren
	00880			:Begin tijdsvertraging
190B 3AFF19	00890	LD	A,(19FFH)	:Tijdcode in A
190E 4F	00900	LD	C,A	:Tijdcode in C
190F 0600	00910	LD	E,0	:Stel B op 0
1911 10FE	00920	UIT1	DJNZ UIT1	:256 maal B verminderen
1913 0D	00930	DEC	C	:C verminderen
1914 20FB	00940	JR	NZ,UIT1	:Herhaal tot C=0
1916 C1	00950	POP	BC	:Haal BC terug
1917 C9	00960	RET		:Terug naar hoofdprog.
	00970			
	00980			
	00990		:Codes en taaktabel.	
19FF	01000	ORG	19FFH	:Adres snelheidscode
19FF 08	01010	DEFB	8	:Snelheidscode voor motor
1A00 0280	01020	DEFW	8002H	:80 stappen richting Oost
1A02 0480	01030	DEFW	8004H	:80 stap. richting Zuid
1A04 0680	01040	DEFW	8006H	:80 stap. richting West
1A06 0880	01050	DEFW	8008H	:80 stap. richting Noord
1A08 00	01060	DEFB	0	:Stop
0000	01070	END		
00000	Total Errors			
UIT1	1911			
N1	184B			
W1	1840			
Z1	1835			
UIT	1900			
O1	182A			
NOORD	1849			
WEST	183E			
ZUID	1833			
OOST	1828			
STOP	1824			
VOLG	180D			

Met snelheidscodes in lokatie 19FF kan nog wat geëxperimenteerd worden. De opgegeven code 08 laat de plotter betrekkelijk langzaam bewegen. Bij hoge snelheden is er kans dat de pen gaat trillen, weer afhankelijk van het mechanisme. Ook kunnen de motoren stappen overslaan, zodat de figuur helemaal vervormd wordt. Figuur 10.E.1 is getekend met een snelheidscode 04.

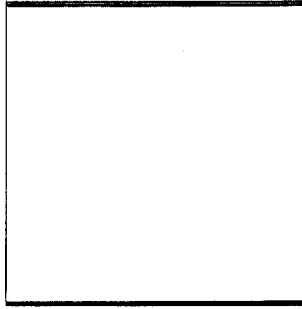


Fig. 10. E1

10.F. Schuine lijnen

Met het programma P10E1 kunnen alleen horizontale en verticale lijnen getekend worden. Door de beide motoren samen te laten draaien worden lijnen getekend die 45 graden verschoven zijn ten opzichte van de andere.

Voor ieder van die vier schuine lijnen moet nu weer een opcode gereserveerd worden. De verzameling opcodes voor de plotter wordt daarmee :

00	stop
01	noordoost
02	oost
03	zuidoost
04	zuid
05	zuidwest
06	west
07	noordwest
08	noord

Het programma P10F1 is een uitbreiding van P10E1. Er is alleen een uitbreiding voor het controleren van de aangeboden opcode en er zijn vier bijkomende routines die de beide motoren tegelijk laten verstappen. De bij P10F1 opgegeven taak voor de plotter biedt achtereenvolgens al de geldige opcodes aan. Daarmee wordt het programma dan ook volledig getest en kan een eventuele fout die is gemaakt bij het intoetsen gemakkelijk gelokaliseerd worden.

Het resultaat moet de achthoek zijn zoals weergegeven in figuur 10.F.1. Hoewel voor iedere beweging hetzelfde aantal stappen is opgegeven, zijn de schuine zijden langer dan de horizontale en de verticale. Verwonderlijk is dit niet, daar voor de schuine lijnen de beide motoren het opgegeven aantal stappen uitgevoerd hebben. Een schuine lijn is in feite de hypotenusa van een gelijkbenige rechthoekige driehoek, waarvan het aantal stappen de lengte bepaalt van de rechthoekzijden. Bij het ontwerpen van tekeningen moet daar natuurlijk rekening mee gehouden worden.

```

00100 :P10F1
00110 :Plotterprogramma voor de Micro-Prof
00120 :Tekent in acht richtingen
00130 :Opgemaakt op een TRS-80 model 3 met het programma EDTASM
00140
18000      00150      ORG      1800H      :Begin RAM Micro-Prof

```

1800 3ECF	00160	LD	A,0CFH	:Contr.word voor mode 3
1802 D382	00170	OUT	(82H),A	:Naar mode contr.reg.A
1804 97	00180	SUB	A	:Cont.word voor 0000 0000
1805 D382	00190	OUT	(82H),A	:Naar I/O register A
	00200			
1807 113333	00210	LD	DE,3333H	:Startpatronen
180A 21FF19	00220	LD	HL,19FFH	:Begin taaktabel -1
	00230			
180D 23	00240	VOLG INC	HL	:Wijs volgende loc.aan
180E 7E	00250	LD	A,(HL)	:Laad opcode in A
180F A7	00260	AND	A	:Stel de flag
1810 2822	00270	JR	Z,STOP	:Indien = 0 naar STOP
1812 FE01	00280	CP	1	:Is de opcode 01 ?
1814 2822	00290	JR	Z,NO	:Dan naar label NO
1816 FE02	00300	CP	2	:Is de opcode 02 ?
1818 282B	00310	JR	Z,OOST	:Dan naar label OOST
181A FE03	00320	CP	3	:Is de opcode 03 ?
181C 2832	00330	JR	Z,ZO	:Dan naar label ZO
181E FE04	00340	CP	4	:Is de opcode 04 ?
1820 283B	00350	JR	Z,ZUID	:Dan naar label ZUID
1822 FE05	00360	CP	5	:Is de opcode 05 ?
1824 2842	00370	JR	Z,ZW	:Dan naar label ZW
1826 FE06	00380	CP	6	:Is de opcode 06 ?
1828 284E	00390	JR	Z,WEST	:Dan naar label WEST
182A FE07	00400	CP	7	:Is de opcode 07 ?
182C 2852	00410	JR	Z,NW	:Dan naar label NW
182E FE08	00420	CP	8	:Is de opcode 08 ?
1830 285B	00430	JR	Z,NOORD	:Dan naar label NOORD
1832 18D9	00440	JR	VOLG	:Indien het een nietbe-
	00450			:staande opcode is wordt overgegaan naar label VOLG.
	00460			
1834 97	00470	STOP SUB	A	:Stel A op 00
1835 D380	00480	OUT	(80H),A	:Schakel beide motoren af
1837 C7	00490	RST	0	:Terug naar monitor
	00500			
1838 23	00510	NO INC	HL	:Wijs naar de operand
1839 46	00520	LD	B,(HL)	:Aantal stappen in B
183A CE02	00530	NO1 RLC	D	:Volgende code voor Drum
183C CE0B	00540	RRC	E	:Volgende code voor pEn
183E CD0019	00550	CALL	UIT	:Codes naar motoren
1841 10F7	00560	DJNZ	NO1	:Herhaal tot B=0
1843 18C8	00570	JR	VOLG	:Einde beweging
	00580			
1845 23	00590	OOST INC	HL	:Wijs naar de operand
1846 46	00600	LD	B,(HL)	:Aantal stappen in B
1847 CE0B	00610	O1 RRC	E	:Volg.code voor pEn-motor
1849 CD0019	00620	CALL	UIT	:Code naar motor
184C 10F9	00630	DJNZ	O1	:Herhaal tot B=0
184E 18D0	00640	JR	VOLG	:Einde beweging
	00650			
1850 23	00660	ZO INC	HL	:Wijs naar operand
1851 46	00670	LD	B,(HL)	:Aantal stappen in B
1852 CE0A	00680	ZO1 RRC	D	:Volgende code voor Drum
1854 CE0B	00690	RRC	E	:Volgende code voor pEn
1856 CD0019	00700	CALL	UIT	:Codes naar motoren
1859 10F7	00710	DJNZ	ZO1	:Herhaal tot B=0
185B 18D0	00720	JR	VOLG	:Einde beweging
	00730			
185D 23	00740	ZUID INC	HL	:Wijs naar operand
185E 46	00750	LD	B,(HL)	:Aantal stappen in B
185F CE0A	00760	Z1 RRC	D	:volg.code voor Drum-mot.
1861 CD0019	00770	CALL	UIT	:Code naar motor
1864 10F9	00780	DJNZ	Z1	:Herhaal tot B=0
1866 18A5	00790	JR	VOLG	:Einde beweging
	00800			
1868 23	00810	ZW INC	HL	:Wijn naar operand
1869 46	00820	LD	B,(HL)	:Aantal stappen in B
186A CE0A	00830	ZW1 RRC	D	:Volgende code voor Drum

186C CB03	00840	RLC	E	:Volgende code voor pEn
186E CD0019	00850	CALL	UIT	:Codes naar motoren
1871 10F7	00860	DJNZ	ZW1	:Herhaal tot B=0
1873 1898	00870	JR	VOLG	:Einde beweging
	00880			
1875 23	00890	WEST	INC	HL
1876 46	00900		LD	B, (HL)
1877 CB03	00910	W1	RLC	E
1879 CD0019	00920		CALL	UIT
187C 10F9	00930		DJNZ	W1
187E 188D	00940		JR	VOLG
	00950			
1880 23	00960	NW	INC	HL
1881 46	00970		LD	B, (HL)
1882 CB02	00980	NW1	RLC	D
1884 CB03	00990		RLC	E
1886 CD0019	01000		CALL	UIT
1889 10F7	01010		DJNZ	NW1
188E 1880	01020		JR	VOLG
	01030			
188D 23	01040	NOORD	INC	HL
188E 46	01050		LD	B, (HL)
188F CB02	01060	N1	RLC	D
1891 CD0019	01070		CALL	UIT
1894 10F9	01080		DJNZ	N1
1896 C30D18	01090		JP	VOLG
	01100			
	01110			
	01120			:Subroutines
	01130			
1900	01140	ORG	1900H	:Beginadres subroutines
	01150			
	01160			:Subroutine UIT
	01170			:Brenot de codes uit D en E naar de beide motoren.
	01180			:en wacht in verhouding met de snelheidscode in 19FF.
	01190			:Vernielde registers: A
1900 C5	01200	UIT	PUSH	BC
1901 7A	01210		LD	A,D
1902 E6F0	01220		AND	0F0H
1904 47	01230		LD	B,A
1905 7E	01240		LD	A,E
1906 E60F	01250		AND	0FH
1908 B0	01260		OR	B
1909 D380	01270		OUT	(80H),A
	01280			
190B 3AFF19	01290		LD	A, (19FFH)
190E 4F	01300		LD	C,A
190F 0600	01310		LD	B,0
1911 10FE	01320	UIT1	DJNZ	UIT1
1913 0D	01330		DEC	C
1914 20FB	01340		JR	NZ,UIT1
1916 C1	01350		POP	BC
1917 C9	01360		RET	
	01370			
	01380			
	01390			:Snelheidscode en taaktabel.
19FF	01400	ORG	19FFH	:Adres snelheidscode
19FF 04	01410	DEFB	4	:Snelheidscode voor motor
1A00 0140	01420	DEFW	4001H	:40 stappen richting NO
1A02 0240	01430	DEFW	4002H	:40 stap. richting Oost
1A04 0340	01440	DEFW	4003H	:40 stap. richting ZO
1A06 0440	01450	DEFW	4004H	:40 stap. richting Zuid
1A08 0540	01460	DEFW	4005H	:40 stap. richting ZW
1A0A 0640	01470	DEFW	4006H	:40 stap. richting West
1A0C 0740	01480	DEFW	4007H	:40 stap. richting NW
1A0E 0840	01490	DEFW	4008H	:40 stap. richting Noord
1A10 00	01500	DEFB	0	:Stop
0000	01570	END		

00000 Total Errors

UIT1	1911
N1	188F
NW1	1882
W1	1877
ZW1	186A
Z1	185F
ZO1	1852
O1	1847
UIT	1900
NO1	183A
NOORD	188D
NW	1880
WEST	1875
ZW	1868
ZUID	185D
ZO	1850
OOST	1845
NO	1838
STOP	1834
VOLG	180D

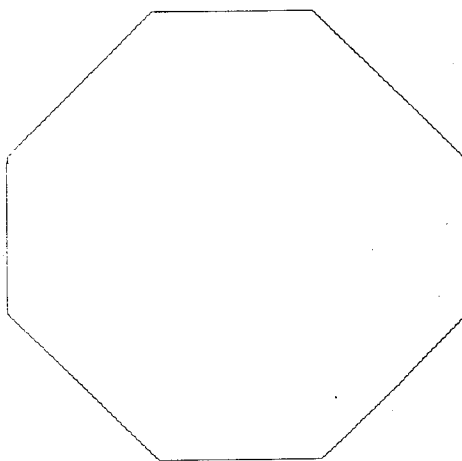


Fig. 10. F1

10.G. Pen op en neer

Voor het maken van een tekening moet de pen zich ook naar een andere plaats kunnen bewegen zonder dat er getekend wordt. Daarom moet de plotter nog uitgerust worden met een mechanisme dat door de kracht van een elektromagneet de pen op en neer kan bewegen. Evenals bij fabrieksplotters wordt voor een mechanisme gekozen dat de pen van het papier opheft als de magneet stroomloos is. Met spanning op de elektromagneet wordt de pen op het papier gedrukt.

Door veel experimenten (en mislukkingen) is er een tamelijk eenvoudig mechanisme ontstaan, volledig van Fischertechnik, dat zijn taak behoorlijk vervult. Een elastiekje heft de pen van het papier. Een vast opgestelde elektromagneet (12 V - 18 Ohm) trekt via een koordje de pen op het papier. De elektromagneet wordt op dezelfde manier aangesloten als een spoel van een stappenmotor en gestuurd door PB0 van de PIO.

De software moet nu ook de bevelen PEN UP en PEN DOWN herkennen. Voor PEN UP is de opcode 09 gekozen en voor PEN DOWN 0A. Bij deze opcodes hoort geen operand. P10G1 is weer een uitbreiding van P10F1.

Bij het initialiseren van de PIO wordt ook side B ingesteld. De routine VOLG controleert nu ook de opcode 09 en 0A. Door de routine STOP wordt ook de elektromagneet uitgeschakeld. De nieuwe routine UP brengt een nul naar PB0 zodat de elektromagneet wordt uitgeschakeld en de pen van het papier wordt gehaald. Routine DOWN maakt PB0 hoog, waardoor de magneet bekrachtigd wordt en de pen op het papier wordt gedrukt.

In beide routines wordt de subroutine WAIT opgeroepen. Deze wachttijd is nodig om de pen de gelegenheid te geven zijn mechanische beweging uit te voeren. Zonder deze vertraging zou de volgende beweging al starten terwijl de pen nog niet in de bevolen stand staat.

De duur van de wachttijd is afhankelijk van de code in lokatie 19FE.

Figuur 10.G.1 is het resultaat van P10G1 met een extra taaktabel.

```

00100 ;P10G1
00110 ;Plotterprogramma voor de Micro-Prof
00120 ;Tekent in acht richtingen met pen up/down
00130 ;Opgemaakt op een TRS-80 model 3 met het programma EDTASM
00140
1800      00150      ORG      1800H      ;Begin RAM Micro-Prof
1800 3ECF      00160      LD      A,0CFH      ;Contr.word voor mode 3
1802 D382      00170      OUT     (82H),A      ;Naar mode contr.reg.A
1804 97        00180      SUB     A          ;Cont.word voor 0000 0000
1805 D382      00190      OUT     (82H),A      ;Naar I/O register A
1807 3ECF      00200      LD      A,0CFH      ;Contr.word voor mode 3
1809 D383      00210      OUT     (83H),A      ;Naar mode contr.reg.B
180B 3EFE      00220      LD      A,0FEH      ;Cont.word voor IIII IIII
180D D383      00230      OUT     (83H),A      ;Naar I/O register B
              00240
180F 97        00250      SUB     A          ;Stel A op 00
1810 D381      00260      OUT     (81H),A      ;Magneet af, pen up
1812 113333    00270      LD      DE,3333H    ;Startpatronen
1815 21FF19    00280      LD      HL,19FFH     ;Begin taaktabel -1
              00290
1818 23        00300 VOLG   INC     HL        ;Wijs volgende loc.aan
1819 7E        00310      LD      A,(HL)      ;Laad opcode in A
181A A7        00320      AND     A          ;Stel de flags
181B 282A      00330      JR      Z,STOP      ;Indien = 0 naar STOP
181D FE01      00340      CP      1          ;Is de opcode 01 ?
181F 282C      00350      JR      Z,NO       ;Is de opcode 02 ?
1821 FE02      00360      CP      2          ;Dan naar label NO
1823 2835      00370      JR      Z,OOST      ;Is de opcode 03 ?
1825 FE03      00380      CP      3          ;Dan naar label OOST
1827 283C      00390      JR      Z,ZO       ;Is de opcode 04 ?
1829 FE04      00400      CP      4          ;Dan naar label ZOID
182B 2845      00410      JR      Z,ZUID      ;Is de opcode 05 ?
182D FE05      00420      CP      5          ;Dan naar label ZW
182F 284C      00430      JR      Z,ZW       ;Is de opcode 06 ?
1831 FE06      00440      CP      6          ;Dan naar label WEST
1833 2855      00450      JR      Z,WEST      ;Is de opcode 07 ?
1835 FE07      00460      CP      7          ;Dan naar label NW
1837 285C      00470      JR      Z,NW       ;Is de opcode 08 ?
1839 FE08      00480      CP      8          ;Dan naar label NOORD
183B 2866      00490      JR      Z,NOORD     ;Is de opcode 09 ?
183D FE09      00500      CP      9          ;Dan naar label UP
183F 286E      00510      JR      Z,UP       ;Is de opcode 0A ?
1841 FE0A      00520      CP      0AH        ;Dan naar label DOWN
1843 2873      00530      JR      Z,DOWN      ;Indien het een nietbe-
1845 18D1      00540      JR      VOLG       ;staande opcode is wordt overgegaan naar label VOLG.
              00550
              00560

```

1847 97	00570	STOP	SUB	A	:Stel A op 00
1848 D380	00580		OUT	(80H).A	:Schakel beide motoren af
184A D381	00590		OUT	(81H).A	:Schakel magneet af
184C C7	00600		RST	0	:Terug naar monitor
	00610				
184D 23	00620	NO	INC	HL	:Wijs naar de operand
184E 46	00630		LD	B.(HL)	:Aantal stappen in B
184F CB02	00640	NO1	RLC	D	:Volgende code voor Drum
1851 CB0B	00650		RRC	E	:Volgende code voor pEn
1853 CD0019	00660		CALL	UIT	:Codes naar motoren
1856 10F7	00670		DJNZ	NO1	:Herhaal tot B=0
1858 18BE	00680		JR	VOLG	:Einde beweging
	00690				
185A 23	00700	OOST	INC	HL	:Wijs naar de operand
185B 46	00710		LD	B.(HL)	:Aantal stappen in B
185C CB0B	00720	O1	RRC	E	:Volg.code voor pEn-motor
185E CD0019	00730		CALL	UIT	:Code naar motor
1861 10F9	00740		DJNZ	O1	:Herhaal tot B=0
1863 18B3	00750		JR	VOLG	:Einde beweging
	00760				
1865 23	00770	ZO	INC	HL	:Wijs naar operand
1866 46	00780		LD	B.(HL)	:Aantal stappen in B
1867 CB0A	00790	ZO1	RRC	D	:Volgende code voor Drum
1869 CB0B	00800		RRC	E	:Volgende code voor pEn
186B CD0019	00810		CALL	UIT	:Codes naar motoren
186E 10F7	00820		DJNZ	ZO1	:Herhaal tot B=0
1870 18A6	00830		JR	VOLG	:Einde beweging
	00840				
1872 23	00850	ZUID	INC	HL	:Wijs naar operand
1873 46	00860		LD	B.(HL)	:Aantal stappen in B
1874 CB0A	00870	Z1	RRC	D	:Volg.code voor Drum-mot.
1876 CD0019	00880		CALL	UIT	:Code naar motor
1879 10F9	00890		DJNZ	Z1	:Herhaal tot B=0
187B 18B8	00900		JR	VOLG	:Einde beweging
	00910				
187D 23	00920	ZW	INC	HL	:Wijs naar operand
187E 46	00930		LD	B.(HL)	:Aantal stappen in B
187F CB0A	00940	ZW1	RRC	D	:Volgende code voor Drum
1881 CB03	00950		RLC	E	:Volgende code voor pEn
1883 CD0019	00960		CALL	UIT	:Codes naar motoren
1886 10F7	00970		DJNZ	ZW1	:Herhaal tot B=0
1888 18BE	00980		JR	VOLG	:Einde beweging
	00990				
188A 23	01000	WEST	INC	HL	:Wijs naar operand
188B 46	01010		LD	B.(HL)	:Aantal stappen in B
188C CB03	01020	W1	RLC	E	:Volg.code voor pEn-motor
188E CD0019	01030		CALL	UIT	:Code naar motor
1891 10F9	01040		DJNZ	W1	:Herhaal tot B=0
1893 18B3	01050		JR	VOLG	:Einde beweging
	01060				
1895 23	01070	NW	INC	HL	:Wijs naar operand
1896 46	01080		LD	B.(HL)	:Aantal stappen in B
1897 CB02	01090	NW1	RLC	D	:Volgende code voor Drum
1899 CB03	01100		RLC	E	:Volgende code voor pEn
189B CD0019	01110		CALL	UIT	:Codes naar motoren
189E 10F7	01120		DJNZ	NW1	:Herhaal tot B=0
18A0 C31818	01130		JP	VOLG	:Einde beweging
	01140				
18A3 23	01150	NOORD	INC	HL	:Wijs naar operand
18A4 46	01160		LD	B.(HL)	:Aantal stappen in B
18A5 CB02	01170	N1	RLC	D	:Volg.code voor Drum-mot.
18A7 CD0019	01180		CALL	UIT	:Code naar motor
18AA 10F9	01190		DJNZ	N1	:Herhaal tot B=0
18AC C31818	01200		JP	VOLG	:Einde beweging
	01210				
18AF 97	01220	UP	SUB	A	:Laad 00 in A
18B0 D381	01230		OUT	(81H).A	:Magneet af, pen up
18B2 CD1819	01240		CALL	WAIT	:Wacht even

18B5 C31818	01250	JP	VOLG	:Einde beweging
	01260			
18B8 3E01	01270	DOWN	LD A,1	:Code voor pen down
18BA D381	01280		OUT (81H),A	:Maaneet aan, pen down
18BC CD1819	01290	CALL	WAIT	:Wacht even
18BF C31818	01300	JP	VOLG	:Einde beweging
	01310			
	01320			
	01330			
	01340			:Subroutines
1900	01350	ORG	1900H	:Beginadres subroutines
	01360			
	01370			:Subroutine UIT
	01380			:Brengt de codes uit D en E naar de beide motoren.
	01390			:ten wacht in verhouding met de snelheidcode in 19FF.
	01400			:Vernielde registers: A
1900 C5	01410	UIT	PUSH BC	:Bewaar BC
1901 7A	01420	LD	A,D	:Code voor Drum-mot.in A
1902 E6F0	01430	AND	0F0H	:Alleen de linker nibble
1904 47	01440	LD	B,A	:Bewaar in B
1905 7B	01450	LD	A,E	:Code voor pEn-mot. in A
1906 E60F	01460	AND	0FH	:Alleen de rechter nibble
1908 B0	01470	OR	B	:Codes v. beide mot.in A
1909 D380	01480	OUT	(80H),A	:Naar beide motoren
	01490			:Begin tijdsvertraging
190B 3AFF19	01500	LD	A,(19FFH)	:Tijdcode in A
190E 4F	01510	LD	C,A	:Tijdcode in C
190F 0600	01520	LD	B,0	:Stel B op 0
1911 10FE	01530	UIT1	DJNZ UIT1	:256 maal B verminderen
1913 0D	01540	DEC	C	:C verminderen
1914 20FB	01550	JR	NZ,UIT1	:Herhaal tot C=0
1916 C1	01560	POP	BC	:Haal BC terug
1917 C9	01570	RET		:Terug naar hoofdprogr.
	01580			
	01590			:Subroutine WAIT
	01600			:Blijft wachten in verhouding met de code in 19FE.
	01610			:Vernielde registers: A
	01620			
1918 C5	01630	WAIT	PUSH BC	:Bewaar BC
1919 3AFE19	01640	LD	A,(19FEH)	:Laad wachttijd
191C 4F	01650	LD	C,A	:Naar C
191D 0600	01660	LD	B,0	:Stel B op 00 (256)
191F 10FE	01670	WAIT1	DJNZ WAIT1	:Binnenlus wachttijd
1921 0D	01680	DEC	C	:Buitenlus aftellen
1922 20FB	01690	JR	NZ,WAIT1	:Terug tot C=0
1924 C1	01700	POP	BC	:Haal BC terug
1925 C9	01710	RET		:Terug naar oproeper
	01720			
	01730			
	01740			:Codes en taaktabel.
19FE	01750	ORG	19FEH	:Adres voor tijdscode
19FE 80	01760	DEFB	80H	:Tijdscode
19FF 04	01770	DEFB	4	:Snelheidcode voor motor
1A00 0A	01780	DEFB	0AH	:Pen down
1A01 0200	01790	DEFW	0002H	:100 stap.richting Oost
1A03 0400	01800	DEFW	0004H	:100 stap.richting Zuid
1A05 0600	01810	DEFW	0006H	:100 stap.richting West
1A07 0800	01820	DEFW	0008H	:100 stap.richting Noord
1A09 09	01830	DEFB	09	:Pen up
1A0A 0340	01840	DEFW	4003H	:40 stap.richting ZW
1A0C 0A	01850	DEFB	0AH	:Pen down
1A0D 0280	01860	DEFW	8002H	:80 stap.richting Oost
1A0F 0480	01870	DEFW	8004H	:80 stap.rieting Zuid
1A11 0680	01880	DEFW	8006H	:80 stappen.richting West
1A13 0880	01890	DEFW	8008H	:80 stap. richting Noord
1A15 09	01900	DEFB	09	:Pen up
1A16 0740	01910	DEFW	4007H	:40 stappen richting NW
1A18 00	01920	DEFB	0	:Stop

0000 01930
00000 Total Errors

END

WAIT1	191F
UIT1	1911
WAIT	1918
N1	18A5
NW1	1897
W1	188C
ZW1	187F
Z1	1874
Z01	1867
O1	185C
UIT	1900
NO1	184F
DOWN	1888
UP	18AF
NOORD	18A3
NW	1895
WEST	188A
ZW	187D
ZUID	1872
ZO	1865
OOST	185A
NO	184D
STOP	1847
VOLG	1818

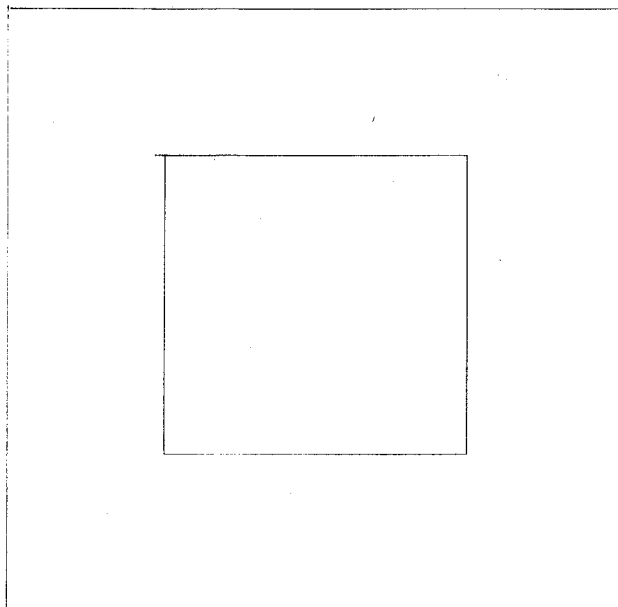


Fig. 10. G1

10.H. Verder uitbreidingen

De Micro-Prof, wat Fischertechnik en P10G1 vormen nu samen een volwaardige plotter die de tien hoofdbewegingen kan uitvoeren. In vakkringen wordt zo'n toestel een 'stomme plotter' genoemd. Niet uit onbeleefdheid, maar om het onderscheid te maken met de intelligente plotters. Het verschil wordt vooral veroorzaakt door de veel uitgebreidere software. Bij een intelligente plotter worden de lijnafmetingen niet opgegeven in stappen, maar in mm en/of duim. Ze zijn ook in staat nog een hele reeks bevelen te herkennen en uit te voeren. Enkele voorbeelden :

- H : Home, laat zonder te tekenen de pen bewegen naar de linkeronderhoek van het blad.
- A xx,yy : beweegt de pen naar de absolute coördinaten xx,yy.
- R xx,yy : beweegt de pen naar de relatieve coördinaten xx,yy.
- LN : tekent in lijntype n (volle lijn, streeplijn, puntlijn).
- Shr Tekst : schrijft tekst. Letterhoogte h en schrijfrichting (rotatie) r.
- T : test, die zowel de hardware als de software probeert, door een figuur te tekenen waarvan de taaktabel in de ROM staat.

De nieuwste plotters kunnen ook cirkels en ovalen tekenen. Bij sommige kan uit verschillende lettertypen gekozen worden, terwijl zowel de breedte als de hoogte van de karakters in te stellen is. Al deze mogelijkheden zijn alleen een kwestie van software, wat betekent dat de zelfgebouwde plotter slechts op uw programma's wacht om tot intelligente plotter gepromoveerd te worden.

11. SERVOMECHANISMEN

11.A. Inleiding

Stappenmotoren zijn een eenvoudig middel om digitale informatie om te zetten in een mechanische beweging. Toch zijn er enkele nadelen die niet onbelicht mogen blijven.

Het vermogen van stappenfasenmotoren is beperkt en de kostprijs hoog. Door de inductie van de spoelen daalt het koppel bij een stijgend toerental. Dit terwijl het negatieve koppel van een aangedreven toestel vaak stijgt bij toenemend toerental. Daardoor kan een stappenmotor slechts zeker werken in zijn laag-toerentalgebied tot een grens, die afhankelijk is van de belasting. Door het overschrijden van die grens, of door het toenemen van de belasting, worden niet alle stappen meer uitgevoerd.

Het aandrijven met een stappenmotor is een open-kringsturing. De schakeling stuurt de motor, maar weet niet of deze de bevolen beweging wel uitgevoerd heeft. Er is geen terugkoppeling van de motor naar de sturing. Daardoor kunnen ook technische onvolmaaktheden bij de aandrijving niet gecompenseerd worden. Een voorbeeld hiervan is de slip tussen de rollen en het papier bij de zelfgebouwde plotter.

Een andere aandrijfmogelijkheid is het servomechanisme. Dit bestaat uit een aandrijftoestel (meestal een gelijkstroommotor) en een bewegingsopnemer (motion-sensing transducer) die de sturing inlicht over de uitgevoerde mechanische beweging.

Een servomechanisme kan nauwkeuriger, krachtiger en sneller zijn dan een stappenmotor. Door de gesloten-kringsturing kunnen fouten in de aandrijving gecompenseerd worden.

Als de bewegingsopnemer de werkelijke verplaatsing van het mechanische toestel (pen van een plotter, slede van een machine) meet, wordt van een *directe meting* gesproken.

Meestal is het eenvoudiger en goedkoper de beweging van de as van de aandrijfmotor te controleren, waarbij van een *indirecte meting* gesproken wordt. Door een indirecte meting worden de mechanische spelingen niet gecompenseerd.

Zowel een directe als een indirecte meting kan *absoluut* of *incrementeel* zijn. Een absolute opnemer levert een signaal in verhouding met de plaats van het toestel ten opzichte van een vast nulpunt. Met iedere plaats komt een eigen signaal overeen. Het signaal is analoog, als de opnemer een potentiometer is waarvan de looper meebeweegt met het toestel.

Een absoluut digitaal signaal kan verkregen worden door een rij fotocellen die door het toestel langs een geperforeerde lat bewogen worden. De perforaties kunnen een binaire opstelling hebben, maar meestal wordt de Grey-code toegepast, omdat dan geen tussensignalen opgewekt kunnen worden.

Een incrementele opnemer meet de bewegingsverandering ten opzichte van de vorige stand. Het geleverde signaal is meestal digitaal en kan opgewekt worden door het bedienen van een contact of het onderbreken van een lichtstraal of een magnetisch veld. Het aantal onderbrekingen is maatgevend voor de uitgevoerde beweging.

Bij een indirecte incrementele meting kunnen een nokkenas en een contact (net als de onderbreker van een benzinemotor) of een geperforeerde schijf op de motoras de onderbrekingen veroorzaken. Voor directe incrementele metingen (die meestal lineair zijn) wordt een zebra-glaslat toegepast.

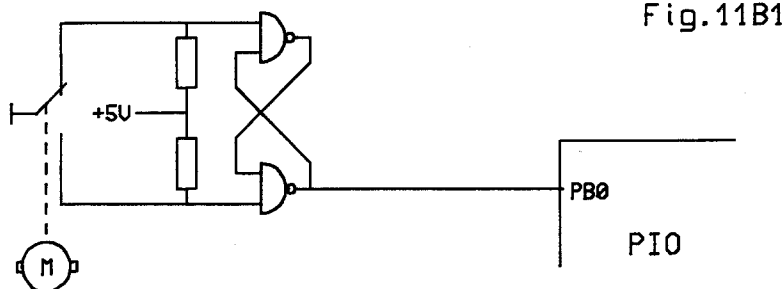
Naast dit optisch systeem is er ook nog een magnetische lineaire opnemer. Een leeskop van een bandrecorder wordt langs een magnetische band bewogen waarop een signaal is gemagnetiseerd.

11.B. Indirecte incrementele opnemer

De meest eenvoudige opnemer voor een servomechanisme is een mechanisch contact dat bediend wordt door een nok op de as van de servomotor.

Voor proeven daarmee is een model nodig dat weer met Fischertechnik opgebouwd kan worden. Een Fischertechnik-motor (31039) drijft over een vertragingstandwielkast (31048) een as aan. Op de as is een segmentschijf (31038) bevestigd, die bij iedere omwenteling een mechanisch wisselcontact (37788) bedient. De Micro-Prof moet hier tellen hoeveel maal het contact bediend wordt en dit op de display weergeven.

Voor de aansluiting van het contact op de Micro-Prof volstaat een RS flip-flop (1/2 74LS00), die bediend wordt door het wisselcontact voor het wegwerken van de contactdender zoals weergegeven in figuur 11.B.1. De uitgang van de RS flip-flop die laag is als het contact niet ingedrukt is, wordt op de klem PB0 van de PIO aangesloten.



De software moet in een gesloten lus de ingang PB0 controleren tot deze hoog wordt. Dan moet een teller verhoogd worden en met een tweede lus nagegaan worden wanneer PB0 weer laag wordt. Daarna kan weer naar de eerste lus teruggekeerd worden. Tijdens het doorlopen van de beide lussen moet ook de display gevoed worden met de inhoud van de teller. Alleen dit tellen, zonder beïnvloeding van de servomotor, gebeurt door P11B1. De display toont het aantal gedraaide omwentelingen van de as in hexadecimaal met een bereik van FF.

	00100	;	P11B1		TELT AANTAL KEREN DAT EEN WISSELKONTAKT SLUIT	
	00110					
	00120	;	GEBRUIKTE SUBROUTINES UIT HET ROM			
0678	00130	HEX7SG	EQU	0678H		;ADRES SUBROUTINE HEX7SG
0624	00140	SCAN1	EQU	0624H		;ADRES SUBROUTINE SCAN1
	00150					
1800	00160		ORG	1800H		;BEGINADRES PROGRAMMA
1800	3ECF	00170	LD	A,0CFH		;CONTROL WORD MODE 3
1802	D383	00180	OUT	(83H),A		;NAAR MODE CONTR.REG.B
1804	3E01	00190	LD	A,1		;CONTR.WORD 0000 0001
1806	D383	00200	OUT	(83H),A		;NAAR I/O SE.REG.B
1808	DD210019	00210	LD	IX,DISPBF		;DISPBF0 VOOR SCAN1
180C	0EB1	00220	LD	C,81H		;ADRES POORT
180E	97	00230	SUB	A		;TELLER OP 0
	00240					
180F	ED50	00250	LAAG	IN	D,(C)	;LEES POORT B IN REG.D
1811	CB42	00260	BIT	0,D		;IS BIT 0 HOOG ?
1813	2005	00270	JR	NZ,TELOP		;DAN NAAR TELOP

```

1815 CD0619    00280      CALL    TOON          ;
1818 18F5      00290      JR      LAAG          ;HERHAAL
                00300
181A 3C        00310  TELOP  INC      A          ;VERHOOG TELLER A
181E ED50      00320  HOOG  IN       D,(C)       ;LEES POORT B IN REG.D
181D CB42      00330      BIT      0,D          ;IS BIT 0 LAAG ?
181F 28EE      00340      JR      Z,LAAG        ;DAN NAAR LAAG
1821 CD0619    00350      CALL    TOON          ;TOON TELLER OP DISPLAY
1824 18F5      00360      JR      HOOG          ;HERHAAL
                00370
                00380
                00390
1900           00400      ORG      1900H         ;STARTADRES DISPF EN SUBS
                00410
1900 0000      00410  DISPF  DEFW     0
1902 0000      00420      DEFW     0
1904 0000      00430      DEFW     0
                00440
1906 F5        00450  TOON  PUSH    AF          ;BEWAAR TELLER A
1907 210019    00460      LD       HL,DISPF     ;DISPF0 VOOR HEX7SG
190A CD7806    00470      CALL    HEX7SG       ;HEX7SG
190D CD2406    00480      CALL    SCAN1        ;SCAN1
1910 F1        00490      POP      AF          ;HAAL TELLER A TERUG
1911 C9        00500      RET
0000           00510      END
000000 Total Errors

HOOG      181E
TOON      1906
TELOP     181A
LAAG      180F
DISPF     1900
SCAN1     0624
HEX7SG    0678

```

11.C. Een aantal toeren laten draaien

Hier is het de bedoeling dat de Micro-Prof de motor start, de as een opgegeven aantal toeren laat draaien en dan de motor weer uitschakelt. Het in- en uitschakelen van de motor kan weer over een relais. Daar de gebruikte motor van Fischertechnik maximaal 500 mA verbruikt, kan hij ook geschakeld worden door een driver uit het IC ULN 2003. De ingang van de driver wordt aangesloten op de klem PB8 van de PIO. Het contact blijft op dezelfde manier aangesloten als voorheen. De nodige interface is weergegeven in figuur 11.C.1. De motor en de driver hebben een afzonderlijke +5V voeding.

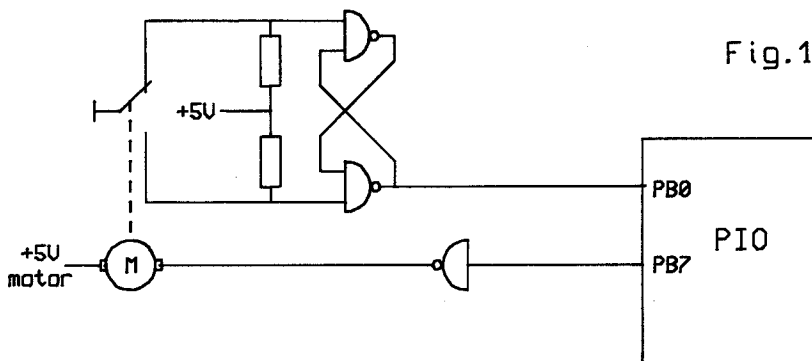


Fig.11C1

Ook de display wordt weer toegepast, maar vermindert nu en toont daarmee aan hoeveel toeren de as nog moet draaien.

De nodige software is weergegeven in P11C1. Het controleren van het contact gebeurt zoals in P11B1. De waarde die in lokatie 1813 staat, bepaalt het aantal toeren.

```

00100 ;P11C1      TELT AANTAL TOEREN AF EN SCHAKELT MOTOR UIT
00110
00120 ;GEBRUIKTE SUBROUTINES UIT HET ROM
0678 00130 HEX7SG  EQU 0678H      ;ADRES SUBROUTINE HEX7SG
0624 00140 SCAN1  EQU 0624H      ;ADRES SUBROUTINE SCAN1
00150
1800 00160          ORG 1800H      ;BEGINADRES PROGRAMMA
1800 3ECF 00170 LD A,0CFH      ;CONTROL WORD MODE 3
1802 D383 00180 OUT (83H),A    ;NAAR MODE CONTR.REG.B
1804 3E01 00190 LD A,1        ;CONTR.WORD 0000 0001
1806 D383 00200 OUT (83H),A    ;NAAR I/O SE.REG.B
1808 DD210019 00210 LD IX,DISPBF ;DISPBF0 VOOR SCAN1
180C 0E81 00220 LD C,81H      ;ADRES POORT
180E 3E80 00230 LD A,80H      ;MAAK BIT 7 VAN A HOOG
1810 D381 00240 OUT (81H),A    ;SCHAKEL MOTOR AAN
1812 3E10 00250 LD A,10H      ;AANTAL TOEREN
00260
1814 ED50 00270 LAAG IN D,(C)   ;LEES POORT B IN REG.D
1816 CB42 00280 BIT 0,D        ;IS BIT 0 HOOG ?
1818 2005 00290 JR NZ,TELAF    ;DAN NAAR TELAF
181A CD0619 00300 CALL TOON    ;
181D 18F5 00310 JR LAAG       ;HERHAAL
00320
181F 3D 00330 TELAF DEC A      ;VERLAAG TELLER A
1820 280B 00340 JR Z,MOTAF     ;INDIEN A=0 NAAR MOTAF
1822 ED50 00350 HOOG IN D,(C)  ;LEES POORT B IN REG.D
1824 CB42 00360 BIT 0,D        ;IS BIT 0 LAAG ?
1826 28C 00370 JR Z,LAAG      ;DAN NAAR LAAG
1828 CD0619 00380 CALL TOON    ;TOON TELLER OP DISPLAY
182B 18F5 00390 JR HOOG       ;HERHAAL
00400
182D 97 00410 MOTAF SUB A      ;STEL A OP 0
182E D381 00420 OUT (81H),A    ;SCHAKEL MOTOR AF
1830 C7 00430 RST 0           ;NAAR MONITOR
00440
1900 00450          ORG 1900H   ;STARTADR.DISPBF EN SUBS
00460
1900 0000 00470 DISPBF DEFW 0
1902 0000 00480 DEFW 0
1904 0000 00490 DEFW 0
00500
1906 F5 00510 TOON PUSH AF     ;BEWAAR TELLER A
1907 210019 00520 LD HL,DISPBF ;DISPBF0 VOOR HEX7SG
190A CD7806 00530 CALL HEX7SG  ;HEX7SG
190D CD2406 00540 CALL SCAN1   ;SCAN1
1910 F1 00550 POP AF          ;HAAL TELLER A TERUG
1911 C9 00560 RET             ;TERUG
0000 00570 END
00000 Total Errors

HOOG 1822
MOTAF 182D
TOON 1906
TELAF 181F
LAAG 1814
DISPBF 1900
SCAN1 0624
HEX7SG 0678

```

11.D. Verandering van draairichting

Een servomechanisme moet uiteraard in beide richtingen kunnen bewegen. Als de motor uitgeschakeld wordt, moet hij zo snel mogelijk tot stilstand komen om de nok zo dicht mogelijk bij de gewenste plaats te houden.

Voor het omkeren moet de gelijkstroommotor dan ook aangesloten worden zoals in figuur 3.F.2. Deze schakeling sluit het anker van de motor kort als hij uitgeschakeld wordt. Het kortsluiten van het anker remt de motor, die dan ook minder ver uitloopt.

De spoelen van de twee relais worden gestuurd over twee poorten uit een 7406 die aangesloten zijn op PB7 en PB6. Het is hier ook de bedoeling het servomechanisme meer bewegingen na elkaar te laten uitvoeren. De informatie over die bewegingen staat weer in een taaktablel vanaf adres 1A00. Deze moet ook weer bestaan uit een opcode en een operand. De opcode geeft de draairichting aan en de operand het aantal toeren.

Met de kennis die is opgedaan in de vorige paragraaf en in hoofdstuk 10 moet het mogelijk zijn programma P4D1 te begrijpen zonder verdere uitleg. Let erop dat de subroutine TOON er twee instructies bijgekregen heeft. Ook hier moet het 'waarom ?' beantwoord kunnen worden.

```

00100 :P11D1      TOEREN AFTELLEN IN BEIDE RICHTINGEN
00110
00120 :GEBRUIKTE SUBROUTINES UIT HET ROM
0678      00130 HEX7SG EQU      0678H      :ADRES SUBROUTINE HEX7SG
0624      00140 SCAN1 EQU      0624H      :ADRES SUBROUTINE SCAN1
00150
1800      00160      ORG      1800H      :BEGINADRES PROGRAMMA
1800 3ECF      00170      LD      A,0CFH      :CONTROL WORD MODE 3
1802 D383      00180      OUT     (B3H),A      :NAAR MODE CONTR.REG.B
1804 3E01      00190      LD      A,1      :CONTR.WORD 0000 0001
1806 D383      00200      OUT     (B3H),A      :NAAR I/O SE.REG.B
1808 DD210019  00210      LD      IX,DISPBF      :DISPBF0 VOOR SCAN1
180C 0E81      00220      LD      C,B1H      :ADRES POORT
180E 21FF19    00230      LD      HL,TAAK-1      :ADRES TAAKTABEL - 1
1811 23        00240 VOLG      INC      HL      :WIJS VOLGENDE OPCODE
1812 7E        00250      LD      A,(HL)      :LAAD OPCODE
1813 A7        00260      AND      A      :STEL FLAGS
1814 280A      00270      JR      Z,EINDE      :INDIEN 0 NAAR EINDE
1816 FE01      00280      CP      1      :IS HET 1 ?
1818 2807      00290      JR      Z,RECHTS      :DAN NAAR RECHTS
181A FE02      00300      CP      2      :IS HET 2 ?
181C 280B      00310      JR      Z,LINKS      :DAN NAAR LINKS
181E 18F1      00320      JR      VOLG      :GEEN BESTAANDE OPCODE
00330
1820 C7        00340 EINDE      RST      0      :NAAR MONITOR
00350
1821 23        00360 RECHTS    INC      HL      :WIJS OPERAND
1822 7E        00370      LD      A,(HL)      :AANTAL TOEREN IN A
1823 1680      00380      LD      D,80H      :MAAK BIT 7 HOOG
1825 ED51      00390      OUT     (C),D      :NAAR RELAIS RECHTS
1827 1806      00400      JR      LAAG      :NAAR LAAG VOOR AFTELLEN
1829 23        00410 LINKS      INC      HL      :WIJS OPERAND
182A 7E        00420      LD      A,(HL)      :AANTAL TOEREN IN A
182B 1640      00430      LD      D,40H      :MAAK BIT 6 HOOG
182D ED51      00440      OUT     (C),D      :NAAR RELAIS LINKS
00450
182F ED50      00460 LAAG      IN      D,(C)      :LEES POORT B IN REG.D
1831 C842      00470      BIT      0,D      :IS BIT 0 HOOG ?
1833 2005      00480      JR      NZ,TELAF      :DAN NAAR TELAF
1835 CD0619    00490      CALL    TOON
1838 18F5      00500      JR      LAAG      :HERHAAL

```

183A 3D	00510				
183B 280B	00520	TELAF	DEC	A	:VERLAAG TELLER A
183D ED50	00530		JR	Z,MOTAF	:INDIEN A=0 NAAR MOTAF
183F CB42	00540	HOOG	IN	D.(C)	:LEES POORT B IN REG.D
1841 28EC	00550		BIT	0.D	:IS BIT 0 LAAG ?
1843 CD0619	00560		JR	Z,LAAG	:DAN NAAR LAAG
1846 18F5	00570		CALL	TOON	:TOON TELLER OP DISPLAY
	00580		JR	HOOG	:HERHAAL
	00590				
1848 97	00600	MOTAF	SUB A		:STEL A OP 0
1849 D381	00610		OUT	(81H).A	:SCHAKEL MOTOR AF
184B 18C4	00620		JR	VOLG	:VOLGENDE BEWEGING
	00630				
1900	00640		ORG	1900H	:STARTADR.DISPF EN SUBS
	00650				
1900 0000	00660	DISPF	DEFW	0	
1902 0000	00670		DEFW	0	
1904 0000	00680		DEFW	0	
	00690				
1906 F5	00700	TOON	PUSH	AF	:BEWAAR TELLER A
1907 E5	00710		PUSH	HL	:BEWAAR HL
1908 210019	00720		LD	HL,DISPF	:DISPF0 VOOR HEX7SG
190B CD7806	00730		CALL	HEX7SG	:HEX7SG
190E CD2406	00740		CALL	SCAN1	:SCAN1
1911 E1	00750		POP	HL	:HAAL HL TERUG
1912 F1	00760		POP	AF	:HAAL TELLER A TERUG
1913 C9	00770		RET		:TERUG
	00780				
1A00	00790		ORG	1A00H	:BEGIN TAAKTABEL
1A00 0108	00800	TAAK	DEFW	0801H	:RECHTS 8 TOEREN
1A02 0208	00810		DEFW	0802H	:LINKS 8 TOEREN
1A04 00	00820		DEFB	0	:EINDE TAAK
0000	00830		END		
00000	Total Errors				
HOOG	183D				
MOTAF	184B				
TOON	1906				
TELAF	183A				
LAAG	182F				
LINKS	1829				
RECHTS	1821				
EINDE	1820				
VOLG	1811				
TAAK	1A00				
DISPF	1900				
SCAN1	0624				
HEX7SG	0678				

Bij de bestudering van het programma lijkt alles in orde. Zelfs bij een eerste vluchtige test van het servomechanisme zelf schijnt alles behoorlijk te werken. De motor draait in de beide richtingen en de display toont hoeveel toeren nog moeten worden gedraaid. Vooral daar de as snel draait en de pulsen kort op elkaar volgen is de fout niet zo opvallend.

Schakel daarom de motorspanning uit. Laat het programma P11D1 opnieuw uitvoeren, maar bedien het contact nu zelf met de hand. De display toont eerst 8 en wordt lager telkens als het contact bediend wordt. Doe dit tot de display 1 toont.

Bij de volgende bediening van het contact zou het ene relais moeten afvallen en het andere aantrekken. Tegelijkertijd zou een 8 (het aantal nog te draaien toeren van de volgende beweging) op de display moeten verschijnen.

De relais doen het behoorlijk, maar op de display verschijnt een 7. Daardoor zal de volgende beweging één toer minder draaien dan gewenst. Toch werd bij de eerste beweging wel degelijk vanaf 8 afgeteld.

Daar dit een typisch voorbeeld is van een onverwachte en bijna onvoorspelbare fout in een programma, is het zeker verantwoord aan dit probleem de nodige aandacht te besteden.

Om een fout te kunnen corrigeren moet het eerst duidelijk zijn hoe de fout ontstaat. Pas dan kunnen de nodige maatregelen genomen worden om de zaak behoorlijk te laten functioneren. De toestand moet bekeken worden met een 01 in register A en bij label TELAF op het ogenblik dat het contact sluit en A daar tot nul vermindert. Er wordt overgegaan naar MOTAF, VOLG en LINKS waar de tweede operand 08 in A geladen wordt. De uitvoering komt nu bij label LAAG waar het signaal van het contact weer gelezen wordt dat nog altijd hoog staat. Daardoor wordt overgegaan naar label TELAF waar A tot 07 vermindert. Dit alles gebeurt op het ogenblik dat het contact ingedrukt wordt en voordat het weer losgelaten wordt. Natuurlijk met de bijkomende voorwaarde dat de display 1 toont.

Nu pas, nadat de oorzaak van de fout ontdekt is, kan aan verbeteringen gedacht worden. Daarbij mag niet altijd halsstarrig aan het reeds bestaande programma vastgehouden worden, maar moet ook worden nagegaan of het bij de start gekozen principe wel goed genoeg is om op hetzelfde stramien te blijven voortborduren. Misschien kan uit een heel andere aanpak, door nieuwe eisen die gesteld worden, een korter programma met betere eigenschappen ontstaan.

Zal het gebruikte principe voor het controleren van het mechanische contact nog snel genoeg zijn bij een sneldraaiende as met een optisch contact? Daar in de lussen HOOG en LAAG de subroutine TOON is opgenomen, duurt het een hele tijd voor het contact opnieuw gelezen wordt. Ondertussen kunnen al één of meer pulsen aangeboden zijn. Wordt verder een decimale display gewenst, dan moet de subroutine TOON uitgebreid worden, wat de uitvoeringstijd nog zal verlengen en de kans op het missen van pulsen verhogen.

In plaats van het programma voortdurend het contact te laten controleren (polling) kan ook gebruik gemaakt worden van de interrupt-mogelijkheden van de Micro-Prof. Eveneens kan de Z80 van het tellen van de pulsen ontlast worden door gebruik te maken van een kanaal van de CTC. Daarvoor moet de uitgang van de RS flip-flop verbonden worden met de ingang CLK/TRGO van de CTC.

Aan de software zijn grotere wijzigingen nodig, vooral voor het instellen van de CTC en het voorbereiden van de interrupts. Programma P11D2 toont het nieuwe programma op interrupt-basis. Het tonen van het aantal nog te draaien toeren op de display is niet meer aan een subroutine toevertrouwd, maar is een deel van het hoofdprogramma.

```

00100 :P11D2      TOEREN AFTELLEN IN BEIDE RICHT.DOOR INT. EN CTC
00110
00120 :GEBRUIKTE SUBROUTINES UIT HET ROM
0678  00130 HEX75G EQU 0678H      ;ADRES SUBROUTINE HEX75G
0624  00140 SCAN1 EQU 0624H      ;ADRES SUBROUTINE SCAN1
00150
1800  00160      ORG 1800H      ;BEGINADRES PROGRAMMA
1800  3ECF  00170      LD A,0CFH ;CONTROL WORD MODE 3
1802  D383  00180      OUT (B3H),A ;NAAR MODE CONTR.REG.B
1804  97    00190      SUB A      ;STEL A VOOR 0000 0000
1805  D383  00200      OUT (B3H),A ;NAAR I/O SEL.REG.B
00210
1807  97    00220      SUB A      ;00 NAAR A
1808  D340  00230      OUT (40H),A ;NAAR INTERRUPT REG. CTC
00240
180A  DD210019 00250      LD IX,DISPBF ;DISPBF0 VOOR SCAN1
180E  FD21FF19 00260      LD IX,TAAK-1 ;ADRES TAAKTABEL-1

```

1812 ED5E	00270	IM	2	:KIES INTER.MODE 2
1814 3E1B	00280	LD	A,1BH	:INTERRUPT PAGE IN A
1816 ED47	00290	LD	I,A	:NAAR INTERRUPT REGISTER
1818 FB	00300	EI		:AANVAAR INTERRUPTS
	00310			
1819 FD23	00320	VOLG INC	IY	:WIJS VOLGENDE OPCODE
181B FD7E00	00330	LD	A,(IY)	:LAAD OPCODE
181E A7	00340	AND	A	:STEL FLAGS
181F 2B0A	00350	JR	Z,EINDE	:INDIEN 0 NAAR EINDE
1821 FE01	00360	CP	1	:IS HET 1 ?
1823 2B07	00370	JR	Z,RECHTS	:DAN NAAR RECHTS
1825 FE02	00380	CP	2	:IS HET 2 ?
1827 2B14	00390	JR	Z,LINKS	:DAN NAAR LINKS
1829 18EE	00400	JR	VOLG	:GEEN BESTAANDE OPCODE
	00410			
182B C7	00420	EINDE RST	0	:NAAR MONITOR
	00430			
182C 3ED7	00440	RECHTS LD	A,0D7H	:CONTROL WORD, MAAKT
182E D340	00450	OUT	(40H),A	:TIME CONS.REG.BEREIKBAAR
1830 FD23	00460	INC	IY	:WIJS NAAR OPERAND
1832 FD7E00	00470	LD	A,(IY)	:AANTAL TOEREN IN A
1835 D340	00480	OUT	(40H),A	:NAAR TIME CONT.REG.CTC
1837 3E80	00490	LD	A,80H	:MAAK BIT 7 HOOG
1839 D381	00500	OUT	(81H),A	:NAAR RELAIS RECHTS
183B 1B0F	00510	JR	TOONDC	:NAAR TOON DOWN COUNTER
	00520			
183D 3ED7	00530	LINKS LD	A,0D7H	:CONTR.WORD, MAAKT
183F D340	00540	OUT	(40H),A	:TIME CONS.REG.BEREIKBAAR
1841 FD23	00550	INC	IY	:WIJS OPERAND
1843 FD7E00	00560	LD	A,(IY)	:AANTAL TOEREN IN A
1846 D340	00570	OUT	(40H),A	:NAAR TIME CONT.REG.CTC
1848 3E40	00580	LD	A,40H	:MAAK BIT 6 HOOG
184A D381	00590	OUT	(81H),A	:NAAR RELAIS LINKS
	00600			
184C DB40	00610	TOONDC IN	A,(40H)	:LEES DOWNCOUNTER CTC
184E 210019	00620	LD	HL,DISPBF	:DISBF0 VOOR HEX7SG
1851 F3	00630	DI		:DISABLE INTERRUPT
1852 CD7806	00640	CALL	HEX7SG	
1855 CD2406	00650	CALL	SCAN1	
1858 FB	00660	EI		:ENABLE INTERRUPT
1859 1BF1	00670	JR	TOONDC	:BLIJF HERHALEN
	00680			
185B 97	00690	INTER1 SUB	A	:STEL A OP 00
185C D381	00700	OUT	(81H),A	:SCHAKEL BEIDE RELAIS UIT
185E 211918	00710	LD	HL,VOLG	:BESTEMMINSADRES
1861 E3	00720	EX	(SP),HL	:NAAR STACK
1862 ED4D	00730	RETI		
	00740			
1900	00750	ORG	1900H	:STARTADR.DISPBF EN SUBS
	00760			
1900 0000	00770	DISPBF DEFW	0	
1902 0000	00780	DEFW	0	
1904 0000	00790	DEFW	0	
	00800			
	00810			
1A00	00820	ORG	1A00H	:BEGIN TAAKTABEL
1A00 0108	00830	TAAK DEFW	0801H	:RECHTS 8 TOEREN
1A02 0208	00840	DEFW	0802H	:LINKS 8 TOEREN
1A04 00	00850	DEFB	0	:EINDE TAAK
	00860			
1B00	00870	ORG	1B00H	:BEGIN INTERRUPT VECTORS
1B00 5B18	00880	VECT1 DEFW	INTER1	:VECTOR INTERRUPT 1
0000	00890	END		
00000 Total Errors				
VECT1 1B00				
INTER1 1B5B				
TOONDC 1B4C				

Als de ingestelde toeren afgeteld zijn, vraagt de CTC een interrupt. Eventueel wordt er gewacht tot de subroutines uitgevoerd zijn om dan de interrupt routine INTER1 af te handelen. Deze schakelt de motor uit en laat dan terugkeren naar label VOLG om de volgende beweging op te halen.

Dit kan voorkomen worden door de segmentschijf met smalle nok te vervangen door een segmentschijf met een brede nok van 120 graden (31037). Zelfs na het stoppen van de motor blijft het contact dan ingedrukt. Als de motor van draairichting verandert, zal dan ook maar één toer afgeteld worden als de andere zijde van de nok het contact opnieuw indrukt.

1111

De snelheidsvermindering kan in meer fasen gebeuren, maar dan is een digitaal-analoog convertertor nodig. Hier volstaat een snelheidsvermindering in één stap. De eenvoudigste manier om dit te bereiken is met de motor een gepaste weerstand in serie te schakelen, zoals weergegeven in figuur 11.E.1.

1

Een breekcontact van een derde relais houdt de weerstand kortgesloten voor normale snelheid. Zodra nog slechts twee toeren gedraaid moeten worden, mag het derde relais aantrekken en de weerstand in serie met de motor schakelen. De motorsnelheid vermindert en bij een gepaste weerstandswaarde zal de motor tot stilstand komen met de nok bovenop het contact. Omdat de weerstandswaarde van verschillende factoren afhankelijk is (spanning, transmissieverhouding, mechanische belasting, enz.), is voor een instelbare weerstand gekozen, die in de praktijk moet worden afgesteld. Het derde relais is op dezelfde manier aangesloten als de andere en wordt gestuurd door de uitgang PB5.

Het programma is weergegeven als P11E1. Daar iedere beweging nu afgesloten wordt met twee langzame toeren, moet in de taaktabel telkens het aantal toeren - 2 genoteerd worden. Dus 06 als acht toeren gewenst zijn. Als dan tot 0 afgeteld wordt, zal de CTC weer een eerste interrupt aanvragen. De eerste interrupt routine mag nu de motor niet laten stoppen, maar moet hetzelfde kanaal van de CTC met 2 laden en de weerstand in serie schakelen. Na twee langzame toeren wordt weer een interrupt aangevraagd waarvan de routine de motor moet uitschakelen.

Nieuw is hier dat eenzelfde kanaal van de CTC twee verschillende interrupt routines moet starten, terwijl het interrupt-register van het CTC-kanaal steeds naar dezelfde vector op de adressen 1B00 en 1B01 wijst. Dit is opgelost door het adres bij label VECT1 door de interrupt routines te laten aanpassen. Aan het einde van interrupt routine INTER1 wordt op VECT1 het startadres van INTER2 geplaatst, en omgekeerd.

De routine TOONDC is er alleen om didactische redenen en mag eventueel weggelaten worden. Door TOONDC is wel het aftellen in twee beurten op de display te volgen.

Om weer het aantal nog te draaien toeren op de display te krijgen moet het programma aangepast worden. Met P11E1 kunnen geen bewegingen van minder dan drie toeren uitgevoerd worden.

```

00100 :P11E1      TOEREN AFTELLEN IN BEIDE RICHT.+ TRAAG STOPPEN
00110
00120 :GEBRUIKTE SUBROUTINES UIT HET ROM
0678 00130 HEX7SG EQU 0678H      :ADRES SUBROUTINE HEX7SG
0624 00140 SCAN1 EQU 0624H      :ADRES SUBROUTINE SCAN1
00150
1800 00160      ORG 1800H      :BEGINADRES PROGRAMMA
1800 3ECF 00170 LD A,0CFH      :CONTROL WORD MODE 3
1802 D383 00180 OUT (83H),A    :NAAR MODE CONTR.REG.B
1804 97 00190 SUB A           :STEL A VOOR 0000 0000
1805 D383 00200 OUT (83H),A    :NAAR I/O SEL.REG.B
00210
1807 97 00220 SUB A           :00 NAAR A
1808 D340 00230 OUT (40H),A    :NAAR INTERRUPT REG. CTC
00240
180A DD210019 00250 LD IX,DISPBF :DISPBF0 VOOR SCAN1
180E FD21FF19 00260 LD IY,TAAK-1 :ADRES TAAKTABEL-1
1812 ED5E 00270 IM 2          :KIES INTER.MODE 2
1814 3E1B 00280 LD A,1BH      :INTERRUPT PAGE IN A
1816 ED47 00290 LD I,A        :NAAR INTERRUPT REGISTER
1818 FB 00300 EI             :AANVAAR INTERRUPTS
00310
1819 FD23 00320 VOLG INC IY    :WIJS VOLGENDE OPCODE
181B FD7E00 00330 LD A,(IY)    :LAAD OPCODE
181E A7 00340 AND A           :STEL FLAGS
181F 280A 00350 JR Z,EINDE     :INDIEN 0 NAAR EINDE
1821 FE01 00360 CP 1           :IS HET 1 ?
1823 2807 00370 JR Z,RECHTS    :DAN NAAR RECHTS
1825 FE02 00380 CP 2           :IS HET 2 ?
1827 2814 00390 JR Z,LINKS     :DAN NAAR LINKS

```

1829 18EE	00400	JR	VOLG	:GEEN BESTAANDE OPCODE
	00410			
182B C7	00420	EINDE	RST	:NAAR MONITOR
	00430			
182C 3ED7	00440	RECHTS	LD	:CONTROL WORD. MAAKT
182E D340	00450	OUT	A.(40H).A	:TIME CONS.REG.BEREIKBAAR
1830 FD23	00460	INC	IY	:WIJS NAAR OPERAND
1832 FD7E00	00470	LD	A.(IY)	:AANTAL TOEREN IN A
1835 D340	00480	OUT	(40H).A	:NAAR TIME CONT.REG.CTC
1837 3E80	00490	LD	A.80H	:MAAK BIT 7 HOOG
1839 D381	00500	OUT	(81H).A	:NAAR RELAIS RECHTS
183B 180F	00510	JR	TOONDC	:NAAR TOON DOWN COUNTER
	00520			
183D 3ED7	00530	LINKS	LD	:CONTR.WORD. MAAKT
183F D340	00540	OUT	(40H).A	:TIME CONS.REG.BEREIKBAAR
1841 FD23	00550	INC	IY	:WIJS OPERAND
1843 FD7E00	00560	LD	A.(IY)	:AANTAL TOEREN IN A
1846 D340	00570	OUT	(40H).A	:NAAR TIME CONT.REG.CTC
1848 3E40	00580	LD	A.40H	:MAAK BIT 6 HOOG
184A D381	00590	OUT	(81H).A	:NAAR RELAIS LINKS
	00600			
184C DB40	00610	TOONDC	IN	:LEES DOWNCOUNTER CTC
184E F3	00620	DI		:DISABLE INTERRUPT
184F 210019	00630	LD	HL,DISPBF	:DISBF0 VOOR HEX75G
1852 CD7806	00640	CALL	HEX75G	
1855 CD2406	00650	CALL	SCAN1	
1858 FB	00660	EI		:ENABLE INTERRUPT
1859 18F1	00670	JR	TOONDC	:BLIJF HERHALEN
	00680			
185B DB81	00690	INTER1	IN	:LEES RICHTING
185D CBEF	00700	SET	5.A	:SCHAKEL
185F D381	00710	OUT	(81H).A	:WEERSTAND IN
1861 3ED7	00720	LD	A.0D7H	:MAAK TIME CONST.REGIS.
1863 D340	00730	OUT	(40H).A	:TOEGANGKELIJK
1865 3E02	00740	LD	A.2	:AANTAL TOEREN TRAAG
1867 D340	00750	OUT	(40H).A	:NAAR TIME CONST.REGIS.
1869 217118	00760	LD	HL,INTER2	:ADRES VAN INTER.ROUT.2
186C 22001B	00770	LD	(VECT1).HL	:NAAR VECTOR 1
186F ED4D	00780	RETI		:EINDE INTERRUPT ROUTINE
	00790			
1871 97	00800	INTER2	SUB	:STEL A OP 0
1872 D381	00810	OUT	(81H).A	:SCHAKEL ALLE RELAIS AF
1874 215B18	00820	LD	HL,INTER1	:ADRES VAN INTER.ROUT.1
1877 22001B	00830	LD	(VECT1).HL	:NAAR VECTOR 1
187A 211918	00840	LD	HL,VOLG	:ADRES VAN ROUTINE VOLG
187D E3	00850	EX	(SP).HL	:RUILEN MET TOP STACK
187E ED4D	00860	RETI		:NAAR VOLG
1900	00870	ORG	1900H	:STARTADR.DISPBF
	00880			
1900 0000	00890	DISPBF	DEFW	0
1902 0000	00900		DEFW	0
1904 0000	00910		DEFW	0
	00920			
	00930			
1A00	00940	ORG	1A00H	:BEGIN TAAKTABEL
1A00 0106	00950	TAAK	DEFW	0601H
1A02 0206	00960		DEFW	0602H
1A04 00	00970		DEFB	0
	00980			
	00990	ORG	1B00H	:BEGIN INTERRUPT VECTORS
1B00 5B18	01000	VECT1	DEFW	:VECTOR INTERRUPT 1
0000	01010		END	
00000	Total Errors			
VECT1	1B00			
INTER2	1871			
INTER1	185B			
TOONDC	184C			

LINKS	183D
RECHTS	182C
EINDE	182B
VOLG	1819
TAAK	1A00
DISPBF	1900
SCAN1	0624
HEX7SG	0678

12. OPTISCH TELLEN

12.A. De opnemer

Het tellen van het aantal omwentelingen van een as met een mechanisch contact heeft de typische nadelen van alle mechanismen. De frequentie is beperkt, er is een kracht nodig en er ontstaat slijtage. De omwentelingen kunnen ook geteld worden door op de as een schijf te monteren die een lichtstraal onderbreekt.

Voor de proeven wordt weer een opstelling gemaakt met een Fischertechnik-motor (31039) en een vertragingstandwielkast (31048). Op de uitkomende as wordt een schijf van printplaat bevestigd die voorzien is van een gleuf. De schijf is op ware grootte weergegeven in figuur 12.A.1.

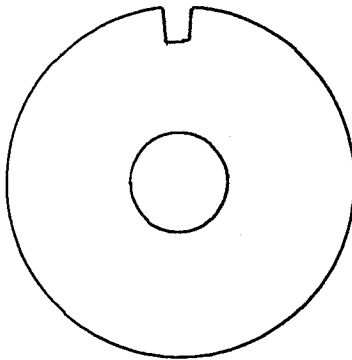


Fig. 12A1

De lichtstraal kan door een led opgewekt en door een fototransistor opgevangen worden. Een eenvoudige montage wordt verkregen door gebruik te maken van een CNY36. Dit is een U-vormige eenheid waarvan het ene been een led en het andere een fototransistor bevat. Door de schijf tussen de benen van de CNY36 te laten draaien bereikt de fototransistor telkens licht als de gleuf voorbijkomt.

De CNY36 kan eenvoudig mechanisch bevestigd worden op een Fischertechnik-element (36304). De elektrische verbinding kan tot stand komen met drie soepele geleiders. De katode van de led en de emitter van de transistor worden met elkaar verbonden.

Hier zijn geen problemen met contactdender, maar om mooie pulsen met rechte flanken te krijgen moet toch een Schmitt-trigger tussengeschakeld worden. De CNY36 kan moeilijk rechtstreeks de zware ingang van de Schmitt-trigger sturen. Daarom is een transistor tussengeschakeld. Storingen en rafelige lichtpulsen worden door twee condensatoren afgevlakt. Het schema is weergegeven in figuur 12.A.2.

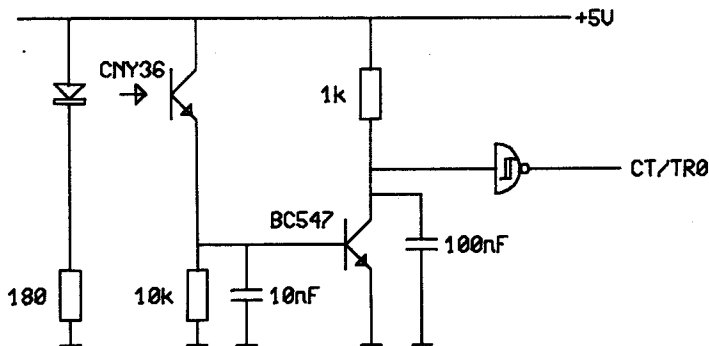


Fig.12A2

12.B. Aantal omwentelingen tellen

Als mechanisme en hardware klaar zijn, moeten deze getest worden met een zo eenvoudig mogelijk programma. Daar het hier vooral de bedoeling is met hogere snelheid te kunnen tellen, mag niet meer aan polling gedacht worden.

Eenvoud en snelheid worden bereikt door het tellen over te laten aan een kanaal van de CTC. De software moet dan alleen maar de down counter lezen en zijn inhoud op de display weergeven. De uitgang van de Schmitt-trigger moet daarvoor met de klem CK TR0 van de CTC verbonden worden.

```

00100 :P12B1          Toeren aftellen met CTC
00110
00120 :Gebruikte subs uit het ROM
0678  00130 HEX7SG EQU 0678H      ;Adres subr. HEX7SG
0624  00140 SCAN1 EQU 0624H      ;Adres subr. SCAN1
1800  00150      ORG 1800H        ;Beginadres programma
00160
1800  3E45 00170 LD A,45H          ;Control word voor tellen
1802  D340 00180 OUT (40H),A      ;naar CTC.
1804  3E00 00190 LD A,00          ;Startwaarde
1806  D340 00200 OUT (40H),A      ;naar CTC.
1808  DD211918 00210 LD IX,DISPBF ;DISPBF0 voor SCAN1
00220
180C  211918 00230 LUS LD HL,DISPBF ;DISPBF voor HEX7SG
180F  DB40 00240 IN A,(40H)        ;Lees Down Counter
1811  CD7806 00250 CALL HEX7SG     ;Van HEX naar 7-segment
1814  CD2406 00260 CALL SCAN1      ;Toon op display.
1817  18F3 00270 JR LUS            ;Blijf herhalen.
00280
1819  0000 00290 DISPBF DEFW 0     ;DISPlay Buffer
181B  0000 00300 DEFW 0
181D  0000 00310 DEFW 0
00320
00330
00340      END
0000
00000 Total Errors

```

Programma P12B1 is voldoende verklaard zodat verdere uitleg overbodig is. Voer het programma in en test het. Laat de motor eerst draaien zonder dat de schijf de straal onderbreekt. De display moet de startwaarde tonen en mag niet veranderen. Indien storingen van de motor

de display toch verminderen, moeten ontstoringscondensatoren aangebracht worden. Een flinke elko parallel aan de voedingsspanning van de motor kan veel verhelpen. Plaats eventueel nog een extra elko parallel aan de voedingsspanning bij figuur 12.A.2.

Pas als men er zeker van is dat er geen storingen (meer) zijn, mag de straal door de schijf onderbroken worden. Hoewel het hier de bedoeling is met hoge snelheden te kunnen werken, moet eerst een zeer laag tempo aangehouden worden. Dit om te kunnen nagaan of het aftellen regelmatig verloopt, zonder dat er pulsen overgelaten of teveel geteld worden. Met de vertragingstandwielkast (31048) kunnen drie verschillende overbrengingsverhoudingen ingesteld worden. Gebruik voor deze test niet direct de hoogste snelheid.

Programma P12B1 telt het aantal toeren af. De display toont hoeveel omwentelingen nog moeten worden gemaakt. Om de display het aantal al gedraaide omwentelingen te laten weer-geven is slechts een kleine wijziging in het programma nodig en ontstaat P12B2. Dit is weer een mooi voorbeeld hoe een kleine software-wijziging de eigenschappen van een schakeling kan wijzigen zonder dat er één elektrische verbinding veranderd wordt.

```

                                00100 :P12B2          Toeren tellen met CTC
                                00110
                                00120 :Gebruikte subs uit het ROM
067B      00130 HEX7SG EQU 067BH          ;Adres subr. HEX7SG
0624      00140 SCAN1 EQU 0624H          ;Adres subr. SCAN1
1800      00150 ORG 1800H                ;Beginadres programma
                                00160
1800 3E45  00170 LD A,45H                ;Control word voor tellen
1802 D340  00180 OUT (40H),A             ;naar CTC.
1804 3E00  00190 LD A,00                ;Startwaarde
1806 D340  00200 OUT (40H),A             ;naar CTC.
1808 DD211B18 00210 LD IX,DISPBF         ;DISPBF0 voor SCAN1
                                00220
180C 211B18 00230 LUS LD HL,DISPBF       ;DISPBF voor HEX7SG
180F DB40  00240 IN A,(40H)              ;Lees Down Counter
1811 ED44  00250 NEG                     ;2's complement berekenen
1813 CD7806 00260 CALL HEX7SG            ;Van HEX naar 7-segment
1816 CD2406 00270 CALL SCAN1             ;Toon op display.
1819 18F1  00280 JR LUS                  ;Blijf herhalen.
                                00290
181B 0000  00300 DISPBF DEFW 0           ;DISPlay BuFFer
181D 0000  00310 DEFW 0
181F 0000  00320 DEFW 0
                                00330
                                00340
0000      00350 END
00000 Total Errors

```

Taak. Verhoog het telbereik.

12.C. De motor stoppen na X toeren

Net als in 11.C. is het hier de bedoeling dat de Micro-Prof de motor start, de as een opgegeven aantal toeren laat draaien en dan de motor weer uitschakelt. De motor wordt geschakeld door een relais, dat gestuurd wordt over een 7406 aangesloten op PB7 van de PIO. Voor het tellen van de pulsen kan de bestaande hardware uit fig. 12.A.2 behouden blijven.

Programma P12C1 leest ook weer de down counter en toont de inhoud op de display. Het uitschakelen van de motor gebeurt door een interrupt routine die opgeroepen wordt door de CTC als zijn down counter op nul komt. Let erop hoe de interrupt routine afgesloten wordt om geen verwarring op de stack te veroorzaken.

Het aantal omwentelingen dat de as zal draaien is afhankelijk van de inhoud van adres 180F. Test vooraf weer of het schakelen van het relais geen storingen veroorzaakt. Werk ook weer eerst met een laag astoerental om de juistheid van het tellen te kunnen nagaan.

```

00100 ;P12C1      Motor stoppen na X toeren.
00110
00120 ;Gebruikte subs uit het ROM
0678 00130 HEX7SG EQU 0678H ;Adres subr. HEX7SG
0624 00140 SCAN1 EQU 0624H ;Adres subr. SCAN1
1800 00150 ORG 1800H ;Beginadres programma
00160
1800 3ECF 00170 LD A,0CFH ;Control word mode 3
1802 D383 00180 OUT (83H),A ;Naar mode control reg.B
1804 97 00190 SUB A ;Stel A voor 0000 0000
1805 D383 00200 OUT (83H),A ;Naar I/O select reg.B
00210
1807 97 00220 SUB A ;LSB adres interr.vector
1808 D340 00230 OUT (40H),A ;Naar interrupt reg.CTC
180A 3ED7 00240 LD A,0D7H ;Contr.word aftel.+int.
180C D340 00250 OUT (40H),A ;naar CTC.
180E 3E20 00260 LD A,20H ;Aantal toeren.
1810 D340 00270 OUT (40H),A ;naar CTC.
1812 DD212E18 00280 LD IX,DISPBF ;DISPBF0 voor SCAN1
1816 ED5E 00290 IM 2 ;Kies interrupt mode
1818 3E1B 00300 LD A,1BH ;MSB adres interrupt page
181A ED47 00310 LD I,A ;naar Interrupt register
181C 3E80 00320 LD A,80H ;Start de
181E D381 00330 OUT (81H),A ;motor.
1820 FB 00340 EI ;Aanvaar interrupts
00350
1821 212E18 00360 TOONDC LD HL,DISPBF ;DISPBF voor HEX7SG
1824 DB40 00370 IN A,(40H) ;Lees Down Counter
1826 CD7806 00380 CALL HEX7SG ;Van HEX naar 7-segment
1829 CD2406 00390 CALL SCAN1 ;Toon op display.
182C 1BF3 00400 JR TOONDC ;Blijf herhalen.
00410
182E 0000 00420 DISPBF DEFW 0 ;DISPlay Buffer
1830 0000 00430 DEFW 0
1832 0000 00440 DEFW 0
00450
00460
00470
1834 97 00480 INTER1 SUB A ;Schakel de
1835 D381 00490 OUT (81H),A ;motor uit.
1837 210000 00500 LD HL,0 ;Adres RESET in HL en
183A E3 00510 EX (SP),HL ;naar top van stack
183B ED4D 00520 RETI ;Naar monitor
00530
1800 00540 ORG 1800H
1800 3418 00550 VECT1 DEFW INTER1
0000 00560 END
00000 Total Errors

VECT1 1800
INTER1 1834
TOONDC 1821
DISPBF 182E
SCAN1 0624
HEX7SG 0678

```

12.D. De motor langzaam stoppen na X toeren

Met P12C1 loopt de as nog enkele tientallen graden door nadat de motor uitgeschakeld is. Dit traagheidseffect kan gereduceerd worden door de motor tijdens de laatste asomwentelingen op een lagere spanning te schakelen. In 11.E. is dit bereikt door een weerstand in serie met de motor te schakelen. In plaats van een weerstand kunnen ook enkele dioden de nodige spanningsdaling veroorzaken. Een normaal gesloten contact van een extra relais, gestuurd door PB5, sluit de dioden kort voor normale snelheid. De motor draait dan met een hoog toerental als alleen relais PB7 is aangetrokken en langzaam als beide relais actief zijn.

Bij de opstelling met een Fischer-motor (31039) en een vertragingstandwielkast (31048) die is ingesteld op zijn hoogste snelheid, is het voldoende de spanning te reduceren tijdens de laatste omwenteling. Programma P12D1 zorgt voor de sturing en maakt daarbij gebruik van twee interrupt routines.

Als de as in totaal 20 omwentelingen moet maken, moet het time-constant-register van de CTC geladen worden met 1F (lijnen 260-280). Als deze afgeteld zijn vraagt de CTC een interrupt die INTERrupt routine 1 laat uitvoeren.

INTER1 schakelt de dioden in serie met de motor, laadt de waarde 1 in het time-constant-register en plaatst het adres van INTER2 op de VECTOR1. De CTC vraagt weer een interrupt als de gleuf bij de opnemer komt, maar nu wordt INTER2 uitgevoerd. Deze schakelt beide relais uit en laat terugkeren naar de monitor. Het resultaat is dat de gleuf nu maar enkele graden voorbij de opnemer stopt.

Er moet nog worden gewezen op een belangrijk detail. Op de lijnen 350 en 360 laadt het programma zelf de vector voor INTER1 op het adres 1B00. Bij afwezigheid daarvan zou telkens wanneer het programma weer gestart wordt, eerst deze vector herschreven moeten worden, daar de vorige uitvoering er het adres van INTER2 heeft geplaatst.

	00100	;P12D1 Motor traag stoppen na X toeren.		
	00110			
	00120	;Gebruikte subs uit het ROM		
0678	00130	HEX7SG	EGU	0678H ;Adres subr. HEX7SG
0624	00140	SCAN1	EGU	0624H ;Adres subr. SCAN1
1800	00150	ORG	1800H ;Beginadres programma	
	00160			
1800 3ECF	00170	LD	A,0CFH	;Control word mode 3
1802 D3B3	00180	OUT	(83H),A	;Naar mode control reg.B
1804 97	00190	SUB	A	;Stel A voor 0000 0000
1805 D3B3	00200	OUT	(83H),A	;Naar I/O select reg.B
	00210			
1807 97	00220	SUB	A	;LSB adres interr.vector
1808 D340	00230	OUT	(40H),A	;Naar interrupt reg.CTC
180A 3ED7	00240	LD	A,0D7H	;Contr.word aftel.+int.
180C D340	00250	OUT	(40H),A	;naar CTC.
180E 3E20	00260	LD	A,20H	;Aantal toeren.
1810 3D	00270	DEC	A	;1 toer minder.
1811 D340	00280	OUT	(40H),A	;naar CTC.
1813 DD213718	00290	LD	IX,DISPBF	;DISPBF0 voor SCAN1
1817 ED5E	00300	IM	2	;Kies interrupt mode
1819 3E1B	00310	LD	A,1BH	;MSB adres interrupt page
181B ED47	00320	LD	I,A	;naar Interrupt register
181D 3E80	00330	LD	A,80H	;Start de
181F D3B1	00340	OUT	(81H),A	;motor.
1821 213D18	00350	LD	HL,INTER1	;Adres INTER1
1824 22001B	00360	LD	(VECT1),HL	;naar VECTOR 1.
1827 FB	00370	EI		;Aanvaar interrupts
	00380			

1828	213718	00390	TOONDC	LD	HL,DISPBF	;DISPBF voor HEX7SG
1828	DB40	00400		IN	A,(40H)	;Lees Down Counter
182D	F3	00410		DI		;Voorlop.niet aanvaarden.
182E	CD7806	00420		CALL	HEX7SG	;Van HEX naar 7-segment
1831	CD2406	00430		CALL	SCAN1	;Toon op display.
1834	FB	00440		EI		;Aanvaar weer interrupts.
1835	18F1	00450		JR	TOONDC	;Blijf herhalen.
		00460				
1837	0000	00470	DISPBF	DEFW	0	;DISPlay Buffer
1839	0000	00480		DEFW	0	
183E	0000	00490		DEFW	0	
		00500				
183D	3EA0	00510	INTER1	LD	A,0A0H	;Schakel de
183F	D381	00520		OUT	(81H),A	;motor op lage snelheid
1841	3ED7	00530		LD	A,0D7H	;Maak Time Constant reg.
1843	D340	00540		OUT	(40H),A	;toegankelijk.
1845	3E01	00550		LD	A,1	;Aantal toeren traag.
1847	D340	00560		OUT	(40H),A	;Naar Time Constant reg.
1849	215118	00570		LD	HL,INTER2	;Adres interrupt rout.2
184C	22001B	00580		LD	(VECT1),HL	;naar VECTOR 1
184F	ED4D	00590		RETI		;Terug naar programma.
		00600				
1851	97	00610	INTER2	SUB	A	;Schakel de
1852	D381	00620		OUT	(81H),A	;motor uit.
1854	210000	00630		LD	HL,0	
1857	E3	00640		EX	(SP),HL	
1858	ED4D	00650		RETI		
		00660				
1B00		00670		ORG	1B00H	
0002		00680	VECT1	DEFS	2	;Voorbehouden voor VECT1
		00690				
0000		00700		END		

00000 Total Errors

INTER2 1851
 TOONDC 1828
 VECT1 1B00
 INTER1 183D
 DISPBF 1837
 SCAN1 0624
 HEX7SG 0678

12.E. Snelheidsregeling door DAC

Een betere snelheidsregeling van de motor wordt verkregen door deze te sturen over een digitaal-analoog-converter. De Micro-Prof krijgt daarmee volledige controle over de snelheid van de motor, wat ook voor verdere uitbreidingen nuttig kan zijn.

De schakeling uit de figuren 4B1 of 4D2 zijn bijna rechtstreeks bruikbaar voor het regelen van de Fischer-motor. Alleen moet de terugkoppelweerstand over de op-amp aangepast worden, zodat de maximum uitgangsspanning 6V is.

Parallel aan de motor kan men het beste een gloeilampje van 6V, 0.2A schakelen. Bij spanningsverlaging helpt deze de motor langzamer te laten draaien.

Het programma P12E1 is getest met de schakeling uit figuur 12.D.2, maar de DAC is met zijn acht bits aangesloten op PB0-7. De motor zal dan zijn 6V krijgen als FF naar poort B gebracht wordt. De geringe uitloopsnelheid wordt verkregen door 40H naar de DAC te sturen.

	00100	:P12E1			
	00110				:Motor stopt traag na X toeren.
	00120				:Snelheidsregeling door DAC
	00130				:Hoogste snelheid bij FF naar DAC
	00140				:Bij 40 op DAC blijft de motor nog net draaien.
	00150				:Interrupt mag display-routine onderbreken
	00160				
0678	00170	HEX7SG	FQU	0678H	
0624	00180	SCAN1	EQU	0624H	
1800	00190		ORG	1800H	:Beginadres programma
	00200				
1800	00210		LD	A,0CFH	:Control word mode 3
1802	00220		OUT	(83H),A	:Naar mode control reg.B
1804	00230		SUB	A	:Stel A voor 0000 0000
1805	00240		OUT	(83H),A	:Naar I/O select reg.B
	00250				
1807	00260		SUB	A	:LSB adres interr.vector
1808	00270		OUT	(40H),A	:Naar interrupt reg.CTC
180A	00280		LD	A,0D7H	:Contr.word aftel+interr.
180C	00290		OUT	(40H),A	:naar CTC.
180E	00300		LD	A,(STAPP)	:Aantal stappen
1811	00310		SUB	4	:Aantal stappen snel in A
1813	00320		OUT	(40H),A	:naar CTC.
1815	00330		LD	IX,DISPFB	:Voor HEX7SG
1819	00340		IM	2	:Kies interrupt mode
181B	00350		LD	A,1BH	:MSB adres interrupt page
181D	00360		LD	I,A	:naar Interrupt register
181F	00370		LD	A,0FFH	:Volle spanning
1821	00380		OUT	(81H),A	:naar motor
1823	00390		LD	HL,INTER1	:Adres INTER1
1826	00400		LD	(VECT1),HL	:naar VECTOR 1.
1829	00410	TOONDC	EI		:Aanvaar interrupts
182A	00420		LD	HL,DISPFB	:Voor SCAN1
182D	00430		IN	A,(40H)	:Lees down counter
182F	00440		CALL	HEX7SG	:Patronen opbouwen
1832	00450		CALL	SCAN1	:Toon down counter
1835	00460		JR	TOONDC	:Herhaal
	00470				
1837	00480	INTER1	PUSH	AF	:Bewaar AF
1838	00490		PUSH	HL	:en HL.
1839	00500		LD	A,40H	:Laagste spanning
183B	00510		OUT	(81H),A	:naar motor.
183D	00520		LD	A,0D7H	:Maak Time Constant reg.
183F	00530		OUT	(40H),A	:toegankelijk.
1841	00540		LD	A,4	:Aantal stappen traag
1843	00550		OUT	(40H),A	:Naar Time Constant reg.
1845	00560		LD	HL,INTER2	:Adres interrupt rout.2
1848	00570		LD	(VECT1),HL	:naar VECTOR 1
184B	00580		POP	HL	:Oorspronkelijke waarde
184C	00590		POP	AF	:terug in HL en AF.
184D	00600		RETI		:Terug naar programma.
	00610				
184F	00620	INTER2	SUB	A	:Schakel de
1850	00630		OUT	(81H),A	:motor uit.
1852	00640		LD	HL,0	:Terugkeeradres
1855	00650		EX	(SP),HL	:naar de top van stack.
1856	00660		RETI		
	00670				
1858	00680	DISPFB	DEFW	00	:DISPlay Buffer.
185A	00690		DEFW	00	
185C	00700		DEFW	00	
	00710				
185E	00720	STAPP	DEFB	0FH	:Aantal STAPPen
	00730				
1800	00740		ORG	1800H	
0002	00750	VECT1	DEFS	2	:Voorbehouden voor VECT1
	00760				
0000	00770		END		

00000 Total Errors

INTER2	184F
TOONDC	1829
VECT1	1800
INTER1	1837
DISP8F	1858
STAPP	185E
SCAN1	0624
HEX7SG	0678

Opdat het programma ook voor grotere snelheden bruikbaar is, wordt een interrupt niet meer uitgesteld door de instructie DI in de TOONDC-lus. Daardoor moeten in de routine INTER1 de registers AF en HL op de stack bewaard worden.

Het aantal toeren dat de schijfas snel moet draaien wordt nu bewaard bij label STAPP. Het aantal toeren langzaam uitlopen is vast ingesteld op vier stappen of één toer van de schijfas. Om te kunnen nagaan of het tellen van de toeren wel perfect verloopt, kan de mechanische opstelling uitgebreid worden met een tandwielvertraging van $1/16$. Dit kan bereikt worden met twee tandwielen van tien tanden (31047) en twee tandwielen van 40 tanden (31022). Voor iedere 10H die in STAPP staat moet de verste as dan precies één omwenteling maken.

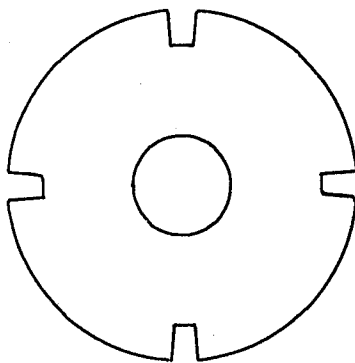


Fig.12E1

Deze as kan nu met een nauwkeurigheid van $1/16$ toer of 22 gr. 30' verdraaid worden. Door de schijf te vervangen door één met vier lichtgleuven zoals in figuur 12.E.1 kunnen nauwkeuriger bewegingen gemaakt worden. Om de verste as weer één volledige omwenteling te laten maken moet STAPP nu met 40H geladen worden. De beweging van de schijfas kan dan met een nauwkeurigheid van $1/4$ toer of één stap ingesteld worden. De nauwkeurigheid van de verste as is daarmee $1/64$ toer of 5 graden 36 min 30 sec.

12.F. Zeer kleine bewegingen

De kleinste beweging die met P12E1 gemaakt kan worden is vijf stappen. Met een kleinere waarde wordt na de instructie SUB 4 een negatief verschil (of nul) verkregen dat in de CTC wordt geladen.

Het programma zou zo gewijzigd kunnen worden dat, indien minder dan vijf stappen gevraagd worden, direct de uitlooppcedure gestart wordt, waarbij alleen de lage uitloopspanning op de motor komt. De kans is dan echter groot dat de motor niet wil starten (afhankelijk van de mechanische belasting) bij deze kleine spanning. Dit kan voorkomen worden door korte tijd de volle spanning op de motor te brengen en daarna de gepaste uitloopspanning.

In programma P12F1 worden weer eerst vier stappen van het opgegeven aantal afgetrokken. Zolang het verkregen verschil groter is dan nul, verloopt het programma als P12E1. Is het verschil echter nul of negatief (vier of minder stappen), dan wordt overgegaan op het label KLEIN. Daar wordt eerst 4 bij A geteld om het gewenste aantal stappen weer in A te krijgen, dat dan naar CTC wordt overgebracht. Als BC geladen is met een waarde die de tijdsduur van de aanlooppuls bepaalt, wordt de volle spanning naar de motor gebracht. Zodra BC uitgeteld is, wordt op uitloopspanning overgeschakeld.

Als de CTC zijn interrupt-aanvraag doet, moet niet INTER1 uitgevoerd worden, maar INTER2 om de motor te laten stoppen. Zodra het adres van INTER2 op VECT1 geplaatst is kan in de lus van TOONDC op de interrupt gewacht worden. Met P12F1 kunnen nu bewegingen van één tot FF stappen uitgevoerd worden.

	00100	:P12F1			
	00110				;Motor stopt traag na X toeren.
	00120				;Snelheidsregeling door DAC
	00130				;Hoogste snelheid bij FF naar DAC
	00140				;Bij 40 op DAC blijft de motor nog net draaien.
	00150				;Interrupt mag display-routine onderbreken
	00160				;Ook 1 stap mogelijk
	00170				
0678	00180	HEX7SG	EQU	0678H	;Omvormen voor 7-segment
0624	00190	SCAN1	EQU	0624H	;Toon DISBUF op display
1800	00200		ORG	1800H	;Beginadres programma
	00210				
1800	00220		LD	A,0CFH	;Control word mode 3
1802	00230		OUT	(83H),A	;Naar mode control reg.B
1804	00240		SUB	A	;Stel A voor 0000 0000
1805	00250		OUT	(83H),A	;Naar I/O select reg.B
	00260				
1807	00270		LD	IX,DISPEF	;Voor HEX7SG
1808	00280		IM	2	;Kies interrupt mode
180D	00290		LD	A,1BH	;MSB adres interrupt page
180F	00300		LD	I,A	;naar interrupt register.
1811	00310		SUB	A	;LSB adres interr.vector
1812	00320		OUT	(40H),A	;Naar interrupt reg.CTC
1814	00330		LD	A,0D7H	;Contr.word aftel+interr.
1816	00340		OUT	(40H),A	;naar CTC.
	00350				
1818	00360		LD	A,(STAPP)	;Aantal stappen
1818	00370		SUB	4	;Aantal stappen snel in A
181D	00380		JR	Z,KLEIN	;Naar KLEIN indien
181F	00390		JR	C,KLEIN	;4 of minder stappen
1821	00400		OUT	(40H),A	;Naar CTC.
1823	00410		LD	A,0FFH	;Volle spanning
1825	00420		OUT	(81H),A	;naar motor
1827	00430		LD	HL,INTER1	;Adres INTER1
182A	00440		LD	(VECT1),HL	;naar VECTOR 1.
182D	00450	TOONDC	EI		;Aanvaar interrupts
182E	00460		LD	HL,DISPBF	;Voor SCAN1
1831	00470		IN	A,(40H)	;Lees down counter
1833	00480		CALL	HEX7SG	;Patronen opbouwen
1836	00490		CALL	SCAN1	;Toon down counter
1839	00500		JR	TOONDC	;Herhaal
	00510				

183B C604	00520	KLEIN	ADD	A,4	{Aantal stappen in A
183D D340	00530		OUT	(40H),A	{Naar time constant reg.
183F 010010	00540		LD	BC,1000H	{Impulstijd instellen
1842 3EFF	00550		LD	A,0FFH	{Maximum spanning
1844 D381	00560		OUT	(81H),A	{naar motor
1846 0D	00570	WACHT	DEC	C	{Wacht
1847 20FD	00580		JR	NZ,WACHT	{hier
1849 10FB	00590		DJNZ	WACHT	{even.
184B 3E40	00600		LD	A,40H	{Lage spanning
184D D381	00610		OUT	(81H),A	{naar motor.
184F 216F18	00620		LD	HL,INTER2	{Adres interrupt routine
1852 22001B	00630		LD	(VECT1),HL	{naar VECTOR1.
1855 18D6	00640		JR	TOONDC	{Herhaal bij TOONDC
	00650				
1857 F5	00660	INTER1	PUSH	AF	{Bewaar AF
1858 E5	00670		PUSH	HL	{en HL.
1859 3E40	00680		LD	A,40H	{Laagste spanning
185B D381	00690		OUT	(81H),A	{naar motor.
185D 3ED7	00700		LD	A,0D7H	{Maak Time Constant reg.
185F D340	00710		OUT	(40H),A	{toegankelijk.
1861 3E04	00720		LD	A,4	{Aantal stappen traag
1863 D340	00730		OUT	(40H),A	{Naar Time Constant reg.
1865 216F18	00740		LD	HL,INTER2	{Adres interrupt rout.2
1868 22001B	00750		LD	(VECT1),HL	{naar VECTOR 1
186B E1	00760		POP	HL	{Oorspronkelijke waarde
186C F1	00770		POP	AF	{terug in HL en AF.
186D ED4D	00780		RETI		{Terug naar programma.
	00790				
186F 97	00800	INTER2	SUB	A	{Schakel de
1870 D381	00810		OUT	(81H),A	{motor uit.
1872 210000	00820		LD	HL,0	{Terugkeeradres
1875 E3	00830		EX	(SP),HL	{naar de top van stack
1876 ED4D	00840		RETI		
	00850				
1878 0000	00860	DISPBF	DEFW	00	{DISPlay BuFFer
187A 0000	00870		DEFW	00	
187C 0000	00880		DEFW	00	
	00890				
187E 0F	00900	STAPP	DEFB	0FH	{Aantal STAPPen
	00910				
1B00	00920		ORG	1B00H	
0002	00930	VECT1	DEFS	2	{Voorbehouden voor VECT1
	00940				
0000	00950		END		
00000	Total Errors				
INTER2	186F				
WACHT	1846				
TOONDC	182D				
VECT1	1B00				
INTER1	1857				
KLEIN	183B				
STAPP	187E				
DISPBF	1878				
SCAN1	0624				
HEX7SG	0678				

12.G. Twee draairichtingen

Voor bewegingen in beide richtingen is de hardware-aanpassing van figuur 12.G.1 nodig. Daar de DAC de spanning naar de motor kan uitschakelen, volstaat een enkel relais voor het omkeren. Het relais wordt gestuurd door PA0, zodat links of rechts draaien bereikt wordt door 00 of 01 naar adres 80H (poort A van de PIO) te brengen.

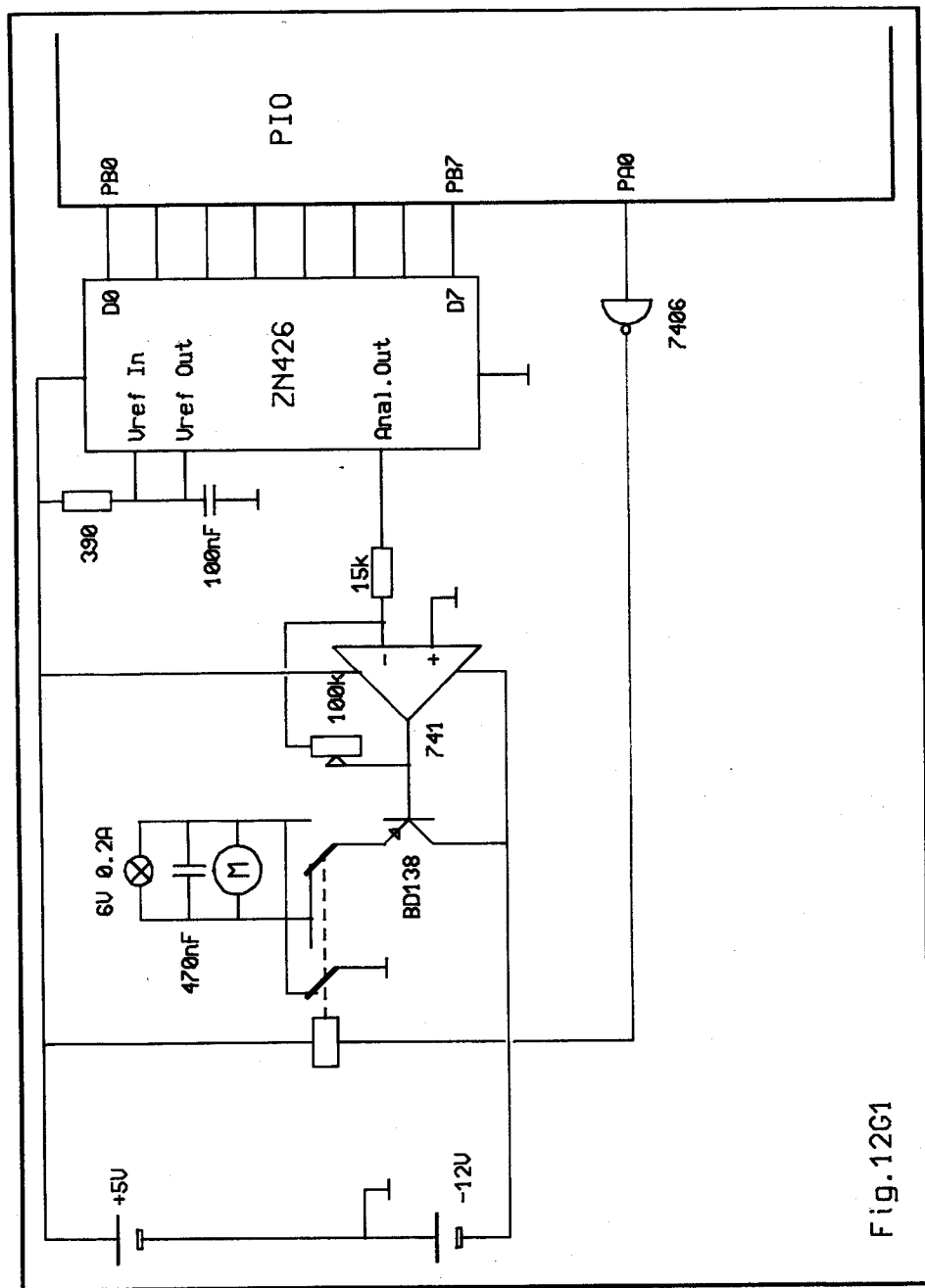


Fig.12G1

Voordat met software begonnen wordt, moet eerst nog aandacht aan de schijf besteed worden. De motor wordt uitgeschakeld nadat de laatste lichtpuls is geteld. Door de mechanische traagheid komt de schijf tot stilstand met de laatst getelde gleuf even voorbij de opnemer. Zolang de volgende beweging weer in dezelfde richting gaat heeft dit geen gevolgen. Wordt de motor echter in de andere richting gestuurd, dan laat de laatste lichtgleuf direct een puls ontstaan zonder dat de schijf $1/4$ toer gedraaid heeft. Uiteraard zal de beweging daarvoor één stap te weinig maken.

De CTC is zo ingesteld dat de down counter alleen aftelt bij een overgang van donker naar licht. Het langer maken van de lichtgleuven zoals in figuur 12.G.2 zal de telling niet beïnvloeden. Wel zal bij stilstand de opnemer nu belicht blijven en geen valse puls leveren bij het starten in omgekeerde richting.

De lengte van de gleuf moet in elk geval groter zijn dan de uitloopweg van de schijf. Heeft het aangedreven mechanische toestel een korte uitloopweg, dan volstaan ook korte lichtgleuven. Eventueel kan het aantal lichtgleuven op de schijf dan verhoogd worden, waardoor nog kleinere en nauwkeuriger bewegingen gemaakt kunnen worden. Hier wordt met de schijf uit figuur 12.G.2 verder gewerkt.

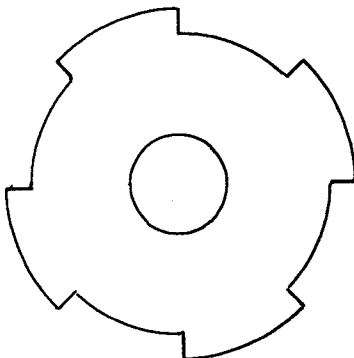


Fig.12G2

In programma P12G1 voor bewegingen in beide richtingen staat het aantal uit te voeren stappen weer bij label STAPP. in welke richting bewogen moet worden staat in een tweede byte met label ZIN.

Ten opzichte van P12F1 zijn er maar enkele aanvullingen. Daar nu ook side A van de PIO gebruikt wordt, moet deze ook ingesteld worden. (Lijnen 260-290.) De lijnen 400 en 410 stellen het relais in de gewenste bewegingsrichting. In INTER2 moet nu niet alleen de motor maar ook het relais uitgeschakeld worden. (Lijn 880.)

```

00100 ;P12G1
00110      ;Motor stopt traag na X toeren.
00120      ;Snelheidsregeling door DAC
00130      ;Hoogste snelheid bij FF naar DAC
00140      ;Bij 40 op DAC blijft de motor nog net draaien.
00150      ;Interrupt mag display-routine onderbreken
00160      ;Ook 1 stap mogelijk. Twee draairichtingen.
00170
0678      00180 HEX75G EQU      0678H      ;Omvormen voor 7-segment

```

0624	00190	SCAN1	EQU	0624H	;Toon DISEBUF op display
1800	00200		ORG	1800H	;Beginadres programma
	00210				
1800	3ECF		LD	A,0CFH	;Control word mode 3
1802	D383		OUT	(83H),A	;Naar mode control reg.B
1804	97		SUB	A	;Stel A voor 0000 0000
1805	D383		OUT	(83H),A	;Naar I/O select reg.B
1807	3ECF		LD	A,0CFH	;Control word mode 3
1809	D382		OUT	(82H),A	;Naar mode control reg.A
180B	97		SUB	A	;Stel A voor 0000 0000
180C	D382		OUT	(82H),A	;Naar I/O select reg.A
	00300				
180E	DD218618		LD	IX,DISPBF	;Voor HEX7SG
1812	ED5E		IM	2	;Kies interrupt mode
1814	3E1B		LD	A,1BH	;MSB adres interrupt page
1816	ED47		LD	I,A	;naar interrupt register.
1818	97		SUB	A	;LSB adres interr.vector
1819	D340		OUT	(40H),A	;Naar interrupt reg.CTC
181B	3ED7		LD	A,0D7H	;Contr.word aftel+interr.
181D	D340		OUT	(40H),A	;naar CTC.
	00390				
181F	3A8C18		LD	A,(ZIN)	;Code voor draaizin
1822	D380		OUT	(80H),A	;naar relais.
1824	3A8D18		LD	A,(STAPP)	;Aantal stappen
1827	D604		SUB	4	;Aantal stappen snel in A
1829	281C		JR	Z,KLEIN	;Naar KLEIN indien
182B	381A		JR	C,KLEIN	;4 of minder stappen
182D	D340		OUT	(40H),A	;Naar CTC.
182F	3EFF		LD	A,0FFH	;Volle spanning
1831	D381		OUT	(81H),A	;naar motor
1833	216318		LD	HL,INTER1	;Adres INTER1
1836	22001B		LD	(VECT1),HL	;naar VECTOR 1.
1839	FB		EI		;Aanvaar interrupts
183A	218618		LD	HL,DISPBF	;Voor SCAN1
183D	DB40		IN	A,(40H)	;Lees down counter
183F	CD7806		CALL	HEX7SG	;Patronen opbouwen
1842	CD2406		CALL	SCAN1	;Toon down counter
1845	18F2		JR	TOONDC	;Herhaal
	00570				
1847	C604	KLEIN	ADD	A,4	;Aantal stappen in A
1849	D340		OUT	(40H),A	;Naar time constant reg.
184E	010010		LD	BC,1000H	;Impulstijd instellen
184E	3EFF		LD	A,0FFH	;Maximun spanning
1850	D381		OUT	(81H),A	;naar motor
1852	0D	WACHT	DEC	C	;Wacht
1853	20FD		JR	NZ,WACHT	;hier
1855	10FB		DJNZ	WACHT	;even.
1857	3E40		LD	A,40H	;Lage spanning
1859	D381		OUT	(81H),A	;naar motor.
185B	217B18		LD	HL,INTER2	;Adres interrupt routine
185E	22001B		LD	(VECT1),HL	;naar VECTOR1.
1861	18D6		JR	TOONDC	
	00710				
1863	F5	INTER1	PUSH	AF	;Bewaar AF
1864	E5		PUSH	HL	;Bewaar HL
1865	3E40		LD	A,40H	;Laagste spanning
1867	D381		OUT	(81H),A	;naar motor.
1869	3ED7		LD	A,0D7H	;Maak Time Constant reg.
186B	D340		OUT	(40H),A	;toegankelijk.
186D	3E04		LD	A,4	;Aantal stappen traag
186F	D340		OUT	(40H),A	;Naar Time Constant reg.
1871	217B18		LD	HL,INTER2	;Adres interrupt rout.2
1874	22001B		LD	(VECT1),HL	;naar VECTOR 1
1877	E1		POP	HL	;Oorspronkelijke waarde
1878	F1		POP	AF	;terug in HL en AF.
1879	ED4D		RETI		;Terug naar programma.
	00850				
187B	97	INTER2	SUB	A	;Schakel de

```

187C D381      00870      OUT      (81H),A      ;motor uit
187E D380      00880      OUT      (80H),A      ;en relais af.
1880 210000    00890      LD        HL,0        ;Terugkeeradres
1883 E3         00900      EX        (SP),HL     ;naar de top van stack
1884 ED4D      00910      RETI
               00920
1886 0000      00930 DISPBF DEFW     00          ;DISPlay BuFfer
1888 0000      00940      DEFW     00
188A 0000      00950      DEFW     00
               00960
188C 01        00970 ZIN      DEFB     1          ;Draaizin 1=VR 0=AR
188D 40        00980 STAPP   DEFB     40H        ;Aantal STAPPen
               00990
1B00           01000          ORG     1B00H
0002           01010 VECT1   DEFS     2          ;Voorbehouden voor VECT1
               01020
0000           01030          END
00000 Total Errors

INTER2 187B
WACHT  1852
TOONDC 1839
VECT1  1800
INTER1 1863
KLEIN  1847
STAPP  188D
ZIN     188C
DISPBF 1886
SCAN1   0624
HEX7SG  0678

```

12.H. Programmeerbare snelheid

In de vorige programma's draait de motor altijd op volle snelheid (met uitzondering voor het uitlopen). Als een tragere beweging gewenst is moet een kleinere waarde naar de DAC gebracht worden. Deze waarde kan bij de bit voor de draairichting in dezelfde byte geplaatst worden. De label bij deze gecombineerde waarde is dan ook in P12H1 tot SNLZIN omgedoopt.

Lijn 410 haalt SLNZIN op. De volgende lijn zeft er de draairichting uit, waarna lijn 430 deze naar het relais brengt.

Bij lijn 510 wordt weer SNLZIN opgehaald, maar nu wordt de draairichting verwijderd voordat de waarde naar de DAC wordt gebracht. Daardoor zullen alleen de oneven waarden het relais doen aantrekken en de motor in omgekeerde richting laten draaien.

De snelheid van een even waarde is dezelfde als die van de erop volgende oneven waarde. Met P12H1 is de gelijkstroommotor volledig onder controle en kan hij, waar grotere snelheid en kracht vereist zijn, de stappenmotor vervangen.

```

00100 :P12H1
00110      ;Motor stopt traag na X toeren.
00120      ;Snelheidsregeling door DAC
00130      ;Hoogste snelheid bij FF naar DAC
00140      ;Bij 40 op DAC blijft de motor nog net draaien.
00150      ;Interrupt mag display-routine onderbreken
00160      ;Ook 1 stap mogelijk. Twee draairichtingen.
00170      ;Snelheid programmeerbaar
00180
0678      00190 HEX7SG EQU    0678H      ;Omvormen voor 7-segment

```

0624	00200	SCAN1	EQU	0624H	;Toon DISBUF op display
1800	00210		ORG	1800H	;Beginadres programma
	00220				
1800	3ECF		LD	A,0CFH	;Control word mode 3
1802	D383		OUT	(83H),A	;Naar mode control reg.B
1804	97		SUB	A	;Stel A voor 0000 0000
1805	D383		OUT	(83H),A	;Naar I/O select reg.B
1807	3ECF		LD	A,0CFH	;Control word mode 3
1809	D382		OUT	(82H),A	;Naar mode control reg.A
180B	97		SUB	A	;Stel A voor 0000 0000
180C	D382		OUT	(82H),A	;Naar I/O select reg.A
	00310				
180E	DD218B18		LD	IX,DISPBF	;Voor HEX7SG
1812	ED5E		IM	2	;Kies interrupt mode
1814	3E1B		LD	A,1EH	;MSB adres interrupt page
1816	ED47		LD	I,A	;naar interrupt register.
1818	97		SUB	A	;LSB adres interr.vector
1819	D340		OUT	(40H),A	;Naar interrupt reg.CTC
181B	3ED7		LD	A,0D7H	;Contr.word aftelt+interr.
181D	D340		OUT	(40H),A	;naar CTC.
	00400				
181F	3A9118		LD	A,(SNLZIN)	;Snelheid en zin in A
1822	E601		AND	1	;Zin alleen in A
1824	D380		OUT	(80H),A	;en naar relais.
	00440				
1826	3A9218		LD	A,(STAPP)	;Aantal stappen
1829	D604		SUB	4	;Aantal stappen snel in A
182B	281F		JR	Z,KLEIN	;Naar KLEIN indien
182D	381D		JR	C,KLEIN	;4 of minder stappen
182F	D340		OUT	(40H),A	;Naar CTC.
	00500				
1831	3A9118		LD	A,(SNLZIN)	;Snelheid en zin in A
1834	E6FE		AND	0FEH	;Snelheid alleen in A
1836	D381		OUT	(81H),A	;en naar motor
	00540				
1838	216818		LD	HL,INTER1	;Adres INTER1
183B	22001B		LD	(VECT1),HL	;naar VECTOR 1.
	00570				
183E	FB	TOONDC	EI		;Aanvaar interrupts
183F	218B18		LD	HL,DISPBF	;Voor SCAN1
1842	DB40		IN	A,(40H)	;Lees down counter
1844	CD7806		CALL	HEX7SG	;Patronen opbouwen
1847	CD2406		CALL	SCAN1	;Toon down counter
184A	18F2		JR	TOONDC	;Herhaal
	00640				
184C	C604	KLEIN	ADD	A,4	;Aantal stappen in A
184E	D340		OUT	(40H),A	;Naar time constant reg.
1850	010010		LD	BC,1000H	;Impulstijd instellen
1853	3EFF		LD	A,0FFH	;Maximum spanning
1855	D381		OUT	(81H),A	;naar motor
1857	0D	WACHT	DEC	C	;Wacht
1858	20FD		JR	NZ,WACHT	;hier
185A	10FB		DJNZ	WACHT	;even.
185C	3E40		LD	A,40H	;Lage spanning
185E	D381		OUT	(81H),A	;naar motor.
1860	218018		LD	HL,INTER2	;Adres interrupt routine
1863	22001B		LD	(VECT1),HL	;naar VECTOR1.
1866	18D6		JR	TOONDC	
	00780				
1868	F5	INTER1	PUSH	AF	;Bewaar AF
1869	E5		PUSH	HL	;Bewaar HL
186A	3E40		LD	A,40H	;Laagste spanning
186C	D381		OUT	(81H),A	;naar motor.
186E	3ED7		LD	A,0D7H	;Maak Time Constant reg.
1870	D340		OUT	(40H),A	;toegankelijk.
1872	3E04		LD	A,4	;Aantal stappen traag
1874	D340		OUT	(40H),A	;Naar Time Constant reg.
1876	218018		LD	HL,INTER2	;Adres interrupt rout.2

1879	22001B	00880	LD	(VECT1),HL	!naar VECTOR 1
187C	E1	00890	POP	HL	!Oorspronkelijke waarde
187D	F1	00900	POP	AF	!terug in HL en AF.
187E	ED4D	00910	RETI		!Terug naar programma.
		00920			
1880	97	00930	INTER2	SUB	A
1881	D381	00940	OUT	(81H),A	!Schakel de
1883	D380	00950	OUT	(80H),A	!motor uit
1885	210000	00960	LD	HL,0	!ten relais af.
1888	E3	00970	EX	(SP),HL	!Terugkeeradres
1889	ED4D	00980	RETI		!naar de top van stack
		00990			
188B	0000	01000	DISPRF	DEFW	00
188D	0000	01010	DEFW	00	!DISPlay BuFfer
188F	0000	01020	DEFW	00	
		01030			
1891	71	01040	SNLZIN	DEFB	71H
		01050			
1892	40	01060	STAPP	DEFB	40H
		01070			
1B00		01080	ORG	1B00H	
0002		01090	VECT1	DEFS	2
		01100			
		01110	END		!Voorbehouden voor VECT1
0000		01110			
00000	Total Errors				
INTER2	1880				
WACHT	1857				
TOONDC	183E				
VECT1	1B00				
INTER1	1868				
KLEIN	184C				
STAPP	1892				
SNLZIN	1891				
DISPRF	188B				
SCAN1	0624				
HEX7SG	0678				

Taak 1. Maak side A van de PIO vrij door het relais op PB0 aan te sluiten. Pas het programma aan.

Taak 2. Om het op gang komen bij lage snelheden te verzekeren, moet de motor altijd starten met een korte puls volle spanning. Geef P12H1 deze eigenschap.