

COMPUTER INTERFACES

Geschikt voor elke computer

Met onder andere
schakelingen om de microcomputer
uw huis te laten bewaken

Owen Bishop

De Muiderkring

Owen Bishop

COMPUTER INTERFACES

Geschikt voor elke computer



DE MUIDERKRING B.V. – BUSSUM

UITGEVERIJ VAN TECHNISCHE BOEKEN EN TIJDSCHRIFTEN

Oorspronkelijke titel : Interfacing to Microprocessors & Microcomputers
Nederlandse vertaling: H.J.C. Otten
Omslagontwerp : Letty Krijger-Annokkeé

© 1982 Butterworth & Co. Ltd, Borough Green, Sevenoaks,
Kent TN15 8PH, England

© 1984 De Muiderkring b.v., Bussum

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zon-
der voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

ISBN 90 6082 249 8

INHOUD

VOORWOORD	7
HOOFDSTUK 1	9
Invoer-interfaces	9
1. Licht-sensor	11
2. Temperatuur-sensor	18
3. Digitale thermometer	24
4. Gas-sensor	31
5. Geluids-sensor	36
6. Positie-sensor	41
 HOOFDSTUK 2	48
Uitvoer-interfaces	48
7. Led-indicator	49
8. Liquid crystal display	55
9. Luidspreker-aansturing	63
10. Relais-aansturing	72
11. Analoge sturing	76
12. Geluidseffecten-generator	83
 HOOFDSTUK 3	94
Tweeweg-interfaces	94
13. PIO met geheugen	94
14. EPROM-programmeerapparaat	106
15. Timer	112
16. Lichtpen	118
17. Infrarood-besturing	124
 INDEX	142

VOORWOORD

Dit boek gaat over het contact leggen tussen een microcomputer en de buitenwereld, met name met andere apparaten en machines dan de standaard printers en beeldschermen. Het gaat erom de computer te informeren over hetgeen er om hem heen gebeurt. De in dit boek beschreven projecten maken de microcomputer beter bruikbaar en leveren daarnaast veel genoeg op de koop toe, of het daarbij nu gaat om de meest eenvoudige single-board computer of een van alle toeters en bellen voorziene super-microcomputer met tientallen kilobytes aan geheugen.

Dit boek is niet geschikt voor iemand die pas begint te werken met computers. Een zekere ervaring wordt verwacht in het bouwen van elektronische schakelingen en in het programmeren van een microcomputer. De enthousiaste amateur of een student, die een technische opleiding volgt, zal weinig problemen tegenkomen bij het vervaardigen van de interfaces.

Veel projecten zijn rond twee of drie geïntegreerde schakelingen opgebouwd. Ze zijn daarom snel samen te stellen, de kosten zijn laag en er kan weinig mee mis gaan. De werking van iedere schakeling wordt volledig uitgelegd en details over de bouw zijn zoveel mogelijk gegeven. Verontschuldigen worden bij voorbaat aangeboden aan de meer ervaren lezers, als er voor hen meer op details wordt ingegaan dan strikt noodzakelijk is. Het werd verstandiger geacht om duidelijk te zijn in die gevallen, waarin vaagheid tot schade aan een kostbare microcomputer zou kunnen leiden. Het soort projecten is zo gekozen dat ze het meest de amateur voor huishoudelijk gebruik zullen aanspreken. De modelbouwer heeft een ruime keus en vele apparaten zijn bruikbaar om een huis te controleren. Sommige projecten voegen een nieuwe dimensie toe aan computerspelletjes en kunnen leiden tot het uitvinden van totaal nieuwe spelletjes.

Menig ontwerp is geschikt om samengebouwd te worden tot een groter systeem. Het is bijvoorbeeld mogelijk een alarmsysteem samen te stellen dat op de voor- en achterdeur let, brand ontdekt, inbrekers detecteert en elke morgen als wekker dient.

De hier beschreven apparaten kunnen samenwerken met zoveel verschillende typen microcomputers dat tientallen machine- of hoge talen mogelijk zijn om de bijhorende programma's in te schrijven. Het is daarom onmogelijk in dit boek uitgewerkte programma's op te nemen. Gelukkig is het schrijven van programma's voor deze apparaten vrij eenvoudig. Aan de andere kant vereisen sommige schakelingen een vaste volgorde van stuuroperties en daar zijn flow-charts als hulpmiddel bij gegeven. Elke schakeling is als een op zichzelf staand project met een bepaalde

functie beschreven. Verder zijn vele ontwerpen gemakkelijk voor andere doeleinden aan te passen. Vaak kunnen delen van een schakeling met delen van andere schakelingen worden samengevoegd tot geheel nieuwe interfaces. In de tekst worden hier en daar suggesties voor aanpassingen en uitbreidingen gegeven, maar de gedetailleerde uitwerking wordt aan de lezer overgelaten. Om daar wat bij te helpen is een index achterin opgenomen met daarin verwijzingen naar algemeen bruikbare delen van schakelingen en naar de pagina's, waarop de principes van het koppelen en programmeren daarvan zijn beschreven.

Wiseton

Owen Bishop

HOOFDSTUK 1

Invoer-interfaces

In dit hoofdstuk worden een aantal eenvoudige apparaten beschreven die het microprocessorsysteem of de microcomputer informeren over bepaalde toestanden in de buitenwereld. Voordat we deze apparaten gaan beschrijven, is het de moeite waard te definiëren wat in dit boek met de termen 'microprocessorsysteem' en 'microcomputer' wordt bedoeld.

Beide hebben een geïntegreerde schakeling, een microprocessor, als hart. Het verschil zit in de hoeveelheid en de complexiteit van de schakelingen die er aan zijn verbonden. Als we een of meerdere printplaten hebben met daarop een microprocessor IC, een aantal geheugen IC's (RAM en ROM) en een verzameling IC's voor in- en uitvoerfuncties, dan spreken we over een microprocessorsysteem. Een dergelijk systeem kan ook faciliteiten bieden voor invoer door het aanwezig zijn van een toetsenbord (met misschien maar een of twee toetsen) en een cassette-recorder. Het kan ook uitvoermogelijkheden hebben in de vorm van signaallampen of een digitaal LED-display. We kunnen het een microcomputer noemen als we er wat krachtiger randapparaten aan hangen. De grens is moeilijk te leggen, maar een microcomputer heeft een toetsenbord (meestal alphanumeriek) en heeft in het algemeen minimaal een beeldscherm als uitvoerorgaan.

De apparaten die in dit boek zijn beschreven, zijn bedoeld voor gebruik met zowel een microprocessorsysteem als een microcomputer. Om ruimte te sparen zullen we eenvoudigweg verder met de term 'microcomputer' zowel microprocessorsysteem als microcomputer aanduiden. De apparaten kunnen op twee manieren met de microcomputer worden verbonden. Microprocessorsystemen zijn meestal ontworpen voor het eraan verbinden van allerlei randapparatuur. Vaak zijn ze voorzien van een speciaal IC voor dit doel. Ze kunnen een seriële interface bezitten, zoals veel voor het aansluiten van een cassette-recorder wordt toegepast, of een parallel in- en uitvoerorgaan (PIO) waarbij met groepen van 8 bits tegelijk wordt gewerkt. Voorbeelden van een PIO zijn de IC's met typenummers Z80-PIO of INS8154. Een aantal microprocessors hebben aansluitingen die kunnen worden gebruikt voor rechtstreekse communicatie. Voorbeelden hiervan zijn de drie FLAG-uitgangen en de twee SENSE-ingangen van de SC/MP (INS6080) microprocessor.

Microcomputers zijn in tegenstelling hiermee meestal ontworpen als op zichzelf staande apparaten. Er kunnen poorten zijn waar kant-en-klare randapparaten, zoals een printer of een disk-drive, op kunnen worden aangesloten, maar de gebruiker wordt zelden aangemoedigd zelfvervaardigde apparaten op deze poorten aan te sluiten. De poorten ge-

ven rechtstreeks toegang tot de adres- en datalijnen van de microcomputer. Als we een randapparaat op deze lijnen aansluiten wordt het een onderdeel van de computer. De handelingen van het randapparaat moeten worden gesynchroniseerd met die van de microprocessor omdat anders het gehele systeem van slag raakt. Als iets op een dergelijk systeem moet worden aangesloten, is het aan te raden er een in- en uitvoer-apparaat tussen te zetten. Een interface voor dit doel wordt in hoofdstuk 13 beschreven.

Als de in dit boek beschreven apparaten bedoeld zijn voor gebruik met een microcomputer zal het, in tegenstelling tot de situatie met een microprocessorsysteem, nodig zijn om de PIO-interface eerst te bouwen. Het handboek van de microcomputer zal uitsluitend geven of een PIO-interface is ingebouwd of dat de poort rechtstreeks toegang geeft tot de adres- en datalijnen. Dit onderwerp wordt uitgebreider in hoofdstuk 12 behandeld.

De meeste microcomputers werken op een +5 V gestabiliseerde voeding. Sommige systemen hebben genoeg vermogen over om kleine apparaten te laten werken en zal er een +5 V-pen op de poort aanwezig zijn. Er zal in dat geval ook een 0 V-pen zijn en de 0 V-lijn van het apparaat wordt altijd hiermee verbonden. Als de microcomputer niet beschikt over een +5 V-aansluiting, of niet genoeg vermogen over heeft voor het randapparaat, moet een externe voeding worden gebruikt. Een geschikte schakeling is in hoofdstuk 13 opgenomen.

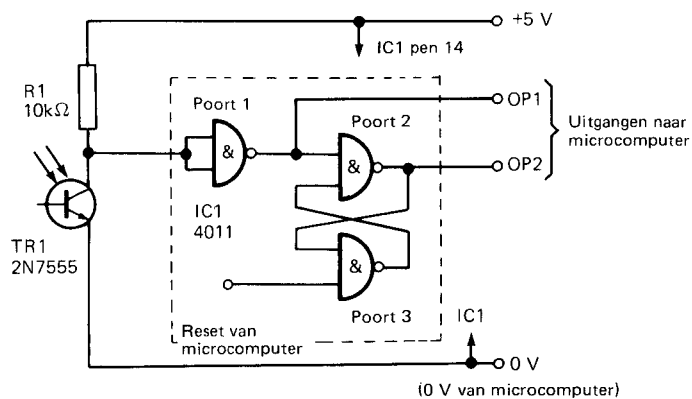
Interface 1 - Licht-sensor

Deze interface detecteert het onderbreken van een lichtbundel. Hij is bruikbaar als inbraakalarm en als veelsoortige teldetector. Hij reageert zeer snel wat hem ideaal laat zijn, als er snel moet worden geteld. Hij kan ook worden gebruikt om boodschappen te ontvangen die gecodeerd zijn door het aan- en uitschakelen van een lichtbundel, die door een andere microcomputer of door een apparaat voor morse-code kan zijn uitgezonden. De lichtbundel kan met een opstelling van spiegels en lenzen of via een optische glasfibre-kabel worden getransporteerd.

De werking

De schakeling, in afb. 1.1 te zien, is uiterst eenvoudig en bestaat uit een enkele fototransistor en een IC. De fototransistor is eigenlijk een darlington-transistor, waarin meerdere transistoren zijn opgenomen om een scherpe en snelle respons te krijgen.

In het donker of bij een lichtsterkte geleidt de transistor vrijwel niet. De spanning op de collector is daardoor hoog, bijna 5 V. Wanneer er genoeg licht op de transistor valt, begint er een collectorstroom te lopen en daalt de spanning op de collector tot beneden de 1 V. Poort 1 van het IC is als inverter geschakeld, waarvan de uitgang hoog is (5 V) als de ingang laag is (0 V) en laag als de ingang hoog is. Deze uitgang kan direct op een ingang van de microcomputer worden aangesloten en verschijnt daar als een ingang die hoog is als er licht op de transistor valt en laag als er geen of weinig licht door de transistor wordt ontvangen.



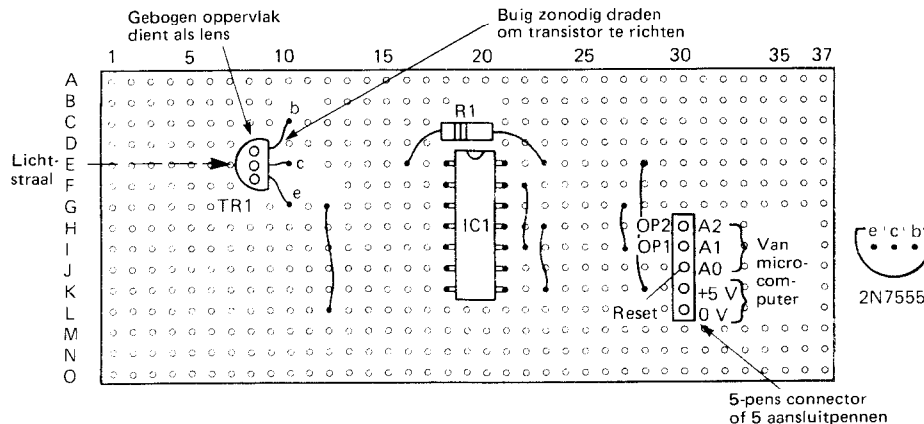
Afb. 1.1 - Schema van de licht-sensor.

Deze ingang is goed bruikbaar voor tellingen en dergelijke operaties. Twee andere poorten van het IC zijn in gebruik als flip-flop. Dit is handig als de microcomputer niet onmiddellijk hoeft te reageren op een verandering in het lichtniveau. De flip-flop wordt geset door het onderbreken van de lichtbundel en de uitgang verandert van de rusttoestand, die laag is, naar hoog. De microcomputer kan op een later tijdstip de toestand van de flip-flop onderzoeken door het lezen van de uitgangstoestand (OP2) en zo bepalen of de lichtbundel wel of niet is onderbroken sinds de flip-flop voor het laatst is gereset. De flip-flop heeft een reset-ingang die verbonden is met een uitgang van de microcomputer. De reset-ingang is gewoonlijk hoog en de ingang wordt even laag gemaakt wanneer de flip-flop wordt gereset.

De bouw

De schakeling is op een stukje gaatjesprint (Veroboard of iets dergelijks) met evenwijdige ononderbroken koperbanen en voorzien van gaatjes) opgebouwd. Merk op dat de basis-aansluiting van TR1 op de print mag worden vastgesoldeerd, maar dat deze aansluiting nergens elektrisch mee is verbonden. Merk ook op dat sommige banen onder het IC NIET zijn doorsneden. Bescherm de transistor tegen overmatige hitte bij het solderen door een warmtegeleider te gebruiken.

Het IC is lid van de CMOS-familie en de gebruikelijke voorzorgen tegen statische lading moeten in acht worden genomen. Dat houdt in: het werken op een geleidend werkvlak (een stuk aluminiumfolie bijvoorbeeld), het aarden van de punt van de soldeerbout en het dragen van kleding gemaakt van natuurlijke stoffen. Degenen met veel soldeerervaring kun-



Afb. 1.2 - Layout van de schakeling. Onderbreek de koperbaan aan de onderzijde van de printplaat bij E20, F20, G14, H20, I20, I25, J20, K20 en K25. Leg soldeerverbindingen tussen E18 en F18 en tussen J18, K18 en L18.

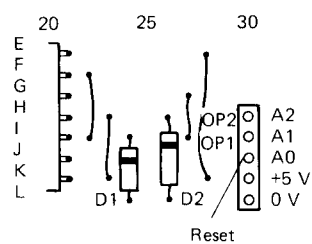
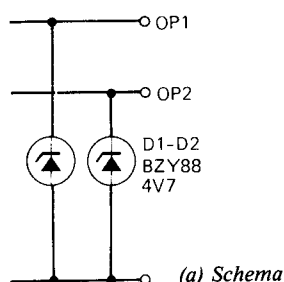
nen overwegen geen IC-voet toe te passen omdat de kosten van een IC-voet vaak hoger zijn dan de kosten van het IC. In enkele van de hierna beschreven projecten worden echter tamelijk dure IC's toegepast met 20 of meer pennen. Gebruik van een voet voor deze IC's is dan niet alleen nuttig omdat het risico van beschadiging minder wordt, maar maakt het ook gemakkelijker het IC te verwijderen als er een fout in de schakeling moet worden opgespoord.

In een eenvoudige schakeling, zoals in dit hoofdstuk beschreven, zullen fouten waarschijnlijk minder vaak optreden en als ze optreden, kunnen ze gemakkelijk worden opgespoord zonder het IC te verwijderen.

De ingangen van de ongebruikte poort zijn met de min van de voedingspanning verbonden. Bij het werken met CMOS IC's is het essentieel dat alle ongebruikte ingangen of met de min of met de plus van de voedingspanning worden verbonden. De kans is anders erg groot dat het IC niet goed werkt en de stroomopname veel hoger is dan normaal. Als besloten wordt om de flip-flop niet te gebruiken, wordt de reset-ingang met de 0 V-voedingsaansluiting verbonden. Als dit wordt gedaan kan de tweede uitgang, OP2, als een alternatieve uitgang voor de microcomputer worden gebruikt. Deze uitgang is hoog wanneer er licht op de transistor valt en laag als er geen licht op valt - het omgekeerde van OP1.

Het stroomverbruik van de interface is zo laag (0,5 mA bij licht, 0,15 mA bij geen licht), dat van de +5 V-voedingsspanning van de microcomputer gebruik kan worden gemaakt. De voeding kan ook worden geleverd door een gestabiliseerde voeding, een niet-gestabiliseerde voeding of een batterij. Als het apparaat als een op afstand opgestelde sensor wordt toegepast, bijvoorbeeld in een inbraakalarm, zal een batterij het handigst zijn. CMOS IC's werken op elke spanning tussen 3 V en 15 V. Een 9 V-batterij is voor een smalle behuizing geschikt, maar lees verder.

Bij een voedingsspanning hoger dan +5 V is het noodzakelijk de uitgangsspanning tot een maximum van +5 V te begrenzen om beschadiging van de ingang van de microcomputer te voorkomen. Begrenzen van de spanning is eenvoudig te realiseren door een zener-diode tussen de

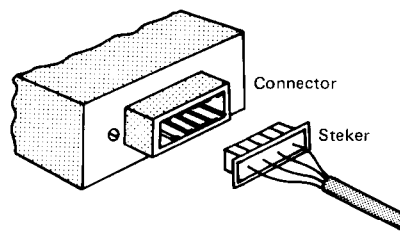


Afb. 1.3 - Wijzigingen voor afb. 1.1. en afb. 1.2 als een voeding met een spanning hoger dan 5 V wordt gebruikt.

0 V-lijn en de uitgangslijn(en) te bevestigen. Er moet op worden gelet dat de zener-diode niet verkeerd om wordt geplaatst en dat de uitgangsspanning wordt gemeten voordat de verbinding met de microcomputer wordt gemaakt.

Als een voedingsspanning hoger dan 9 V wordt gebruikt en het apparaat moet door de microcomputer worden gereset, is er geen noodzaak om de spanning op de resetingang met een zener-diode te begrenzen. Het is wel belangrijk dat een uitgang van de microcomputer in de 'hoog'-toestand (+ 5 V) door de ingangen van poort 3 als hoog wordt herkend. Bij een voedingsspanning van + 9 V is de + 5 V maar net hoog genoeg om als 'hoog'-toestand te worden herkend. Om de reset-faciliteit te laten werken kan het apparaat beter op een batterij van 6 V of zelfs 4,5 V werken.

De verbinding met de microcomputer kan worden gerealiseerd met een drie- of vieraderige kabel of een flatcable. Flatcable is in het algemeen te duur voor lange afstanden. De interface is met een meerweg-connector en stekker op de kabel aan te sluiten, zoals in afb. 1.4 is getoond. Het gebruik van een direct op de printplaat gemonteerde printconnector is een goedkoper alternatief.



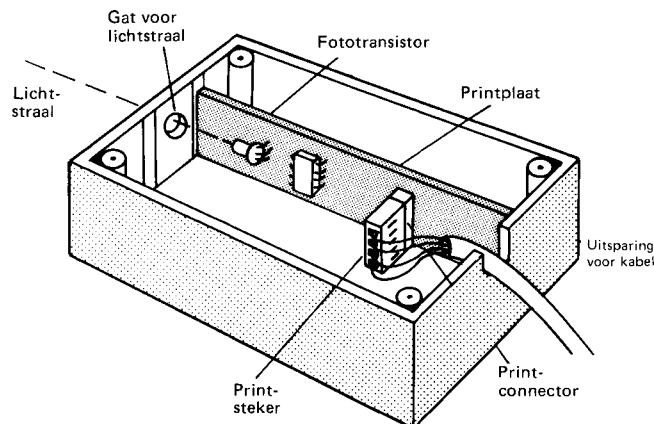
Afb. 1.4 - 8-pens connector en stekker om de interface met de microcomputer te verbinden.

De kabel kan door een uitsparing in de behuizing worden geleid, zie afb. 1.5. Bij deze opstelling kan de kabel van het apparaat worden losgenomen. Het ziet er netter uit omdat connector en stekker verborgen zijn. Als de sensor onzichtbaar moet worden opgesteld of in het decor van de huiskamer moet passen, is dit een betere oplossing. Er zullen waarschijnlijk geen problemen optreden om dit apparaat aan het werk te krijgen. De uitgang moet worden getest of hij het gedrag zoals beschreven vertoont.

Mogelijke oorzaken van problemen kunnen zijn:

1. Niet volledig doorgesneden koperbanen, waarbij een haardunne rest koper rond de rand van een gat is achtergebleven.
2. Soldeerdruppels die naast elkaar gelegen koperbanen verbinden.
3. Koude soldeerlassen.

Het is altijd de moeite waard de onderkant van een printplaat met een vergrootglas te inspecteren, veel fouten zijn met het blote oog niet te zien.



Afb. 1.5 - Gebruik van een 5-pens printconnector en steker. De printplaat rust in sleuven, in de zijkant van de behuizing aangebracht:

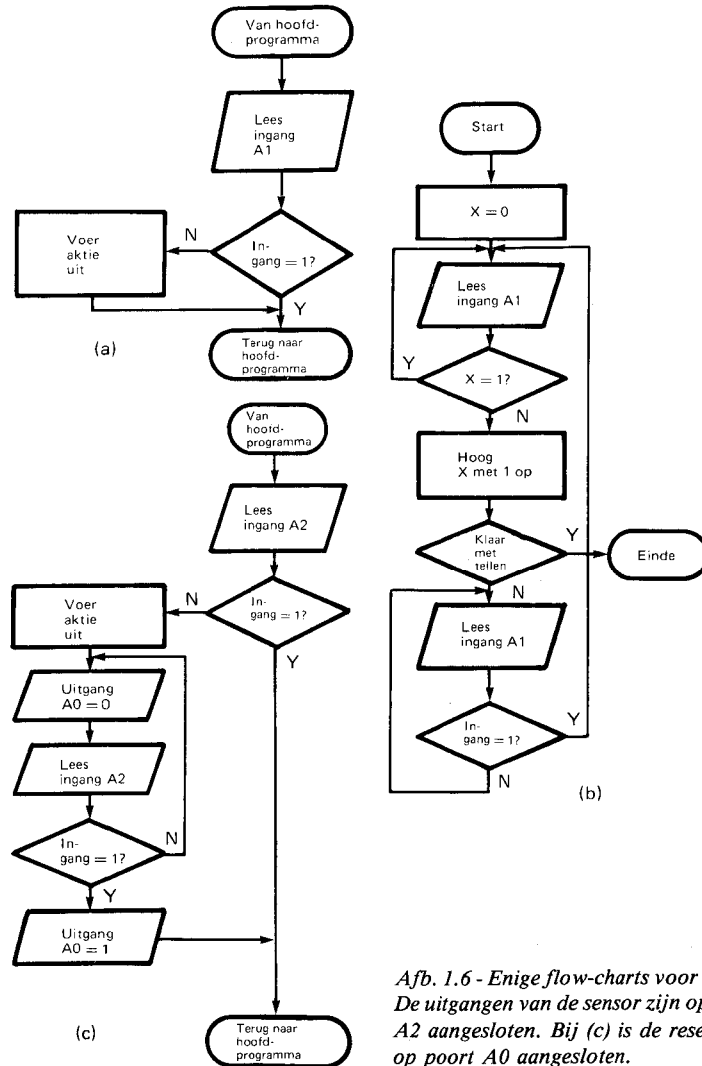
Gebruik van de interface

Het gezichtsveld van de sensor is bij de meeste toepassingen beperkt tot een smalle koker door het in een behuizing te plaatsen waarin een kleine lichtopening is aangebracht (afb. 1.5). Elke lichtbron is bruikbaar. Gedurende de dag is het licht dat door een raam valt te gebruiken. 's Nachts is binnen kamerlicht en buiten een heldere straatlantaarn voldoende. Het enige probleem dat kan optreden is, dat de sensor verzadigd raakt door helder omgevingslicht. Als de interface voortdurend aangeeft dat er licht op de transistor valt, moet de hoeveelheid licht, die de transistor bereikt, worden beperkt door de diameter van het lichtinlatende gat te verkleinen of door een afscherming voor het gat te maken, door er bijvoorbeeld een van binnen matzwart geschilderde koker voor te plaatsen. Als de lichtbron klein is en op enige afstand staat, kan een lens in het gat ervoor zorgdragen dat het licht van de bron op de fototransistor wordt gefocusseerd. Deze laatste opstelling maakt de interface bijna ongevoelig voor omgevingslicht want hij 'ziet' alleen de lichtbron. Een dergelijke opstelling is noodzakelijk voor het opvangen van gecodeerde boodschappen.

Het programmeren

Het zal duidelijk zijn dat, door de grote verscheidenheid aan microcomputers waarop de interfaces kunnen worden aangesloten, het opnemen

van volledige programma's geen haalbare kaart is. In plaats daarvan worden flow-charts van programma's en bijbehorend commentaar gegeven. Afb. 1.6 toont een drietal flow-charts voor uitgang 1 van de licht-sensor. De eenvoudigste, afb. 1.6a, is bruikbaar voor een waarschuwings- of een alarmsysteem, of, in het algemeen, voor het melden van een enkele gebeurtenis aan de microcomputer. Deze subroutine vormt een onderdeel van een groter programma. Het programma voert deze subroutine net zo vaak uit als nodig is om de toestand van de sensor te inspecteren.



Afb. 1.6 - Enige flow-charts voor de licht-sensor. De uitgangen van de sensor zijn op poort R1 en A2 aangesloten. Bij (c) is de reset van de sensor op poort A0 aangesloten.

Als de sensor onderdeel is van een inbraakalarm, zou het beter zijn de uitgang van de sensor met de 'interrupt request'-ingang, vaak IRQ genoemd, te verbinden. Dit is een interrupt-ingang waarbij de microcomputer kan bepalen of de interrupt wel of niet mag plaatsvinden. Er kan ook een andere interrupt-ingang, een 'non-maskable' (niet-maskeerbare) bestaan, die voorrang heeft boven alle andere werkzaamheden van de microcomputer. Bij de meeste systemen is de interrupt-ingang in rust hoog en een interrupt treedt op als de ingang laag wordt gemaakt. Gebruik van OP1 is in dit geval voorgeschreven.

Afb. 1.6b toont een subroutine om te tellen. De ingangstoestand wordt herhaaldelijk uitgelezen tot er een lage toestand optreedt, die aangeeft dat de lichtstraal is onderbroken. Dan wordt een telregister, waarin het totaal wordt bijgehouden, met een opgehoogd. Vervolgens moet er zekerheid worden verkregen over het weer terugkeren van de lichtstraal - dat het object dat de lichtstraal onderbrak is verdwenen. Als dit is gebeurd gaat het programma weer controleren of de ingang laag is geworden door het volgende object dat de lichtstraal onderbreekt.

Afb. 1.6c toont een subroutine die de reset-faciliteit benut. Daarvan wordt gebruik gemaakt als het programma moet detecteren of de lichtstraal is onderbroken, maar deze informatie niet zo hard nodig is, dat de microcomputer er al zijn tijd aan hoeft te besteden. De subroutine is onderdeel van een groter programma en wordt af en toe aangeroepen.

Benodigde onderdelen

Weerstand

R1 10 k Ω , koolweerstand, 0,125 of 0,25 W, 5%

Halfgeleiders

TR1 2N7555, foto-darlington-transistor

D1, D2 BZY88, zener-diode 4,7 V

(alleen nodig bij een voedingsspanning hoger dan 5 V)

Geïntegreerde schakeling

IC1 CD4011BE, vier stuks NAND-poorten met twee ingangen

Diversen

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, in behuizing passend, minimaal 9 koperbanen

5-pens printconnector en steker of overeenkomstige connector en steker voor paneelmontage

1,0 mm aansluitpennen (5 stuks voor paneelconnector)

verbindingsdraad

soldeer

Interface 2 - Temperatuur-sensor

De uitgang van deze sensor verandert van toestand bij een van te voren ingeschakelde temperatuur. Dit is te gebruiken in thermostaat-systemen, inclusief het regelen van de centrale verwarming door een micro-computer. Er kan ook een waarschuwing worden gegeven wanneer de temperatuur boven of beneden een bepaalde grens komt; dus bruikbaar om brand of vorst te detecteren, of een sein te geven als de temperatuur in de bloemenkas te hoog of te laag wordt.

De werking

In het hart van de sensor is IC1 geplaatst, een programmeerbare stroombron. Het IC dient om een constante spanningsval over de instelweerstand, R1 in afb. 2.1, te handhaven. Deze spanningsval is 64 mV bij 25°C. De stromen uit de weerstandsaansluiting R en de negatieve aansluiting (– V) leveren samen de constante stroom. De spanningsval over de instelweerstand en daarmee de stroomweerstand I, zijn van de temperatuur afhankelijk.

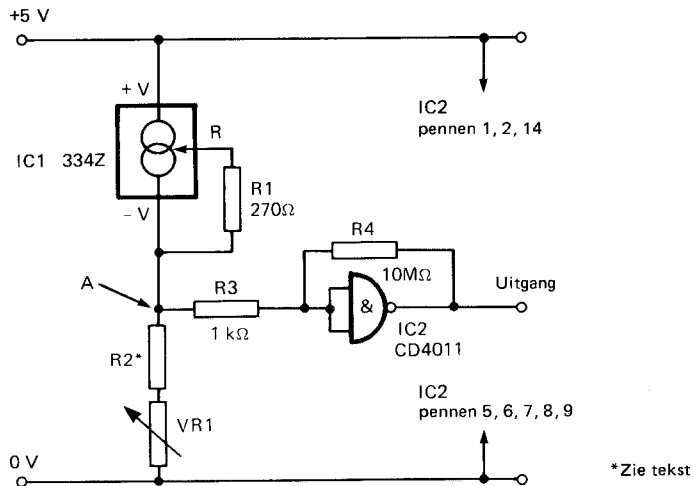
De relatie wordt gegeven door de formule:

$$I = \frac{t \times 227}{R \times 10^6}$$

waarbij I in ampère, R de waarde van de instelweerstand in ohm en t de temperatuur in Kelvin. Om Kelvin naar graden Celcius te converteren moet er eenvoudig 273 bij worden opgeteld. Als dus, zoals in de schakeling, R1 een waarde van 270 Ω heeft, en de temperatuur 25°C (= 298 K) is, is de stroom I gelijk aan 0,25 mA. Als de temperatuur stijgt neemt de stroom evenredig toe. De stroom loopt vanuit het IC1 door R2. Daardoor wordt een spanningsval over R2 gecreëerd. Hoe hoger de temperatuur, des te groter de stroom en des te groter de spanningsval over R2.

De spanning op het positieve punt van R2 (punt A) wordt door een poort van IC2 bekeken. Deze poort is als een inverter geschakeld en er is 'feed-back' via R4. Het resultaat is een Schmitt-trigger met een kleine hysteresis. Dat wil zeggen dat, als de temperatuur stijgt en de spanning op punt A boven 2,5 V komt, de uitgang van de poort laag (0 V) wordt. Als de temperatuur nu een beetje zakt, waardoor de spanning op punt A een paar millivolt daalt, verandert de uitgangstoestand van de poort niet. Om de uitgangstoestand te laten veranderen, moet de spanning een klein stukje beneden het niveau dalen waarbij de toestandsverandering

optreedt. Het voordeel van deze werkwijze is dat, als de temperatuur net om het omslagpunt slingert, de uitgangstoestand niet voortdurend van laag naar hoog en weer terug gaat. De Schmitt-trigger levert ook een scherp omslagpunt bij het passeren van de drempeltemperatuur.



Afb. 2.1 - Schema van de temperatuur-sensor.

Een typische CMOS-poort, die op een +5 V-voedingsspanning werkt, verandert van toestand bij een ingangsspanning van ongeveer +2,5 V. Het doel van deze schakeling is ervoor te zorgen dat de spanning op punt A 2,5 V is, als de temperatuur-sensor de omslagtemperatuur heeft bereikt. Bij een vaste stroom kan de spanning op punt A worden gevarieerd door de instelling van de potentiometer VR1 te veranderen. Op deze wijze kan de interface op elke gewenste omslagtemperatuur worden ingesteld.

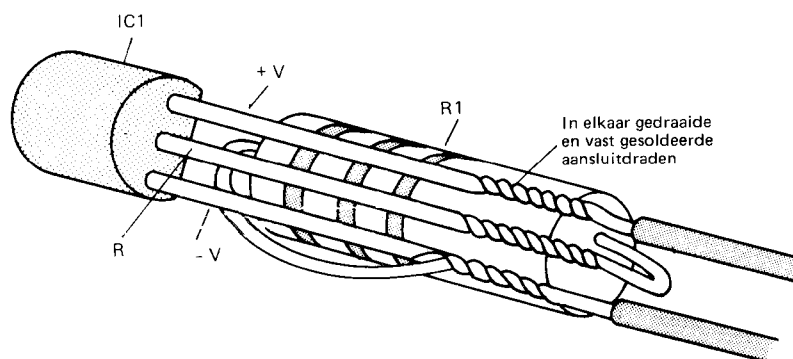
De sensor kan aan het einde van een lange kabel worden bevestigd. De stroom die uit de sensor en door R2 loopt wordt alleen bepaald door de temperatuur en de waarde van R1 en is niet afhankelijk van de weerstand van de bedrading die het sensor-IC met de rest van de schakeling verbindt. De stroom wordt niet beïnvloed door de lengte of de temperatuurafhankelijkheid van de weerstand van de bedrading. De interface is daarom erg geschikt voor het op afstand meten, wat bijvoorbeeld bij een bloemenkas van belang is.

De bouw

Het sensor-IC kan rechtstreeks op de printplaat, zoals in afb. 2.3 is getoond, of aan het einde van een kabel worden aangebracht. Is dit laatste

het geval dan moet de weerstand R1 dichtbij het IC worden gemonteerd. Een voorbeeld hiervan is in afb. 2.2 te zien.

De draden van weerstand en IC worden in elkaar gedraaid en vastgesoldeerd waarna de verbindingenkabel resp. aan de $-V$ en $+V$ aansluiting van het IC wordt gesoldeerd. De blootliggende draden isoleren door er isolatieband omheen te winden of er een plastic huls omheen te schuiven. Het geheel kan ook in giethars worden gegoten. Als de weerstand en het IC op de printplaat worden gemonteerd, moeten ze, zoals getoond, dichtbij elkaar worden geplaatst. Als de print in een behuizing is ondergebracht, moet die behuizing voorzien worden van ventilatiegaten om luchtcirculatie om de sensor mogelijk te maken.



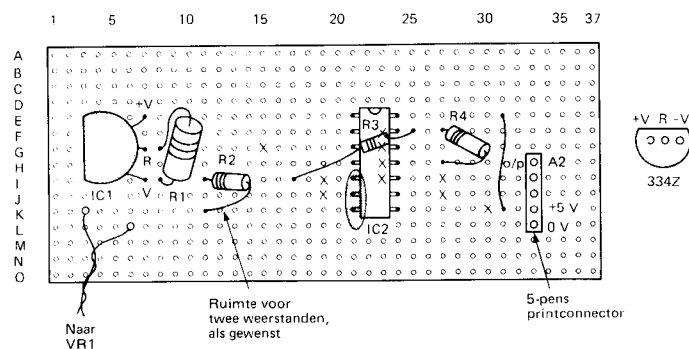
Afb. 2.2 - Een temperatuur-sensor die op afstand kan worden gebruikt. Zorg voor isolatie tussen blootliggende draden en rond de meetpen.

Het bouwen zelf is eenvoudig en er zullen wel geen problemen rijzen. Drie poorten in IC2 zijn niet gebruikt en de ingangen daarvan moeten, zoals aangegeven, met $+5\text{ V}$ of 0 V worden verbonden. De waarden van R2 en VR1 zijn afhankelijk van de toepassing van de interface.

Als de drempelspanning op punt A op $2,5\text{ V}$ ligt, moet de waarde van VR1 en R2 te variëren zijn van $8,6\text{ k}\Omega$ tot $11\text{ k}\Omega$. Dit omvat het gehele werkingsgebied van het IC, dat loopt van 0° tot 70°C . De meest geschikte waarde voor R2 is $8,2\text{ k}\Omega$ en voor VR1 een potentiometer van $5\text{ k}\Omega$. Daarmee is weliswaar het gehele werkingsgebied te bestrijken, inclusief de toleranties in componentenwaarden, maar is de temperatuur niet zo fijn in te stellen als met een $1\text{ k}\Omega$ -potentiometer mogelijk zou zijn.

Bij een fijnere regeling, waarbij VR1 is $1\text{ k}\Omega$, verandert ook het werkingsgebied. Als R2 bijvoorbeeld $10\text{ k}\Omega$ is, loopt het gebied van 0°C tot ongeveer 25°C . Dit is bruikbaar om vorst te detecteren en de kamertemperatuur te regelen. Als R2 wordt teruggebracht tot $9,1\text{ k}\Omega$, loopt het gebied van 21° tot 57°C , wat te gebruiken is voor temperatuurbewaking in een bloemenkas en brandalarm.

Bij de hierboven genoemde getallen is verondersteld dat de poort omslaat bij 2,5 V. Tengevolge van verschillen in fabrikage kan het omslagpunt boven of beneden 2,5 V liggen, wat een aanpassing voor R2 vereist. In het proefmodel werd een omslagpunt in de buurt van de 3 V gevonden. Een weerstand van 560 Ω in serie met R2 (10 k Ω) leverde een totaalweerstand van 10,56 k Ω en dat was, samen met VR1, voldoende voor een gebied van 0 tot 25°C. Als voor een 1 k Ω -potentiometer is gekozen, kan het nodig zijn verschillende vaste weerstanden uit te proberen om het gewenste temperatuurgebied te krijgen.



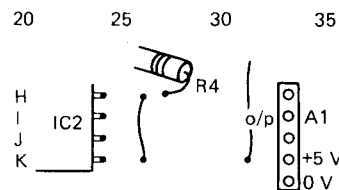
Afb. 2.3 - Layout van de schakeling. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij F23, G15, G23, H23, I19, I23, I27, J19, J27 en K30. Leg soldeerverbindingen tussen E21 en F21, F24 en G24, I21 en J21 en K21 en L21, J24 en K24.

Deze interface gebruikt slechts 0,25 mA bij kamertemperaturen en loopt op tot 0,3 mA bij 70°C. De voeding kan dus best van de microcomputer worden betrokken. Batterijvoeding is natuurlijk ook mogelijk. De verbindingen met de microcomputer kunnen met flatcable worden gemaakt, alhoewel dat niet de moeite waard is voor slechts drie aders. De goedkoopste oplossing is het gebruik van een printconnector en stekker, zoals in afb. 1.5 is getoond.

De aansluitvolgorde volgt het standaard-patroon in dit boek, waarbij op de eerste en tweede pen respectievelijk de 0 V en de + 5 V zijn aangesloten. Dezelfde kabel kan desgewenst ook voor andere interfaces worden gebruikt. De uitgang is op de vierde of de vijfde pen aangesloten, dus naar keuze poort A1 of A2. Als de sensor een onderdeel van een alarmsysteem vormt, is het beter de uitgang rechtstreeks op de interrupt-ingang van de microcomputer aan te sluiten, zoals bij de bespreking van de vorige interface aan bod is gekomen. De uitgang van de sensor is hoog, als de temperatuur beneden de omslagtemperatuur is gedaald, en wordt laag als de temperatuur boven de omslagtemperatuur stijgt. Dit

is gewoonlijk geschikt om een interrupt te genereren, want een lage ingang activeert meestal de interrupt.

Als de interface een interrupt moet genereren als de temperatuur beneden het omslagpunt is gedaald, kan de uitgang van de interface gemakkelijk met een van de poorten die nog over zijn worden geïnverteerd. In afb. 2.4 is getoond hoe de print-layout daarvoor wordt aangepast. Dezelfde wijziging kan worden aangebracht als de interrupt van de microprocessor door een opgaande flank wordt gegenereerd en een stijgende temperatuur de interrupt moet veroorzaken.



Afb. 2.4 - Wijziging voor geïnverteerd uitgangssignaal. De koperbaan wordt NIET onderbroken bij I27, maar WEL bij H28, J23 en K23, verder volgens afb. 2.3.

Als de interface van spanning wordt voorzien door een batterij of een andere voedingsbron met een waarde boven de 5 V is een zener-diode over de uitgang nodig. In afb. 1.3 is een voorbeeld hiervan te zien.

Gebruik van de interface

Als de sensor een onderdeel is van een systeem om de centrale verwarming te regelen, zal de sensor op een plek moeten komen waar de gemiddelde kamertemperatuur heerst. Die plaats is ongeveer halweg tussen plafond en vloer en niet in de onmiddellijke nabijheid van een warmtebron.

Bij een brandalarm moet hij daarentegen dicht bij de warmtebron, zoals een haardvuur of een boiler, worden geplaatst, omdat dit de meest waarschijnlijke brandhaarden zijn. De sensor kan het beste direct boven het gevaarlijke punt worden bevestigd. Een andere geschikte plek is boven aan de trap. De sensor hoort dan dicht bij het plafond te worden gemonteerd.

Bij gebruik in een bloemenkas moet de sensor buiten het bereik van direct zonlicht worden gehouden; gemonteerd onder een balk of afgeschermd met een klein houten of metalen paneel. Om vorst te detecteren moet de sensor vlak boven de grond worden aangebracht op een plek die blootgesteld is aan weer en wind.

Benodigde onderdelen

Weerstanden

- R1 270 Ω metaalfilm weerstand (temperatuurgevoelige weerstand)
- R2 10 k Ω (zie tekst)
- R3 1 k Ω
- R4 10 M Ω
- alle, behalve R1, koolweerstand, 0,125 W of 0,25 W, 5%
- VR1 potentiometer, koolweerstand lineair 1 k Ω of 5 k Ω (zie tekst)

Geïntegreerde schakelingen

- IC1 3342, programmeerbare stroombron
- IC2 CD4011BE, vier stuks NAND-poorten met twee ingangen

Diversen

- Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, in behuizing passend, minimaal 8 koperbanen
- 5-pens printconnector en steker
- knop voor VR1
- 1,0 mm aansluitpennen (2 stuks)
- verbindingsdraad
- soldeer

Als de sensor op een afstand wordt opgesteld, zijn de volgende extra onderdelen nodig:

- 1,0 mm aansluitpennen (2 stuks)
 - 2-aderige kabel
 - PVC isolatieband of plastic buis voor isolatie van sensor
 - Een 4,7 V zener-diode is nodig als de voedingsspanning hoger is dan 5 V.
-

Interface 3 - Digitale thermometer

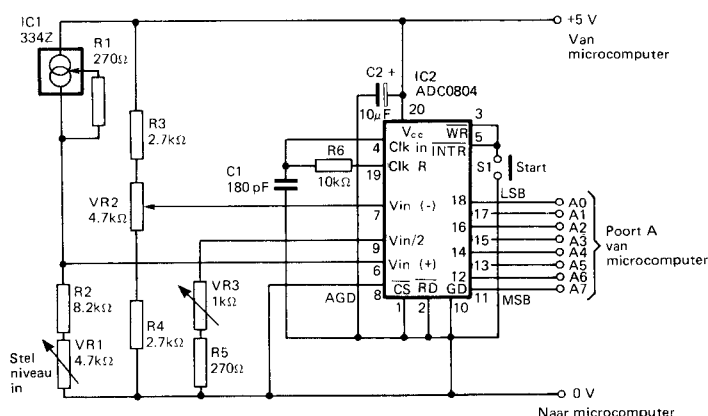
Bij deze interface wordt dezelfde temperatuur-sensor gebruikt als bij interface 2, maar wordt er veel meer informatie aan de microcomputer doorgegeven. In plaats van de microcomputer alleen maar te laten weten of de temperatuur boven of onder een bepaalde temperatuur is gekomen, wordt tevens een getal van 8 bits, recht evenredig met de temperatuur, doorgegeven. Dit is natuurlijk te gebruiken voor alle doeleinden waarvoor ook interface 2 geschikt is, maar kent daarnaast vele andere toepassingsmogelijkheden. Niet alleen kan de temperatuur van een kamer worden bemonsterd en worden geregistreerd, maar ook de snelheid waarmee de temperatuur wijzigt, kan worden berekend. Daarmee is een tot veel meer in staat zijnde regeling van een centrale verwarming mogelijk. Met twee thermometers, één binnen en één buitenshuis opgesteld, kan de microcomputer zo worden geprogrammeerd dat de regeling wordt aangepast aan het verschil tussen de binnen- en buitentemperatuur.

De thermometer is toe te passen bij allerlei meet- en regelprocessen. De digitale uitgang van 8 bits heeft een oplossend vermogen van 256 stappen. Als het volle temperatuurbereik van de sensor (0 tot 70°C) wordt gebruikt, is het oplossend vermogen 0,3°C. Voor een kleiner bereik is het oplossend vermogen nog beter.

De thermometer is een voorbeeld van een apparaat dat een analoge grootheid - een grootheid die geleidelijk kan veranderen over een bepaald bereik - meet en omzet in een digitale grootheid. Het getal van 8 bits is voor de microcomputer te begrijpen en te verwerken. Er zijn veel meer analoge grootheden, zoals lichtsterkte, geluidsvolume, snelheid, gewicht, spanning, stroom, pH (zuurgraad), mechanische spanning, enz. Deze interface is een voorbeeld van de manier waarop een analoge grootheid kan worden omgezet in een digitale grootheid, geschikt om door de microcomputer te worden verwerkt. Elk van de hierboven opgenoemde grootheden kan door een variërende spanning worden voorgesteld. Als dat eenmaal is gebeurd, verloopt de omzetting naar digitale vorm volgens de bij de interface gebruikte methode. Het grootste gedeelte van de schakeling is daarom in vele andere interface-schakelingen te gebruiken. Het enige wat moet worden toegevoegd is het voorzetgedeelte voor de omzetting van analoge grootheid naar spanning. Daarvoor zijn vaak maar een of twee onderdelen nodig, zoals een lichtgevoelige weerstand of een rekstrookje.

De werking

De sensor is dezelfde programmeerbare stroombron, die we in interface 2 al zijn tegengekomen. In deze toepassing wordt de stroombron gebruikt om een met de temperatuur evenredige spanning te verkrijgen. Deze spanning verschijnt op het knooppunt van R1 en R2, zie afb. 3.1. Met de getoonde componenten-waarden kan de spanning op dit punt op 2,5 V bij 70°C worden ingesteld. Bij 0°C is de spanning ongeveer 2,0V. De interface moet daarom de waarde 0 (0000 0000) afgeven bij 2,0 V en de maximale waarde (1111 1111) bij 2,5 V.



Afb. 3.1 - Schema van de digitale thermometer-interface.

De omzetting van spanning naar digitale representatie wordt door een IC voor analoog-naar-digitaal omzetting, type ADC0804 (IC2), verricht. In het IC zit een digitaal-naar-analoog omzetter, die met een klok-generator is verbonden. C1 en R6 zijn de tijdbepalende externe componenten daarvan. Aan de omzetter wordt een van 0000 0000 tot 1111 1111 oplopend getal toegevoerd, waarvan de digitaal-naar-analoog omzetter een stijgende spanning maakt. Deze spanning wordt vergeleken met de van de thermometerschakeling afkomstige spanning. Als deze twee spanningen overeenkomen is het digitale getal voor de digitaal-naar-analoog omzetter het equivalent van de om te zetten spanning. Dit getal wordt dan opgeslagen en op de uitgang van het IC gezet. Hoewel het IC dus een digitaal-naar-analoog omzetter bevat, functioneert het IC als geheel als een analoog-naar-digitaal omzetter.

De spanning die we willen omzetten wordt aan de Vin(+) ingang, pen 6, toegevoerd. Als we een spanning groter dan 0 V als nulwaarde willen hebben, kan de Vin(-) ingang, pen 7, hulp bieden. De spanning op deze ingang wordt afgetrokken van de spanning op Vin(+). Als VR2 zo wordt afgeregeld dat de spanning op Vin(-) precies 2,0 V is, wordt de ingangsspanning op Vin(+) effectief met 2 V verminderd voor alle tem-

peratuurwaarden. Bij 0°C, waarbij de spanning eigenlijk 2 V bedraagt, krijgt de comparator in het IC een spanning van 0 V toegevoerd. Bij 70°C, waarbij de spanning 2,5 V is, de toegevoerde spanning 0,5 V. Vervolgens moeten we ervoor zorgen dat de uitgang van het IC de waarde 1111 1111 heeft als de ingangsspanning op Vin(+) maximaal is. Daarvoor gaan we het ingangsbereik aanpassen. Dat is mogelijk door een referentiespanning aan de Vref/2-ingang toe te voeren. De hieraan toegevoerde spanning moet de helft van het te behalen spanningsbereik zijn. Bij deze interface hebben we een bereik van 0,5 V nodig om een ingangsspanning die loopt van 2,0 V tot 2,5 V, te verwerken. Deze spanning wordt verkregen door de weerstanden R5 en VR3 met massa te verbinden. Als op pen 9 niets wordt aangesloten, is het bereik op de volledige voedingsspanning vastgelegd.

Het IC wordt hier in een zogenoemde vrijloop gebruikt. De spanning wordt voortdurend omgezet en de uitgang is continu beschikbaar. Bij andere toepassingen kan de microcomputer aangeven dat een omzetting nodig is door het even laag maken van de WR-ingang. Als de omzetting klaar is, maakt het IC de INTR-uitgang een ogenblik laag. Dit is een interrupt voor de microcomputer, die als antwoord de RD-ingang kortstondig laag maakt.

De resultaten van de omzetting worden nu vastgehouden en zijn op de uitgangspennen 11 tot 18 beschikbaar voor het lezen door de microcomputer.

Zowel voor lees- als schrijf-operaties moet de CS-ingang (Conversie start) laag zijn. Voor meer details over het gebruik van dit veelzijdige IC in een microcomputer wordt naar de fabrieksgegevens verwezen.

Bij deze interface worden de CS- en RD-ingangen permanent laaggehouden, waardoor de omzetting continu wordt uitgevoerd en de uitgangspennen onmiddellijk het resultaat van iedere nieuwe omzetting weergeven. De INTR-uitgang is met de WR-ingang verbonden, zodat bij het einde van een omzetting onmiddellijk met de volgende omzetting wordt begonnen.

De bouw

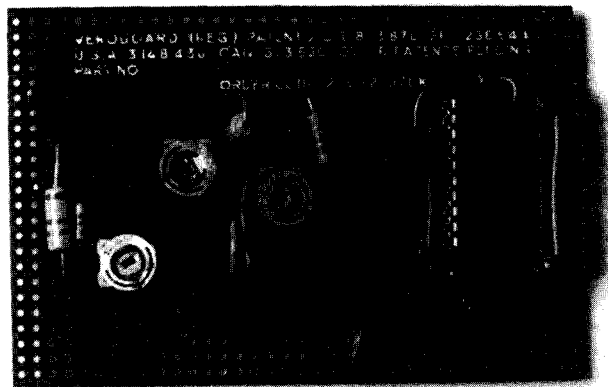
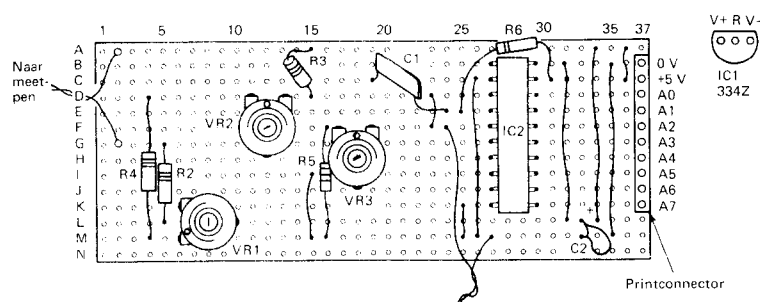
De temperatuur-sensor kan direct op de printplaat of op enige afstand worden gemonteerd. Bij interface 2 is dit al beschreven. De layout van de printplaat (afb. 3.2) is zo ontworpen dat de 0 V-verbindingen van de analoge gedeelten bij elkaar komen op de analoge aarde (pen 8). Op dezelfde wijze zijn de digitale gedeelten bij pen 10 geaard. Voor IC2 wordt een voet aangeraden, omdat het lossolderen van de 20 aansluitpennen, voor het opsporen van een fout, een lastig karwei is.

Het beste kunnen eerst de analoge gedeelten worden gebouwd, zodat de spanningen getest zijn, voordat het IC in de voet wordt gestoken. De spanning op pen 6 hoort tussen 2 V en 2,5 V in te stellen te zijn en liefst een stukje onder en boven dit gebied. Op pen 7 hoort de spanning tussen 1,5 V en 2,5 V te liggen.

De interface vereist 10 mA, wat de microcomputer wel kan leveren. De voedingsspanning wordt bij IC 2 met de condensator C2 behoorlijk ont-koppeld. C2 is een tantaal-type. Tussen haakjes: voer geen spanning toe aan de andere ingangen van IC2 als de voedingsspanning niet is aan-gesloten en schakel de voeding uit, als er iets aan de schakeling moet worden veranderd of toegevoegd.

Van de aansluitpennen op de punten F24 en M27 lopen draden naar een, aan de buitenzijde van de behuizing gemonteerde, drukknop. Met een druk op deze knop wordt de interface ingeschakeld. De WR-ingang wordt daarmee laag gemaakt en de continu verlopende omzetting gestart.

De klokfrequentie bedraagt ongeveer 500 kHz, alhoewel een ruim fre-quentiegebied aanvaardbaar is. Als het IC het niet doet, kan met een oscilloscoop, aangesloten op pen 4, de werking van de klok worden gecontroleerd.



Afb. 3.2 - Layout van de printplaat voor de digitale temperatuur-sensor. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij B28, B33, C28, C33, D12, D20, D28, E28, F18, F22, F28, G28, H28, I28, J28, K11, K28 en L11. Leg soldeerverbindingen tussen B27 en C27.

Alhoewel de interface is te testen door LED's aan te sluiten op de uitgangen (ieder in serie met een weerstand van 1 k Ω), is het handiger een microcomputer aan te sluiten. Voor het testen en afregelen is een eenvoudig programma, dat de uitgangen van de omzetter als hexadecimale getallen laat zien, voldoende.

Merk op dat de aansluitvolgorde van de printconnector precies het omgekeerde is van de bij de meeste andere interfaces in dit boek aangehouden aansluitvolgorde.

Dit is gedaan om de uitgangen van IC 2 rechtstreeks via koperbanen met de connector te kunnen verbinden. Het minst significante bit (LSB) is op pen 18 te vinden en wordt aan ingangspoort A0 toegevoerd. Het meest significante bit (MSB) staat op pen 11 en wordt naar ingangspoort A7 geleid. De temperatuurwaarden, zoals door de microcomputer gelezen, lopen van 00 tot FF in hexadecimale notatie.

Afregelen en gebruiken

De hierna volgende afregelprocedure voor de interface is voor een meetgebied van 0°C tot 70°C. Dit is het maximale gebied waarmee IC 1 kan werken. De procedure is aan te passen voor een deel van dit bereik.

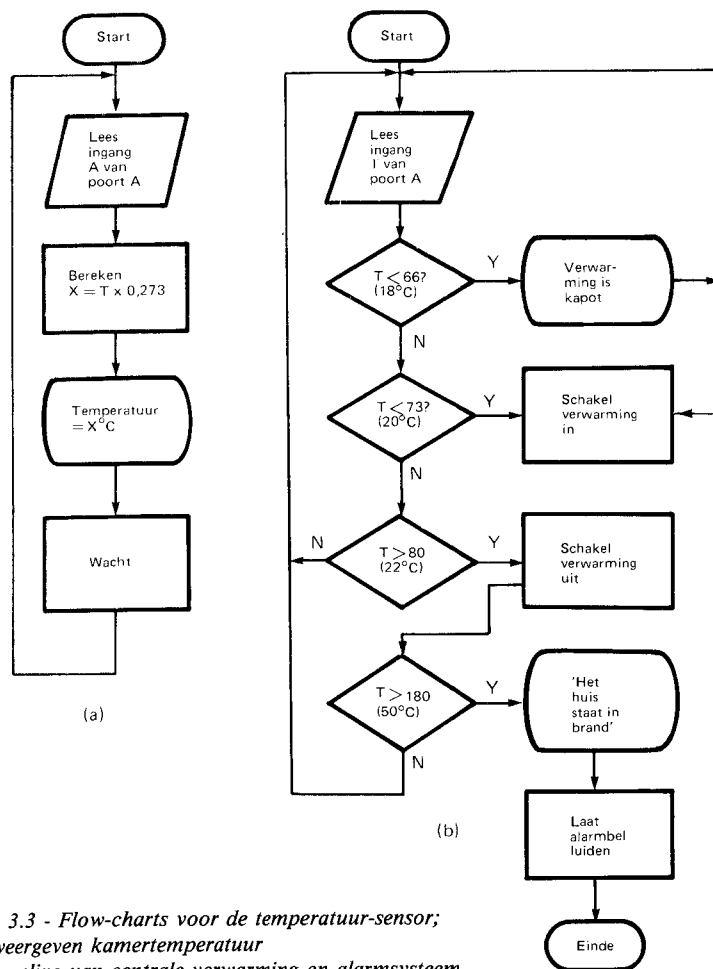
Het onderste punt van dit bereik wordt als volgt afgeregeld. Plaats de sensor op een plek waar de temperatuur 0°C bedraagt. Onderdompelen in koud water met brokjes ijs is het gemakkelijkst. Houd hem daar vijf minuten in. Regel VR1 zo af dat een spanning van 2 V op pen G2 van de printplaat staat. Regel vervolgens VR2 af zodat op de midden-aftakking ook een spanning van 2 V staat. Met de microcomputer is VR2 beter af te regelen. Laat het programma draaien waarmee de uitgang van de interface wordt uitgelezen. Als $V_{in}(+)$ lager is of gelijk aan $V_{ref}/2$ is de uitgang 00 (hex). Als de uitgang 00 blijkt te zijn, draai dan VR2 bij beetje tegen de klok in tot de uitlezing op 01 komt; draai dan terug tot de uitlezing net 00 aangeeft. Als de uitlezing in het begin groter dan 00 was, hoeft alleen teruggedraaid te worden tot 00.

Plaats vervolgens de sensor op een plek met een constante temperatuur van 70°C. Een bak met warm water is daarvoor te gebruiken, met een gewone thermometer om de watertemperatuur te meten. Houd het water goed in beweging. Waarschijnlijk is niet het gehele bereik nodig. De hoofdzak is te weten wat de temperatuurwaarde is op het moment dat VR3 wordt ingesteld. Stel VR3 zo in dat de spanning op pen 9 0,25 V bedraagt. Laat het programma draaien waarmee de uitgang van de interface wordt uitgelezen. Regel VR3 zo af, dat net de maximale waarde FF wordt bereikt.

De plaatsing van de sensor moet goed worden overwogen, waarbij veel afhangt van de toepassing van de interface. Bij de beschrijving van interface 2 zijn al enige richtlijnen gegeven.

Het programmeren

Het programma moet de binaire waarde converteren, als een uitlezing in graden Celcius nodig is (afb. 3.3a). Als de waarde, in hexadecimale notatie, 00 gelijk is aan 0°C, en FF is gelijk aan 70°C, is een stap op de binaire schaal gelijk aan 0,274⁵⁰. De uitlezing wordt eerst naar decimale voorstelling geconverteerd en vervolgens met 0,2745 vermenigvuldigd om de temperatuur in graden Celcius te verkrijgen. Als het programma actie moet nemen bij bepaalde temperaturen is het converteren niet nodig. De binaire voorstelling, in hexadecimale notatie, kan dan direct worden gebruikt, zoals in het programma-voorbeeld in afb. 3.3b.



Afb. 3.3 - Flow-charts voor de temperatuur-sensor;
(a) weergegeven kamertemperatuur
(b) regeling van centrale verwarming en alarmsysteem

Benodigde onderdelen

Weerstanden

R1 270 Ω metaalfilm - weerstand (temperatuurgevoelige weerstand)
R2 8,2 k Ω
R3, R4 2,7 k Ω (2 stuks)
R5 270 Ω
R6 10 k Ω
R2 - R6 koolweerstanden, 0,25 W of 0,33 W, 5%
VR1, VR2 4,7 k Ω
VR3 1 k Ω
miniatuur instelpotentiometers, horizontaal

Condensatoren

C1 180 pf, zilver-mica
C2 10 μ F, tantaal

Geïntegreerde schakelingen

IC1 334Z, programmeerbare stroombron
IC2 ADC0804LCN, analoog-naar-digitaal omzetter

Diversen

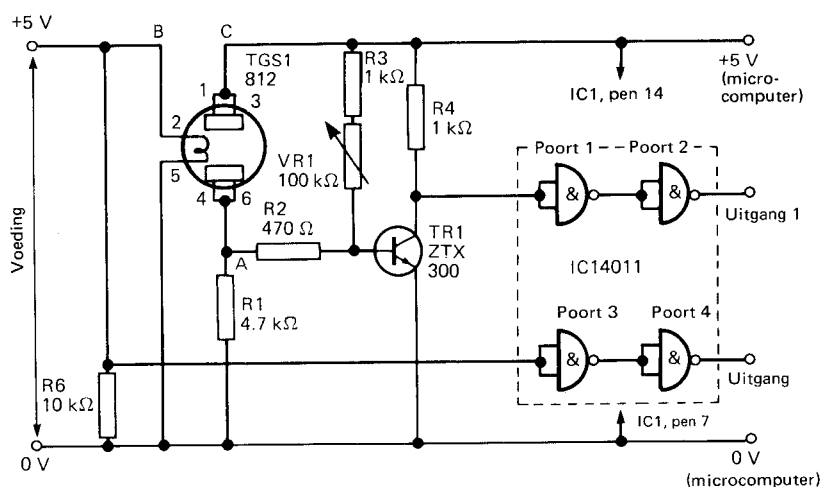
Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, 95 mm $\times$ 63 mm
S1, drukknop met maak-contact
10-pens printconnector
1,0 mm aansluitpennen (4 stuks)
20-pens IC-voet, dil
verbindingsdraad
soldeer

Interface 4 - Gas-sensor

Deze sensor is gevoelig voor een grote verscheidenheid aan gasen en dampen, waaronder kool-monoxijde, ammonia, zwavel-dioxyde, propaan, butaan, methaan, ethanol (alcohol) en vele andere. Hij is te gebruiken om de aanwezigheid van ontvlambare gasen in de lucht op te sporen en zo voor brandgevaar te waarschuwen. Hij kan veel gasen die in rook kunnen voorkomen detecteren en op die manier als brandalarm dienen. Hij kan zelfs gasen die uit de uitlaten van; op tientallen meters afstand passerende auto's komen, bespeuren.

De werking

De werking van de interface berust op een speciaal gas-sensor IC (afb. 4.1). Dit IC bevat een stuk halfgeleidermateriaal met aan beide zijden een elektrode. De weerstand van dit halfgeleidermateriaal neemt af als moleculen van bepaalde gasen in het materiaal zijn doorgedrongen. Het apparaat bevat een verwarmingsspiraal, die continu de gasen verdrijft die zijn opgenomen. Het materiaal wordt dus voortdurend gereinigd van de gasen die tevoren zijn geabsorbeerd.

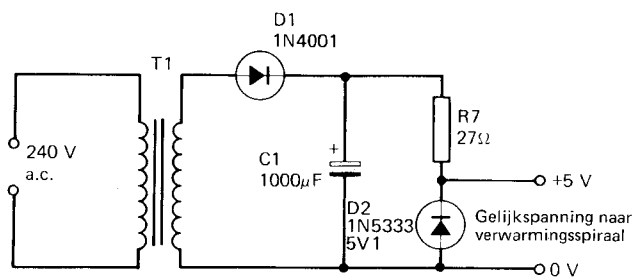


Afb. 4.1 - Schema van gas- en rook-sensor. Als de gehele interface op een externe gestabiliseerde voeding werkt, worden de punten B en C doorverbonden.

Zonder geabsorbeerde gassen is de weerstand hoog en de spanning op punt A is bijna 0 V. Als gassen worden ingezogen, daalt de weerstand en stijgt de spanning op punt A tot 2 V en hoger. Stijgingen in de spanning worden door TR1 versterkt. De spanning op zijn collector daalt dan, wat een lage ingang op poort 1 geeft. Poort 1 en 2 zijn als inverter geschakeld. Het resultaat van een toename in de concentratie van gassen is, dat de uitgang van poort 1 van hoog naar laag omschakelt. De uitgang kan met de interruptingang van een microcomputer worden verbonden, zodat een toename van gas een alarm tot gevolg kan hebben. De sensor is voorzien van een detectering voor het uitvallen van de voedingsspanning. Als de voeding van de verwarmingsspiraal wegvalt of per ongeluk wordt uitgeschakeld, vermindert de gevoeligheid van de sensor aanmerkelijk. De uitgang blijft dan hoog, ook als er een grote concentratie van gassen is. De ingang van poort 3 wordt hoog gehouden door de voeding van de verwarmingsspiraal. Als de voedingsspanning wegvalt, wordt deze ingang via weerstand R6 laag en daarmee de uitgang van poort 4. Is deze uitgang met de interrupt-ingang en met een ingangspoort van de microcomputer verbonden, dan kan de oorzaak van de interrupt worden geïdentificeerd. De microcomputer wordt zo geïnformeerd over het wegvallen van de voeding en kan een passende actie ondernemen.

De bouw

De schakelingen rond de gas-sensor vragen maar weinig stroom (0,5 mA), maar de verwarmingsspiraal vereist ongeveer 120 mA. De meeste microcomputers kunnen deze stroom niet leveren, zonder dat het gevaar bestaat dat de spanningsregelaar wordt overbelast. In het schema is daarom een aparte voeding voor de verwarmingsspiraal getekend. Alhoewel de schakeling voor korte perioden door een batterij van stroom kan worden voorzien, is het op langere termijn kostenbesparend om een aparte netvoedingsschakeling te gebruiken. Afb. 4.2 geeft een geschikte schakeling daarvoor. Deze voeding levert 5 V-gelijkspanning, maar is niet gestabiliseerd en daarom ongeschikt voor het resterende gedeelte van de schakeling.

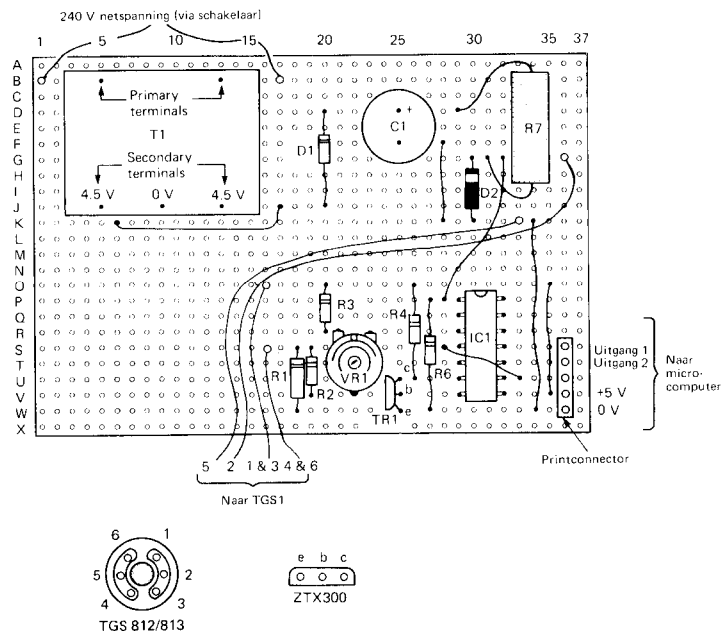


Afb. 4.2 - Voeding voor de gas-sensor.

De vermogens-weerstand R7 wordt ongeveer één cm boven de print gemonteerd. De voeding voor het resterende gedeelte van de schakeling kan van de microcomputer worden betrokken. Als echter de voeding van de microcomputer niet beschikbaar is, kan de gehele schakeling door een gestabiliseerde voeding van 5 V van stroom worden voorzien, zoals in interface 13 is beschreven.

De sensor kan het beste aan de buitenzijde van de behuizing, waarin zich de schakeling en de voeding bevinden, worden gedemonteerd (afb. 4.3). Voor het bevestigen van de sensor is een speciale voet nodig. De bouw zal geen problemen opleveren. Als de schakeling gereed is, wordt een gestabiliseerde voeding voor 5 V aangesloten voor een test. Schakel de voeding voor de verwarmingsspiraal in en wacht een paar minuten tot de sensor een evenwicht met de atmosfeer heeft bereikt.

De werking van de sensor is beter te volgen als een voltmeter op punt A wordt aangesloten om de spanningsveranderingen, die op dat punt optreden, te meten. In het begin zal de spanning ongeveer 0,6 V bedragen, wat net niet genoeg is om TR1 open te sturen. VR1 is zo in te stellen dat TR1 net niet geleidt. De uitgang van poort 2 moet dan hoog zijn.



Afb. 4.3 - Layout van de printplaat, inclusief de ongestabiliseerde voeding voor de verwarmingsspiraal. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de print bij B7, B11, J7, J11, K9, P30, Q30, R22, R24; NIET R30, S24, S30, T30, U30, U34, V28, V30, V34. Leg soldeerverbindingen tussen J5 en K5, P29 en Q29, O32 en P32, Q32 en R32, T29 en U29, U32 en V32, V29 en W29.

Neem nu een papieren zakdoek en laat daar een paar druppels petroleum of spiritus opvallen. Houdt het papier op een paar centimeter van de sensor. Na enkele seconden zal de spanning op punt A stijgen tot ongeveer 2 V of 3 V. Dit beïnvloedt de transistor en de poorten en de uitgang van poort 2 wordt laag. Verwijder nu het natte papier. Na een paar seconden zal de spanning weer dalen tot de oude waarde. Het niveau, waarop de uitgang van de sensor verandert, kan met VR1 worden ingesteld.

Een andere manier om de interface te testen is een fakkeltje, gemaakt van verpakkingspapier, in brand te steken. Blaas de vlam uit waardoor de fakkel begint te roken. Houd de rokende fakkel op ongeveer een halve meter van de sensor, en blaas de rook in zijn richting. De sensor moet dan binnen een paar seconden reageren.

De in dit ontwerp toegepaste sensor, type 812, is vooral gevoelig voor giftige gassen, alcohol en in rook aanwezige gassen. Als de interface ontvlambare gassen moet detecteren, zoals propaan, butaan en methaan, moet een sensor type 813 worden gebruikt.

Het gebruik van de interface

Om een optimaal effect te bereiken moet de sensor op een plek worden neergezet waar de gassen, die hij moet detecteren, het meest voorkomen. Rook kan het beste worden waargenomen langs het plafond. Een ideale plaats is boven een trapgat, waar de sensor rook kan opvangen van alle beneden-liggende verdiepingen. Om ontvlambare gassen te detecteren, zoals butaan (bijvoorbeeld Butagas), die een grotere dichtheid dan lucht hebben, is het belangrijk de sensor op vloerhoogte te monitoren. Hoeveelheden gas, voldoende voor een ernstige ontploffing, kunnen zich in smalle gaten of lager gelegen vloergedeelten ophopen. Als de sensor op het meest laaggelegen punt, waar gas zich kan ophopen, wordt geplaatst, zal zo vroeg mogelijk een waarschuwing worden gegeven.

Benodigde onderdelen

Weerstanden

R1 4,7 k Ω

R2 470 Ω

R3 1 k Ω

R4 10 k Ω

alle koolweerstanden, 0,25 W of 0,33 W, 5%

VR1 100 k Ω , instelweerstand, horizontaal type

Halfgeleiders

TGS1 Gas-sensor, type 812 voor rook en giftige gassen
type 813 voor ontvlambare gassen

TR1 ZTX300

Geïntegreerde schakeling

IC1 CD4011BE, vier NAND-poorten met twee ingangen

Diversen

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, 95 mm × 63 mm voor interface en 5 V voeding of

9 banen breed zonder voeding of printplaat

voet voor gas-sensor

5-pens printconnector

verbindingsdraad

soldeer

Onderdelen voor niet-gestabiliseerde spanning

Transformator, 4,5 - 0 - 4,5 V, 1,2 VA, voor printmontage

IN4001 gelijkrichter-diode

IN5333 zener-diode, 5,1 V, 5 W

1000 μ F elektrolyet condensator, voor printmontage, 16 V

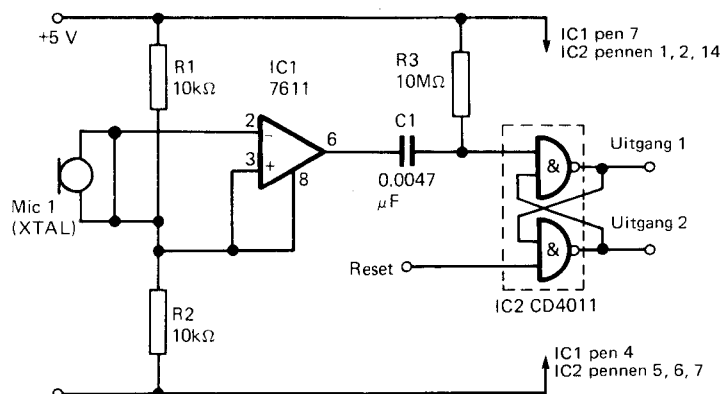
Draadgewonden weerstand, 27 Ω , 4 W

Interface 5 - Geluids-sensor

Het is nuttig de microcomputer te kunnen sturen met geluidssignalen. Een voorbeeld, wat de liefhebber van modelspoorreinen zal aanspreken, is het besturen van een modeltrein met signalen van een stoomfluit. Met één stoot op de fluit zet de locomotief zich in beweging, twee stoten doen hem stoppen en drie stoten laten hem in de andere richting rijden. Daardoor lijkt de modelspoor trein veel echter. Dit is vrij eenvoudig te realiseren met een geluids-sensor, die het geluid van de stoomfluit op-pikt en een relais-aansturing om de aan de locomotief toegevoerde stroom te regelen. De geluids-sensor is ook te gebruiken als babyfoon, als inbraakalarm (speciaal voor het detecteren van brekend glas) en voor gehandicapten, bejaarden of zieken, die met stemgeluid diverse syste-men kunnen besturen.

De werking

Het signaal van de microfoon wordt aan een operationele versterker toe-gevoerd (zie afb. 5.1). Bij de operationele versterker is geen terugkoppe-ling gebruikt om een maximale versterking te krijgen. Dat daardoor het geluidssignaal behoorlijk wordt vervormd, is voor deze toepassing niet van belang. De operationele versterker invertteert het signaal, zodat de uitgang ongeveer 2,5 V is, als er geen geluid wordt opgevangen en tot 0 V daalt bij de toppen van de ontvangen geluidsgolven. Dit levert een serie zeer korte negatieve pulsen op, die via C1 aan een flip-flop worden



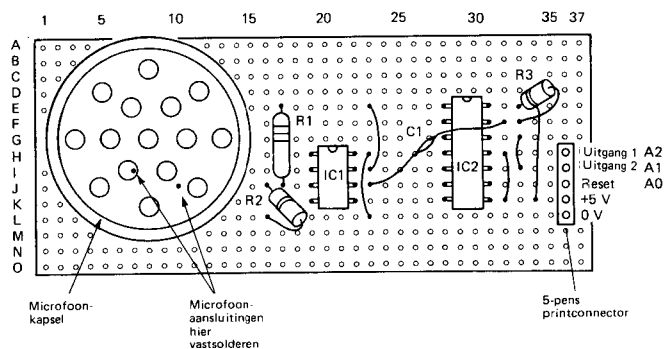
Afb. 5.1 - Schema van de geluids-sensor.

toegevoerd. R3 zorgt ervoor dat deze ingang normaal hoog is. De eerste de beste puls die aankomt, laat de flip-flop omslaan. Uitgang 1 is normaal hoog, maar wordt laag als een geluid is gedetecteerd. De uitgang blijft laag tot de microcomputer de flip-flop weer terugzet door een negatieve puls aan de 'reset'-ingang toe te voeren.

De in deze schakeling toegepaste operationele versterker is een CMOS-IC en heeft daarom een zeer hoge ingangsimpedantie. De voedingsstroom in rust is erg laag. Als pen 8 met de positieve spanning wordt verbonden, bedraagt het verbruik minder dan $10\ \mu\text{A}$. Om echter de grootste mogelijke bandbreedte, en daarmee de beste gevoeligheid te verkrijgen, kan pen 8 beter met de negatieve spanning worden verbonden, zoals in de afbeelding is getoond. Het verbruik stijgt daardoor tot $1\ \text{mA}$, laag genoeg om de voeding uit de microcomputer te kunnen betrekken. Als de interface echter met een batterij wordt gevoed en de te detecteren geluiden nogal hard zijn, kan pen 8 met de $2,5\ \text{V}$ -spanning, op het knooppunt van R1 en R2 worden aangesloten, om het stroomverbruik terug te brengen tot $100\ \mu\text{A}$. De batterij gaat dan heel wat langer mee.

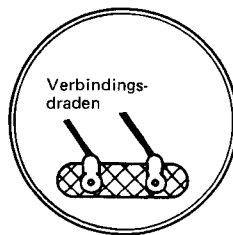
De bouw

In afb. 5.2 is te zien hoe de gehele interface op een printplaat is te bouwen. De printplaat wordt vervolgens in een behuizing ondergebracht, waarin een opening is uitgespaard ter hoogte van de luispreker. In het prototype is een goedkoop kristal-microfoonkapsel gebruikt. Elk type microfoon is echter geschikt (bijvoorbeeld van een bandrecorder) en kan op enige afstand van de interface worden neergezet. Als de verbindingenkabel langer dan een paar centimeter wordt, is een afgeschermd kabel nodig om de van de netvoeding afkomstige storing te weren.



Afb. 5.2 - Layout van de printplaat voor de geluids-sensor. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij F30, G30, H24, H21, H30, I21, I24, I30, J21, J24, J30, K21, K24, K30 en K33. Leg soldeerverbindingen tussen E28 en F28, I28 en J28 en K28 en L28, K19 en L19.

Er zijn weinig problemen te verwachten bij het op de printplaat solderen van de paar onderdelen voor deze interface. De microfoon kan bijna zo op de printplaat worden gemonteerd. Eerst worden twee draden aan de aansluitpennen vastgesoldeerd, zoals in afb. 5.3 is getoond. Daarvoor kunnen afvalstukken van een van de weerstanden worden gebruikt. De draden worden zo gebogen dat ze een rechte hoek met het achtervlak van de microfoon vormen. Daarna worden de draden zover door de twee gaten gestoken, dat de microfoon zo dicht mogelijk bij de printplaat komt te staan (zie afb. 5.2). Dan pas worden de draden vastgesoldeerd.



Afb. 5.3 - Blik op de achterzijde van het microfoonkapsel met eraan gesoldeerde aansluitdraden.

De stroomopname is zo laag, zelfs bij maximaal stroomverbruik, dat de interface door de microcomputer kan worden gevoed. Wat er voor batterijvoeding nodig is, is al besproken.

Het programmeren

Elk programma dat deze interface gebruikt, zal moeten beginnen met het eerst laag en vervolgens hoog maken van A0.

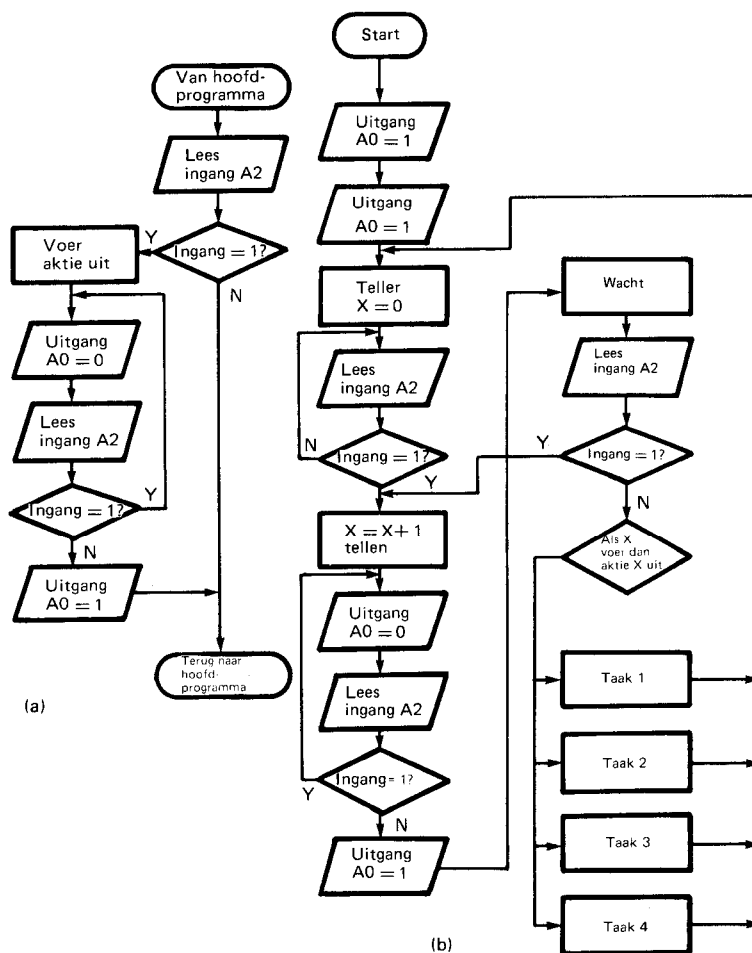
Uitgang 1 is direct op de interrupt-ingang van de microcomputer aan te sluiten als de interface onderdeel van een alarmsysteem is. Uitgang 1 is normaal hoog en wordt laag als een geluid is opgevangen. Dit is te gebruiken voor de gangbare interrupt-ingangen. Op uitgang 2 is het geïnverteerde uitgangssignaal beschikbaar als daar behoefte aan bestaat.

In afb. 5.4 zijn twee flow-charts getoond. De eerste reageert op een enkel geluid. De tweede geeft een respons die afhangt van het aantal snel op elkaar volgende geluiden. Met een dergelijk programma is een modelspoortrein te sturen, zoals verderop wordt beschreven.

De flow-chart in afb. 5.4a is onderdeel van een groter programma. Het programma moet beginnen met het resetten van de interface, waaraan de reset-lijn hoog moet worden gehouden. De flow-chart laat het programmadeel zien waarin wordt onderzocht of er sinds de vorige keer een geluid is opgevangen. Een geluid is opgevangen als ingang R2 laag is. Er kan dan een passende actie worden ondernomen. Hierna moet de interface worden gereset. Na de reset-poging wordt de uitgang van de

interface opnieuw gelezen om te zien of de reset-actie gelukt is. Het is mogelijk dat het geluid nog aanhoudt en in dat geval kan de interface pas gereset worden als het weer stil is. De reset-pogingen worden herhaald tot ze succes hebben, waarna de subroutine terugkeert naar het hoofdprogramma.

Afb. 5.4b is een flow-chart voor een compleet programma dat een van de vier (of meer) taken uitvoert, afhankelijk van het aantal gedetecteerde geluiden in een korte periode. Eerst wordt de interface gereset en vervolgens het register, waarin het aantal geluiden wordt bijgehouden, op



Afb. 5.4 - Twee flow-charts voor de geluids-sensor. A0 is met Reset verbonden en A2 met de uitgang van de interface.

nul gezet. Vervolgens wacht het programma in een loop (boven in de flow-chart) tot het eerste geluid is gehoord. Het eerste geluid wordt genoteerd door X met één op te hogen. Vervolgens wordt gewacht tot het resetten van de interface succes heeft. Na bijvoorbeeld een wachttijd van een seconde wordt gekeken of een tweede geluid is vernomen. Als dat het geval is, wordt X weer opgehoogd en de interface gereset. Dit wordt herhaald tot een seconde lang geen geluid is gedetecteerd. Dan is de boodschap kennelijk volledig overgebracht. Het programma gaat nu een van de taken uitvoeren, afhankelijk van het in X geregistreerde aantal opgevangen geluiden. Na het uitvoeren van de taak zal het programma op een nieuwe boodschap wachten.

Bij het gebruik van een dergelijk programma moet er voor worden gewaakt, dat omgevingsgeluiden, al duren ze maar een paar milliseconden, niet als onderdeel van de boodschap worden meegeteld. Dit is op te lossen door de gevoeligheid van de interface te verminderen. Verbind daartoe pen 8 van IC1 met de +5 V-lijn en gebruik een luide fluittoon om de boodschappen over te brengen.

Benodigde onderdelen

Weerstanden

R1, R2 10 k Ω (2 stuks)

R3 10 M Ω

Condensator

C1 0,0047 μ F, keramisch

Geïntegreerde schakelingen

IC1 7611, operationele versterker

IC2 CD4011BE, vier NAND-poorten met twee ingangen

Diversen

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, minimaal 8 koperbanen

kristal-microfoon-kapsel

5-pens printconnector

1,0 mm aansluitpennen (2 stuks, als externe microfoon wordt gebruikt)

verbindingsdraad

soldeer

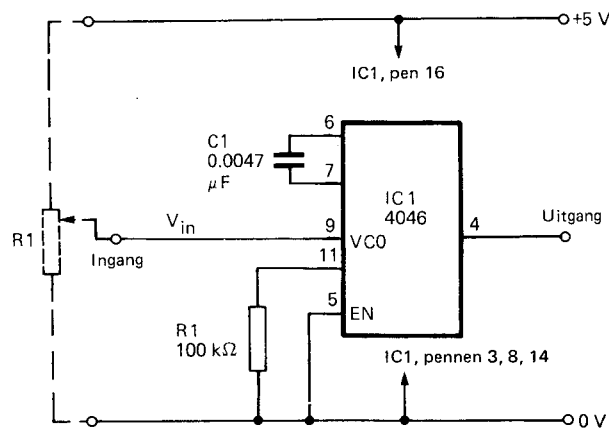
Interface 6 - Positie-sensor

Deze interface is weer een voorbeeld van een analoog-naar-digitaal-omzetter. De werking is echter heel anders dan bij interface 3. De schakeling zelf is uiterst simpel. Het grootste deel van de omzetting wordt aan de microcomputer overgelaten. De snelheid van de omzetting is trager dan die van de ADC0804, maar het IC kost maar een vijfde. Dat er maar één ingang van de microcomputer nodig is, is ook een voordeel. Door de lage kosten, de kleine afmetingen, het geringe stroomverbruik en het gebruik van maar één ingangslijn is het haalbaar verscheidene van deze interfaces tegelijkertijd te laten werken. De schakeling is geschikt voor de besturing van werkmodellen en robots waarvoor wel meer van dit soort interfaces nodig zullen zijn. Daarom is deze interface een positie-sensor genoemd.

Toch is dit eigenlijk een spannings-sensor en iedere analoge grootte, die in een spanning kan worden omgezet, kan gemakkelijk aan de microcomputer worden doorgegeven met deze interface. De werking wordt gedetailleerd beschreven, zodat de lezer in staat zal zijn om het ontwerp voor een breed toepassingsgebied aan te passen.

De werking

De interface bestaat uit een IC, type CD4046. Dit is een CMOS PLL-IC (Phase-Locked-Loop) waarvan hier alleen de VCO (Voltage Controlled Oscillator), een spanningsgestuurde oscillator, wordt benut. De frequentie van de VCO is afhankelijk van de spanning op pen 9 (afb. 6.1).



Afb. 6.1 - Schema van de positie-sensor interface.

De frequentie loopt van 0 Hz, als V_{in} 0 V is, tot een maximale waarde, als V_{in} +5 V is. De verhouding tussen V_{in} en de frequentie is lineair met een nauwkeurigheid van een procent. Dit zal zeker goed genoeg zijn voor de meeste doeleinden, zoals de besturing van robots, modellen en dergelijke toepassingen.

De maximale frequentie wordt ingesteld met de waarden van de tijdbepalende weerstand R_1 en condensator C_1 . Met de waarden, zoals in afb. 6.1 getoond, is de maximale frequentie ongeveer 5 kHz. In de praktijk blijkt de oscillator nog te werken bij eeningangsspanning van 0 V, zij het met een zeer lage frequentie - lager dan 0,1 Hz. Het IC wordt aan het werk gezet als pen 5 laag is. Bij deze interface is deze pen permanent met de 0 V-lijn verbonden. In plaats daarvan kan de microcomputer deze ingang sturen, waardoor de VCO naar wens kan worden in- of uitgeschakeld.

Het aantal mogelijkheden om een positie om te zetten in een spanning wordt alleen beperkt door de inventiviteit van de ontwerper op mechanisch en elektrisch gebied. Een paar suggesties zijn in afb. 6.2 opgenomen.

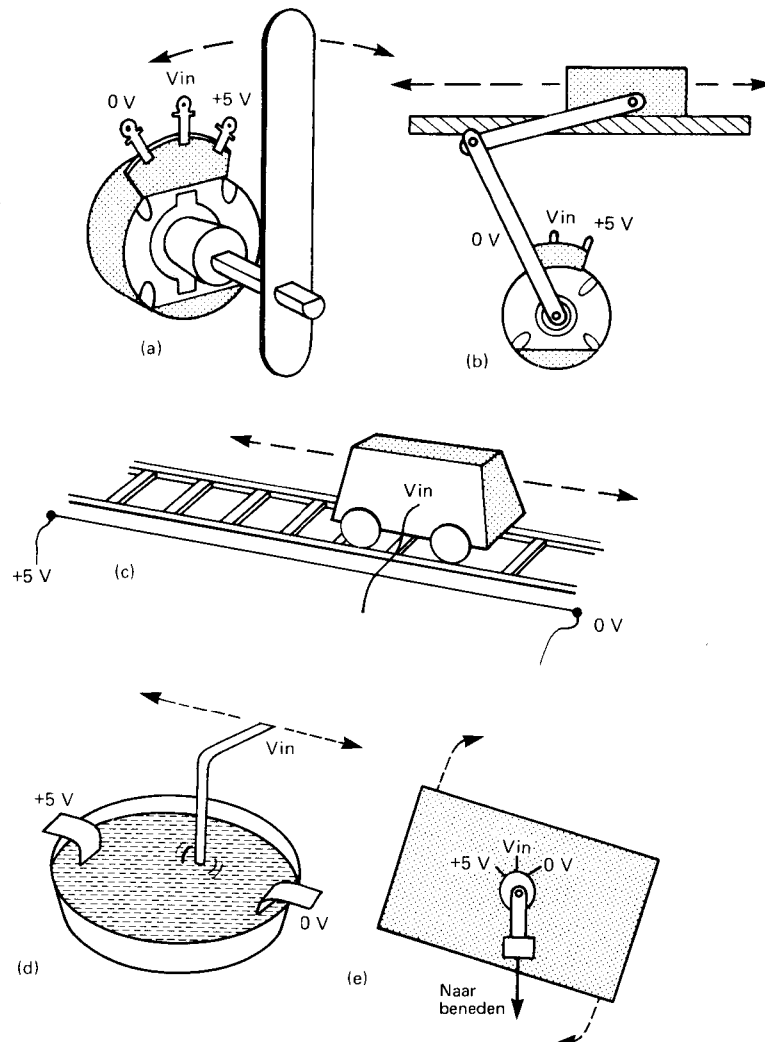
Hoek- of draaiposities kunnen heel eenvoudig in een spanning worden omgezet met een gewone potentiometer, zoals in afb. 6.2a. Een potentiometer met een waarde van 10 k Ω of 100 k Ω is geschikt.

Het enige probleem hierbij is dat de weerstand, over het geheel genomen, wel lineair is maar op diverse punten behoorlijk kan afwijken van de lineaire waarde. Een directe omzetting van positie naar spanning is daarom niet mogelijk. De interface kan echter worden geijkt op een aantal punten en de microcomputer kan worden geïnstrueerd om iedere uitgangsniveau te corrigeren, zelfs als deze punten niet op een voorspelbare rechte lijn liggen. Als de potentiometer door een andere wordt vervangen, zullen de ijkwaarden in het programma ook moeten worden aangepast.

In sommige toepassingen kunnen problemen ontstaan doordat de draaihoek van de potentiometer beperkt is tot 270°. Er zijn echter speciale potmeters verkrijgbaar die 360° kunnen ronddraaien en een nauwkeurig lineair verloop tonen. Deze potmeters zijn speciaal gemaakt voor positie-metingen, maar vrij duur. De eenvoudige en goedkope potentiometer is niettemin bruikbaar om lineaire posities te meten maar dan via een systeem van hefboomen, zie afb. 6.2b. Soms zal het handiger zijn een schuifweerstand van het type dat in geluidsapparatuur voorkomt, toe te passen. Een schuifweerstand kan ook van weerstandsdraad worden gemaakt en is dan aan te wenden op een manier zoals in afb. 6.2c is getoond. De VCO heeft een zeer hoge ingangsimpedantie en de draad kan dus een hoge weerstand vertonen. Zelfs water is als weerstandsmateriaal te gebruiken, zoals in afb. 6.2d is te zien.

Om andere analoge grootheden om te zetten, moet een spanning met een bereik tussen 0 V en 5 V, of een behoorlijk deel daarvan, worden opge-

wekt. Als de spanningsbron een grotere waarde dan $+5\text{ V}$ heeft, zal een spanningsdeler kunnen helpen. Voor een kleinere waarde kan een operationele versterker of zelfs een enkele transistor zorgdragen voor de versterking.



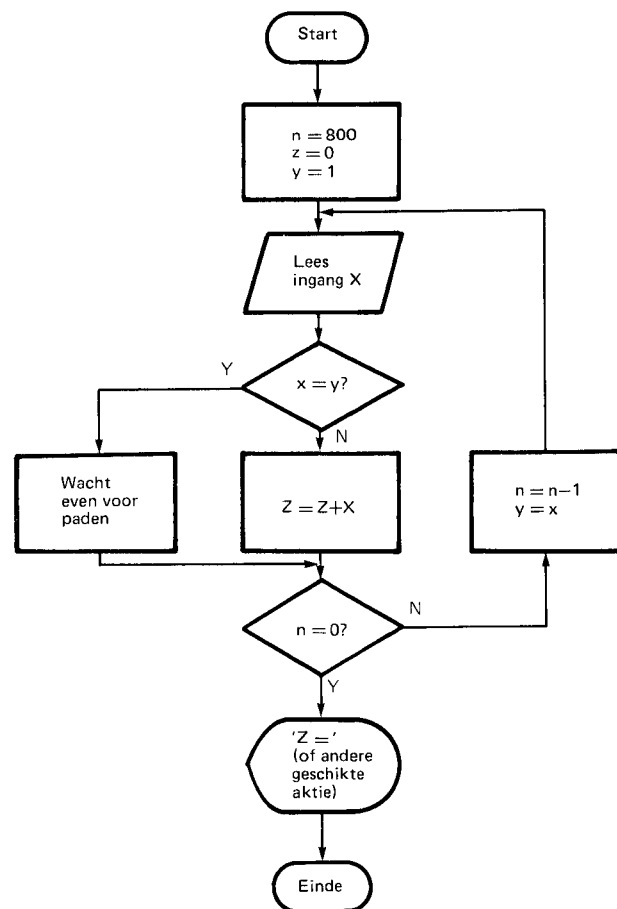
Afb. 6.2 - Positie-meting.

- (a) de positie van een hefboom
- (b) omzetten van lineaire positie naar draaiing
- (c) gebruik van weerstandsdraad voor lineaire positie-meting
- (d) water-weerstand
- (e) gebruik van een gewichtshefboom om de hellingshoek te bepalen

De interface wekt een signaal op waarvan de frequentie afhangt van de waarde van de aangelegde spanning. De laatste stappen van de omzetting worden door de microcomputer verricht. Daarom besteden we eerst aandacht aan het programmeren voordat de bouw wordt besproken.

Het programmeren

De flow-chart van een typisch programma voor deze interface, is in afb. 6.3 getoond. Het doel van dit programma is de frequentie op de uitgang van de interface te meten door het aantal pulsen te tellen dat in een vaste tijdsperiode binnenkomt.



Afb. 6.3 - Flow-chart voor het meten van de frequentie op de uitgang van de interface.

Een keer dit programma doorlopen, zal ongeveer $25 \mu\text{s}$ kosten, afhankelijk van de kloksnelheid van de microcomputer, en aangenomen dat een machinetaal-programma wordt gebruikt. Dat betekent dat de uitgang van het interface 40000 maal per seconde wordt bemonsterd. Als de maximale frequentie van de VCO 5 kHz is, wordt iedere frequentie daarvan 8 maal bemonsterd bij de maximale frequentie en nog vaker bij lagere frequenties. Dit is snel genoeg om er zeker van te zijn dat er geen veranderingen van de uitgangstoestand van de VCO worden gemist door de microcomputer. De VCO mag met frequenties hoger dan 5 kHz werken, als dit voor een bepaalde applicatie vereist is.

Om een oplossend vermogen van een procent te verkrijgen, moeten we 100 perioden tellen als de VCO met de maximale frequentie oscilleert. Bij 5 kHz vereisen 100 perioden 0,02 s. Dat is de tijd die nodig is voor een omzetting. Het programma moet gedurende 0,02 s werken. Als elke programmaloop $25 \mu\text{s}$ vereist, kost iedere omzetting dus 800 programmaloops.

In de flow-chart is 'n' het aantal loops dat moet worden uitgevoerd, 'z' het aantal te tellen perioden en 'y' een bit ter vergelijking. Een loop begint met het lezen van de uitgang van de interface, 'x'. Deze uitgang kan de waarde 0 (laag) of 1 (hoog) hebben. Als de uitgang hoog is ($x=y$), en er zijn nog geen 800 loops volbracht (n groter dan 0), wordt de volgende loop uitgevoerd. Voordat daarmee wordt begonnen, wordt n met één verminderd (n is de loopteller) en y krijgt de waarde van x .

De volgende keer dat we op dit punt terugkeren, wordt x met de waarde van de vorige, in y bewaarde, bemonstering vergeleken. Als de waarde gelijk is gebleven ($x=y$), wordt de volgende loop begonnen. Als x is veranderd, wordt z met één opgehoogd. Het effect hiervan is, dat z alleen wordt opgehoogd als de uitgang hoog is geworden en niet als de uitgang laag wordt. Dit betekent dat z eenmaal per volledige periode van de uitgang van de VCO met één wordt opgehoogd.

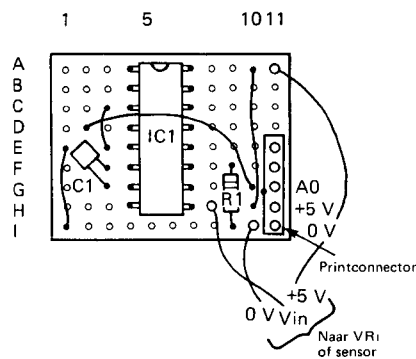
Na 800 maal de loop te hebben doorlopen, gaat het programma bijvoorbeeld verder met: de waarde van z weer te geven; berekeningen met deze waarde uit te voeren of, afhankelijk van de geregistreerde waarde, een keuze te maken uit een of meer uit te voeren stappen.

Alhoewel de tijd nodig voor de omzetting $20 \mu\text{s}$ duurt, (voor interface 3 slechts $15 \mu\text{s}$) is dit snel genoeg voor de meeste toepassingen. De omzettingstijd kan worden verminderd door de maximale frequentie van de VCO te verhogen, of het programma minder loops te laten uitvoeren. Als het aantal loops wordt teruggebracht, neemt het oplossend vermogen ook af.

Merk op dat de loop in het programma een vaste tijdsduur moet hebben, of x nu wel of niet gelijk is aan y . De tijd die nodig is voor beide takken moet gelijk zijn. De tijd in de andere tak kan met elke niet van belang zijnde operatie, die net zoveel klokperioden vereist, worden gerealiseerd.

De bouw

De voor deze interface benodigde stroom hangt voornamelijk af van de weerstand van de potentiometer, VR1. Als deze 100 k Ω bedraagt, is het stroomverbruik slechts 0,2 mA. Een weerstand met deze waarde is aan te bevelen en het is daarmee mogelijk tientallen van deze interfaces tegelijk te laten werken zonder een merkbare belasting van de voeding van de microcomputer. Bij een weerstand van 10 k Ω is het stroomverbruik 0,7 mA. De weerstanden, bij andere toepassingen, kunnen mogelijk lagere waarden hebben. De benodigde stroom wordt vrijwel geheel bepaald door deze weerstand. De spanning over de weerstand kan ook uit een externe bron afkomstig zijn, maar, als deze spanning hoger is dan +5 V, is een verzwakking van V_{in} nodig.



Afb. 6.4 - Layout van de printplaat. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij A5, B5 (NIET bij C5), D5, E5, E10, F5, F10, G5, G 8, H5 en H9. Leg soldeerverbindingen tussen H4 en I4.

De interface kan op een klein stukje gaatjesprint worden gebouwd. Als verscheidene interfaces tegelijk worden gebruikt, kan ieder een plaats vinden op een rechthoekig stukje van de printplaat. De bouw zal weinig problemen opleveren, er zijn geen instellingen nodig en de interface kan in 10 minuten kant-en-klaar zijn. Het IC is goedkoop en een voet ervoor is ternauwernood de moeite waard.

Benodigde onderdelen

Weerstanden

R1 100 k Ω , koolweerstand, 0,25 W, 0,33 W, 5%

VR1 100 k Ω , koolpotentiometer, lineair, of andere geschikte weerstand voor toepassing

Condensator

C1 0,0047 μ F, keramisch

Geïntegreerde schakeling

IC1 CD4046BE, PLL

Diversen

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, minimaal 9 koperbanen

5-pens printconnector

1,0 mm aansluitpennen (3 stuks)

verbindingsdraad

soldeer

HOOFDSTUK 2

Uitvoer interfaces

In dit hoofdstuk worden de interfaces besproken die de microcomputer met de buitenwereld laten communiceren. De microcomputer kan bijvoorbeeld de luidspreker-aansturing gebruiken voor een waarschuwing, nadat gedetecteerd is dat het huis in brand staat. De relais-aansturing kan worden gebruikt om zowat elk apparaat aan- of uit te schakelen. De analogesturing laat de microcomputer de snelheid van een motor of het volume van een geluidsinstallatie regelen of elk ander apparaat sturen waarvoor een geleidelijk veranderlijke uitgangsspanning nodig is.

Interface 7 - LED indicator

Bij het ontwerpen of testen van andere interfaces is het vaak nuttig op elk tijdstip te weten wat de microcomputer er naar toestuurt. Deze interface toont de toestand van in totaal acht uitgangen van de in/uitgangspoorten van de microcomputer, of van acht adres- of datalijnen. De interface kan in drie versies worden gebouwd.

De eerste versie heeft een rij van acht LED's. Een LED geeft licht als de bijbehorende lijn hoog is. In alle andere gevallen is de LED gedoofd. De tweede versie heeft ook acht LED's maar dan in de vorm van een zevensegment display in plaats van acht losse LED's. Het display heeft zeven segmenten die het cijfer vormen en de decimale punt levert de achtste LED. Het voordeel van een dergelijk display is dat snel het weergegeven symbool of de vorm kan worden opgeschreven, in het bijzonder als het de vorm van een letter of cijfer heeft. Dit vereenvoudigt het op papier bijhouden van snel veranderende signalen als het gedrag van een microcomputer wordt geanalyseerd.

De derde versie is iets ingewikkelder. Daarbij worden de logische niveaus op acht lijnen als twee cijfers weergegeven. Deze interface gebruikt daartoe een BCD-naar-decimaal-omzetter, zodat de getallen 0 tot en met 9 worden weergegeven, overeenkomend met de binaire codes 0000 tot 1001. Helaas is het toegepaste decodeer-IC niet in staat waarden groter dan 1001 om te zetten voor de letters die in de hexadecimale code worden gebruikt. Dergelijke decodeer-IC's zijn wel verkrijgbaar maar nogal prijzig.

In plaats daarvan toont het een serie van elkaar te onderscheiden symbolen, zoals in afb. 7.1 is te zien.

De gebruiker zal snel in staat zijn deze symbolen te interpreteren als de hexadecimale letters A tot F. In feite laat de derde versie de toestand van de acht lijnen in hexadecimale notatie zien, wat bijzonder nuttig is voor de machinetaal-programmeur. Deze versie kan in de PIO-interface (interface 13) worden opgenomen.

De derde versie gebruikt ongeveer 150 mA waardoor een externe voeding nodig kan zijn. Daarvoor is een gestabiliseerde voeding voor +5 V nodig, alhoewel een 6 V-batterij voor korte gebruikperiodes voldoet. De interface is op veel manieren toe te passen voor een indicatie of waarschuwing. De LED's kunnen op een frontpaneel worden gezet en eventueel verschillende kleuren weergeven. De microcomputer kan verschillende LED's aanschakelen of laten knipperen. Een LED kan bijvoorbeeld gaan knipperen als op de deurbel is gedrukt, een andere als het regent op wasdag, een derde als het etenstijd is enz.

De interface kan ook als toevoeging aan computerspelletjes dienen om bijvoorbeeld aan te geven wie er aan de beurt is, in welk stadium het spel is gekomen, of om bekend te maken wie er heeft gewonnen. Op deze wijze kunnen de uitvoermogelijkheden van de eenvoudigere microprocessorsystemen worden uitgebreid.

Decimale getal	Binaire getal	Hexadecimale code	Display
10	1010	A	
11	1011	B	
12	1100	C	
13	1101	D	
14	1110	E	
15	1111	F	 Geen segmenten opgelicht

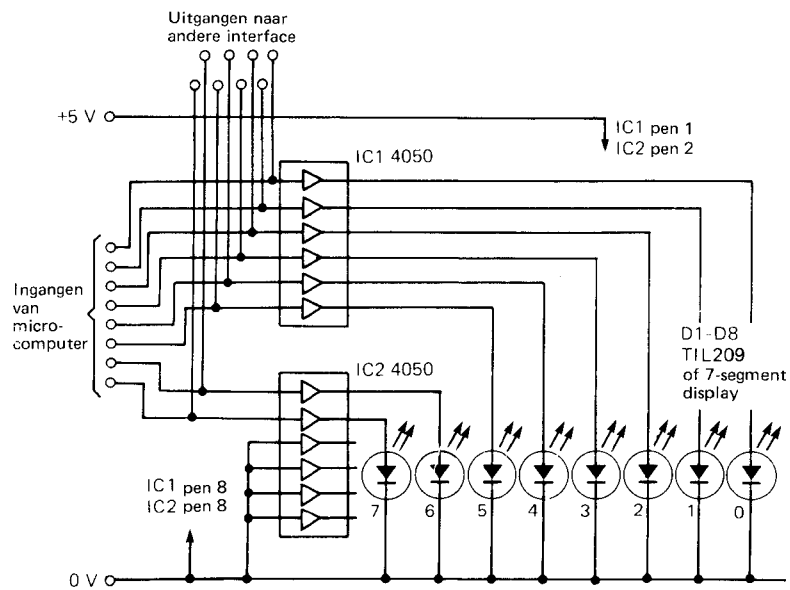
Afb. 7.1 - De op de displays getoonde symbolen bij de getallen 10-15 van de derde versie van de LED-interface.

De werking

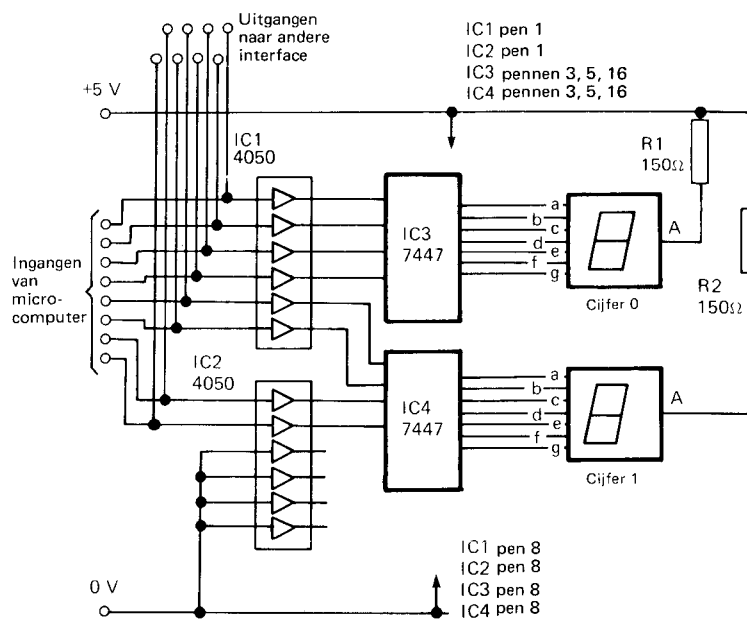
In deze interface zijn CMOS IC's toegepast, zie afb. 7.2. Elk buffer belast de lijn, waarmee hij is verbonden erg licht, zodat een ander apparaat tegelijkertijd op de lijnen kan worden aangesloten. De interface is dan bruikbaar voor een controle van de toestand van elke lijn, als het andere apparaat aan het werk is. De layout van de print voorziet in een aansluiting voor dit andere apparaat.

In de eerste en tweede versie worden de LED's direct verbonden met de uitgangen van de buffers. In de derde versie (afb. 7.3) worden de uitgangen naar de ingangen van het decodeer-IC, type 7447, geleid.

Dit IC levert de uitgangssignalen om de overeenkomstige cijfers of symbolen op de displays te laten verschijnen.



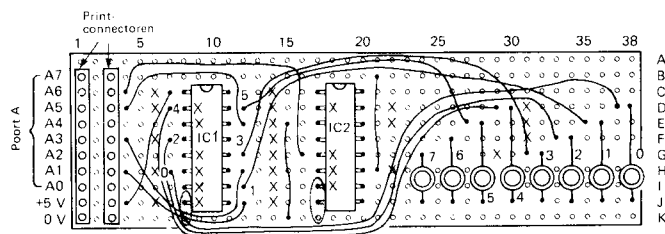
Afb. 7.2 - Schema van de LED-indicator, eerste en tweede versie.



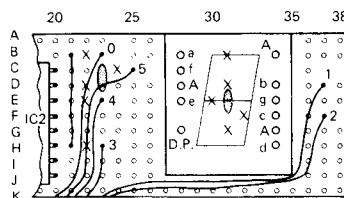
Afb. 7.3 - Schema van de LED-indicator, derde versie.

De bouw

De layout voor de eerste versie is in afb. 7.4 te zien. Op de linkerkant van de printplaat zijn twee 10-polige connectoren aangebracht. Daarvan is er een voor de aansluiting op de uitgangen van de microcomputer en de voedingsspanning. De andere is voor het aansluiten van een andere interface die hieraan parallel moet werken. De printplaat toont een rij aparte LED's, maar in plaats daarvan kan ook een staaf-display of een opstelling met twee aparte rijen van vier LED's worden gemaakt. De LED's kunnen alle dezelfde kleur uitstralen, waarbij rood de voorkeur heeft vanwege de heldere weergave, maar, naar gelang de toepassing, kan het handig zijn om verschillende kleuren te gebruiken om het display gemakkelijker te interpreteren. Merk op dat vier buffers in IC2 nog niet zijn gebruikt. Daarmee kan het aantal te controleren lijnen op twaalf worden gebracht. In het schema zijn de ingangen van deze buffers met de 0 V verbonden.



Afb. 7.4 - Layout van de printplaat voor de eerste versie. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij C6, C14, D6, D9, D14, D18, D22, D31, E9, E14, E22, E31, F6, F14, F31, G9, G14, G18, G29, H6, H9, H14, H18, I9, I14, I18, J6, J9 en J14. Leg soldeerverbindingen tussen J8 en K8, I16 en J16 en K16.



Afb. 7.5 - Layout van de printplaat voor de tweede versie. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij B22, B31, C24, D22, D31, E22, E30, F32, G31 en H22. Leg soldeerverbindingen tussen C23 en D23, E31 en F31.

Als de tweede versie wordt gebouwd kan de rechterkant van de print worden ingedeeld zoals in afb. 7.5 is getoond. Voordat de schakeling wordt bedraad, moeten de aansluitingen van de te gebruiken LED's worden vergeleken met die in de afbeelding. Er zijn vele soorten displays

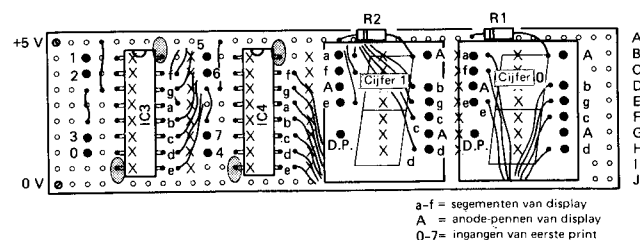
verkrijgbaar. Komen de aansluitingen niet overeen met die in de afbeelding dan moet de bedrading worden aangepast.

De uitgang van IC2, overeenkomend met bit 6, is pen 13 en gaat naar de 'g'-pen van de display. In de layout wordt deze uitgang verbonden via koperbanen waardoor verbindingdraden overbodig zijn. Als de aansluitingen van het IC afwijkend zijn, kan het nodig zijn een draad te leggen van gat F22 naar een gat naast de 'g'-pen van het display. Op een overeenkomstige manier is de uitgang overeenkomend met bit 7, pen 12 van IC2, direct met de pen voor de decimale punt verbonden. Bij andere display-aansluitingen kan een draad van gat G22 naar het display wenselijk zijn.

Afb. 7.6 toont de decodeer-IC's en displays voor de derde versie, die op een aparte tweede print zijn geplaatst. Als de displays op een frontplaat worden geplaatst zal het waarschijnlijk handiger zijn om de LED-displays op een tamelijk klein stukje printplaat te plaatsen, zoals is getoond. Het is het beste de decodeer-IC's op dezelfde printplaat te plaatsen om niet 15 draden te hoeven leggen tussen de twee printplaten. De layout van de eerste printplaat van de derde versie is in afb. 7.4 te zien, zonder LED's. Er worden draden van de punten, die 0 tot 5 zijn genoemd, naar de overeenkomstige pennen op de tweede printplaat (afb. 7.6) gelegd.

Op de eerste printplaat zijn dan aansluitpennen nodig om nog vier verbindingen met de tweede printplaat te maken:

Gat nummer op eerste print	Gat nummer op tweede print	Verbind
F22	C11	bit 6
G22	D11	bit 7
J5	A1	+ 5 V
K6	J1	0 V



Afb. 7.6 - Layout voor de derde versie, tweede printplaat. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij B6, B10, B14, B18, B23, B28, B32 en identieke posities van de banen C tot I. Leg soldeerverbindingen tussen A8 en B8, A16 en B16, I6 en J6, I13 en J13.

De derde versie kan naar wens ook op een grote printplaat worden geplaatst door de layouts van afb. 7.4 en 7.6 te combineren en een printplaat te nemen van ongeveer 21 koperbanen breed en 38 gaten lang. Alvorens de layout te maken, is het aan te raden de aansluitingen van het display te controleren. Om een compacte layout te verkrijgen, met de displays dicht naast elkaar, is het nodig om onder de displays wat bedrading te leggen. De bedrading moet totaal zijn afgewerkt en plat op de printplaat worden gedrukt voordat de displays op de printplaat worden vastgesoldeerd.

Het is belangrijk de verbindingen te controleren voordat de displays worden vastgesoldeerd, omdat het erg lastig is om ze later te verwijderen. Merk op dat de draden van IC3 naar het rechter-display voeren (cijfer 0 is het minst significante getal) en die van IC4 naar het linker-display (cijfer 1 is het meest significante getal).

Benodigde componenten voor alle versies

Geïntegreerde schakelingen

IC1, IC2 CD4050BE, hex buffer (2 stuks)

Diversen

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, 100 mm × 32 mm,

10-pens printconnectoren (2 stuks)

verbindingsdraad

soldeer

Bijkomende onderdelen voor versie 1

Halfgeleiders

D1 - D8 TIL209 of soortgelijke LED's

Bijkomende onderdelen voor versie 2

Halfgeleiders

Displays 7-segmenten LED display, common anode 0,6 inch

Bijkomende onderdelen voor versie 3

Weerstanden

R1, R2 150 Ω koolweerstand 0,25 W of 0,33 W, 5%

Halfgeleiders

Displays 7-segmenten LED display, common-anode 0,6 inch (2 stuks)

Geïntegreerde schakelingen

IC3, IC4 7447 BCD naar zevensegment decoder (2 stuks)

Diversen

Een tweede gaatjesprint met 2,5 mm matrix, 100 mm × 32 mm, of een print, 100 mm × 64 mm

1,0 mm aansluitpennen (10 stuks)

Interface 8 - Liquid Crystal Display

De displays met een of twee cijfers van interface 7 zijn voor ontwerpen en experimenteren bedoeld. Dit vier-cijferige display is geschikt voor totaal verschillende doeleinden. Deze interface maakt gebruik van een Liquid Crystal Display, kortweg LDO, waardoor het af te lezen is in omstandigheden met veel licht, omstandigheden waar LED's juist niet voldoen.

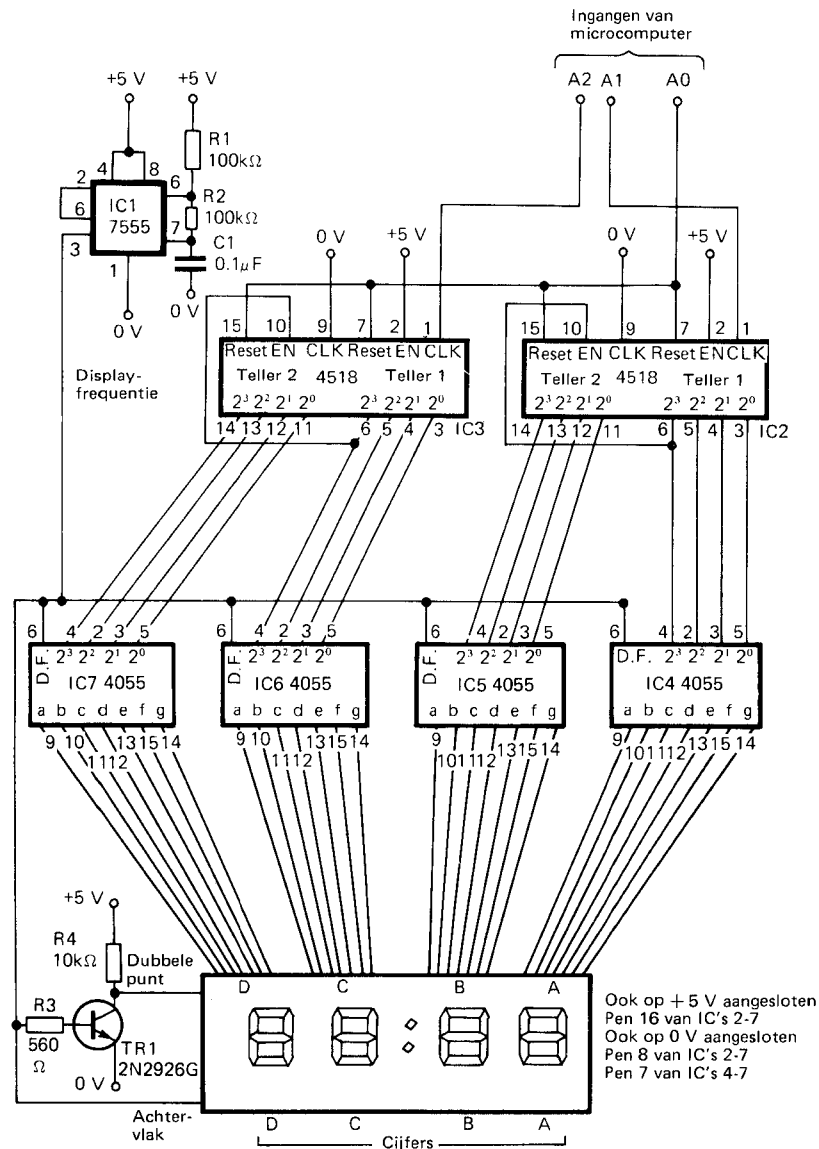
Voor een klein microprocessorsysteem is het een waardevol extra display en het kan wel eens beter af te lezen zijn dan de 2,5 cm displays die vaak in de goedkopere systemen zijn toegepast. Het kan de weergave van de score van spelletjes of resultaten van berekeningen laten zien, terwijl het gewone display voor andere doeleinden wordt gebruikt. Het is ook bruikbaar als tijdwijzer en bij deze toepassing ziet het er dan ook uit als een digitale klok. Om de tijd weer te geven (of misschien de kamertemperatuur) hoort het in een aantrekkelijke behuizing in de huiskamer, op enige afstand van de sturende microcomputer.

Omdat het display beschikt over tellers en geheugens hoeft het niet voortdurend in contact te staan met de microcomputer. De uitlezing kan af en toe worden bijgewerkt en de microcomputer kan zich ondertussen met andere zaken bezighouden. Het zou onderdeel kunnen zijn van een voor een speciaal doel gebouwd systeem, op basis van een microcomputer, zoals een elektronisch meetapparaat of een weerstation. Zoals later uitgelegd zal worden, is het voor de programmeur bruikbaar als een hexadecimaal-naar-decimaal-omzetter.

De werking

De schakeling heeft drie ingangen (afb. 8.1) waarvan de aansturing afhankelijk is van de aansluitingen van de microcomputer. Poort A0 regelt het resetten van de interface. Reset laat het display terugkeren tot de uitlezing "00:00". De ingang A0 is normaal laag en wordt hoog gemaakt om de interface te resetten. Ingangen A1 en A2 worden naar twee tellers (IC2, IC3) gevoerd. Ieder van deze IC's bevat twee aparte decimale tellers met BCD-uitgangen. De klokingang van deze tellers reageert op een opgaande flank als de 'enable'-ingang (pen 2) hoog wordt gehouden. Als er op pen 1 negen pulsen zijn ontvangen, doorlopen de uitgangen (pen 3 tot 6) alle binaire standen van 0000 tot 1001. De volgende puls laat ze terugkeren tot de stand 0000. De neergaande flank van de 10-deler-uitgang gaat naar de enable-ingang (pen 10) van de tweede teller. De teller reageert op een neergaande flank door het laaghouden van de klokingang (pen 9). Op deze wijze laat de tiende puls de eerste

teller 0000 en de tweede teller 0001 worden. Deze combinatie 0001-0000 is het BCD-equivalent van het decimale getal 10.
IC3 is op dezelfde wijze aangesloten als IC2, alleen de telpulsen komen via poort A2.



Afb. 8.1 - Schema van het LCD-interface.

De BCD-uitgangen van de tellers worden gedecodeerd door de display-stuur-IC's (IC4 tot IC7) die de spanningen leveren om het LCD aan te sturen. Een LCD heeft een wisselende spanning nodig. Elk stuur-IC is voorzien van een ingang voor de display-frequentie. Daar wordt een 50 Hz-blokgolf op aangesloten, afkomstig van het timer-IC, IC1.

De display-frequentie gaat ook naar het achtervlak van het LCD. Als een segment van het LCD zwart moet zijn, moet de uitgang van het stuur-IC uit fase zijn met de display-frequentie. Als het segment blank moet zijn, moet de uitgang in fase zijn met de display-frequentie. Het stuur-IC doet zijn werk door de uitgang wel of niet in fase met de display-frequentie te laten zijn. De dubbele punt in het midden van het display is altijd zichtbaar omdat de geïnverteerde display-frequentie (door TR1 geïnverteerd) op de ingang ervan is aangesloten.

De schakeling in afb. 8.1 toont twee telschakelingen, aangestuurd door respectievelijk A1 en A2, waardoor elk de getallen 00 tot 99 kan weergeven. Het is ook mogelijk elk van de vier tellers onafhankelijk te laten werken door de verbinding tussen pen 6 en pen 10 te verbreken bij beide IC's, twee nieuwe ingangen (A3, A4) met de klokingangen (pen 9 voor beide) te verbinden en de andere enable-ingangen (pen 10 voor beide) aan de +5 V te hangen. Elke teller loopt dan onafhankelijk van 0 tot en met 9.

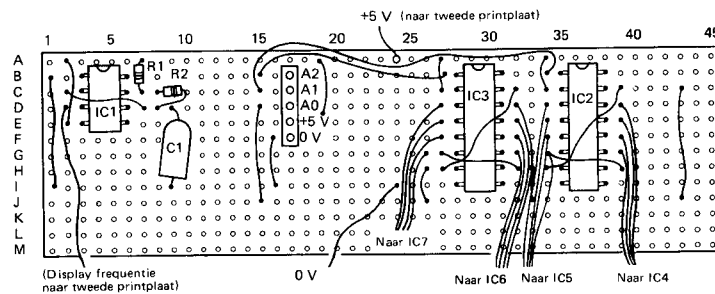
Een andere mogelijke wijziging is het in serie zetten van beide teller-IC's om een telling van 0000 tot 9999 te verkrijgen. Pen 14 van IC2 wordt met pen 2 van IC3 verbonden. De klok-ingang van IC3 wordt met de 0 V-lijn verbonden en ingang A2 wordt verwijderd. De dubbele punt zal bij deze wijziging niet nodig zijn. De schakeling rond TR1 kan dan vervallen en de ingang voor de dubbele punt kan met de achtervlak-ingang worden verbonden.

De bouw

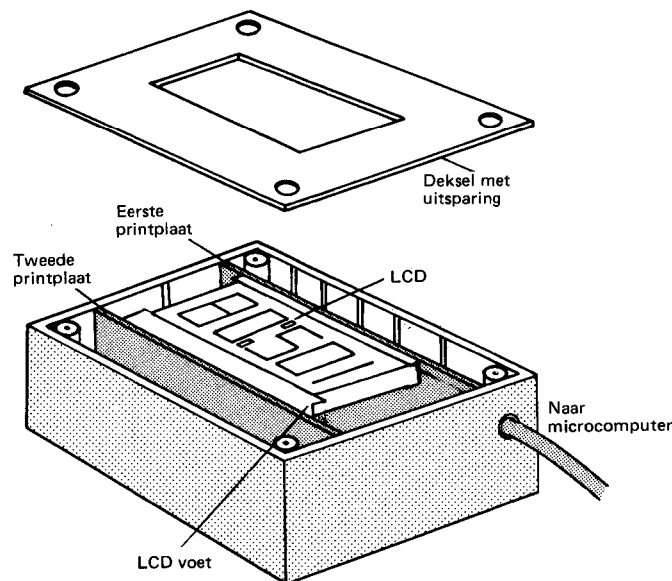
De schakeling wordt op twee printplaten met dezelfde afmetingen gebouwd (afb. 8.2 en 8.3) om het geheel gemakkelijk in een behuizing te kunnen onderbrengen (afb. 8.4). Op de eerste printplaat lopen de koperbanen in de lengterichting, maar op het tweede in de breedterichting. Een van de speciale eigenschappen van LCD's is het erg lage stroomgebruik. De schakeling gebruikt maar 2 mA zodat de voeding gemakkelijk uit de microcomputer kan worden betrokken. Omdat er geen ruimte voor een voeding nodig is kan een kleine behuizing worden gebruikt om een nette en compacte uitleeseenheid te verkrijgen.

De enige problemen die kunnen optreden gedurende de bouw zijn de talloze verbindingen die moeten worden gelegd in een tamelijk begreinsd gebied. Voordat met het bedraden wordt begonnen, moeten de aansluitingen van het te gebruiken LCD worden vergeleken met die in afb. 8.3. Als ze niet overeenkomen is het eenvoudig een kwestie van het bedradingsschema herzien.

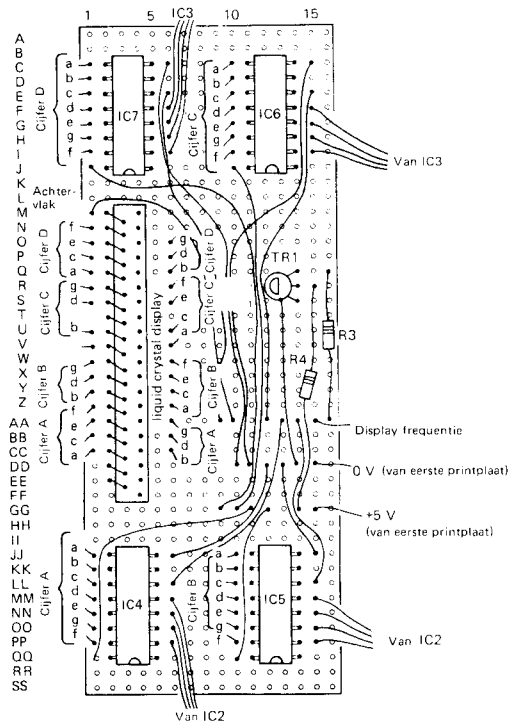
Het LCD dat in het prototype is toegepast, was voorzien van een speciale voet met twee versprongen opgestelde rijen aansluitpennen. De pennen van de achterste rij konden direct in de gaten van de print worden gestoken (rij 4). Voordat de voet werd gemonteerd, werden de pennen van de voorste rij enigszins naar links en naar voren gebogen zodat ze in de opeenvolgende rij (rij 2) pasten.



Afb. 8.2 - Layout van de eerste printplaat met daarop de klok- en teller IC's. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij B4, C4, D4, E4, B10, C10, D10, E10, B20, C20, D20, E20, F20, B29, C29, D29, E29, F29, G29, (NIET H29), B33, C33, D33, E33, F33, G33, H33, (NIET I33), B36, C36, D36, E36, F36, G36, H36, (NIET I36). Leg soldeerverbindingen tussen A32 en B32, A39 en B39, A7 en B7.



Afb. 8.4 - Twee printplaten in één behuizing ondergebracht.



Afb. 8.3 - Layout van de tweede printplaat, met daarop de aansturing en het LCD. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij C3, D3, E3, F3, G3, H3, I3, J3, C8, D8, E8, F8, G8, H8, I8, J8, C12, D12, E12, F12, G12, H12, I12, J12, N3, O3, P3, Q3, R3, S3, T3, U3, V3, W3, X3, Y3, Z3, AA3, BB3, CC3, DD3, EE3, JJ12, KK12, LL12, MM12, NN12, OO12, PP12, QQ12, Q9, R9, S9, AA8, DD8, JJ3, KK3, LL3, MM3, NN3, OO3, PP3, QQ3, JJ8, KK8, LL8, MM8, NN8, OO8, PP8, QQ8. Leg soldeerverbindingen tussen C6 en D6, C15 en D15, JJ6 en KK6, JJ15 en KK15.

Verbind de interface met een gestabiliseerde +5 V-voeding en verbind ingang A0 met de 0 V-lijn. Voer een blokgolf toe aan A1 en A2. Dat kan de display-frequentie van IC1 zijn alhoewel een wat tragere puls-frequentie is aan te bevelen. Verbind daarom tijdelijk pen 3 van IC1 aan ingang A1 en A2. Als alles in orde is, horen beide kanten van het display herhaaldelijk van 00 tot 99 te tellen.

Hierna volgt een lijst met de meest gebruikelijke fouten en hoe ze te verbeteren:

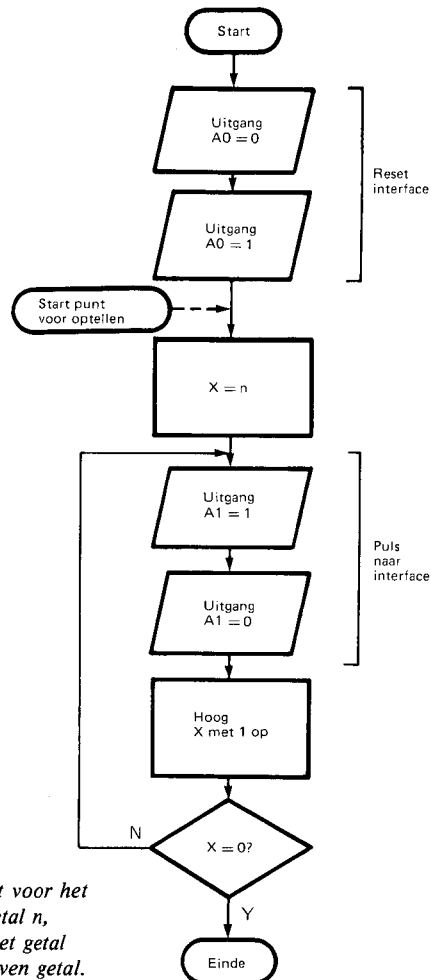
- Geen uitlezing. Controleer de verbindingen met het LCD-achtervlak en de werking van IC1.
- Ontbrekende segmenten in cijfers. Controleer de verbindingen tussen IC4 tot en met IC7 en de voet van het LCD. Controleer ook of het

LCD stevig in de voet zit en alle contacten tussen voet en LCD in orde zijn.

- Vreemde figuren en symbolen. Controleer de draden tussen IC4 tot IC7 en het display op kortsluiting.
- Verkeerde volgorde getallen en weergave van letters zoals L, H, P, A, en geen cijfer. Controleer de draden tussen IC2 en IC3 en die van IC4 tot IC7 op kortsluiting.

Het programmeren

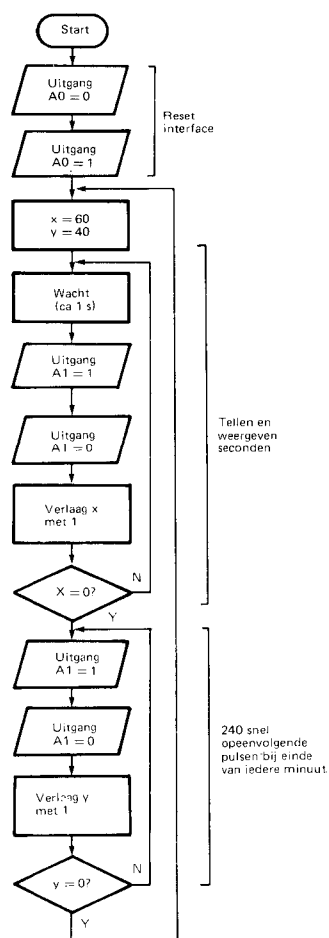
Afb. 8.5 toont de flow-chart van een programma dat de teller ophoogt met een bepaald getal, 'n'. Deze routine is handig om uitslagen en ande-



Afb. 8.5 - Flow-chart voor het weergeven van een getal n, of het optellen van het getal n bij een al weergegeven getal.

re numerieke data weer te geven. Alhoewel de teller eerst op nul wordt gezet en daarna wordt opgehoogd tot de eindwaarde is bereikt, gaat dit zo snel dat het net lijkt of de eindwaarde onmiddellijk wordt weergegeven als het programma draait. Als het op nul zetten wordt weggelaten, wordt het getal 'n' opgeteld bij het getal dat al op het display was te zien. Op deze manier kan de interface als decimale opteller werken. Als in een machinetaal-programma het getal 'n' hexadecimaal is, zal de waarde die op het display verschijnt of bij de displaywaarde wordt opgeteld, decimaal zijn. Dit programma laat de interface dus als hexadecimaal-naar-decimaal-omzetter fungeren.

Het programma uit afb. 8.6 past de interface toe als een klok voor minuten en seconden. Daartoe moeten IC2 en IC3 in serie worden gezet,



Afb. 8.6 - Flow-chart voor het gebruik van de interface als klok.

zoals hiervoor beschreven. De lengte van de wachtperiode wordt bijgesteld tot de klok gelijk loopt. De seconden lopen van 1 tot 60. Als dat punt is bereikt, worden snel achter elkaar nog 40 pulsen verstuurd waardoor de stand op 100 komt. De twee cijfers die de seconden aanwijzen veranderen in '00' en de cijfers die de minuten aangeven worden met één opgehoogd. Door het verlengen van de wachtperiode kan hetzelfde programma worden gebruikt voor het weergeven van uren en minuten. Dit alles zal de microcomputer volledig bezighouden, maar een oplossing hiervoor is het toepassen van interface 15. Deze Timer-interface verzorgt het tijdgedeelte en de microcomputer fungeert alleen als doorgeefluik.

Benodigde onderdelen

Weerstanden

R1, R2 100 k Ω (2 stuks)

R3 560 Ω

R4 10 k Ω

alle koolweerstanden 0,25 W of 0,33 W, 5%

Condensator

C1 0,1 μ F, polystyreen

Halfgeleider

TR1 2N2926G of soortgelijk NPN-type

Geïntegreerde schakelingen

IC1 7555 CMOS timer

IC2,

IC3 CD4518BE CMOS dual BCD-teller (2 stuks)

IC4-IC7 CD4055BE LCD-aansturing

Diversen

4-cijferig Liquid Crystal Display, bijvoorbeeld Archer, type 276-1230 van Tandy

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, een met 13 banen en 45 gaten en een met 45 banen en 13 gaten

5-pens printconnector

verbindingsdraad

soldeer

Interface 9 - Luidspreker-aansturing

Dit eenvoudig te bouwen apparaat zal waarschijnlijk het meest in de smaak vallen bij liefhebbers van computerspelletjes. De microcomputer kan er allerlei geluidseffecten mee produceren. Het kan ook worden gebruikt om de computer muziek te laten maken. Voor meer serieuze toepassingen kan worden gedacht aan allerlei alarmtonen. Dit soort tonen kan uiteenlopen van een melodietje bij het ontwaken, een onmiddellijk de aandacht trekkende toon om te waarschuwen dat het bad of de wasmachine overloopt, tot een luide sirene om aan te geven dat een inbreker aanwezig is.

De verwachting is dat dit een van de meest populaire interfaces van dit boek zal worden en daarom is speciale aandacht besteed aan de details van het aansluiten op de microcomputer. De schakeling voor het decoderen van adressen is ook te gebruiken voor vele andere interfaces.

De werking

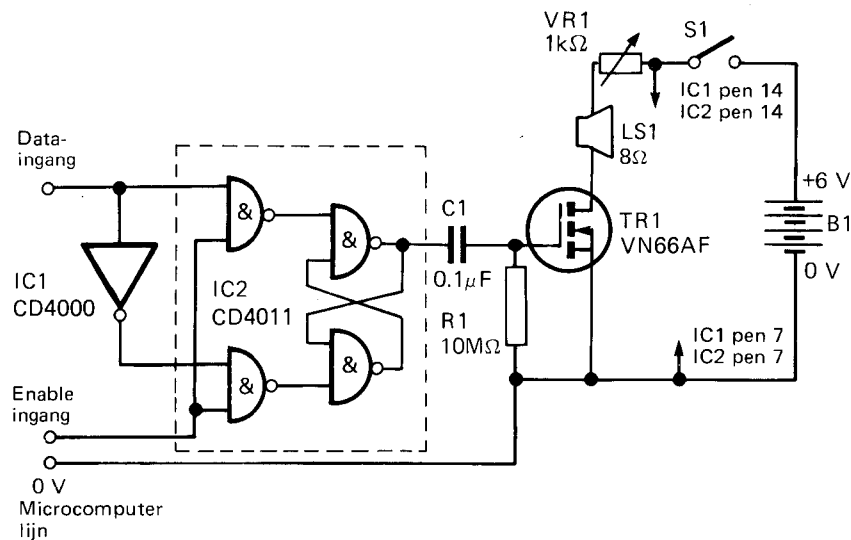
Het eerste wat opvalt aan deze interface is de eigen voeding (afb. 9.1). Deze is nodig vanwege het 0,5 A-stroomgebruik bij geluidsweergave. Omdat de voeding alleen wordt belast als er geluid wordt voortgebracht, is een batterij de meest geschikte voeding. Daarmee worden allerlei problemen met bromgeluiden, in het bijzonder de brom die ontstaat in de lus, gevormd door de interface en de voeding van de microcomputer, vermeden.

De microcomputer wordt geprogrammeerd om een serie pulsen te produceren met verschillende frequenties in het audiogebied. De interface zet deze pulstrein om in geluid. Als de microcomputer voorzien is van in/uitgangspoorten kunnen de pulsen van één van de poorten komen, bijvoorbeeld poort A0. Als er geen in/uitgangspoorten zijn, kunnen de pulsen worden gegenereerd op een van de datalijnen, bijvoorbeeld D0. Om de juiste pulsen op te vangen hebben we een speciale adres-decodeerschakeling nodig. Deze wordt later beschreven. Eerst zullen we de geheugen- en versterkerschakeling beschouwen.

De geheugenschakeling bestaat uit vier NAND-poorten en een inverter. Er is een enable-ingang die door de microcomputer wordt gestuurd. Als de sturing via de in/uitgangspoorten verloopt, kan dit A1 zijn. Als de enable-ingang hoog wordt gehouden, kunnen de pulsen via het geheugen de versterker bereiken. Als de enable-ingang laag wordt gemaakt, behoudt de uitgang van het geheugen de waarde die het op dat moment heeft. Het geheugen wordt even actief gemaakt met de enable-ingang om de waarde van de ingang op te nemen. Dezelfde uitgangslijn (A0)

kan ook worden gebruikt voor andere apparaten. Als de enable-ingang laag is, heeft dit geen effect op de luidspreker-interface.

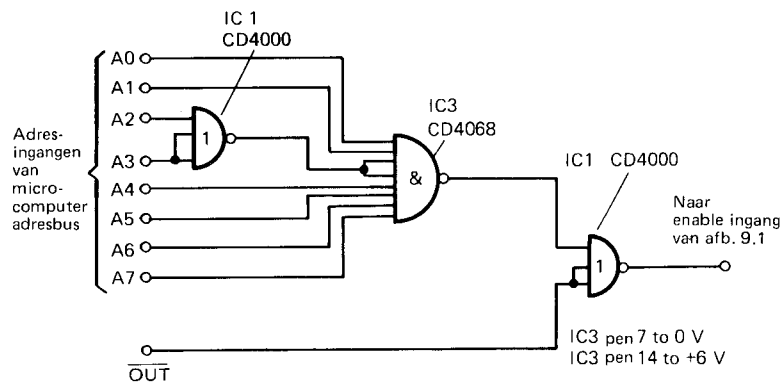
Als de interface met de in/uitgangspoorten wordt verbonden, is het het beste om hiervoor een poort te reserveren en andere interfaces met andere poorten te sturen. Dit maakt de enable-actie overbodig en de enable-ingang kan permanent met de +6 V-lijn worden verbonden. De enable-actie is echter essentieel als deze interface direct met de datalijn wordt verbonden. Er zijn allerlei signalen aanwezig gedurende de verschillende werkzaamheden van de microcomputer maar de interface mag alleen reageren op signalen, bestemd voor die interface. Hoe dit wordt gedaan, wordt later uitgelegd.



Afb. 9.1 - Schema van de luidspreker-aansturing.

Signalen die van de microcomputer komen, zijn digitaal (hoog of laag, niet er tussenin), dus is alleen een digitale versterker nodig. Er wordt een positive puls via C1 aan de gate van TR1 toegevoerd als de uitgang van het geheugen hoog wordt. TR1 is een VMOS-vermogens-FET (Field Effect Transistor) die stromen tot 2 A kan schakelen. De ingangsimpedantie is erg hoog waardoor de relatief lage stroomsterkte van het geheugen wordt omgezet in een tamelijk hoge stroomsterkte door de luidspreker. Potmeter VR1 fungeert als volume-regelaar. R1 laat de lading weglekken van de gate van Tr1, waardoor de transistor altijd in een ruststand eindigt met een minimale belastingsstroom in rust. De ruststroom benodigd voor deze interface, inclusief het decodeer-IC, is minder dan 0,75 mA.

Afb. 9.2 laat het decodeer-gedeelte van de schakeling zien. Daarmee wordt de toestand van de laatste acht adreslijnen, A0 tot A7 gedecodeerd. Volledige decodering voor 16 lijnen wordt beschreven in samenhang met de PIO-interface (nummer 13). Bij veel computers is een extern apparaat te adresseren door een Basic-commando van de vorm "OUT n,x". In deze uitdrukking is 'n' het adres van het apparaat en 'x' de data die er heen moet worden gezonden. Gewoonlijk kan 'n' een waarde tussen 0 en 255 aannemen. Als de microprocessor het apparaat adresseert, verschijnt de waarde van 'n' op de laatste acht adreslijnen. We kunnen een interface zo instellen dat hij reageert op een van de mogelijke adressen. Een apparaat moet pas reageren als het adres ervan aanwezig is. Zo is het mogelijk 256 apparaten met een microprocessor te verbinden, waarbij elk pas reageert als het bijbehorende adres wordt aangeroepen. In de praktijk vereisen deze lijnen een buffer als er veel apparaten op moeten worden aangesloten.



Afb. 9.2 - Schema van de decodeer-schakeling voor adres 1111 001 (=243).

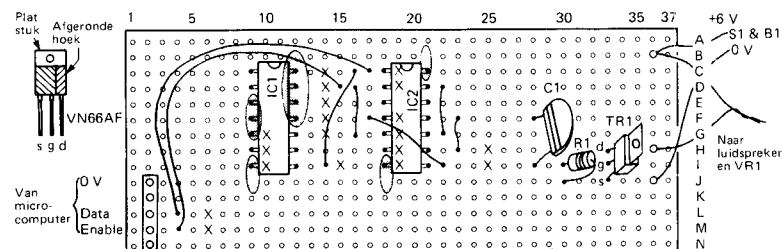
Zes adresingangen gaan in afb. 9.2 naar IC3, een NAND-poort met acht ingangen. Als deze zes ingangen hoog zijn en de andere twee ingangen zijn ook hoog, wordt de uitgang van de poort laag. Dit is de enige voorwaarde waarbij de uitgang van IC3 laag wordt. De andere twee ingangen van de poort komen van de NOR-poort van IC2. De uitgang hiervan wordt alleen hoog als alle ingangen ervan laag zijn. De poort is zo aangesloten dat er twee ingangen, A2 en A3 zijn. Het enige adres, waarbij de uitgang van IC3 laag wordt, is '1111 0011', wat het binaire equivalent van het decimale getal 243 is. Dit is het adres dat voor dit apparaat wordt gebruikt, als het precies overeenkomstig afb. 9.2 wordt gebouwd. De aansluitingen kunnen worden veranderd om andere adressen te decoderen. De NOR-poort heeft drie ingangen waardoor het adres maximaal drie nullen mag bevatten. De nullen mogen op elke positie in de acht bits van het adres voorkomen. Door op een geschikte manier de bedrading

te veranderen, kan dit apparaat elk van de in totaal 93 verschillende adressen decoderen.

De microcomputer beschikt gewoonlijk over een strobe-uitgangssignaal om het apparaat een signaal te geven op het moment dat de datalijnen moeten worden gelezen. Bij sommige systemen heet dit signaal de OUT-uitgang. De lijn boven OUT geeft aan dat dit signaal normaal hoog is en laag wordt als er data beschikbaar is. Deze uitgang wordt met de uitgang van IC3 aan een NOR-poort toegevoerd. Het resultaat is dat, als het adres juist en OUT laag is, de uitgang naar het geheugen hoog wordt en het geheugen daarmee wordt geactiveerd. De toestand van datalijn D0 op dat moment verschijnt op de uitgang van het geheugen en dit wordt doorgegeven aan de versterker. Als de toestand hoog is, wordt Tr1 ingeschakeld en als de toestand laag is, uitgeschakeld. Een snel herhaalde serie van hoge en lage toestanden op D0 veroorzaakt het snel aan- en uitschakelen van de stroom door de luidspreker met een hoge frequentie en dit resulteert in het voortbrengen van geluid.

De bouw

Afb. 9.3 toont de layout van de printplaat voor de geheugen- en versterkerschakeling. Dit is alles wat nodig om het apparaat aan te sluiten op de in/uitgangspoorten van de microcomputer. De twee NOR-poorten van IC1 worden niet gebruikt, de ingangen moeten met de positieve voedingsspanning worden verbonden. De te leggen verbindingen worden onder de afbeelding opgenoemd, maar zijn alleen nodig als met in/uitgangspoorten wordt gewerkt. Als adresdecodering wordt toegepast, moeten de banen bij E10 en F10 worden doorgesneden en niet alle ingangspennen van deze poorten met soldeereilandjes worden verbonden. Pen 4 en 5 moeten wel worden verbonden omdat deze poort maar twee ingangen heeft. Het aantal ingangen (pen 11, 12 en 13) dat met de andere poort wordt samengevoegd, is afhankelijk van het aantal in het adres

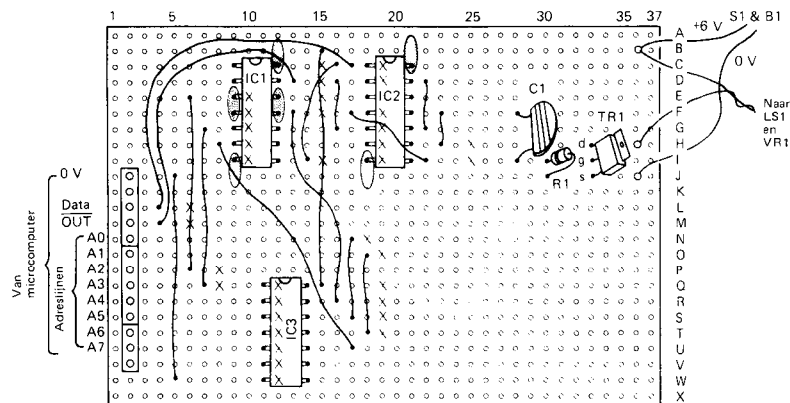


Afb. 9.3 - Layout van de printplaat voor de luidspreker-aansturing zonder de decodeerschakeling. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij C14, C19, D14, D19, E14, F14, F19, G10, G14, G19, H10, H19, H25, I10, I15, I19, I25, L6 en M6. Leg soldeerverbindingen tussen B12 en C12 en D12 en E12 en F12, E9 en F9 en G9, I9 en J9, I18 en J18, B21 en C21.

voorkomende nullen. In het voorbeeld, dat bij de uitleg over de werking is gegeven, komen twee nullen voor zodat de derde ongebruikte ingang, pen 11, via een soldeereilandje met pen 12 wordt verbonden.

Afb. 9.4 toont de layout als voor adresdecoding is gekozen. De interface kan eerst worden gebouwd en gebruikt volgens afb. 9.3. De onderdelen uit afb. 9.4 kunnen later worden toegevoegd, waardoor hij geschikt wordt om adreslijnen te decoderen. Zoals al eerder is uitgelegd, plaatst de hier getoonde schakeling het apparaat op adres 243. De schakeling moet worden aangepast voor andere adressen.

Bij adresdecoding kan het apparaat het beste via een flatcable met de microcomputer worden verbonden. Aan de ene zijde moet deze kabel zijn voorzien van een printconnector die aansluit op die op de printplaat en aan de andere kant van een connector voor de microcomputeraansluiting. Merk op dat er een niet gebruikte pen tussen de 0 V-pen en de Data-ingangspen zit. Bij andere interfaces is dit de +5 V-lijn. Die is hier niet nodig. De niet-gebruikte lijn is toegepast om compatibel te blijven met de andere interfaces, zodat dezelfde kabel niet alleen voor deze maar ook voor andere interfaces kan worden aangewend.

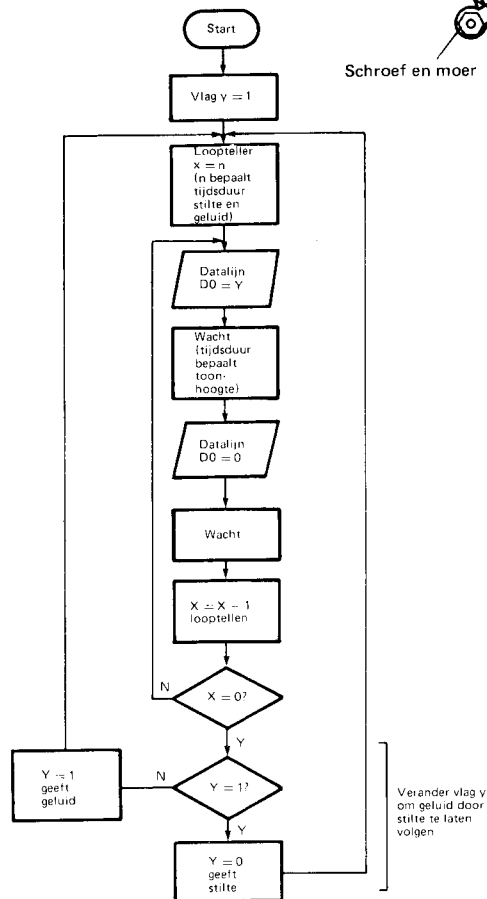
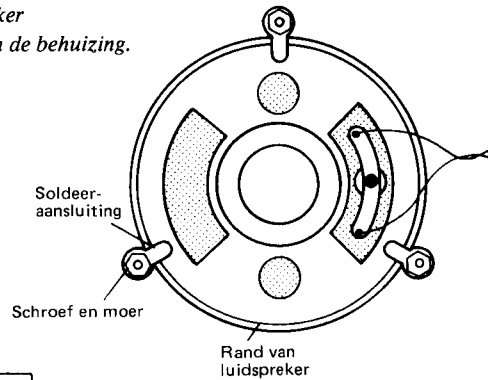


Afb. 9.4 - Layout van de printplaat voor de luidspreker-aansturing met de decodeerschakeling. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij C15, C19, D15, D19, E10, E15, F10, F15, F19, G10, G19, H10, H19, H25, I10, I15, I19, I25, L6, M6, N18, O19, P8, Q8, Q12, Q19, R12, R19, S12, S19, T12, T19, U12, V12 en W12. Leg soldeerverbindingen tussen B12 en C12, B21 en C21, E9 en F9, E12 en F12, I9 en J9, I18 en J18.

Als de schakeling klaar is, kan hij in een behuizing worden ondergebracht. Het gebruik daarvan bevordert de geluidskwaliteit en geeft een groter vermogen.

De luidspreker kan worden bevestigd met drie kikkers (of soldeerlipjes) zoals in afb. 9.5 is te zien.

Afb. 9.5 - Montage van de luidspreker met drie kikkers (of soldêrlipjes) in de behuizing.

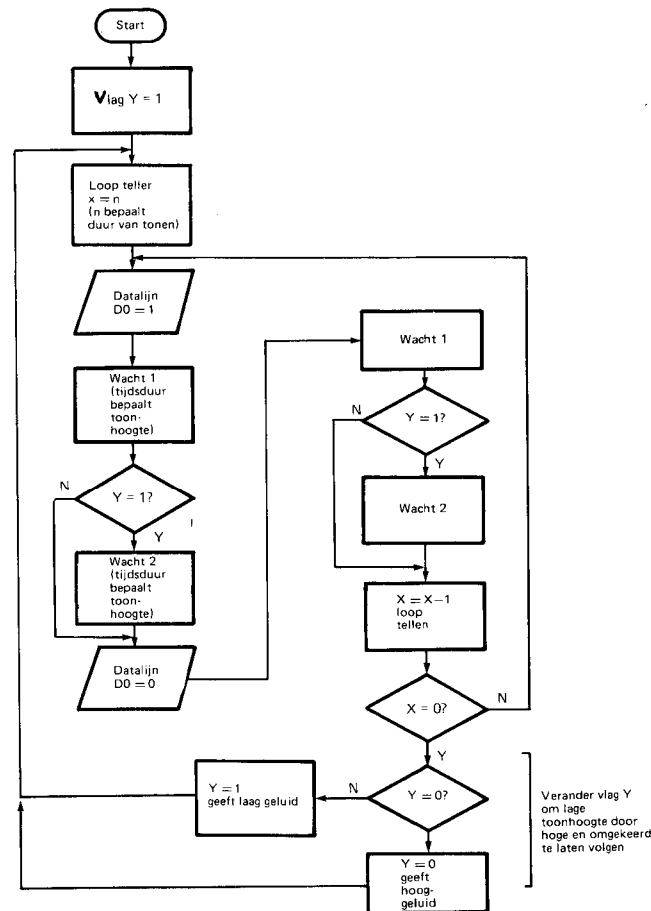


Afb. 9.6a - Flow-chart voor een met tussenpozen onderbroken toon.

Het programmeren

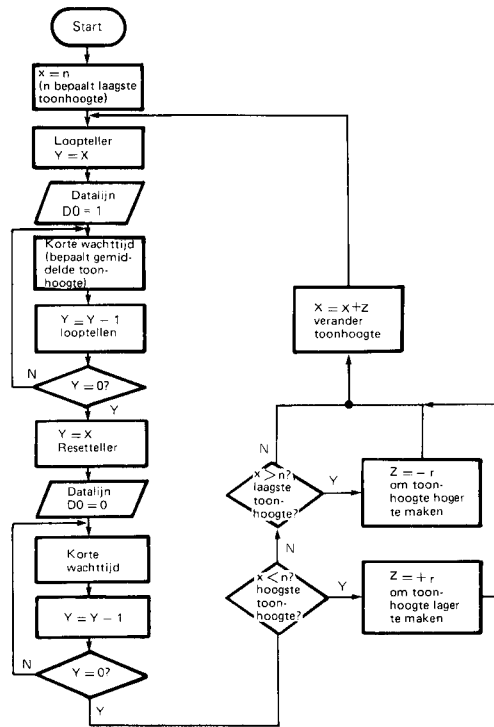
Het leukste deel van het werken met deze interface is het experimenteren door programma's ervoor te schrijven en te ontdekken wat voor geluid ze veroorzaken. In afb. 9.6 zijn drie voorbeelden als uitgangspunt ge-

geven. Afb. 9.6a geeft een toon die met tussenpozen wordt onderbroken, afb. 9.6b een tweetonig getwinkel en afb. 9.6c een sirenegeluid. Bij alle drie eindigt de datalijn met de waarde '0' om de luidspreker uit te schakelen totdat het volgende geluid moet worden gemaakt. De programma's kunnen in machinetaal of in een hogere programmeertaal zoals Basic worden geschreven. Machinetaal heeft de voorkeur omdat het sneller wordt uitgevoerd en tonen met een hoge frequentie toelaat. Bij het gebruik van een hogere programmeertaal op basis van een interpreter worden programma's relatief traag uitgevoerd. Het is daarmee onmogelijk de uitgang D0 vaker dan twee- of driehonderd maal per seconde te veranderen. Dit beperkt de hoogst bereikbare frequentie tot



Afb. 9.6b - Flow-chart voor een twee-tonig geluid. De tonen verschillen een octaaf als $DELAY\ 1 = DELAY\ 2$.

100 of 150 Hz. Daarmee zijn natuurlijk nog veel geluidseffecten te produceren. Als de wachttijden erg lang worden gemaakt, laat de luidspreker een serie regelmatige tikken horen, die kunnen worden toegepast voor een metronoom of een timer voor processen. Het is ook mogelijk om een ingewikkeldere tik-volgorde te programmeren, bijvoorbeeld geschikt voor het oefenen van dansritmes.



Afb. 9.6c - Flow-chart van sirenegeluid.

Benodigde onderdelen voor geheugen en versterker

Weerstanden

R1 10 kΩ, koolweerstand 0,25 W

VR1 1 kΩ, lineaire potentiometer

Condensator

C1 0,1 μF, polyester

Halfgeleider

TR1 VN66AF, VMOS n-channel vermogens-FET

Geïntegreerde schakelingen

IC1 CD4000BE, twee 3-ingangs NOR-poorten en inverter

IC2 CD4011BE, vier NAND-poorten met twee ingangen

Diversen

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, 95 mm × 63 mm (voor decodeerschakeling)

5-pens printconnector

LS1 luidspreker, 8Ω

knop voor volumeregeling

S1 aan/uit schakelaar

batterijhouder voor vier stuks 1,5 V cellen

1,0 mm aansluitpennen (3 stuks)

verbindingsdraad

soldeer

Extra onderdelen voor de decodeerschakeling

Geïntegreerde schakeling

IC3 CD4068BE, NAND-poort met 8 ingangen

Diversen

5-pens printconnector

3-pens printconnector

Interface 10 - Relais-aansturing

Als de microcomputer een relais kan sturen, kan hij in principe elk apparaat dat door elektriciteit van vermogen wordt voorzien bedienen. Lampen en motoren kunnen worden aan- en uitgeschakeld; de draai-richting van een motor is in te stellen; een radio of een audio- of video-systeem is te sturen; een buitenlicht wordt, als het donker wordt, ontstoken en als het bedtijd is, weer uitgedaan. Tijdens de vakantie kunnen de verlichting in huis, de stofzuiger en de televisie worden bediend om inbrekers de indruk te geven dat het huis nog bewoond is en zo zijn er legio toepassingen.

Een relais-aansturing is voor de modelbouwer en de liefhebber van modelspoortreinen zeer interessant. Alle operaties kunnen door de microcomputer worden verricht, zoals het bedienen van kranen, schakelborden, signaallampen en het regelen van de stroom die de locomotief bereikt. Allerlei soorten robots zijn ermee te besturen. Waarschijnlijk zijn er meerdere relais nodig om een robot te leiden. Daarom is het ontwerp van de relais-aansturing zo eenvoudig mogelijk gehouden. Het is klein genoeg om in een model te worden verborgen. Op een kleine printplaat kunnen verscheidene interfaces worden geplaatst.

De werking

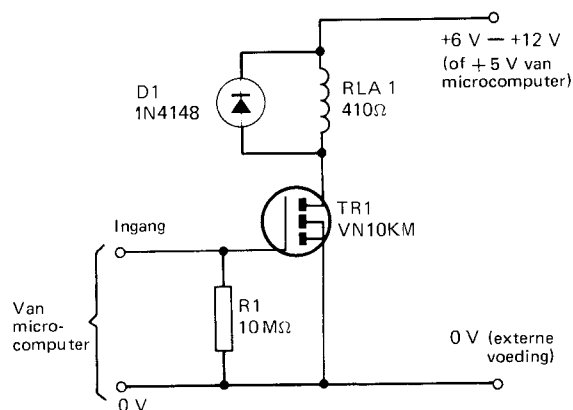
De eenvoud van de schakeling blijkt uit afb. 10.1. Het schakelende gedeelte is, overeenkomstig de schakeling uit de luidspreker-aansturing, met een VMOS-vermogen-FET uitgevoerd. Dit type FET kan minder vermogen verwerken maar is robuust genoeg om een gewoon relais te kunnen schakelen. Normaal is de transistor uitgeschakeld door het laaghouden van de spanning op zijn gate via weerstand R1. Zolang de ingang hoog is, is de transistor opengestuurd. Er zal een stroom doorheen vloeien en door de spoel van het relais, waardoor dit wordt bekrachtigd. Wat er vervolgens gebeurt, is afhankelijk van het soort en aantal contacten in het relais en hoe ze met het te sturen apparaat zijn verbonden. De diode D1 dient om de transistor te beschermen tegen de sterke tegen-EMK-stromen, die in de spoel ontstaan als de stroom wordt uitgeschakeld.

De ingang van deze interface kan direct met een in/uitgangspoort worden verbonden. De gate van de transistor vertoont zo'n hoge ingangsimpedantie dat het een te verwaarlozen belasting voor de in/uitgangspoorten vormt. Een aantal van deze soort interfaces kunnen door een enkele poort worden bediend. De stroom per interface kan op $0,5 \mu\text{A}$ worden gesteld, de lekstroom door R1.

De hoeveelheid vermogen die nodig is om een interface te laten werken, hangt af van de weerstand van de relais-spoel. Een enkelvoudig relais-type, zoals in afb. 10.1 is getoond, vereist slechts 12 mA, zodat een aantal relais op de gestabiliseerde voeding van de microcomputer kunnen worden aangesloten. Om overbelasting van de gestabiliseerde voeding te voorkomen, verdient het aanbeveling, vooral als meerdere relais nodig zijn, de niet-gestabiliseerde voeding te gebruiken.

Tussen haakjes, omdat de transistor stromen tot 0,5 A kan verwerken, kunnen desgewenst relais parallel door een enkele transistor worden geschakeld. Ook kan de transistor direct andere soorten apparaten schakelen, op voorwaarde dat ze op een lage gelijkspanning werken. Een laagspannings-signaallamp, een kleine gelijkspanningsmotor of de spoel van een wissel van een modelspoortrein, kunnen op de plaats van RLA1 uit afb. 10.1 worden gezet. Als het apparaat niet inductief van aard is, bijvoorbeeld een lamp, is D1 overbodig. Het relais is alleen nodig voor stroomsterkten boven 0,5 A, voor spanningen boven 50 V en voor direct van de netvoeding of via een transformator verkregen wisselspanningen. De schakeling van het te sturen apparaat kan volledig gescheiden blijven van de interface. De schakelcapaciteit wordt bepaald door de toegepaste relais. Zowel net- als batterijspanningen kunnen worden gebruikt. Relais die stromen tot 20 A kunnen verwerken, zijn goed verkrijgbaar en zelfs kleinere typen kunnen de netvoeding bij een paar ampères verdragen. Voordat een relais wordt gekozen moet worden gecontroleerd of de specificaties wel overeenkomen met de taak die moet worden verricht.

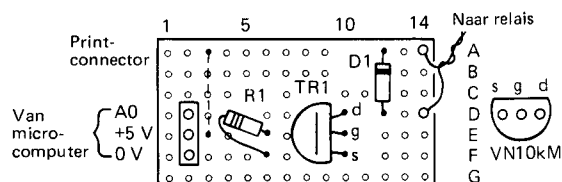
Als de interface rechtstreeks wordt verbonden met de datalijn van de microcomputer is een geheugen- en een decodeerschakeling nodig zoals die voor interface nummer 9 zijn beschreven. Wordt de luidspreker in afb. 9.1 vervangen door een relais-spoel dan hebben we een geschikte relais-interface voor dit doel.



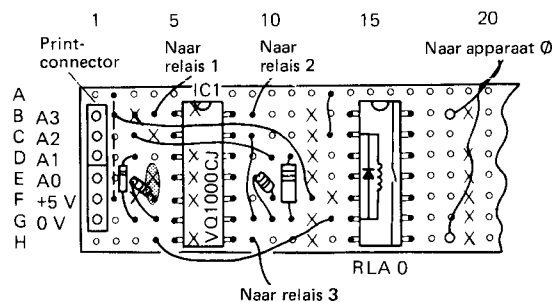
Afb. 10.1 - Schema van de relais-aansturing.

De bouw

Afb. 10.2 toont de layout van de schakeling op een klein stukje gaatjesprint. Het relais kan, als het daar geschikt voor is, ook op de printplaat worden gemonteerd. Als de relais-spoel door de gestabiliseerde voedingsspanning van de microcomputer van stroom wordt voorzien, zal een draadbrug van A3 naar E3 moeten worden gelegd. Een verbinding met de niet-gestabiliseerde voeding kan ook via deze weg lopen, maar dan moet worden voorkomen dat dezelfde kabel voor andere interfaces wordt gebruikt. In alle andere gevallen wordt de draad tussen A2 en E2 weggelaten en is er geen verbinding met de +5 V van de microcomputer. In gat A2 moet dan een aansluitpen worden gemonteerd om daar de externe voedingsspanning voor de spoel op te kunnen aansluiten. Modelbouwers zullen waarschijnlijk behoefte hebben aan meer interfaces, die ieder relatief lage stroomsterkten schakelen. Afb. 10.3 toont een alternatief ontwerp van een interface voor deze overeenkomstige doeleinden. Het IC, type VQ1000CJ, bevat vier VMOS-FET-vermogenstransistoren die ieder 300 mA kunnen verwerken. Elke transistor schakelt de stroom voor een miniatuur reed-relais, dat in een 14-pens DIL-behuizing is ondergebracht. In de afbeelding is er slechts één getoond. De bedrading van de overige drie is identiek.



Afb. 10.2 - Layout van de printplaat voor een interface met een enkel relais. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij D6 en E4. Leg soldeerverbindingen tussen D5 en E5.



Afb. 10.3 - Layout van de printplaat voor een interface met meerdere relais, laag vermogen. Alle weerstanden zijn 10 MΩ. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij B3, B6, B12, B20, C4, C12, D6, D12, D20, E6, E12, E20, F3, F6, F13, F20, G12, G20, H6, H12 en H20. Leg soldeerverbindingen tussen E4 en F4.

Het getoonde relais heeft een enkel maak-contact, andere typen met meerdere contacten van het maak- en verbreekttype zijn ook bruikbaar. Dergelijke relais zijn vaak voorzien van eigen beschermingsdioden, wat aparte dioden overbodig maakt. Controleer of het gekozen relais een diode bevat, zo niet, dan moet een diode over elke relais-spoel worden geplaatst. Vele soorten reed-relais, ook zonder DIL-behuizing, zijn toepasbaar. De meeste reed-relais kunnen geen wisselstroom verwerken en zijn tot spanningen van maximaal 100 V beperkt, maar dat zal bij het besturen van modellen en zelfgebouwde robots nauwelijks een bezwaar zijn.

Benodigde onderdelen voor een enkele interface

Weerstand

R1 10 M Ω koolweerstand, 0,25 W

Halfgeleiders

TR1 VN10KM, VMOS-FET-vermogenstransistor

D1 IN4148, silicium-diode

Diversen

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix

relais met geschikte contacten en een spoelspanning die geschikt is voor de voedingsspanning

3-pens printconnector

1,0 mm aansluitpennen (2 stuks)

verbindingsdraad

soldeer

Benodigde onderdelen voor vier laagvermogensrelais

Weerstanden

R1-R4 10 M Ω , koolweerstand, 0,25 W (4 stuks)

Geïntegreerde schakeling

IC1 VC1000CJ, met vier VMOS-FET's

Diversen

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, minimaal 8 gaten breed

reed-relais in 14-pens DIL-behuizing (4 stuks)

3-pens printconnector

1,0 mm aansluitpennen (8 stuks)

verbindingsdraad

soldeer

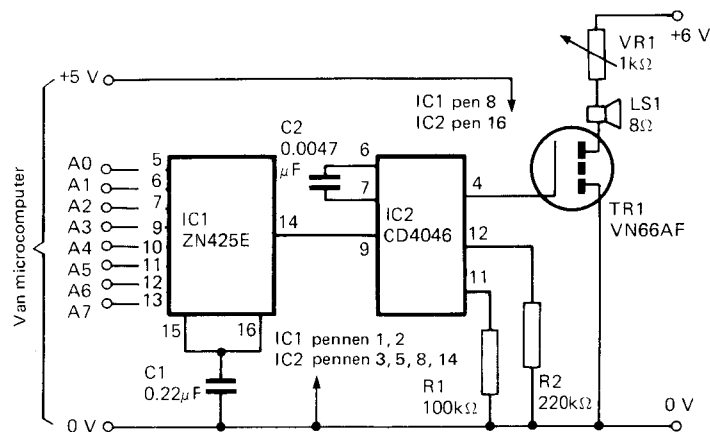
Interface 11 - Analoge sturing

Een relais-interface is in staat motoren aan- en uit te zetten en de draai-richting ervan te bepalen, maar is niet in staat tot een goede snelheids-regeling. Alhoewel het mogelijk is om een paar relais te gebruiken die weerstanden in serie met de voedingsspanning schakelen, is deze methode beperkt tot een aantal snelheden.

Interface 11 levert een uitgangsspanning waarvan de grootte afhangt van de door de microcomputer eraan toegevoerde, digitale signalen. Het is een met stappen instelbare spanning en de stapgrootte is klein. Deze interface is niet alleen bruikbaar voor het regelen van de snelheid van een gelijkspanningsmotor. Er kunnen ook andere apparaten, die gevoelig zijn voor spanning, mee worden gestuurd, zoals lampen en oscillatoren.

De werking

De interface is gebaseerd op een digitaal-naar-analoog omzetter-IC, type ZN425E. Als het IC is aangesloten zoals in afb. 11.1 is getoond, accepteert het een ingangsdata van acht bits van de microcomputer. De uitgangsspanning loopt van 0 V, bij een ingang van 0000 0000, tot 2,17 V bij een ingang van 1111 1111. De stapgrootte is 0,85 mV. Dit geeft een regeling die fijn genoeg is voor de meeste toepassingen.



Afb. 11.1 - Digitaal-naar-analoog-omzetter met VCO en versterker.

De uitgang van de omzetter wordt in afb. 11.1 toegevoerd aan een spanningsgestuurde oscillator. Deze VCO (Voltage Controlled Oscillator) is onderdeel van het PLL-IC (Phase Locked Loop) dat in interface 6 is gebruikt. De uitgang van de VCO is een blokgolf met een variable frequentie die door de VMOS-transistor wordt versterkt. In de voorgaande toepassing van de VCO moest de uitgangsfrequentie lopen vanaf nul tot een maximum, bepaald door de waarde van C1 en R1. In deze toepassing, waarmee hoorbare signalen voor computermuziek of alarmtonen worden gemaakt, is de minimale frequentie niet nul, maar in het hoorbare audiogebied gelegd. Afhankelijk van de toepassing kan het minimum 100 Hz of zelfs 1000 Hz bedragen. Als R1 en C1 de getoonde waarden hebben, loopt de frequentie van de VCO van 0 Hz tot net boven de 2 kHz. Het toevoegen van R2 verhoogt de minimale en maximale frequentie met een hoeveelheid volgens de formule:

$$\frac{\text{oorspronkelijk maximum} \times R1}{R2}$$

Met de waarden uit afb. 11.1 is het minimum opgehoogd van 0 Hz tot $(2 \text{ kHz} \times 100\,000) / 220\,000 = 0,9 \text{ kHz}$. Het maximum wordt met dezelfde hoeveelheid verhoogd van 2 kHz tot 2,9 kHz. Door een geschikte keuze van de waarden van R1 en R2 kunnen we de laagste en hoogste frequentie naar wens instellen.

Een IC dat de plaats van de VCO kan innemen, is de elektronische verzwakker, type MC3340P. Dit kan een onderdeel van een audiosysteem vormen, waarbij het volume door de microcomputer wordt geregeld. De uitgangsimpedantie van het ZN425E IC is tamelijk hoog en de uitgang kan niet naar een schakeling met een lage ingangsimpedantie worden gevoerd zonder merkbaar spanningsverlies. De VCO is voorzien van een ingang met een hoge impedantie dus dat levert geen problemen op.

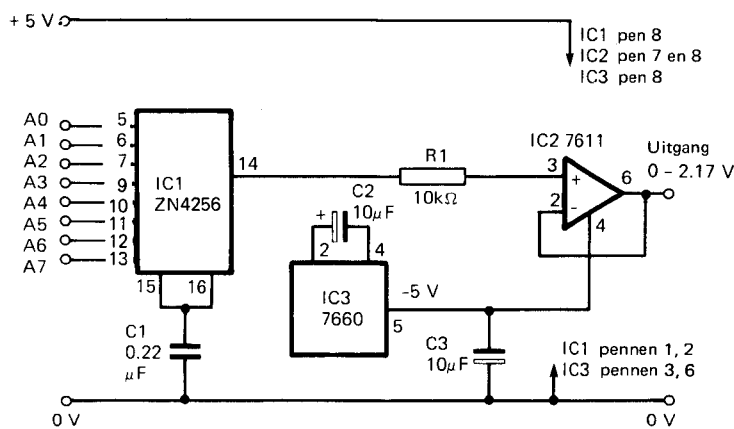
Een buffer is nodig voor aansluiting op een schakeling met een lage ingangsimpedantie. Een geschikte bufferschakeling is in afb. 11.2 getoond. Het bestaat uit een operationele versterker die als spanningsvolger is geschakeld. De uitgang van dit IC is gelijk aan zijn ingang maar het kan tot 50 mA stroom leveren zonder een merkbaar spanningsverlies. Dit IC is een CMOS-type met een zeer lage voedingsstroom, waardoor zowel dit IC als de digitaal-naar-analoog-omzetter kunnen worden gevoed met de +5 V-gestabiliseerde voeding van de microcomputer. De versterker heeft ook een -5 V-spanning nodig en deze spanning is eenvoudig met een spanningsomzetter-IC, type 7660, op te wekken. Dit IC wordt met de 0 V en de +5 V verbonden en levert een negatieve uitgangsspanning.

Als de uitgangsstroom groter dan 50 mA moet zijn, wordt de uitgang van de versterker naar een vermogenstransistor gevoerd (afb. 11.3). Deze schakeling is bruikbaar voor het regelen van de snelheid van een motor. De spanning, die aan de motor wordt toegevoerd, wordt terug-

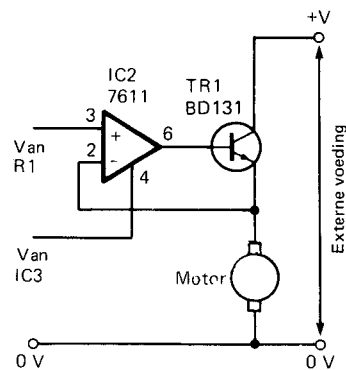
gevoerd naar de inverterende ingang van de versterker. Hiermee wordt een stabiele spanning bereikt, ook als de motor onder variërende belastingen werkt en de tegen-EMK fluctueert.

Deze schakeling biedt een goede regeling van de motorsnelheid onder variërende belastingen en een vloeiende regeling vooral bij lage snelheden. Een dergelijke regeling is belangrijk voor realistische effecten bij modelspoortreinen en dergelijke toepassingen.

De meeste motoren, zelfs kleine typen, vereisen een aanmerkelijke stroomsterkte en kunnen behoorlijk wat elektrische storing veroorzaken op de voedingslijnen. De voeding voor de motor moet daarom wel onafhankelijk zijn van de microcomputervoeding, zoals in afb. 11.3 is aangegeven. De BD131 kan tot 3 A verwerken en tot 15 W opnemen. Voedingsspanningen tot 45 V zijn nog toelaatbaar. Voor hogere vermogens-eisen is een 2N3055 transistor, die tot 15 A kan gaan, meer geschikt.



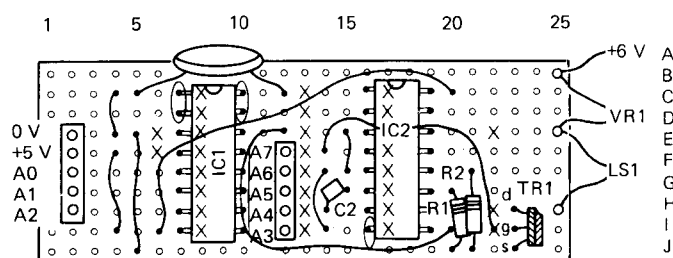
Afb. 11.2 - Digitaal-naar-analoog-omzetter met gebufferde uitgang.



Afb. 11.3 - Wijziging in de schakeling van afb. 11.2 voor het regelen van de snelheid van een motor.

De bouw

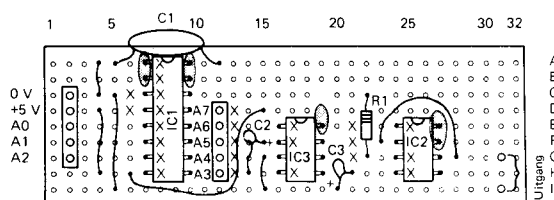
In afb. 11.4 is de layout te zien voor de audioschakeling uit afb. 11.1. R1 en R2 zijn aangegeven als weerstanden met een vaste waarde maar voor sommige toepassingen kunnen beter instelpotentiometers worden gebruikt. Hiermee kunnen verschillende minimum en maximum frequenties worden ingesteld. Vergeet niet dat R2 een hogere waarde moet hebben dan R1. Als vaste weerstanden worden toegepast is het aan te bevelen de weerstanden provisorisch te monteren tot een paar is gevonden wat de gewenste reeks tonen voortbrengt.



Afb. 11.4 - Layout van de printplaat voor de digitaal-naar-analoog-omzetter met VCO en versterker. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij B8, B13, B17, C8, C13, C17, D6, D8, D13, D22, E6, E8, E13, E17, F8, F13, F17, G8, G13, G18, H8, H13, H17, H22, I8, I13, I17 en I21. Leg soldeerverbindingen tussen B10 en C10, I16 en J16, B7 en C7.

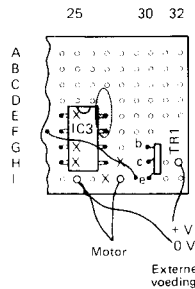
De Layout, zoals die in afb. 11.5 is getoond, hoort bij de gebufferde omzetter uit afb. 11.2. Merk op dat de '+'-aansluiting van C2 naar de 0 V-lijn gaat, omdat uitgangspen 5 van IC3 - 5 V is. Ook de bouw van deze versie is simpel.

Bij het bouwen van de motorregeling uit afb. 11.3 kan de vermogens-transistor direct op de printplaat worden gemonteerd, zoals in afb. 11.6 is getoond.



Afb. 11.5 - Layout van de printplaat voor de digitaal-naar-analoog-omzetter met gebufferde uitgang. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij A8, B8, C6, C8, D6, D8, D13, E8, E13, E17, E21, E25, F8, F13, F17, F21, F25, G8, G13 (NIET G17), G21, G25, H8, H13, H17 en H25. Leg soldeerverbindingen tussen B7 en C7, B10 en C10, D27 en E27 en F27.

Als de motor langdurig wordt gebruikt en een relatief hoge stroomsterkte vereist, kan het nodig zijn de transistor te voorzien van een koelplaat. De transistor moet op een koelplaat worden gemonteerd als de warmteafgifte erg groot is of als een 2N3055 transistor wordt gebruikt. De aansluitingen van de transistor worden verbonden met de gaten G29, H29 en I29, zoals afb. 11.6 aangeeft.



Afb. 11.6 - Gewijzigde layout van de printplaat voor motor-regeling. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij H28 en I27.

Het programmeren

De manier waarop deze interface geluid en muziek voortbrengt, verschilt van de bij interface 9 gebruikte methode. De microcomputer moest daar zelf de frequentie opwekken voor de luidspreker-aansturing. Bij deze interface wekt de VCO de frequentie op en de microcomputer vertelt de VCO alleen welke frequentie is gewenst. Als de VCO eenmaal is geïnstrueerd, kan de microcomputer met andere werkzaamheden doorgaan en hoeft pas weer aandacht aan de interface te schenken als de VCO moet worden geïnstrueerd over een frequentieverandering. Terwijl een noot klinkt, kan de microcomputer zich bezighouden met het bijwerken van de uitlezing, berekeningen uitvoeren voor de volgende uit te voeren stap of in het geheugen zoeken naar de volgende te spelen noot. Bij gebruik als orgel, kan de microcomputer bezig zijn met het af-tasten van het toetsenbord om een volgende toetsindruk af te wachten, voordat de VCO wordt geïnstrueerd om de volgende toon te laten horen. Soortgelijke programmeermethoden zijn te realiseren bij andere toepassingen van deze interface. Een motor kan geruime tijd met een constante snelheid blijven draaien terwijl sensoren worden uitgelezen of aandacht wordt besteed aan andere motoren.

Als aan een motor een lage spanning wordt toegevoerd om een lage snelheid te verkrijgen, dan kunnen traagheid of wrijving verhinderen dat de motor begint te lopen. Het programma moet daarom beginnen met een kortstondige spanningsstoot om de motor te starten. Het mag maar een paar milliseconden duren voordat het programma overschakelt op de

lage spanning die nodig is voor het draaien met lage snelheid. De spanningsstoot moet zo kort zijn dat de motor geen tijd heeft om naar een hoge snelheid te accelereren, waardoor het net lijkt of de motor gewoon start en onmiddellijk met een lage snelheid loopt.

Benodigde onderdelen voor digitaal-naar-analoog-omzetter met VCO en versterker

Weerstanden

R1 100 k Ω , koolweerstand, 0,25 of 0,33 W, 5% of andere waarden, zie tekst
R2 220 k Ω
VR1 1 k Ω potentiometer, koolweerstand

Condensatoren

C1 0,22 μ F, polyester
C2 0,0047 μ F, keramische schijfcondensator

Halfgeleider

TR1 VN66AF VMOS-vermogens-FET

Geïntegreerde schakelingen

IC1 ZN425E, digitaal-naar-analoog-omzetter
IC2 CD4044BE, PLL

Diversen

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, 10 koperbanen
5-pens printconnector (2 stuks)
1,0 mm aansluitpennen (3 stuks)
knop voor VR1
verbindingsdraad
soldeer

Benodigde onderdelen voor gebufferde digitaal-naar-analoog-omzetter

Weerstanden

R1 10 k Ω , koolweerstand, 0,25 of 0,33 W, 5%

Condensatoren

C1 0,22 μ F, polyester
C2, C3 10 μ F, tantaal

Halfgeleider

TR1 BD131 of soortgelijke npn-vermogenstransistor, (alleen nodig voor het sturen van motoren, e.d.)

Geïntegreerde schakelingen

IC1 ZN425E, digitaal-naar-analoog-omzetter

IC2 7611, CMOS operationele versterker

IC3 7660, spanningsomzetter

Diversen

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, 9 koperbanen

5-pens printconnector (2 stuks)

1,0 mm aansluitpennen (2 of 3 stuks)

verbindingsdraad

soldeer

Interface 12 - Geluidseffecten-generator

Het geluidseffecten-generator IC, type SN76477, kan een uitgebreide reeks geluiden produceren waaronder die van stoomtreinen, race-auto's, explosies, sirenes, tjilpende vogels, fluitjes, kreunen en de vreemde geluiden die worden gemaakt door UFO's en andere vreemde bezoekers uit het heelal. Het kan ook muzikale noten voortbrengen en zo functioneren als de basis van een elektronisch mini-orgel. Het IC vraagt er gewoon om, om door de microcomputer te worden geprogrammeerd en dan aan het werk te worden gezet. De microcomputer kan dan doorgaan met andere werkzaamheden terwijl het IC voor de geluiden zorgt.

Een IC dat zoveel verschillende geluiden kan produceren, is noodzakelijkerwijs complex en vereist een groot aantal besturingslijsten. In deze interface is het aantal besturingslijnen echter beperkt tot 18 stuks. Daarmee zijn niet alle mogelijke geluiden voort te brengen, maar de hoeveelheid draden en het aantal toegevoegde IC's is in ieder geval op een redelijke hoeveelheid gebracht. De schakeling is zo ontworpen dat, door een geschikte keuze van de waarden voor weerstanden en condensatoren en misschien met een wijziging in sommige schakelingen, de bouwer deze interface kan aanpassen voor het produceren van geluiden voor gespecialiseerde toepassingen, zoals: ruimtespelletjes, oorlogsspelletjes of muzikale effecten.

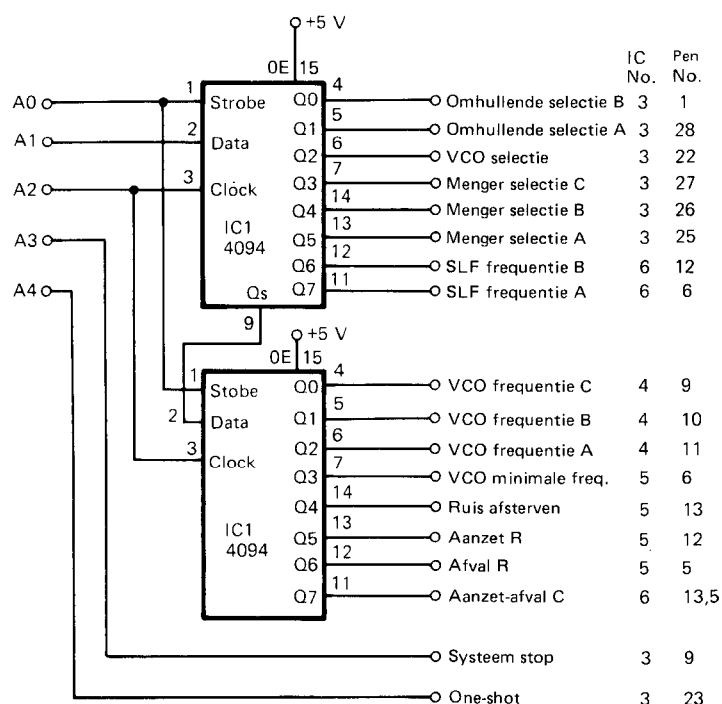
De meeste microcomputers zijn niet uitgerust met 18 uitgangslijnen. Doorgaans hebben ze slechts 8 datalijnen van één uitgangspoort of 16 lijnen van twee uitgangspoorten. Om toch over de 18 instructiecodes te kunnen beschikken, worden ze serieel getransporteerd naar het buffergeheugen van de interface. De techniek en de schakeling voor een seriële uitgang zijn een bijzondere eigenschap van deze interface, die kan worden aangepast voor gebruik met andere interfaces.

Werking van de seriële interface

Afb. 12.1 toont twee CMOS-schuifregisters met geheugencellen die worden gebruikt voor het overbrengen van data naar de schakelingen van de geluidseffecten. De data wordt door de microcomputer verzonden als een serie hoge en lage signalen over een enkele lijn, A1. De data wordt naar de data-ingang van IC1 gevoerd. De kloklijn wordt 16 maal hoog en laag gemaakt. Elke keer dat het kloksignaal hoog wordt, wordt de data, op A1 aanwezig, in de eerste geheugencel geladen en de data, die in de andere geheugencellen aanwezig is, één plaats opgeschoven. De data in de achtste cel van IC1 is op uitgang Qs beschikbaar. Deze uit-

gang wordt naar de data-ingang van IC2 geleid en zo vormen de twee IC's een register van 16 bits. Na 16 klokpulsen is de volledige 16 bit data naar de geheugencellen gevoerd.

Op dit moment is er nog geen verandering gekomen in de toestand van de uitgangen Q0 tot Q7. Deze uitgangen hebben nog de toestand van de vorige 16 bit data-set. Op deze wijze kan een nieuwe set instructies in de registers worden geladen terwijl de aanwezige set instructies door de geluidseffecten-schakeling wordt uitgevoerd. Op het moment dat de ingang A0 van de computer de 'strobe'-ingangen van de beide IC's hoog maakt, wordt de data in elke geheugencel naar de uitgangen Q0 tot Q7 gevoerd, waarmee de nieuwe data beschikbaar is.



Afb. 12.1 - Schakeling van de seriële ingang van de geluidseffecten-generator.

Het schema 12.1 toont twee lijnen, afkomstig van de microcomputer, die rechtstreeks naar het geluidseffecten-IC worden gevoerd. Deze zorgen ervoor dat de geluidseffecten worden gestart of gestopt, zoals in het volgende gedeelte wordt uitgelegd.

De werking van het geluidseffecten-IC

De diverse stuurfuncties zijn in afb. 12.1 opgenoemd. Het systeem-stop (SYSTEM INHIBIT) wordt het geluid aan- ($A3=0$) of uitgeschakeld ($A3=1$). Wat er gebeurt als $A3$ laag wordt, hangt af van het feit of het IC is geprogrammeerd om oneindig door te gaan met het maken van geluid (bijvoorbeeld het tjilpen van een vogel) of om een enkel geluid (ONE-SHOT) te produceren (bijvoorbeeld een gewerschot) en dan te worden afgeschakeld. Als we een enkel geluid wensen, kiezen we voor de enkel geluid-omhullende (ENVELOPE, zie verder), en maken $A4$ laag om het enkele geluid mogelijk te maken. Het enkele geluid wordt dan gestart door $A3$ van hoog naar laag te laten gaan. Om het enkele geluid te stoppen, voordat het is afgelopen, maken we $A4$ hoog. Het geluidseffecten-IC (IC3) heeft zes digitale ingangen die van IC1 afkomstig zijn. De omhullende-selectie-(ENVELOPE SELECT) ingangen bepalen welke omhullende wordt gebruikt voor het geluid:

B	A	Effect
0	0	= VCO - (uitgang geblokkeerd zolang de VCO-uitgang laag is)
0	1	= menger - (geen omhullenden)
1	0	= one-shot - (zie boven)
1	1	= alternatieve vorm van VCO

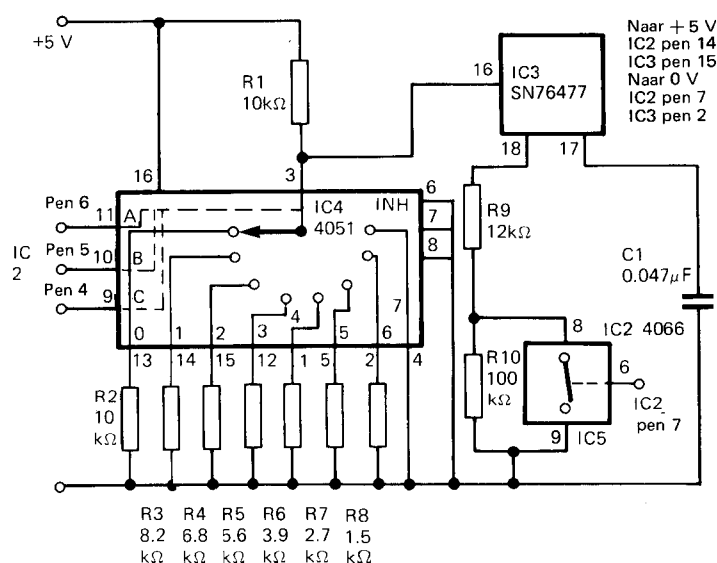
Als de VCO-selectie-ingang laag is, is de VCO (Voltage Controlled Oscillator, spanningsgestuurde oscillator) extern te besturen. Als de ingang hoog is, staat de VCO onder controle van de extreem lage frequentie-oscillator (SLF, Super-Low Frequency oscillator). De SLF zorgt voor relatief trage maar geleidelijke veranderingen in toonhoogte, bijvoorbeeld om sirene-geluiden te maken. De meng-ingangen (MIXER SELECT) laten naar wens de geluiden van één of meer geluidsgeneratoren naar de versterker door, volgens:

C	B	A	Werking
0	0	0	alleen VCO
0	0	1	alleen ruis
0	1	0	alleen SLF
0	1	1	VCO + ruis
1	0	0	SLF + ruis
1	0	1	SLF + VCO
1	1	0	SLF + VCO + ruis
1	1	1	Houdt alle geluid tegen

De resterende besturingslijnen dienen voor het inschakelen van diverse combinaties van weerstanden en condensatoren, om de werkingssnelheid van de verschillende oscillatoren en de andere schakelingen in het

IC te regelen. Het schakelen wordt met digitaal gestuurde analoge schakelaars gedaan (IC4 tot 6).

Afb. 12.2 toont de schakeling om de VCO te sturen. IC4 bevat een één-uit-acht analoge schakelaar. De drie sturingangen, A, B en C, kunnen alle binaire getallen tussen 000 en 111 aannemen, waarmee de 'draai'-schakelaar in één van de acht 'posities' kan worden gezet. Eén van de zeven weerstanden (R2 tot R8) of de draadbrug (pen 4) wordt tussen R1 en de 0 V-lijn geschakeld. Daarmee wordt één van acht mogelijke spanningen op punt P ingesteld, variërend van 2,5 V (ingang = 000) tot bijna 0 V (ingang = 111). De frequentie van de VCO is minimaal bij P = 2,5 V en neemt toe als de spanning daalt. Deze frequentie is ook afhankelijk van de waarde van de condensator die aan pen 17 van IC3 is verbonden. De frequentie heeft een bereik van ongeveer 10 op 1 over het gehele spanningsgebied.

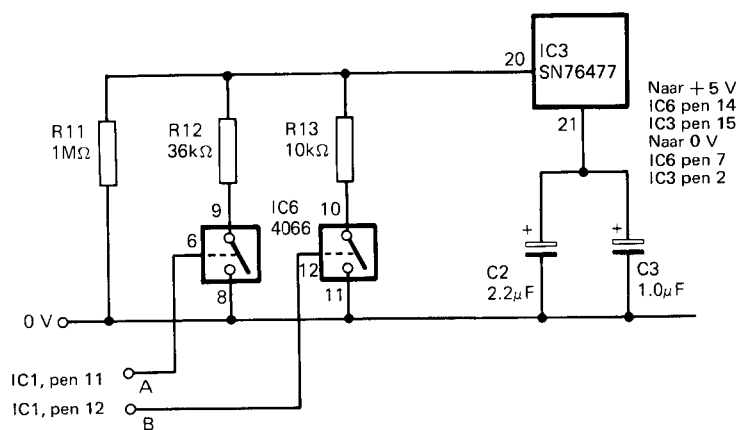


Afb. 12.2 - Schakeling van de spanningsgestuurde oscillator.

De minimale VCO-frequentie wordt door de weerstand aan pen 18 van IC3 bepaald. Als de VCO op 000 is gezet en de schakelaar van IC5 is open (VCO-minimum frequentie-ingang = 0), dan is de totale weerstand 112 kΩ en is de minimale frequentie ongeveer 140 Hz. De maximale frequentie is dan ongeveer 1 kHz. Als de schakelaar wordt gesloten, wordt R10 kortgesloten en daalt de weerstand tot 12 kΩ. Daarmee is een minimale frequentie van 1,2 kHz tot een maximale frequentie van 8 kHz mogelijk.

De frequentie van de SLF-generator wordt ongeveer op dezelfde manier geregeld (zie afb. 12.3). Of R12 of R13 of beide kunnen parallel met R11 worden geschakeld. Dit levert vier frequentie-mogelijkheden:

B	A	Frequentie (Hz)
0	0	0,2
0	1	6
1	0	20
1	1	30



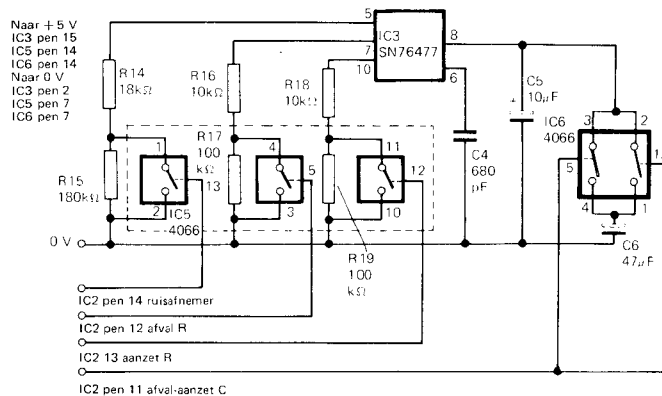
Afb. 12.3 - Schakeling van de SLF-oscillator.

Het IC bevat een pseudo-ruisgenerator voor witte ruis. Ruis is te gebruiken voor geluidseffecten zoals het geluid van ontsnappende stoom, stromend water of een botsing. De uitgang van deze generator wordt gefilterd om de frequenties boven een bepaalde grens eruit te verwijderen (afb. 12.4).

Wanneer de ruis afval-frequentie-ingang laag is, worden frequenties boven de 10 kHz verzwakt en klinkt het geluid als dat van een waterval. Wanneer de ingang hoog is, begint het verzwakken pas boven de 100 kHz en dat geeft het geluid van, onder hoge spanning staande, ontsnappende stoom.

De snelheid waarmee het geluidsvolume na het begin toeneemt, wordt aanzetsnelheid genoemd.

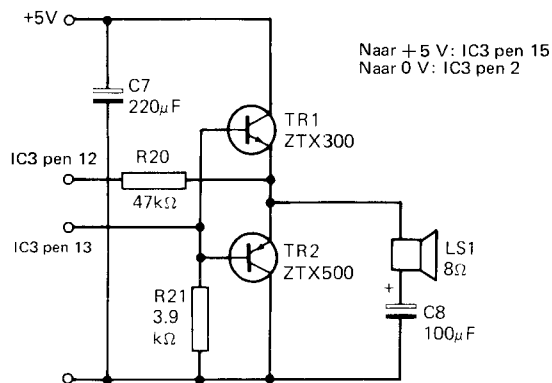
De snelheid waarmee het volume afneemt aan het einde van het geluid heet afvalsnelheid. Deze snelheden worden door de schakelingen in afb. 12.4 geregeld. Er zijn twee snelheden - langzaam en snel - te realiseren door weerstanden in te schakelen. Een lage ingang geeft een lage snel-



Afb. 12.4 - Schakeling van de ruis-afval, aanzetten en uitsterven.

heid en een hoge ingang een grote snelheid. Er kan ook een extra condensator C6 worden ingeschakeld via de aanzet-afval-besturingslijn. Als deze lijn hoog is, zijn zowel aanzet- als afvaltijden behoorlijk langer. De schakeling van de versterker is eenvoudig (zie afb. 12.5).

Het is duidelijk dat er vele ingangscombinaties mogelijk zijn en dat daarmee een enorm aantal effecten kan worden geproduceerd. Als twee geluidseffecten vlak achter elkaar worden opgewekt, zijn er nog veel meer mogelijkheden. Vaak is het moeilijk om te voorspellen wat voor geluid er bij een bepaalde combinatie van de ingangen geproduceerd gaat worden. Ervaring helpt daarbij en de beste leermeester is de interface zelf; ermee experimenteren door de ingangen één voor één systematisch te veranderen.



Afb. 12.5 - Schakeling van de versterker.

De bouw

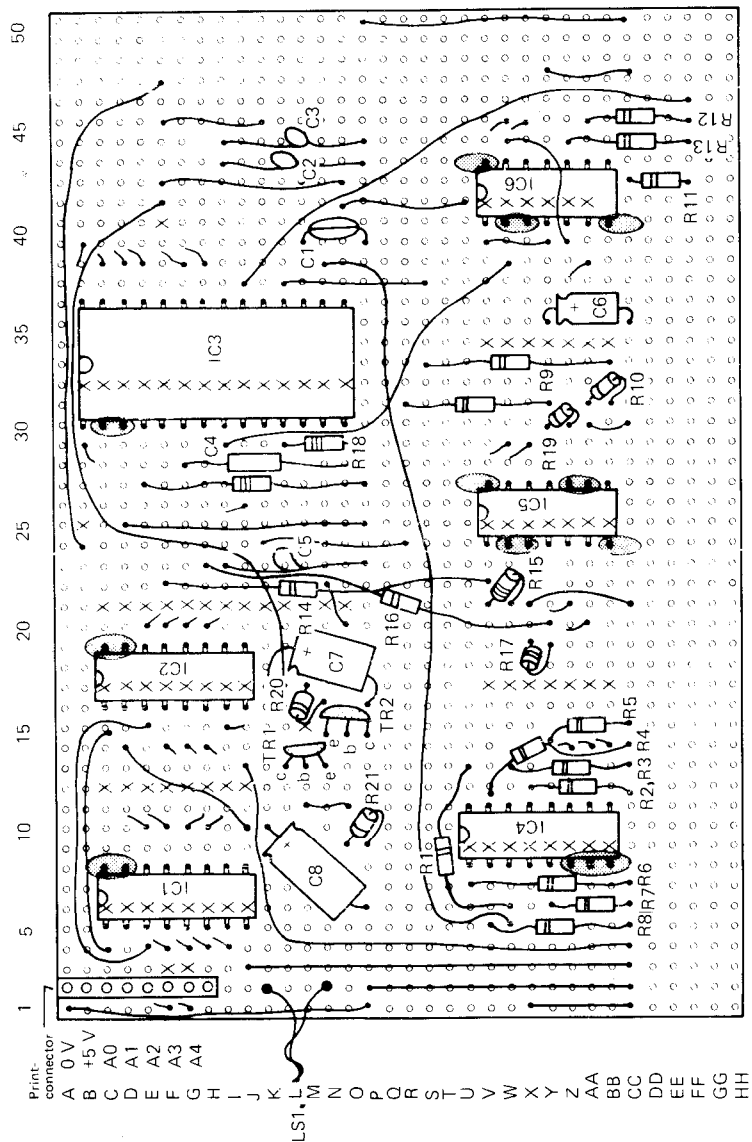
Afb. 12.6 toont de layout van de printplaat voor de schakeling. Er is ongeveer 18 mA stroom nodig voor de schakeling, inclusief de versterker. De meeste microcomputers zullen dit wel kunnen leveren, onder voorwaarde dat er intussen geen andere interfaces met grote voedings-eisen in werking zijn.

Desgewenst kan een aparte voeding worden gebruikt. Een niet-gestabiliseerde gelijkspanningsvoeding, tussen 7,5 V en 10 V, kan op pen 14 van IC3 worden aangesloten. Het IC is voorzien van een eigen +5 V-voedingsstabilisatieschakeling, dus is er geen voeding nodig op pen 15. Pen 15 kan enige milli-ampère leveren aan de andere IC's, maar het is aan te bevelen een aparte voeding te nemen voor de versterker. Deze voeding wordt aangesloten op gat L17. De draad tussen L17 en F41 komt dan te vervallen.

Alle IC's kunnen het best van voetjes worden voorzien. Dan kunnen alle verbindingen worden gemaakt voordat de IC's op hun respectievelijke plaatsen worden gezet. Dit voorkomt beschadiging ervan en fouten opsporen is ook gemakkelijker. Het merendeel van de lange verbindingsdraden is, om het niet te ingewikkeld te maken, niet in afb. 12.6 opgenomen.

De volgende, zo kort mogelijk gehouden, draadverbindingen moeten tussen de aangegeven punten worden gelegd.

Bron	Van	Naar	Signaal
Micro/A3	F1	J26	Systeem-stop
Micro/A4	G1	G38	Enkel geluid besturing
IC1/4	F4	B29	Omhullende besturing B
IC1/5	G4	B39	Omhullende besturing A
IC1/6	H4	H39	VCO selectie
IC1/7	I4	C38	meng-selectie C
IC1/14	E10	D38	meng-selectie B
IC1/13	F10	E38	meng-selectie A
IC1/12	G10	X45	SLF frequentie B
IC1/11	H10	AA38	SLF frequentie A
IC2/4	F14	BB14	VCO frequentie C
IC2/5	G14	AA14	VCO frequentie B
IC2/6	H14	Z14	VCO frequentie A
IC2/7	I15	AA20	VCO minimum frequentie
IC2/14	E20	W29	ruis afval-frequentie
IC2/13	F20	X29	aanzet-weerstand
IC2/12	G20	Z21	afval-weerstand
IC2/11	H20	W45	aanzet-afval-condensator

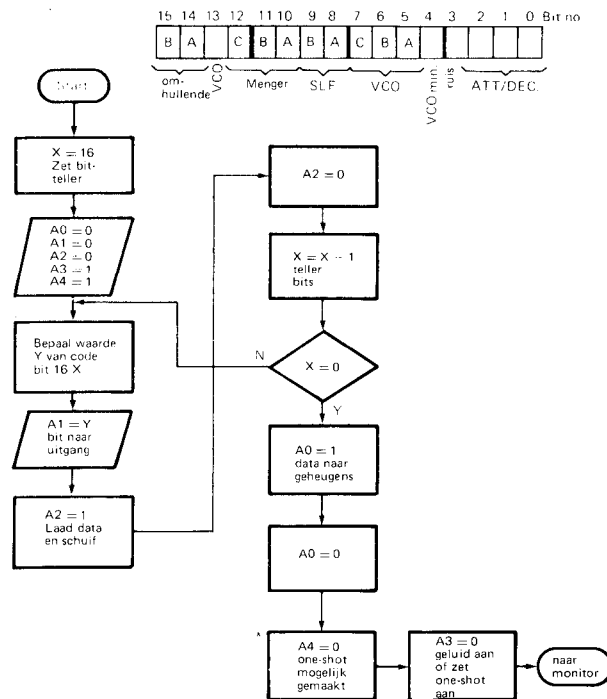


Afb. 12.6 - Layout van de printplaat, waarbij de meeste langere draadverbindingen niet zijn opgenomen. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij B25, F3, F40, M15, N21, O21 en de verticale kolommen tussen C6 en J6, C12 en J12, C17 en J17, C21 en L21, B32 en O32, U9 en BB9, V17 en BB17, V25 en BB25, V34 en BB34, V41 en AA41. Leg soldeerverbindingen tussen B8 en C8 en D8, B19 en C19 en D19, C30 en D30, Z8 en AA8 en BB8 en CC8, W24 en X24, BB24 en CC24, U27 en V27, Z27 en AA27, W40 en X40, BB40 en CC40, U43 en V43.

De VCO kan, bij gebruik als orgel, worden gestemd door de waarden van R2 tot R8 te selecteren. Er is in de hoek van de printplaat ruimte om een paar weerstanden in serie te zetten en zo de juiste waarden te verkrijgen. Het is niet eenvoudig om de schakeling te testen voordat deze geheel gereed is. Daarom is het van belang de bedrading goed te controleren, liefst twee keer en vooral te letten op ongewenste soldeerbruggen (gebruik een vergrootglas), voordat de schakeling wordt ingeschakeld. Laad vervolgens een eenvoudig testprogramma, zoals hierna beschreven en probeer één voor één alle functies op de juiste werking. Begin met de werking van de registers te controleren om er zeker van te zijn dat de correcte code op de uitgangen verschijnt. Tijdens het testen is het aan te raden op te schrijven welke combinaties geluiden hebben gemaakt, die later te gebruiken zijn.

Het programmeren

De flow-chart van een programma om de effecten van de diverse combinaties uit te proberen is in afb. 12.7 te zien.



Afb. 12.7 - Flow-chart voor het laden en in werking stellen van een effect (* vervalt als er geen enkel geluid-effect is).

De lijst in afb. 12.1 toont de betekenis van elk bit in de besturingscode, lopend van het meest significante bit bovenin naar het minst significante bit onderaan. Een voorbeeld:

Gewenste functie	Bitnaam	Gezet niveau
meng-selectie	Omhullende selectie B	0
	Omhullende selectie A	1
externe VCO besturing meng VCO en SLF	VCO selectie	0
	meng-selectie C	1
	meng-selectie B	0
	meng-selectie A	1
SLF op 6 Hz	SLF frequentie B	0
	SLF frequentie A	1
VCO bestuurd door SLF, dus geen code nodig	VCO frequentie C	0
	VCO frequentie B	0
	VCO frequentie A	0
VCO hoog gebied	VCO minimum frequentie	1
geen ruis, geen code	ruis afval-frequentie	0
langzame aanzet	aanzet-weerstand	0
snelle afval	afval-weerstand	1
langzame aanzet-afval	aanzet-afval-condensator	1

De bovengetoonde commando's worden gecodeerd met de binaire code: 0101 0101 0001 0011. Dit is equivalent met het hexadecimale getal 5513. Met een machinetaal-programma worden de individuele bits één voor één eruit gehaald om naar de interface te worden gestuurd. Dit kan met een serie 'schuif-naar-rechts' operaties op de twee bytes gebeuren, gevolgd door een 'AND'-operatie om alleen het minst-significante bit over te houden. In een Basic-programma kan de code per keer worden opgeslagen als vier cijfers: 5, 5, 1 en 3 en elk met de 'AND'-functie met de getallen 1, 2, 4 en 8 worden bewerkt om de waarde van ieder bit te vinden.

Als in een programma geluidseffecten nodig zijn, kan de code op elk gewenst tijdstip in de registers worden geladen. Daarbij wordt uitgang A3 hoog gehouden. Vlak voordat het geluidseffect nodig is, wordt de code aan de geluidsgenerator ter beschikking gesteld door A0 even laag te maken. Daarna kan het geluid, net zo vaak als nodig is, worden gestart door A3 laag en weer hoog te maken. Intussen kan, met A3 hoog, de code voor een nieuw effect in het register worden geladen.

Benodigde onderdelen

Weerstanden			
R1, R2	10 k Ω (2 stuks)	R11	1 M Ω
R3	8,2 k Ω	R12	36 k Ω

R4	6,8 k Ω	R13	10 k Ω
R5	5,6 k Ω	R14	18 k Ω
R6	3,9 k Ω	R15	180 k Ω
R7	2,7 k Ω	R16, R18	10 k Ω (2 stuks)
R8	1,5 k Ω	R17, R19	100 k Ω (2 stuks)
R9	12 k Ω	R20	47 k Ω
R10	100 k Ω	R21	3,9 k Ω

alle koolweerstanden, 0,125 W (bij voorkeur) of 0,33 W, 5%

Condensatoren

C1	0,047 μ F, keramisch	C5	10 μ F, tantaal
C2	2,2 μ F, tantaal	C6	4,7 μ F, elektroliet
C3	1,0 μ F, tantaal	C7	220 μ F, elektroliet
C4	680 pF, polystyreen	C8	100 μ F, elektroliet

Halfgeleiders

TR1	ZTX300, npn-transistor
TR2	ZTX500, pnp-transistor

Geïntegreerde schakelingen

IC1,	
IC2	CD4094BE, 8-staps schuif/geheugen-register (2 stuks)
IC3	SN76477, geluidseffecten-generator
IC4	CD4051, 1-uit-8 analoge schakelaar
IC5,	
IC6	CD4066BE, vier analoge schakelaars (2 stuks)

Diversen

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, 127 mm $\times$ 95 mm

IC-voeten: 28-pens (1 stuks)

16-pens (3 stuks)

14-pens (2 stuks)

5-pens printconnector

3-pens printconnector

LS1, luidspreker 8 Ω

1,0 mm aansluitpennen (2 stuks)

verbindingsdraad

soldeer

De waarden van condensatoren en weerstanden kunnen bij andere toepassingen worden gewijzigd.

HOOFDSTUK 3

Tweeweg-interfaces

Interface 13 - PIO met geheugen

Alhoewel een interface direct met de microprocessor via de databus, kan communiceren, is dat alleen mogelijk gedurende de korte momenten dat de microprocessor het adres van de interface op de adresbus heeft geplaatst. De microprocessor houdt zich de rest van de tijd bezig met andere zaken en negeert de interface. Om voor de interface te zorgen, terwijl de microcomputer met andere zaken bezig is, is nog een apparaat nodig. Een dergelijk apparaat is de PIO, Parallel Input-Output. De PIO ontvangt data van de microprocessor en kan deze doorgeven aan een interface. Een PIO is op te vatten als een interface voor een interface. De data wordt in de PIO in een aantal registers opgeslagen en, als het eenmaal daarin is opgeslagen, kan de microcomputer doorgaan met andere taken en op een later tijdstip de data veranderen, als dit nodig is. Alle 8 data-bits worden tegelijk opgeslagen. Het apparaat wordt daarom een parallelle interface genoemd. Vergelijk dit maar eens met het seriële apparaat, zoals dat bij interface 12 is besproken.

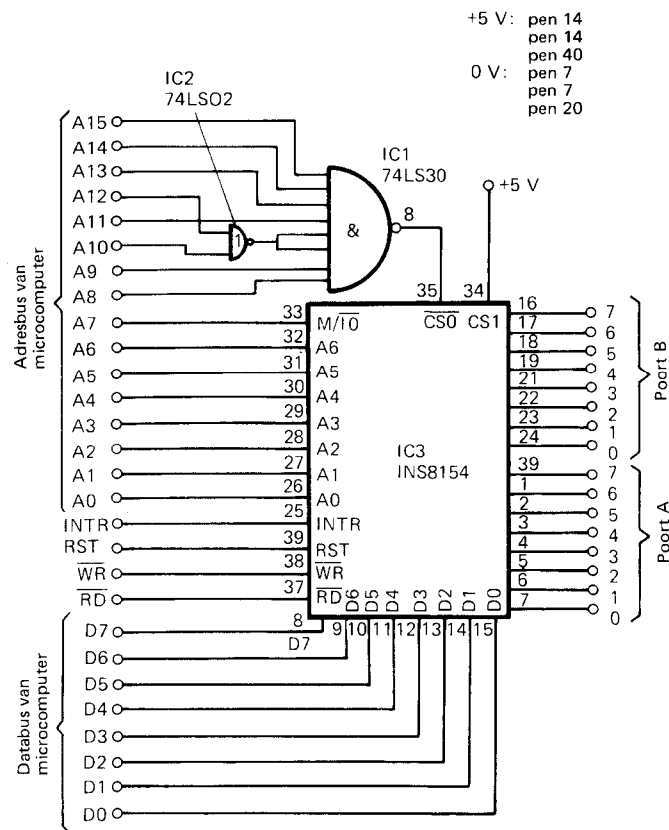
De PIO kan ook in de andere richting werken, door het ontvangen van data van de interface en doorgeven daarvan aan de microprocessor. Bij vele microcomputers is minstens één PIO ingebouwd. De PIO wordt gebruikt voor het sturen van randapparaten zoals cassette-recorders en printers. Er kan ook een PIO aanwezig zijn met de bedoeling daar andere interfaces op aan te sluiten. Vrijwel alle interfaces in dit boek zijn ontworpen om op deze manier te worden gestuurd. Als een PIO ontbreekt of niet beschikbaar is, is de hier beschreven PIO-interface te gebruiken voor het aansluiten van andere interfaces op de microcomputer. Het in deze interface toegepaste IC heeft het typenummer INS8154. Het IC beschikt over twee in- of uitgangspoorten. Elke poort heeft 8 lijnen en is onafhankelijk te adresseren. Er is ook een bescheiden hoeveelheid geheugen (RAM) in dit IC ingebouwd. Het zijn slechts 128 bytes, maar dat is genoeg om er een kleine, in machinetaal geschreven, subroutine in te zetten en het hoofdgeheugen vrij te laten voor de rest van het programma.

Op de printplaat van de interface is plaats voor meer RAM-IC's om, als daar behoefte aan bestaat, een paar kilobyte RAM aan het geheugen te kunnen toevoegen. Er kan ook een EPROM (Erasable Programmable Read-Only Memory) worden bijgeschakeld met een capaciteit van twee kilobyte. In de EPROM kan een volledige zelf-ontworpen monitor-routine in machinetaal staan, die erin gezet is met behulp van interface 14.

Een andere optionele toevoeging is een verzameling connectoren om de PIO aan te passen aan het opzetten van proefschakelingen voor nieuwe interfaces.

De werking

De INS8154 is verbonden met de databus (alle acht lijnen) en de laagste acht lijnen van de adresbus, zoals in afb. 13.1 is getoond. De hoogste acht adreslijnen worden met NAND- en NOR-poorten gedecodeerd. Met de getoonde schakeling wordt de uitgang van de NAND-poort laag, en daarmee het IC in werking gesteld, als het adres op de bus EBXX is. XX stelt hierin elk paar cijfers voor dat op de laagste acht adreslijnen voorkomt. De adressen van de PIO lopen dus van EB00 tot EBXX. De uitgang van de NAND-poort wordt naar de 'chip-selectie' ingang, CS0, geleid. Deze ingang is, om het IC in werking te stellen, laag. Er is ook



Afb. 13.1 - Schema van de PIO-interface schakeling (adres = EBXX).

een chip-selectie-ingang, CS1, die hoog moet zijn om het IC te activeren. In deze schakeling is CS1 met de + 5 V verbonden, en alleen CS0 is voor de chip-selectie gebruikt. Als de PIO in een ander adresgebied wordt geplaatst, kan met een toepasselijke schakeling van NAND- en NOR-poorten en de chip-selectie ingangen CS0 en CS1 de adres-decodering worden verricht.

Adreslijn A7 is naar de M/IO-ingang gevoerd. Als A7 laag is (adressen EB00 to EB7F), is de in/uit-(I/O) functie geselecteerd, en met A7 hoog (adressen EB80 to EBFF) de 128 bytes van de RAM. Twee ingangen, die voor werking laag moeten zijn, WR en RD, worden door de microprocessor aangestuurd.

Als WR (= Write, schrijf) laag is, betekent dit dat er geldige data op de databus beschikbaar is voor de PIO (bestemd voor de in/uitgangspoorten of voor de RAM). Als RD (= Read, lees) laag is, verwacht de microprocessor geldige data, van de poorten of van de RAM afkomstig, op de databus.

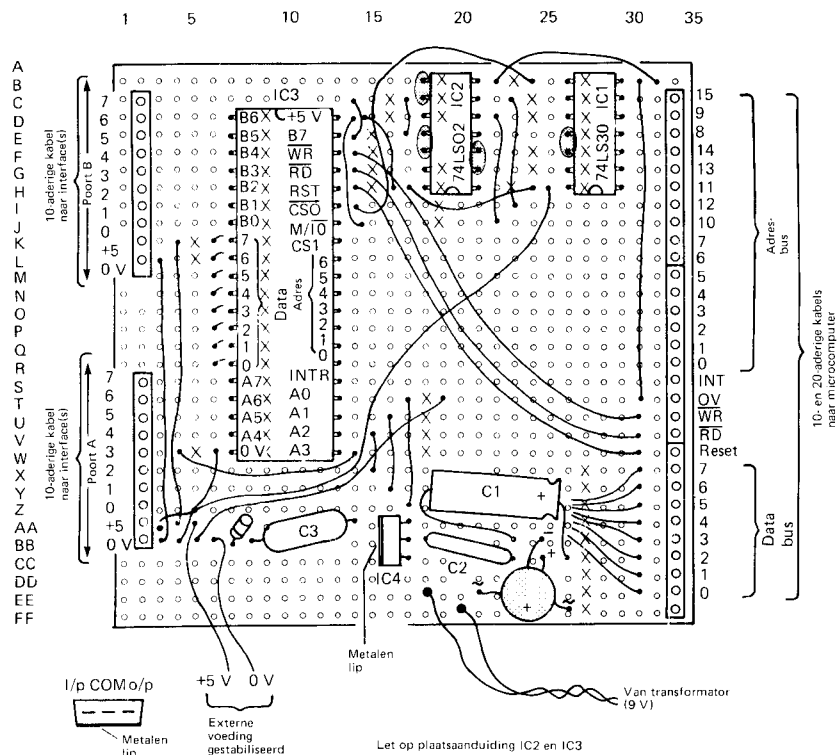
De INTR-uitgang zendt signalen naar de microprocessor als er iets te melden is over het datatransport, zoals hierna wordt besproken. De RST-ingang is met de reset-lijn verbonden.

De bouw

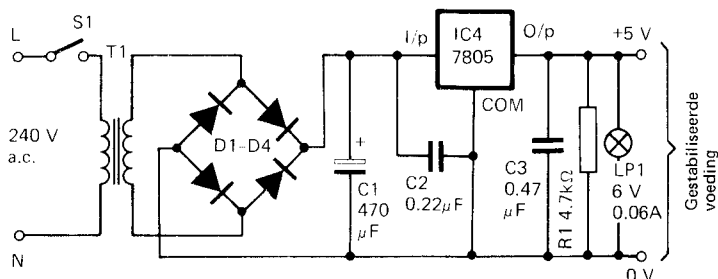
In de layout van de printplaat (afb. 13.2) is alleen de schakeling voor adresdecodering en PIO opgenomen. Als wordt overwogen om meer RAM- en EPROM-IC's toe te voegen, zijn aan de rechterzijde 22 gaten extra nodig. De printplaat is voorzien van een eigen gestabiliseerde voeding, die + 5 V met een maximum van 1 A levert (zie afb. 13.3). De voeding heeft genoeg reserve om ook de aan te sluiten interfaces te kunnen voeden. Voor IC3 is een IC-voet absoluut noodzakelijk. Voor IC2 en IC3 zijn voetjes aan te raden, zodat de decodeerschakeling later gemakkelijker is aan te passen als voor een andere plaats in het geheugen voor het apparaat wordt gekozen.

Eerst wordt de voeding gebouwd. De te meten uitgangsspanning hoort tussen 4,75 V en 5,25 V te liggen. Het enige probleem dat bij het bouwen van de rest van de schakeling kan optreden, is een verkeerde of een ongewenste verbinding. Hetzelfde geldt bij het aansluiten van de verbindingenkabel tussen de microcomputer en de interface. Elke lijn hoort te worden getest - of de verbinding niet is onderbroken en of er geen kortsluiting met naastgelegen draden is ontstaan - voordat de IC's in de voeten worden geplaatst.

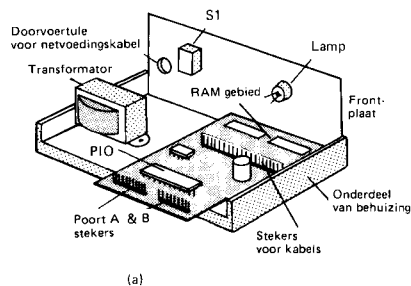
De printplaat kan in een behuizing worden ondergebracht, waarvan afb. 13.4 een beeld geeft. In de achterkant is een opening uitgezaagd waar de printplaat uitsteekt en zo de connectoren voor de poorten toegankelijk maakt.



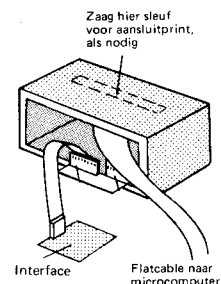
Afb. 13.2 - Layout van de printplaat met de schakeling. Onderbreek de banen aan de onderzijde van de printplaat bij B19, B24, B27, C16, C19, C24, C28, D9, D16, D19, D24, D27, E9, E15, E27, F9, F15, F24, F27, G9, G15, G19, G24, G27, H9, H15, H19, H23, H27, I9, I19, J9, J19, K5, K9, L5, L9, M9, N9, O9, P9, Q9, R9, S9, T9, T18, U9, U18, V9, V18, W5, W9, W18, X27, Y27, Z27, AA27, BB27, CC27, DD27, EE7, FF27. Leg soldeerverbindingen tussen B18 en C18, E18 en F18, F21 en G21 en E26 en F26.



Afb. 13.3 - Schema van de 5 V gestabiliseerde voeding voor de PIO-interface.



(a)

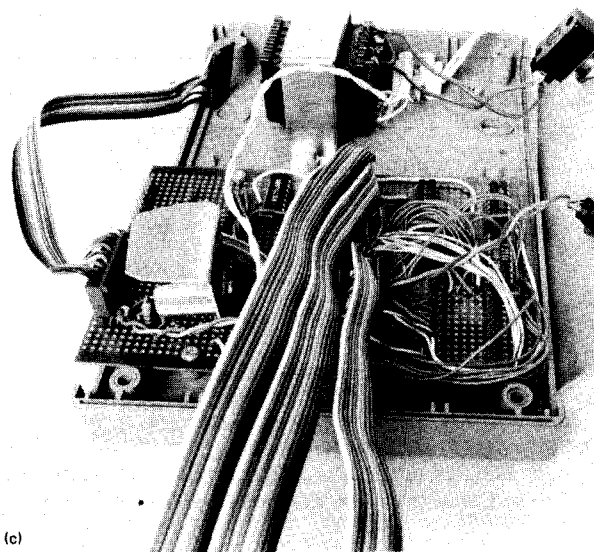


(b)

Afb. 13.4 - Achterzijde van interface 13.

a - Met bovengedeelte van behuizing verwijderd.

b - Met complete behuizing en aangebrachte kabels.

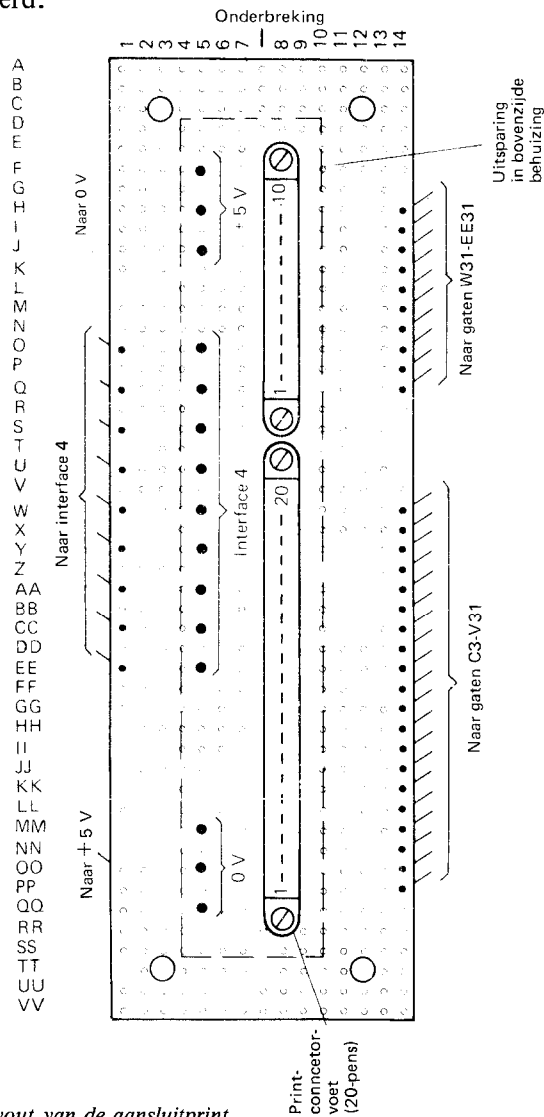


(c)

Afb. 13.4c - Bedrading volledig aangebracht, behuizing nog in elkaar te zetten. Sommige Ic's zijn nog niet in de voeten gestoken.

Dit kan achterwege blijven als een aansluitprint (zie afb. 13.5) wordt gemonteerd in een aan de bovenzijde uitgezaagde opening. De printconnectoren worden aangesloten op de 30 lijnen die van de microcomputer komen. Laat de kabels naar de achterzijde van de print lopen. Als met zogenoemde 'breadboards' (experimenteerborden zoals Proto-Board, Euroboard of Verobloc), wordt gewerkt, kunnen stukken montagedraad, waarvan aan beide zijden de isolatie is verwijderd, aan de ene zijde in de printconnector en aan de andere zijde in het breadboard

worden gestoken. De connectoren worden met een bijpassende stekker verkocht, waaraan 10 of 20 draden zijn te bevestigen. Het andere einde van deze draden kan ook in het breadboard worden gestoken. Twee maal drie aansluitpennen van de aansluitprint zijn op de 0 V- en +5 V-lijnen aangesloten om de voeding voor het breadboard te leveren. De resterende acht pennen zijn op de LED-interface aangesloten (versie 3, interface 7). De LED's kunnen op de frontplaat van de behuizing worden gemonteerd.



Afb. 13.5 - Layout van de aansluitprint.

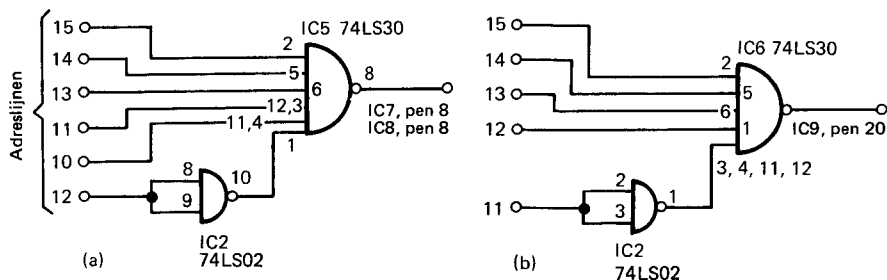
Het adresgebied van de eventuele RAM (EC00 - EFFF) is, om een aansluitend geheel te krijgen, direct achter het voor de PIO gereserveerde gebied gelegd. Aan elk RAM-IC worden vier datalijnen toegevoerd, zodat ze samen acht bits kunnen opslaan. Het adresgebied van de EPROM is na dat van de RAM gelegd (F000 - F7FF). Het schema in afb. 13.6 toont de verbindingen die nodig zijn voor het adresseren van 1 K-RAM en 2 K-ROM.

Raadpleeg tabel 13.1 voor de langere draadverbindingen in het gedeelte van de printplaat voor het geheugen. De ROM kan eventueel worden vervangen door een 1 K-RAM (F000 - F3FF).

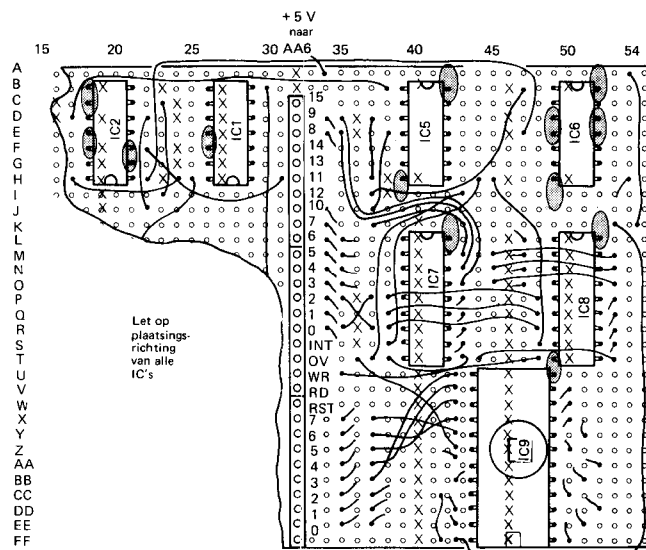
Tabel 13.1 - Langere draadverbindingen in het gedeelte voor het geheugen (afb. 13.7).

Van	Naar	Getransporteerde functie
D34	DD34	Adresbus 9 naar EPROM
E34	EE43	Adresbus 8 naar EPROM
J34	AA43	Adresbus 10 naar EPROM
K34	FF50	Adresbus 7 naar EPROM
L34	EE51	Adresbus 6 naar EPROM
M34	DD52	Adresbus 5 naar EPROM
N34	CC50	Adresbus 4 naar EPROM
O34	BB51	Adresbus 3 naar EPROM
P34	AA52	Adresbus 2 naar EPROM
Q34	Z50	Adresbus 1 naar EPROM
R34	Y51	Adresbus 0 naar EPROM
L35	L47	Adresbus 6 naar RAM (IC8)
M35	M47	Adresbus 5 naar RAM (IC8)
N35	N47	Adresbus 4 naar RAM (IC8)
O35	O47	Adresbus 3 naar RAM (IC8)
X35	P43	Data lijn 7 naar RAM (IC7)
Y35	Q43	Data lijn 6 naar RAM (IC7)
Z35	R43	Data lijn 5 naar RAM (IC7)
AA35	S43	Data lijn 4 naar RAM (IC7)
BB35	P53	Data lijn 3 naar RAM (IC8)
CC35	Q53	Data lijn 2 naar RAM (IC8)
DD35	R53	Data lijn 1 naar RAM (IC8)
EE35	S53	Data lijn 0 naar RAM (IC8)
CC37	V50	Data lijn 2 naar EPROM
DD37	W50	Data lijn 1 naar EPROM
EE37	X50	Data lijn 0 naar EPROM
H54	BB43	CS van IC6 naar EPROM

De adresdecodering is gelijk aan de in afb. 13.6b getoonde schakeling, alleen op de ingangen van de NOR-poorten worden de adreslijnen 10 en 11 toegevoerd. Leg een draad tussen J23 en Q22 (afb. 13.7) en laat de soldeerverbinding tussen F21 en G21 weg. De spanningsregelaar vereist een koelplaat als een EPROM en een RAM wordt toegevoegd.



Afb. 13.6 - Decodeer-schakelingen voor (a) RAM-IC's in EC00 - EEFF; (b) EPROM in F000 - F7FF.



Afb. 13.7 - Layout van het RAM- en EPROM-gedeelte van de printplaat. Als de baan bij C19 al is onderbroken, leg dan een draad tussen C22 en C17. Onderbreek de banen aan de onderzijde van de printplaat bij A32, B19, B23, B32, B40, B46, B50, C16, C24, D16, D19, D24, D36, D46, E36, E46, F24, G24, H23, H38, H40, H46, H50, I38, P36, R36, S36 en de verticale kolommen tussen de gaten F19 en J19, B27 en H27, K40 en FF40, L46 en FF46, L50 en T50. Leg soldeerverbindingen tussen B18 en C18, E18 en F18, F21 en G21, E26 en F26, A42 en B42, H39 en I39, A52 en B52, D49 en E49, D52 en E52, H49 en I49, K43 en L43, K52 en L52 en T49 en U49.

Het programmeren

Voor de RAM en ROM is geen speciale programmering nodig omdat de werking volledig onder controle van de microprocessor staat. Dit geldt ook voor de RAM in de INS8154.

De poorten van de PIO worden van het resetten van het systeem automatisch als ingangen gedefinieerd. Met de uitgangsdefinitie-registers worden lijnen als uitgang gedefinieerd. Het uitgangsregister voor poort A is op adres EB22 en voor poort B op EB23 te vinden. De acht bits van deze registers bepalen per bit de functie van de overeenkomstige lijn. Een '0' stelt een ingang voor en een '1' een uitgang. Om bijvoorbeeld de lijnen 1 en 2 van poort A als uitgangen en de rest als ingangen te definiëren wordt 0000 0110 in het uitgangsdefinitie-register voor poort A gezet. In machinetaal zou dit een instructie zijn om 06 in locatie EB22 te zetten. In Basic is de instructie POKE 60194.6. De waarde 60194 is het decimale equivalent van EB22.

Hoe de lijnen gebruikt gaan worden, wordt meestal definitief aan het begin van het programma vastgelegd. De lijnen kunnen daarna onafhankelijk van de andere worden gelezen, als ze als ingang gedefinieerd, of beschreven, als ze als uitgang zijn gedefinieerd. Ze kunnen ook per acht bits tegelijk parallel worden gelezen of geschreven. Om individuele bits hoog of laag te maken wordt naar de in tabel 13.2 aangegeven adressen geschreven (POKE in Basic).

Tabel 13.2 - Adressen van het in/uit apparaat (met basis-adres EBXX).

Adressen	Functie
EB00 - EB07	Maak individuele bits laag, poort A
EB08 - EB0F	Maak individuele bits laag, poort B
EB10 - EB17	Maak individuele bits hoog, poort A
EB18 - EB1F	Maak individuele bits hoog, poort B
EB20	Lees of schrijf, poort A
EB21	Lees of schrijf, poort B
EB22	Uitgangsdefinitie, poort A
EB23	Uitgangsdefinitie, poort B
EB24	Werkwijze-definitie register
EB25 - EB7F	niet gebruikt
EB80 - EBFF	RAM, 128 bytes

Het adresseren van de locaties is hier van belang en niet de opgeslagen waarde.

Door het lezen van deze adressen (PEEK in Basic) komen we de toestand van iedere lijn te weten, of het nu een ingang of een uitgang is. De toestand verschijnt op datalijn 7. Als dus de toestand laag is, is de

gelezen waarde gelijk aan 0000 0000 en bij hoog 1000 0000 (80 in hexadecimale notatie). Het is eenvoudig om hiervoor een conditionele sprong-opdracht te gebruiken, die afhangt van het hoogste bit (meestal het teken-bit), zoals 'IF X > 0 THEN ...'.

Parallel lezen of schrijven is uit te voeren door het lezen of schrijven van het adres van de poort. Bijvoorbeeld het schrijven van de waarde 84 naar poort A maakt de uitgangslijnen 7 en 2 hoog en de andere lijnen laag. Het lezen van het adres van de poort levert een 8 bitswaarde op, waarin de toestand van ieder bit overeenkomt met de toestand van de bijbehorende lijn.

Tot nu toe hebben we alleen het eenvoudige gebruik van twee onafhankelijke poorten besproken. Er zijn andere werkwijzen en die worden ingesteld door het naar het werkwijze-definitie register schrijven van een van de in tabel 13.3 gegeven waarden. Deze andere werkwijzen kunnen van pas komen als data wordt uitgewisseld tussen microprocessor en randapparaat, terwijl beide druk zijn met andere taken en niet meteen klaar staan om onmiddellijk data te ontvangen. De lijnen 0 en 5 van poort B blijven voor onafhankelijk gebruik beschikbaar.

Eerst wordt de 'ingang met strobe' besproken. Als het, op poort A aangesloten randapparaat, data voor verzending gereed heeft staan, wordt deze data aan poort A aangeboden en lijn B7 even laag gemaakt. Het PIO-IC leest dan de data op poort A en maakt lijn B6 hoog. Dit is voor het randapparaat een teken dat de data is ingelezen en dat er nog geen nieuwe data mag worden gestuurd. Vervolgens wordt de INTR-uitgang hoog en geeft daarmee de microprocessor een interrupt. Deze is geprogrammeerd om daarop te reageren door de data te lezen. De RD-strobe wordt laag om aan te geven dat de data is gelezen. Vervolgens worden INTR en B6 weer laag. Het lage niveau op B6 is voor het randapparaat een teken dat de data veilig naar de microprocessor is getransporteerd en de volgende data kan worden gestuurd.

Bij de 'uitgang met strobe' wordt het datatransport van de microprocessor naar het randapparaat gestuurd. Het begint met het schrijven van data door de microprocessor naar het PIO-IC. Om de ontvangst van de data te bevestigen maakt het PIO-IC de INTR-uitgang hoog. De microprocessor zendt geen data meer zolang de INTR-uitgang van het PIO-IC

Tabel 13.3 - Werkwijze-definitie codes.

Code	Actie
00	ingang-uitgang, poort A en B *
40	ingang met strobe, poort A
60	uitgang met strobe, poort A
E0	tri-state uitgang met strobe, poort A

* Deze werkwijze wordt automatisch na reset gekozen.

hoog blijft. Het PIO-IC maakt de lijn B6 laag om het randapparaat te vertellen dat er nieuwe data beschikbaar is. Als het randapparaat klaar is om dat te lezen wordt B7 even laag gemaakt en de data gelezen. De INTR-uitgang van het PIO-IC wordt dan laag en de microprocessor kan weer data verzenden.

Bij de 'tri-state uitgang met strobe' is het uitwisselen van signalen gelijk aan de al beschreven werkwijze, alleen de uitgangen van het PIO-IC blijven normaal in een toestand met een hoge impedantie. Er verschijnt pas data op de uitgangen als het randapparaat dat verzoekt door B7 even laag te maken en daarmee aangeeft dat het klaar staat om data te ontvangen.

Benodigde onderdelen

Weerstand

R1 4,7 k Ω , koolweerstand, 0,25 W, 5%

Condensatoren

C1 470 μ F, elektrolyet

C2 0,22 μ F, polyester

C3 0,47 μ F, polyester

Halfgeleiders

D1 - D4 1A, 50 V, bruggelijkrichter

Geïntegreerde schakelingen

IC1 74LS30, NAND-poort met 8 ingangen

IC2 74LS02, vier NOR-poorten met 2 ingangen

IC3 INS8154 programmeerbare invoer/uitvoer met RAM

IC4 7805, spanningsregelaar voor 5 V

Diversen

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, 90 mm $\times$ 85 mm of 90 mm $\times$ 140 mm voor extra RAM en EPROM

IC-voet, 40-pens, dil (1 stuks)

IC-voet, 14-pens, dil (2 stuks)

10-pens printconnector en stekker (5 stuks)

10-aderige kabel en 20-aderige kabel

connector voor printplaat van microcomputer, zonodig

1,0 mm aansluitpennen (4 stuks)

S1, enkel-maak contact schakelaar

T1, netvoedingstransformator, 9 V, 6 VA

LP1, 6 V, 0,06 A indicatielamp met fitting

Behuizing, 205 mm $\times$ 140 mm $\times$ 75 mm (Verocase nr 202-21035F of iets dergelijks)

6BA schroef, moer en borgring (5 maal)
doorvoertule
netstekker en kabel
aansluitblokje voor netvoeding
verbindingsdraad
soldeer

Extra benodigde onderdelen voor RAM en EPROM uitbreiding

Geïntegreerde schakelingen

IC5,
IC6 74LS30, NAND-poort met 8 ingangen (2 stuks)
IC7,
IC8 2114, RAM-IC's, 1024×4 bits, (2 stuks)
IC9 2716 EPROM, 2048×8 bits

Diversen

14-pens IC-voet, dil, (2 stuks)
18-pens IC-voet, dil, (2 stuks)
24-pens IC-voet, dil
koelplaat voor IC4 met schroefbevestiging

Extra benodigde onderdelen voor aansluitprint

Gaatjesprint met $213 \text{ mm} \times 38 \text{ mm}$
20-pens printconnector en stekker
10-pens printconnector en stekker
1,0 mm aansluitpennen voor twee kanten (15 stuks)
6BA schroef, moer en borgring (10 maal)
waarvan 2 voor de bevestiging van interface 4)
schakelaar voor interface 4

Interface 14

EPROM-programmeerapparaat

Veel van de in dit boek beschreven interfaces zijn geschikt om met een microcomputer een deel van de huishouding te bewaken en te besturen. Het licht kan bijvoorbeeld bij het vallen van de nacht worden aangestoken, de centrale verwarming geregeld, tegen brand en inbrekers gewaarschuwd of een bewoond huis gesimuleerd tijdens de vakantie. In het algemeen kan worden herinnerd aan allerlei zaken die gemakkelijk worden vergeten. Tot nu toe is nog niet besproken hoe de microcomputer hiervoor wordt geprogrammeerd.

Om niet te veel geheugen in beslag te nemen, zal het programma in machinetaal moeten worden geschreven. Het programma kan via het toetsenbord of via tape disk in RAM worden geladen. Het systeem zal dag en nacht, week-in week-uit moeten werken. Vroeg of laat zal er een storing in de netvoeding optreden en het programma is verdwenen. Als dit 's nachts gebeurt of tijdens de vakantie, kunnen allerlei vreemde commando's worden uitgevoerd als de spanning weer is hersteld.

Een volgend probleem is, als we de microcomputer voor andere programma's willen gebruiken en maar een klein gedeelte van de tijd aan het huishouden willen besteden. De meeste taken zijn in een paar milliseconden af te werken en worden uitgevoerd zonder een duidelijke storing van het op dat moment gespeelde spelletje 'Space Invaders'. Wat we nodig hebben, is een programma dat altijd in het geheugen aanwezig is. Het moet het wegvallen van de spanning overleven en in een gedeelte van het geheugen staan dat nergens anders voor nodig is, dus waar het het algemene gebruik van de microcomputer niet kan verstoren. Met andere woorden, het programma moet in een ROM (Read-Only-Memory) worden geplaatst.

Met deze interface is het mogelijk zelf een ROM te programmeren. Het gekozen type is de 2716 EPROM, een gemakkelijk te programmeren IC, dat ook is te wissen. Als bij het programmeren een fout is gemaakt, is het niet moeilijk het foutieve programma te wissen en opnieuw te beginnen. Ook kan het programma van tijd tot tijd worden herzien wegens veranderde omstandigheden in de huishouding. Sommige microcomputers zijn voorzien van voeten waarin een EPROM kan worden gezet. Interface 13 biedt ook deze voorziening, als de microcomputer niet is voorzien van een geschikte voet.

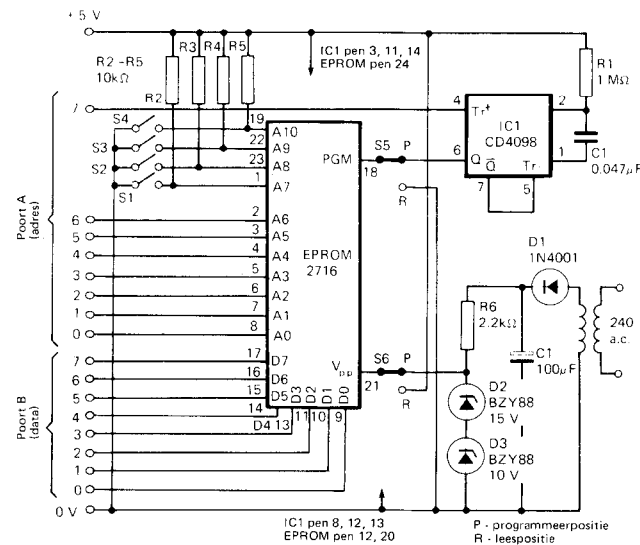
Een EPROM is ook voor de modelbouwer van nut. In een enkele EPROM kan een uitgebreid programma staan voor modelbesturing. In feite is alles wat nodig is om interface 13 uit te breiden tot een volledig microprocessorsysteem: een microprocessor met klokschakeling en een paar poorten.

De werking

Een lege EPROM bevat in alle geheugencellen een '1'. Het programmeren gaat per woord (acht bits) als volgt. Het adres van de te programmeren locatie wordt op de adreslijnen gezet en de te schrijven data op de acht datalijnen. Vervolgens wordt een korte programmeerpuls op de PGM-ingang (pen 18, afb. 14.1) gegeven. Terwijl het IC wordt geprogrammeerd is een +25 V-spanning nodig op pen 21. Het IC vereist ook de gebruikelijke +5 V-voeding en de OE-ingang (pen 20) wordt op nul volt gehouden.

De interface is ontworpen voor het gebruik met een PIO. Dat kan een PIO van de microcomputer zijn of de PIO van interface 13. Poort B wordt voor de data gebruikt. Poort A levert de laagste zeven adreslijnen. De achtste lijn van poort A levert de programmeerpuls. De overgebleven hoogste vier bits van het adres worden met schakelaars S1 tot S4 ingesteld. De van poort A afkomstige adressen kunnen bij elke instelling van de schakelaars de waarden 000 0000 tot 111 1111 doorlopen (00 tot 7F in hexadecimale voorstelling), waarmee per keer 128 bytes tegelijk kunnen worden geprogrammeerd. Om het gehele IC te programmeren moet dit 16 maal gebeuren.

De programmeerpuls wordt via IC1, een CMOS-IC met een dubbele monostabiele multivibrator, aangeboden. Er is maar een helft gebruikt. De waarden van C1 en R1 zijn zo gekozen dat pen 6 een puls met een tijdsduur van 50 ms vertoont als de trigger-ingang, pen 4, hoog wordt gemaakt.



Afb. 14.1 - Schakeling van het EPROM-programmeerapparaat.

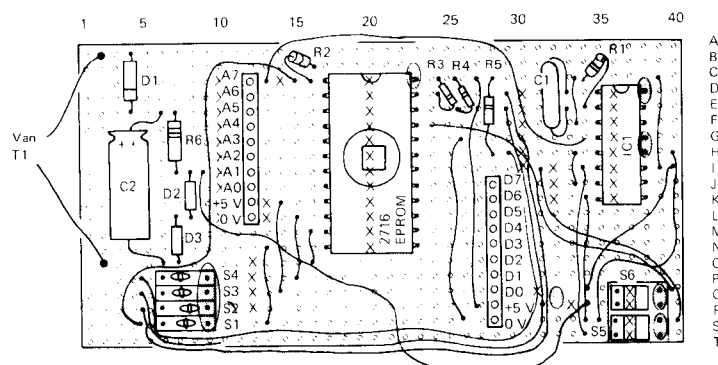
De interface werkt zoals hierboven beschreven als de schakelaars S5 en S6 in de stand 'programmeren' staan. Als deze schakelaar in de stand 'lezen' worden gezet, is de programmeervoedingsingang met de +5 V in plaats van met de +25 V verbonden en de PGM-ingang laag om het lezen van de EPROM mogelijk te maken. De EPROM kan nu ter controle als een geheugenblok worden gelezen.

De +25 V is voorzien van een enkelfasige gelijkrichter en is gestabiliseerd met twee zenerdioden. Het is handig deze interface samen met interface 13 in een wat grotere behuizing te plaatsen. Dan is er maar één transformator nodig, met aftakkingen voor 30 V, voor de +25 V-voeding en 9 V, voor de +5 V-voeding.

De bouw

De interface gebruikt maar 120 mA en dat is best te leveren door de microcomputer of de PIO-interface. Bouw de monostabiele multivibrator eerst en controleer of er een enkele puls uitkomt, als de ingang hoog wordt gemaakt. Een oscilloscoop kan van pas komen om te controleren of er een puls wordt geproduceerd en of die ongeveer de juiste duur heeft. Met een voltmeter op pen 6 kan worden gekeken of op deze pen een korte uitslag is te zien.

Bouw en controleer vervolgens de +25 V-voeding. Controleer de verbindingen en de onderbroken koperbanen nauwkeurig, om er zeker van te zijn dat de +25 V alleen maar op pen 21 van de EPROM-voet voorkomt en nergens anders in de interface. De interface wordt voltooid door de printconnectoren en de schakelaars aan te brengen. De layout is in afb. 14.2 getoond.

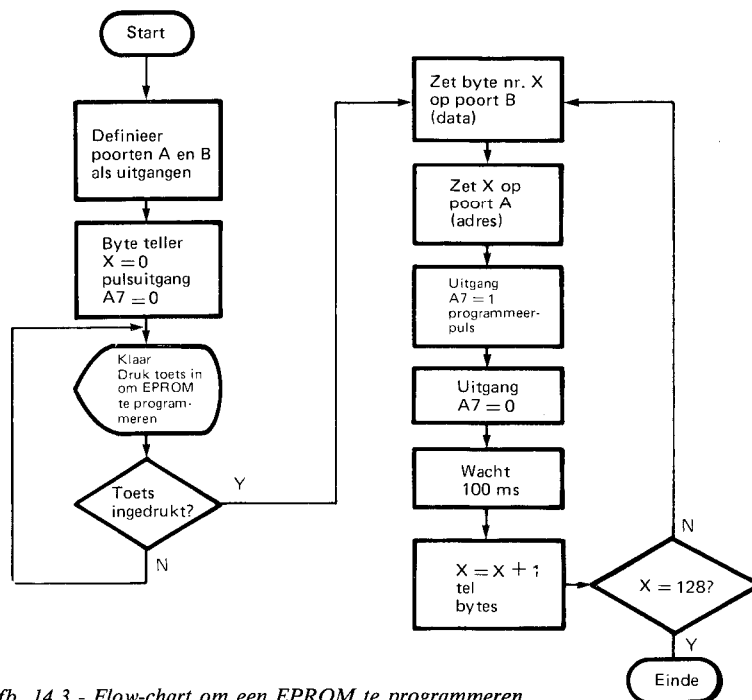


Afb. 14.2 - Layout van de printplaat van het EPROM-programmeerapparaat. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij C10, C14, C20, D10, D20, D30, D36, E10, E20, E30, E36, F10, F20, F30, F36, G10, G20, G30, G36, H10, H20, H30, H36, I10, I20, I32, I36, J10, J20, J32, J36, K10, K13, K20, K32, K36, L10, L13, L20, M20, N20, O12, P7, P12, Q7, Q12, Q31, Q37, R7, R12, R33, R37, S7, S37 en T37. Leg soldeerverbindingen tussen B23 en C23, C38 en D38, G38 en H38, O9 en P9 en Q9 en R9 en S9, Q32 en R32, Q39 en R39, S39 en T39.

Het programmeren

Een flow-chart is in afb. 14.3 gegeven. Schakel de +25 V-voeding nog niet in. Het in de EPROM te plaatsen programma moet eerst in het geheugen van de microcomputer worden geladen of ingetypt. (Het is mogelijk alle adressen en data in te stellen met schakelaars zoals S1 - S4, maar dit is een erg arbeidsintensief karwei, waarbij gemakkelijk fouten kunnen worden gemaakt.) De EPROM is te wissen en opnieuw te programmeren, maar het wissen kost meer dan een uur. Het programma kan dus beter eerst grondig worden getest, bij voorkeur door het te laten draaien.

Zet alle schakelaars in de rechtse stand (= 0000), aangenomen dat het programma in het eerste blok van de EPROM moet worden geplaatst. Start het programmeerprogramma en schakel de +25 V in wanneer het 'Ready' is. Als de programmeerroutine gaat werken, neemt het de eerste byte van het programma en plaatst die op de datalijnen met behulp van poort B. Het eerste adres (000 0000) wordt op de lijnen 0 tot 6 van poort A geschreven. Vervolgens wordt lijn 7 van poort A kort hoog gemaakt om de monostabiele multivibrator te starten en de EPROM te programmeren. Nu wordt er even gewacht, bijvoorbeeld 100 ms, om de puls zijn



Afb. 14.3 - Flow-chart om een EPROM te programmeren.

werk te laten doen. De cyclus wordt dan herhaald voor de tweede byte van het programma, die op het tweede adres wordt geplaatst.

Het programmeren duurt ongeveer 12 s. Het is aan te raden, zeker als deze interface voor de eerste keer wordt gebruikt, elk blok te controleren na het programmeren ervan. Zet daartoe S5 en S6 in de 'lees'-stand. De microcomputer moet zijn voorzien van een tweede programma dat iedere byte leest en in het geheugen plaatst - of het gehele blok op een beeldscherm laat verschijnen. Een andere methode zou zijn het vergelijken van elke byte met de in het geheugen staande, originele en te stoppen als er een verschil is. Als alles in orde is, worden S5 en S6 teruggezet in de 'programmeer'-stand en S1 - S4 voor het volgende blok ingesteld. Voor het tweede blok wordt S1 in de linkse stand gezet, de andere schakelaars behouden hun stand.

Het programma, dat nu in de EPROM staat, kan worden gewist door het IC bloot te stellen aan ultra-violet licht. Er bestaan speciale EPROM-wissers die intens ultraviolet licht uitstralende lampen bevatten. Daar kunnen verscheidene IC's tegelijk in worden geplaatst en de programma's binnen een uur worden gewist. Helaas zijn EPROM-wissers duur en moeten voorzichtig worden behandeld, vanwege VU-straling, die schadelijk kan zijn voor de ogen. Let er op dat het EPROM-geheugen leeg moet zijn voor het opnieuw kan worden geprogrammeerd.

Benodigde onderdelen

Weerstanden

R1 1 M Ω
R2 - R5 10 k Ω (4 stuks)
R6 2,2 k Ω
alle koolweerstanden, 0,33 of 0,25 W, 5%

Condensatoren

C1 0,047 μ F, polyester
C2 100 μ F, elektrolyet

Halfgeleiders

D1 IN4001, gelijkrichtdiode
D2 BZY88, 15 V zenerdiode
D3 BZY88, 10 V zenerdiode

Geïntegreerde schakeling

IC1 CD4098BE, dubbele monostabiele multivibrator met zoveel EPROM's type 2716 als nodig

Diversen

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, 115 mm × 52 mm

24-pens IC-voet, dil

16-pens IC-voet, dil

10-pens printconnector (2 stuks)

T1, transformator, 30 V

S1 - S4, dil-printschakelaar, 4 × maak, enkel contact

S5 - S6, dil-printschakelaar, 2 × maak, dubbel contact

verbindingsdraad

soldeer

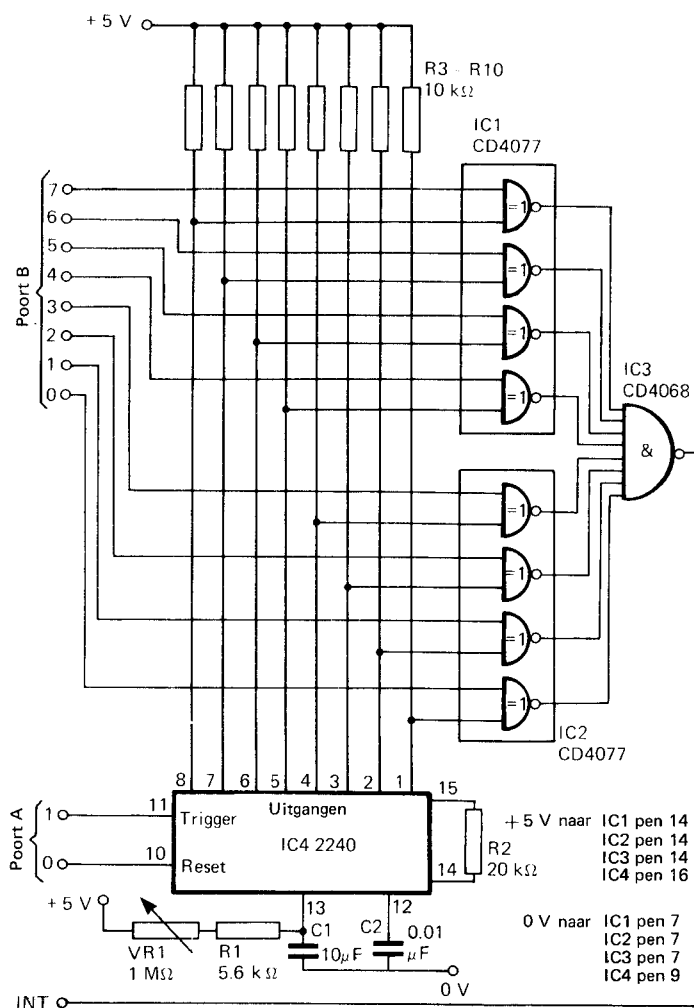
Interface 15 - Timer

Het is vrij eenvoudig om een programma te schrijven waarbij de microcomputer werkt als een klok, de tijd weergeeft of andere taken verricht op diverse tijden van de dag. Het programma kan ons 's morgens met een aangenaam melodieuze geluid wekken, of terwijl we 's avonds uit zijn, een bandrecorder aanzetten om een programma op te nemen. Als de microcomputer als timer wordt gebruikt kan hij moeilijk tegelijkertijd andere taken uitvoeren. Is er bijvoorbeeld een spelletje mee gespeeld, dan zijn alle tijdmetingen enige uren vertraagd. Deze interface verricht de tijdmeting voor de microcomputer, die vrij is om ondertussen andere taken te verrichten.

De werking

Het hart van deze interface is het programmeerbare timer-IC (IC4 in afb. 15.1). Dit IC bevat een tijdmetings-schakeling waarmee, met een geschikte keuze van de waarden van de tijdbepalende weerstanden en condensator (R1, VR1 en C1), pulsen met een vaste herhalingsnelheid zijn op te wekken. Met de getoonde waarden voor de onderdelen kan de eenheid van de tijdmeting op exact een minuut worden gezet. Als het IC voor het eerst van voeding wordt voorzien, zijn alle uitgangen hoog. Door het even hoog maken van de trigger-ingang, worden alle uitgangen laag en begint de tijdmeting. Vanaf dat moment zendt de pulsgenerator elke minuut een puls naar de interne teller. De uitgang laat de totale telwaarde in binaire vorm zien. In een periode van 255 minuten loopt de teller van 0000 0000 tot 1111 1111. De timer kan dus elke tijdsperiode meten van 1 minuut tot 4 uur en 15 minuten op de minuut nauwkeurig. De uitgangen van de timer worden via een rij exclusieve-NOR-poorten met de uitgangen van poort B vergeleken. De uitgangen van deze NOR-poorten zijn hoog als, of de beide ingangen hoog of beide ingangen laag zijn. Als elk bit van de timer precies gelijk is aan het overeenkomstige bit van poort B, zijn alle uitgangen van de NOR-poorten hoog. Dan zijn daarmee alle ingangen van de NAND-poort IC3 hoog en wordt zijn ingang laag. Dit signaal geeft een interrupt aan de microcomputer. De interface kan ook werken als een alarmklok. Indien op poort B het gewenste aantal minuten wordt gezet, vertelt de microcomputer aan de timer hoe lang te wachten. Als de wachttijd is verstreken, zijn de uitgangen van de timer gelijk aan die van poort B en de timer geeft een interrupt aan de microcomputer. De microcomputer kan tijdmetingen op elk moment onderbreken door de reset-ingang even hoog te maken. De uitgangen van IC4 zijn voorzien van weerstanden. Deze weerstanden

Zoals in afb. 15.1 is getoond, vereist de interface tien permanente verbindingen met de PIO, waarbij er maar zes overblijven voor andere interfaces. Het is mogelijk meerdere PIO's aan het systeem toe te voegen. Er kunnen bijvoorbeeld verschillende versies van interface 13 aan-



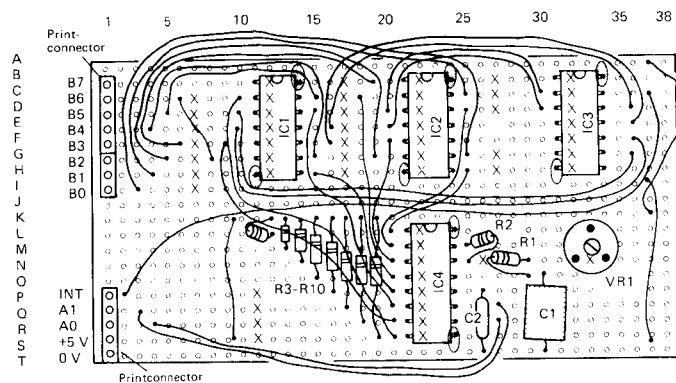
Afb. 15.1 - Schema van het timer-interface.

wezig zijn, elk met een afwijkende adres-decoding. Een andere oplossing is het serieel zenden van de gewenste tijden naar de timer, zoals in interface 12. Een register van acht bits kan in de plaats van poort B worden gezet in afb. 15.1.

Als de microcomputer voor procesbesturing wordt gebruikt, is het waarschijnlijk beter de tijdsperiode van de timer te verkorten. Een tijdseenheid van 0,1 s bijvoorbeeld maakt een tijdmeting tot maximaal 25,5 s mogelijk tot op 0,1 s nauwkeurig. De duur van de tijdseenheid, T , wordt gegeven door $T=RC$, waarin T in seconde, R de weerstand van $(R1 + VR1)$ in ohm en C de capaciteit van $C1$ in farad.

De bouw

De layout van de printplaat is in afb. 15.2 getoond. Het timer-IC zelf heeft een nauwkeurigheid van 0,5 procent. De temperatuur-stabiliteit van $R1$, $C1$ en $VR1$ moeten dus net zo goed of beter zijn om deze potentiële nauwkeurigheid te bereiken. $R1$ moet een weerstand met een hoge stabiliteit zijn. $VR1$ is een Cermet-type. Voor het beste resultaat zou $C1$ een polycarbonaat-type moeten zijn, maar die zijn duur. Een polyester condensator voldoet voor de meeste doeleinden. Polyester condensatoren zijn niet verkrijgbaar in grote waarden en het kan dan ook nodig zijn een aantal condensatoren parallel te zetten. Als de tijden erg lang zijn en de stabiliteit niet van het allergrootste belang, kan een tantaal of aluminium elektrolyet condensator worden toegepast. De capaciteit van aluminium elektrolyet condensatoren verandert als ze niet worden gebruikt. Als een elektrolyet condensator is opgesteld, moet de tijdmeting niet onmiddellijk worden afgeregeld. Laat de interface eerst enige uren ingeschakeld staan om de capaciteit een constante waarde te laten bereiken. Als de condensator met een lage temperatuur-stabiliteit



Afb. 15.2 - Layout van de printplaat voor het timer-interface. Onderbreek de banen tussen $C6$ en $I6$, $B12$ en $H12$, $B17$ en $H17$, $B22$ en $H22$, $B27$ en $D27$, $B32$ en $H32$, $L22$ en $S22$, $P11$ en $S11$ en bij $G27$, $H27$, $N26$ en $N33$. Leg soldeerverbindingen tussen $R14$ en $B14$, $A24$ en $B24$, $A34$ en $B34$, $H11$ en $I11$, $H21$ en $I21$, $H31$ en $I31$, $S24$ en $T24$, $K24$ en $L24$.

is aangewend, heeft het geen zin om een instelbare weerstand van het Cermet-type te kiezen. Een goedkopere instelbare koolweerstand potentiometer is dan ook goed.

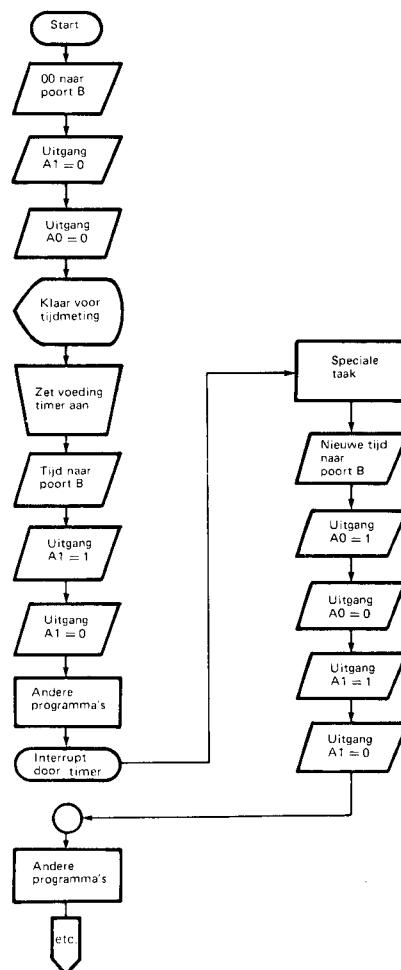
Als de schakeling gereed is, worden de reset- en de trigger-ingang met de 0 V-lijn verbonden. Vervolgens wordt de spanning ingeschakeld. De uitgangen moeten nu hoog zijn en de pulsgenerator mag niet werken. Verbind nu even de trigger-ingang met de +5 V. Alle ingangen horen dan laag te worden en de pulsgenerator begint te werken. De frequentie van de pulsgenerator kan met VR1 worden afgeregeld, bijvoorbeeld door de uitgang op pen 1 met een voltmeter te verbinden en te kijken hoe snel de pulsgenerator werkt.

De fabricage-toleranties in condensatoren kunnen er toe leiden dat een andere condensator nodig is of een weerstand met een andere waarde voor R1, om de gewenste tijdsperiode te verkrijgen.

Het programmeren

Deze interface is een programmeerbare klok, die, na een bepaalde ingestelde tijd, actie onderneemt. De microcomputer kan worden geprogrammeerd om gedurende dag en nacht bevelen uit te voeren. Het programma vertelt de microcomputer hoelang er gewacht moet worden tussen twee taken. Als de microcomputer klaar is met zijn opdracht om bijvoorbeeld 's morgens om 7.30 uur een wekalarm te laten horen, kan de klok worden ingesteld om over, zeg 10 minuten, weer een bevel uit te voeren. De klok krijgt de code 0000 1010 toegevoerd en wordt via de trigger-ingang aan het werk gezet. Na tien minuten geeft de klok de microcomputer een interrupt. De microcomputer is geprogrammeerd om bij deze interrupt, 7.30 uur, de radio aan te zetten en geeft de timer weer opdracht een tijd te wachten. Op deze manier wordt het programma voor de hele dag afgewerkt. Om 11.00 uur 's avonds wordt het buitenlicht uitgeschakeld en het inbraakalarm aangezet. De klok wordt op een tijd van 4 uur en 15 minuten ingesteld. Om 3.15 uur 's nachts stelt de microcomputer enkel de tijdsperiode in van 4 uur en 15 minuten, zodat om 7.30 uur 's morgens het wekalarm weer een nieuwe dag, aankondigt.

De flow-chart voor het programma is in afb. 15.3 getoond. In het begin-gedeelte wordt de timer aan het werk gezet zonder een interrupt te mogen genereren. Dit programmadeel wordt vervolgens niet meer gebruikt. De 'speciale opdracht' in de flow-chart is het programma dat, zoals boven besproken, op een bepaalde tijd moet worden uitgevoerd. Het 'andere programma' is een van de programma's waar de microcomputer op elk tijdstip van de dag voor is te gebruiken, zoals het helpen met het huiswerk, het regelen van de centrale verwarming, schaak spelen, communicatie met Viditel of het maken van muziek. Elk van deze programma's kan kort worden onderbroken, om de microcomputer aandacht te laten besteden aan tijdsafhankelijke operaties, waarna het automatisch wordt vervolgd alsof er geen onderbreking heeft plaats gehad.



Afb. 15.3 - Flow-chart om het timer-interface te gebruiken.

Benodigde onderdelen

Weerstanden

R1 5,6 M Ω , hoge stabiliteit koolfilm, 5%
 R2 20 k Ω
 R3 -
 R10 10 k Ω (8 stuks)
 alle koolweerstand, 0,33 of 0,25 W, 5%
 VR1 1 M Ω , Cermet instelweerstand (zie tekst)

Condensatoren

- C1 10 μ F, (zie tekst)
- C2 0,01 μ F, keramische schijfcondensator

Geïntegreerde schakelingen

- IC1,
- IC2 CD4077BE, vier exclusieve NOR-poorten
- IC3 CD4068BE, NAND-poort met 8 ingangen
- IC4 2240, programmeerbare timer

Diversen

- Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, 95 mm $\times$ 53 mm
 - 14-pens IC-voeten, dil (3 stuks)
 - 16-pens IC-voet, dil
 - 5-pens printconnector (2 stuks)
 - 3-pens printconnector
 - verbindingsdraad
 - soldeer
-

Interface 16 - Lichtpen

De lichtpen is opgenomen in hoofdstuk 3 als tweeweg-interface, maar eigenlijk verloopt de communicatie met de microcomputer over drie wegen: er is een uitgang om de microcomputer op de hoogte te stellen over een licht-detectie; er is een reset-ingang waarmee de microcomputer de interface weer klaar zet voor een nieuwe licht-detectie en de derde weg is optisch; de interface detecteert licht dat van het beeldscherm van de microcomputer afkomstig is. Bij kleinere systemen zonder beeldscherm is het licht dat van zeven-segment display's komt, te gebruiken. De lichtpen is gemakkelijk te bouwen, goedkoop, en veelzijdig toepasbaar. Met deze lichtpen kan op het scherm worden getekend of uit een aantal op het scherm opgesomde alternatieven het gewenste alternatief worden gekozen.

Elk antwoord is van een knipperend blokje voorzien en de pen wordt eenvoudigweg tegen een blokje gehouden. Het scherm kan bijvoorbeeld een menu met programma's tonen. Door de lichtpen tegen het blokje met het gewenste programma te houden, wordt daaruit een keuze gemaakt.

De lichtpen kan in veel gevallen het toetsenbord vervangen. Educatieve programma's en spelletjes hebben er veel gebruikersvriendelijk mee te maken. De pen is zo gemakkelijk te bouwen en te hanteren, dat er spelprogramma's zijn te ontwerpen, waarbij iedere speler kan beschikken over een eigen lichtpen om zetten te doen.

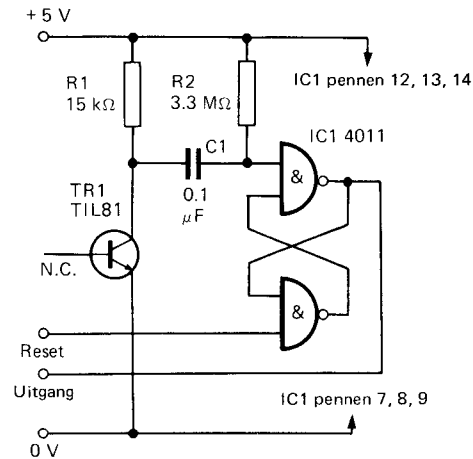
De werking

Het lichtgevoelige element is een fototransistor (afb. 16.1). In het donker of bij weinig licht is de collectorstroom laag. De spanningsval over R1 is daardoor ook laag, zodat de spanning op de collector van TR1 en aan de ene kant van C1 bijna +5V is. Als er licht op de transistor valt, zorgen de extra elektronen, die vrijkomen in de basis, voor een basisstroom en laten de transistor in geleiding komen. De toename van de collectorstroom doet de spanningsval over R1 toenemen. De spanning aan die kant van C1 daalt en een negatieve puls komt op de ingang van de flip-flop. De twee overgebleven poorten van IC1 kunnen op dezelfde manier worden gebruikt voor een tweede lichtpen.

Als de flip-flop wordt geactiveerd door de lichtpen, verandert de uitgang van laag naar hoog. Deze verandering wordt door de microcomputer op poort A2 gelezen.

De uitgang blijft hoog en de microcomputer hoeft dus niet onmiddellijk de poort te lezen. Na het lezen van de uitgangstoestand zet de micro-

computer de flip-flop weer terug door de reset-ingang even laag te maken via poort A0.



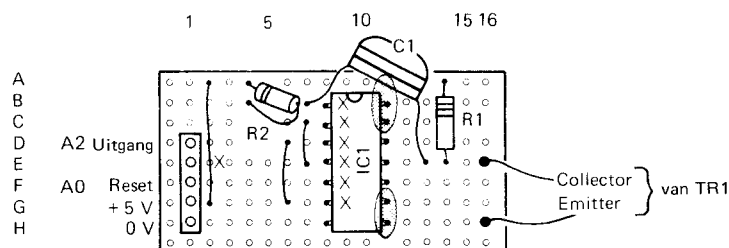
Afb. 16.1 - Schema van de lichtpen-interface.

De bouw

De interface kan op een klein stukje gaatjesprint worden opgebouwd (afb. 16.2)

De gehele interface is onder te brengen in de lichtpen als een bredere pen dan in het prototype, wordt gebruikt. De printconnector is dan niet nodig; een 4-aderige kabel wordt aan de printplaat vastgesoldeerd en aan de andere zijde voorzien van een stekker voor de PIO.

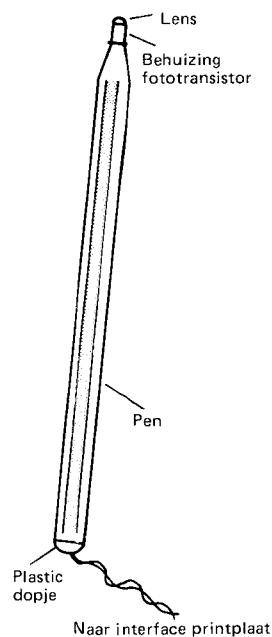
De pen gebruikt maar 0,05 mA bij zwak licht en maximaal 0,9 mA bij helder licht. Meerdere pennen kunnen dus op de voeding van de micro-computer worden aangesloten. Een batterij-voeding, bestaande uit een viertal, in de pen opgenomen, knooppellen is ook mogelijk.



Afb. 16.2 - Layout van de printplaat van de lichtpen-interface. Onderbreek de koperbanen aan de onderzijde van de printplaat bij E2 en de verticale kolommen tussen B9 en G9. Leg soldeerverbindingen tussen A11 en B11 en C11, G11 en H11.

Het bouwen van de printplaat is in een paar minuten gebeurd. Het is niet de moeite waard een IC-voet te gebruiken. Het IC en de onderdelen zijn zo goedkoop, dat, als een fout optreedt, het beter is de hele schakeling weg te gooien en opnieuw te beginnen.

De pen wordt van een afgedankte balpen gemaakt (afb. 16.3). De lege vulling wordt voorzichtig aan de kant van de punt uit de pen getrokken. De fototransistor zal waarschijnlijk netjes in de opening passen zonder dat de opening hoeft te worden aangepast. Soldeer lichte en flexibele draden aan de emitter en de collector (de basis wordt niet aangesloten). Schuif isolatiekous over de blanke draden en de verbindingen; bijvoorbeeld de isolatie die van een draad is afgestript. Met de isolatiekous is de transistor tevens stevig vast te zetten in de pen. Meer zal meestal niet nodig zijn om de transistor op zijn plaats te houden.



Afb. 16.3 - De lichtpen.

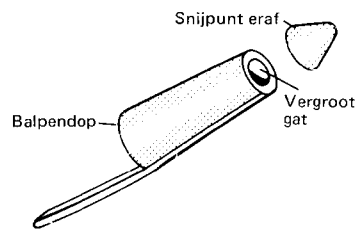
De meeste goedkope balpennen zijn aan de achterkant afgesloten met een plastic dopje. Daarmee kunnen de uit de pen komende draden worden vastgeklemd.

Misschien moet in het dopje een smalle groef worden aangebracht voor de dradenbundel, maar hoe strakker, hoe beter.

De aansluitdraden moeten ongeveer een meter lang zijn om een zo flexibel mogelijk gebruik te kunnen maken van de pen.

Een afscherming is een optionele toevoeging (afb. 16.4). Deze zal het

effect van omgevingslicht verminderen en de transistor beschermen tegen beschadiging. Als de afscherming van zacht plastic is, is het risico van krassen op het beeldscherm ook minder. De eenvoudigste manier om een afscherming te fabriceren is het afzagen van de punt van een balpendop. Om genoeg licht te kunnen doorlaten, moet het gat misschien met een dunne ronde vijl worden bijgewerkt. Om een klein knipperend vlakje op het scherm te kunnen waarnemen, moet de lens van de transistor dichtbij het scherm kunnen komen. Zaag daarom de dop zo af, dat het bovenvlak van de lens niet meer dan 2 mm onder de rand van de afscherming ligt. Gebruik liefst een zwarte plastic dop.



Afb. 16.4 - Zaag de punt van de balpendop af om een afscherming te krijgen.

Het programmeren

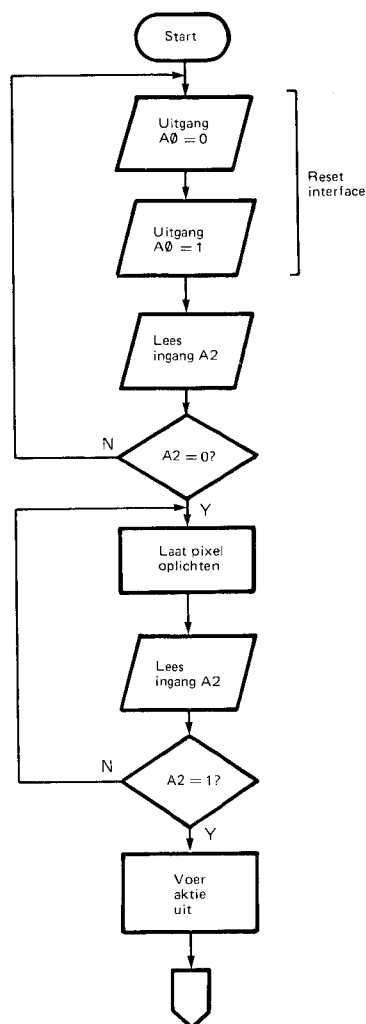
Het principe, dat alle programma's gemeen zullen hebben, wordt met de flow-chart in afb. 16.5 duidelijk gemaakt. Elke plaats op het scherm wordt even aan- en uitgezet en de uitgang van de pen wordt onmiddellijk gelezen om te zien of de toestand van laag in hoog is veranderd. Als dat het geval is, weet de microcomputer dat de pen wijst naar die plaats op het scherm. Zoniet, dan wijst de pen ergens anders naar.

Een programma waarmee met de pen op het scherm kan worden getekend, vereist dat het gehele scherm snel wordt bemonsterd door elke punt (pixel) even aan en uit te zetten.

Het afdrukken van een grafisch blokje en het onmiddellijk daarna neerzetten van een spatie op dezelfde plek, is ook een mogelijkheid. Letters, cijfers of leestekens zijn eveneens te gebruiken. De uitgang van de pen wordt direct na elke bemonstering gelezen om te ontdekken of de pen op die plaats is gericht. Is dit het geval dan wordt die plaats aangezet, anders wordt het zoeken voortgezet. Op deze manier wordt een tekening op het scherm opgebouwd terwijl de pen erover beweegt.

Het hele scherm moet leeg zijn en de pen gereset voor elke bemonstering. Als dat niet wordt gedaan, zal de pen reageren op vlakken die al getekend zijn. Na het bemonsteren wordt de tekening weer hersteld. Het programma moet snel zijn; machinetaal is dus essentieel. Programma's om op het scherm te tekenen, vereisen heel wat vindingrijkheid van de programmeur, maar de resultaten zijn meestal de moeite waard.

Om een keuze uit een menu te maken of het antwoord op een quiz te geven, hoeft het programma niet zo snel en ingewikkeld te zijn. Een hogere programmeertaal zoals Basic is desgewenst bruikbaar. Sommige Basic-dialecten hebben 'RESET'- en 'SET'-commando's, die handig zijn om aangegeven pixels te laten knipperen. Een paar (misschien maar vier of zes) individuele gebieden worden om de beurt aan- en uitgezet en de uitgang van de pen wordt iedere keer gelezen. Als de uitgang is veranderd, is het laatst veranderde gebied het gebied waarnaar de pen wijst.



Afb. 16.5 - Flow chart van een programma dat actief wordt als de lichtpen is gericht op een oplichtend deel van het scherm.

Benodigde onderdelen

Weerstanden

R1 15 k Ω

R2 3,3 M Ω

beide koolweerstanden, 0,25 of 0,33 W, 5%

Condensatoren

C1 0,1 μ F, polyester

Halfgeleider

TR1 TIL81, fototransistor

Geïntegreerde schakeling

IC1 CD4011BE, vier NAND-poorten met twee ingangen

Diversen

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix

5-pens printconnector, niet nodig als de interface direct aan de aansluitkabel wordt vastgesoldeerd. Materialen om de pen van te vervaardigen, inclusief een flink stuk lichte, flexibele kabel voor de aansluitkabelsoldeer

Interface 17 - Infrarood-besturing

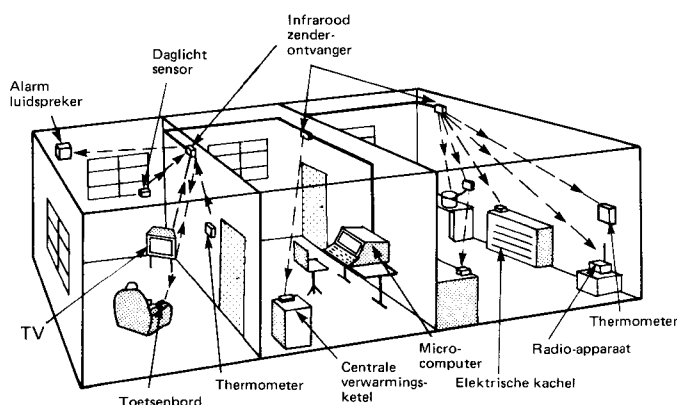
De schakelingen, die in dit hoofdstuk worden besproken, brengen een verbinding tussen microcomputer en interfaces tot stand, zonder dat daarvoor verbindingsdraden nodig zijn. Deze schakelingen zijn, net als de PIO, interfaces voor interfaces. De schakelingen maken gebruik van infraroodstraling om gegevens tussen de microcomputer en het te besturen apparaat uit te wisselen. Om het beknopt te houden, zal het bestuursapparaat als 'slaaf' worden aangeduid.

Voor de meeste toepassingsgebieden zal de slaaf een werkmodel of een robot zijn. Infrarood-besturing komt vooral van pas als het model moet bewegen. Het ontbreken van draadverbindingen geven het volledige bewegingsvrijheid. Zolang het model zich binnen het gezichtsveld van de infrarood-zender en -ontvanger van de microcomputer bevindt, wordt data met de microcomputer uitgewisseld en blijft het onder besturing van de microcomputer. Een mobiele robot (bijvoorbeeld een micro-muis) hoeft geen eigen microprocessor en geheugen mee te slepen, wat ruimte en gewicht uitspaart en wat de hoeveelheid opgenomen stroom aanzienlijk beperkt. Het gehele verwerkingsvermogen staat via de infrarood-verbinding ter beschikking. De robot heeft toegang tot een ruim aanbod van, op disk of tape opgeladen, programma's.

Het tweede belangrijke toepassingsgebied voor een infrarood-verbinding ligt bij het laten werken van een systeem voor het besturen en informatie verzamelen van vele verschillende apparaten die verspreid zijn door huis, fabriek of kantoor. Het leggen van kabels tussen de microcomputer en alle mogelijk aanwezige apparaten is kostbaar en onoverzichtelijk. Toevoegen van een nieuw apparaat betekent nieuwe kabels leggen. Verplaatsen van een apparaat betekent een gedeelte van de kabels verleggen. Sommige apparaten zijn misschien draagbaar en op verschillende tijden op verschillende plaatsen nodig. Draadverbindingen zijn dan niet praktisch. Elektro-magnetische interferentie geeft hier zeker problemen. Een netwerk van draden pikt deze storing gemakkelijk op en kan daardoor het besturingssysteem volledig in de war brengen. Bij een infrarood-verbinding zijn er alleen draden nodig tussen de microcomputer en een beperkt aantal zend-ontvangers en die zijn geplaatst in afdelingen waarin de meeste slaaf-apparaten voorkomen (afb. 17.1).

Signalen door de zender uitgestraald, worden door iedere slaaf ontvangen, maar een slaaf reageert pas op een signaal, als daarin de eigen groepscode is opgenomen. Omgekeerd kunnen signalen die door een bepaalde slaaf zijn uitgezonden de andere slaven niet beïnvloeden. Deze signalen zijn herkenbaar aan een code waardoor de computer weet met welke slaaf hij in verbinding staat.

Bij een dergelijk systeem gebruiken tientallen slaven een gemeenschappelijk zend-ontvanger. Op deze manier kunnen slaven worden toegevoegd of verwijderd, zonder dat iets anders dan de software hoeft te worden aangepast. De plaats van de slaaf kan naar willekeur worden gewijzigd (in feite kan de slaaf volledig mobiel zijn). Hiervoor hoeft noch de software noch de bedrading te worden veranderd.

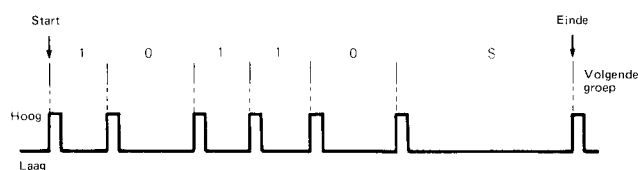


Afb. 17.1 - Het gebruik van infrarood licht om vele apparaten in huis te besturen.

De basis van de infrarood-verbinding is een signaleringssysteem dat bekend staat als PPM, Puls Positie Modulatie. Het coderen kan met behulp van eenvoudige programma's door de microcomputer worden gedaan. De slaven zijn voorzien van speciale codeer- en decodeer-IC's, waarmee ook de microcomputer kan werken.

In het hier beschreven PPM-systeem wordt digitale informatie overgedragen als een serie van zes pulsen. De informatie wordt gecodeerd door middel van de tijdsduur tussen de pulsen. De pulsen zelf hebben een vaste lengte (zie afb. 17.2).

Het laatste, voor synchronisatie bedoelde interval, S, geeft het einde van een groep pulsen aan.



Afb. 17.2 - De pulstrein voor de code-groep 10110. De verhouding tussen 1, 0 en S is 2:3:6, en de pulslengte van 1 is een-zesde van de lengte van een S.

Tabel 17.1 toont de manier waarop het decodeer-IC, type ML 922, reageert op 21 van de 32 mogelijke boodschappen.

Het hier beschreven systeem kan worden gezien als voorbeeld van het gebruik van de PPM. Deze schakelingen werken met een infrarood-verbinding, maar zijn aan te passen voor andere transmissie-methoden. Besturing met ultrasoon geluid of radiogolven zijn twee van zulke methoden. Optische glasfiber-technieken vallen hier ook onder en genieten in bepaalde situaties de voorkeur.

Het systeem bestaat uit vier eenheden die op diverse manieren kunnen worden gecombineerd, zoals afb. 17.3 laat zien. Bij (a) is de microcomputer voorzien van programma's om de code zelf te genereren. De LED-knipper-eenheid zendt de boodschap uit. De boodschap wordt opgevangen door een infrarood-fotodiode en aan een speciale voorversterker toegevoerd. De fotodiode en de voorversterker vormen samen de sensor-eenheid(ontvanger). De boodschap wordt vervolgens gedecodeerd door een speciale decodeer-IC. Het IC is voorzien van digitale uitgangen maar kan ook analoge uitgangen hebben. De digitale uitgangen worden gebruikt om lampen, motoren of verwarmingen aan- of uit te schakelen of om logische schakelingen te sturen. Interfaces worden op

Tabel 17.1 PPM-code groepen en de actie van het ML922-IC

Code	Actie
0000X	digitale uitgang = 0000
0001X	digitale uitgang = 0001
enz	
1010X	digitale uitgang = 1010
10100	verhoog analoge uitgang 1
10101	verhoog digitale uitgang met 1
10110	verhoog analoge uitgang 2
10111	verhoog analoge uitgang 3
11000	standby-code wordt laag en blijft laag tot een andere code wordt ontvangen
11001	Verander toestand van toggle-uitgang, op voorwaarde dat analoge uitgang 2 niet op laagste niveau is. Toggle-uitgang begint met 1 maar wordt 0 als analoge uitgang 2 laagste niveau bereikt.
11011	toggle-uitgang wordt 0, alle analoge uitgangen op 1,5 maal Iref.
11100	Verminder analoge uitgang 1
11101	Verminder digitale uitgang 1
11110	Verminder analoge uitgang 2
11111	Verminder analoge uitgang 3

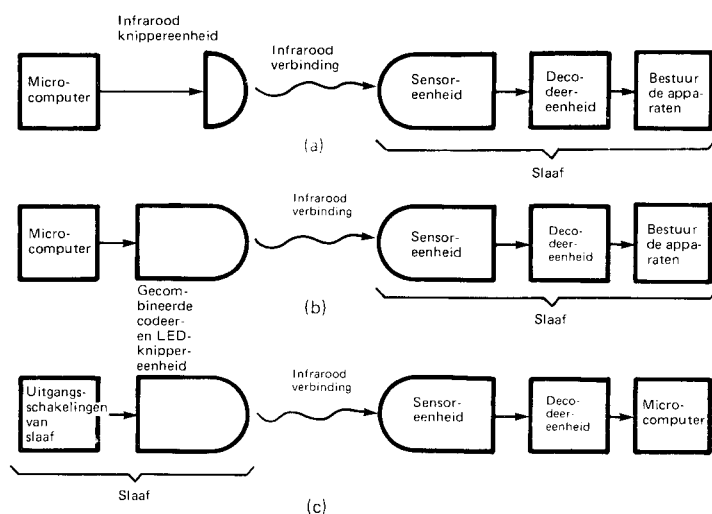
X=0 of 1; maakt geen verschil uit

dezelfde wijze op de digitale uitgangen aangesloten als op een PIO. De toggle-, standby- en puls-uitgangen worden op dezelfde manier gebruikt.

Alleen de analoge uitgangen van het IC type ML922 leveren een constante stroom, waarvan de grootte is te variëren in 32 stappen van 0 tot een maximale waarde I_{ref} . De waarde van I_{ref} wordt bepaald door de stroom die uit de I_{ref} -uitgang van het IC wordt betrokken. Door een weerstand aan te sluiten tussen elke analoge uitgang en 0 V wordt de stroom omgezet in een stapvormig verlopende spanning. Dit kan op dezelfde manier en voor dezelfde toepassingen worden gebruikt als de digitaal-naar-analoog omzetter in interface 11. Afb. 17.3b laat een soortgelijke opstelling zien waarbij de microcomputer een codeer-IC, type SL490, laat werken. Dit IC is voorzien van een eigen teller en logische schakelingen, waardoor het programma voor de microcomputer vrij eenvoudig kan blijven. Afb. 17.3c toont hoe informatie-overdracht plaats vindt tussen de computer en de slaaf. De te verzenden data, bijvoorbeeld een temperatuurmeting, wordt door het codeer-IC gecodeerd en verzonden via de infrarood-verbinding. De boodschap wordt door de sensor-eenheid (ontvanger) opgevangen, gecodeerd en aan de microcomputer doorgegeven.

De in de sensor-eenheid gebruikte voorversterker is gevoelig voor signaal-flanken. Zijn uitgang geeft aan het begin en aan het eind van elke puls een piek. Het voordeel hiervan is dat de uiteindelijke vorm van de ontvangen puls er niet toe doet.

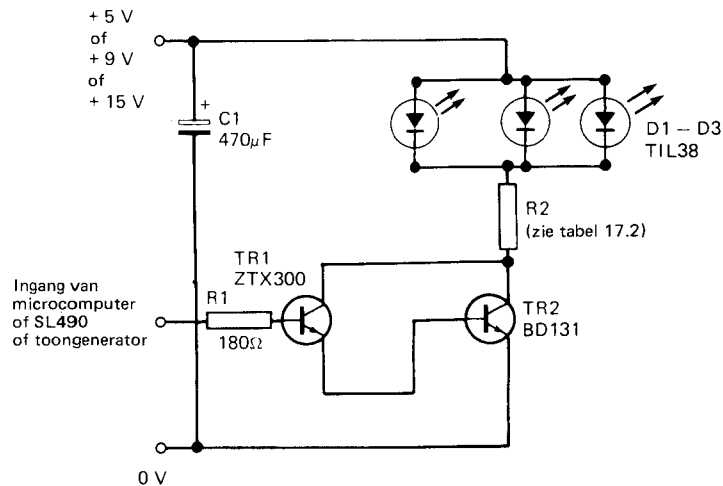
Interferentie en door de fotodiode opgevangen, omgevings-infrarode 'ruis' worden door de decodeer-schakeling genegeerd. De schakeling reageert alleen op het begin van iedere puls.



Afb. 17.3 - Infrarood-besturings-systemen.

De werking van de LED-knippereenheid

Deze schakeling bestaat uit twee transistoren die als darlington-paar zijn geschakeld om een hoge versterking te krijgen (afb. 17.4).



Afb. 17.4 - LED knipperschakeling.

Tr2 is een vermogenstransistor die tot 3A kan leveren. Elke infrarooddiode laat 150 mA door, wat de totale stroom op 450 mA brengt. Voorwaarde is dat de voedingslijn van deze eenheid goed wordt ontkoppeld van elke andere schakeling, die op dezelfde voeding is aangesloten. Hiervoor zorgt C1. Een van de verwarrende eigenschappen van het PPM-systeem is dat niet alle IC's op dezelfde voedingsspanning werken. Deze eenheid werkt op elk van de aangesloten voedingsspanningen. De waarde van R2 moet echter dienovereenkomstig worden gekozen. Niet alle LED's zullen nodig zijn, zeker niet als de te overbruggen afstand niet zo groot is.

Bij minder LED's zal ook R2 een andere waarde moeten hebben.

Tabel 17.2 Infrarood knipperenheid met PPM: waarden voor R2 in Ω

Aantal LED's	Voedingsspanning		
	5	9	15
1	2,2	6,8	15
2	1,0	3,3	6,8
3	1,0	2,2	4,7

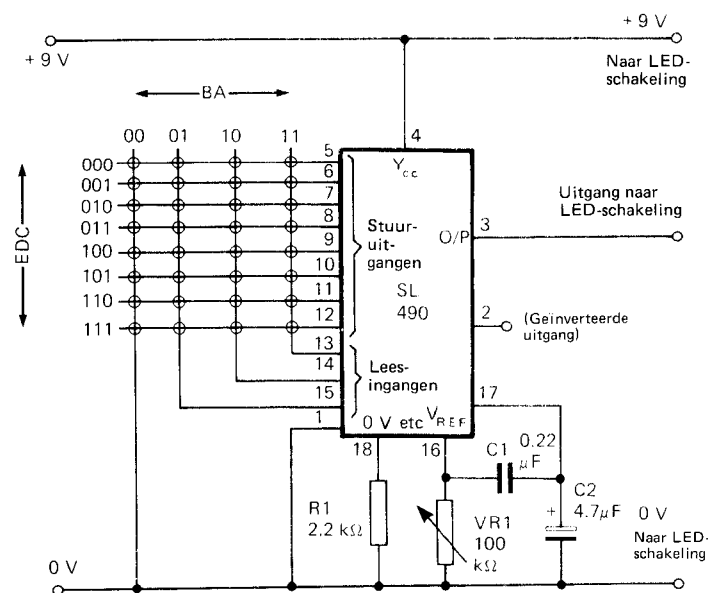
De bouw

Details over de bouw van de knippereenheid worden gegeven in samenhang met de bouw van de codeer-eenheid.

De werking van de codeer-eenheid

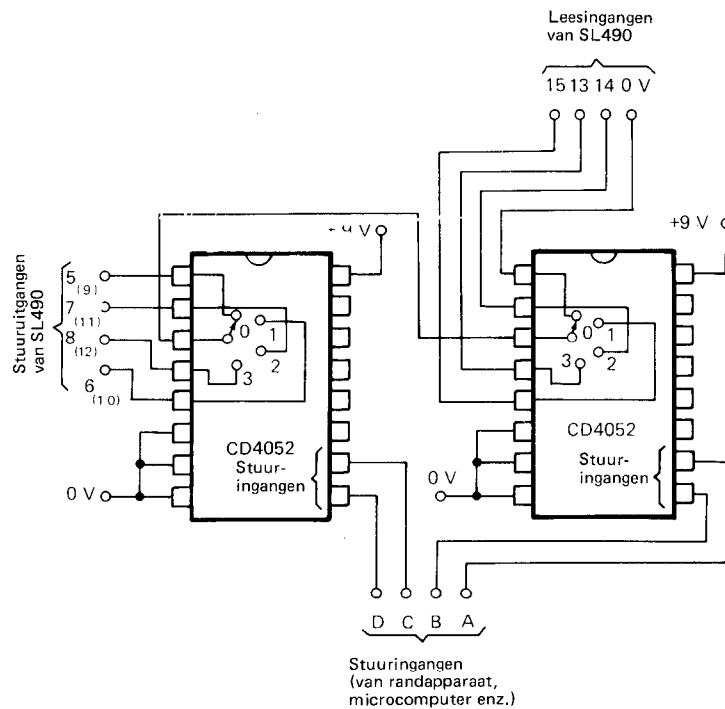
Het IC vereist externe componenten (VR1 en C1 in afb. 17.5) voor de oscillator, die de basis codeer-frequentie opwekt (pen 16, PPM-tijdconstante). Pen 17 levert een referentiespanning om de frequentie te stabiliseren. Welke code wordt gegenereerd, wordt bepaald door een verbinding te leggen tussen een stuur-ingang (pen 5 tot 12) en een lees-ingang (pen 13 tot 15 en 0 V). Om een signaal te laten beginnen wordt een stuur-ingang met een lees-ingang verboden. Met schakelaars, drukknoppen, relais-contacten of CMOS-schakelaars is een verbinding te maken. Het IC werkt op een 9 V-voeding en gebruikt erg weinig stroom in de ruststand. Een draagbare behuizing met een batterij-voeding en een toetsenbord als dat van een zakrekenmachine behoort tot de reële mogelijkheden. Zo werken ook afstandsbedieningen voor televisietoestellen.

Schakelaars en drukknoppen zijn geschikt voor handbediening. Veercontacten komen van pas bij modellen, thermostaten en soortgelijke



Afb. 17.5 - Codeer-schakeling. De cirkels op de snijpunten van de matrix stellen schakelaars, toetsen, relais-contacten of analoge CMOS-schakelaars voor (CD4066, enz).

mechanische randapparaten. Afb. 17.6 laat zien hoe met twee IC's, type CD4052, een elektronische 16-standen schakelaar is te realiseren. Met deze schakeling zijn de decodeer-IC's ML926, ML928 en ML929 te sturen, die slechts 16 verschillende signalen herkennen.

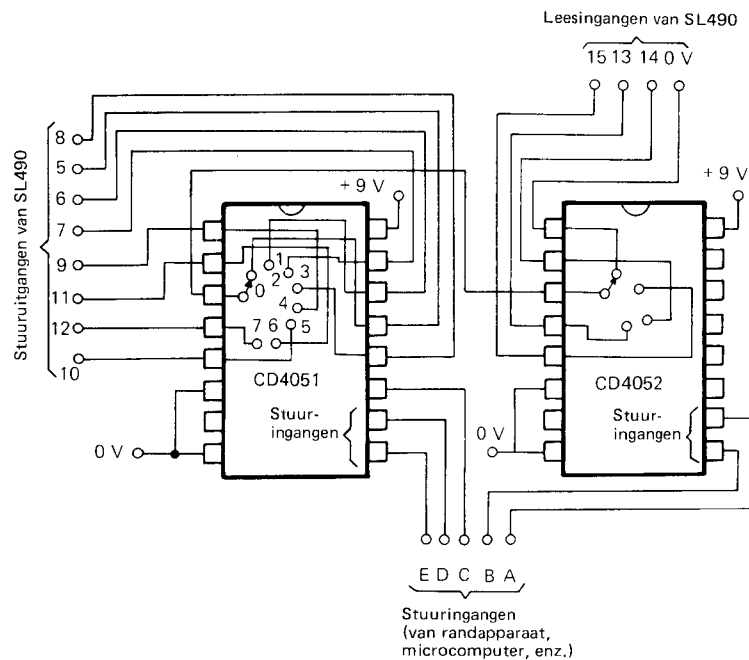


Afb. 17.6 - Gebruik van twee 1-uit-vier analoge schakelaars om het codeer-IC SL490 te sturen voor de codes 00000 tot 01111. Gebruik de aansluitpennen tussen haakjes voor de codes 10000 tot 11111. Van elk IC wordt maar een schakelaar benut.

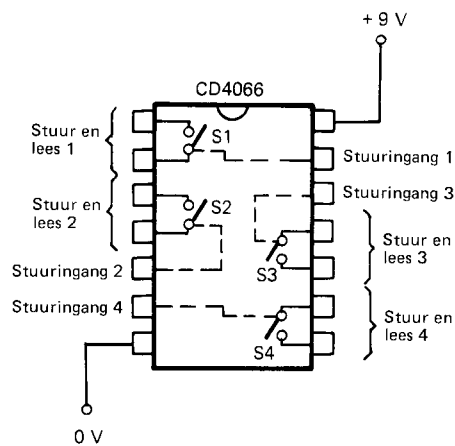
De schakeling in afb. 17.7 stuurt het IC ML922, wat 21 commando's herkent (tabel 17.1).

Als er maar een paar commando's nodig zijn, is de schakeling rond de CD4066 in afb. 17.8 een stuk eenvoudiger.

De uitgang van het IC SL490 kan worden gemoduleerd door geschikte onderdelen op pen 18 (draaggolftijdconstante) aan te sluiten. Er wordt dan een hoogfrequente modulatie gegenereerd, zoals bijvoorbeeld nodig is voor een ultrasone ontvanger. Raadpleeg de door de fabrikant gegeven specificaties daarvoor.



Afb. 17.7 - Gebruik van een 1-uit-acht analoge schakelaar om het codeer-IC SL490 te sturen voor de codes 00000 tot 11111.

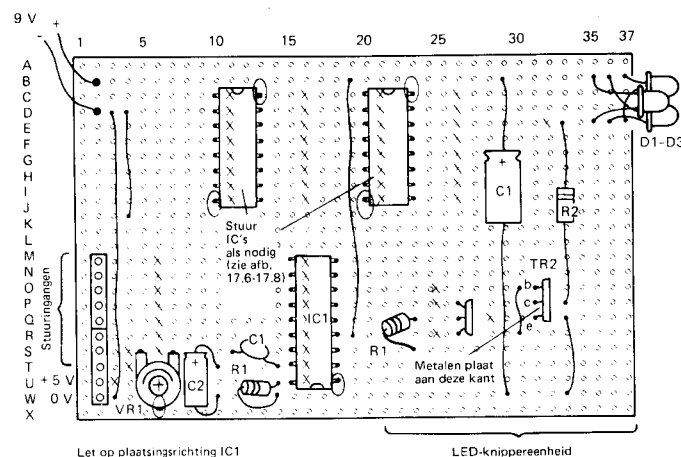


Afb. 17.8 - Gebruik van een IC met analoge schakelaars om het codeer-IC SL490 te sturen. De stuur-ingangen moeten hoog zijn om de schakelaar te sluiten. Verbind niet-gebruikte stuur-ingangen met 0 V.

De bouw

Afb. 17.9 toont hoe de codeer-eenheid op dezelfde printplaat is te plaatsen als de LED-knipper-eenheid. Een dergelijke printplaat kan in een kleine, met één hand vast te houden, behuizing worden geplaatst met bovenop een toetsenbord zoals een zakrekenmachine er uit ziet. De voeding is met een 9 V-batterij te realiseren. Eén batterij is voldoende als een enkele LED wordt gebruikt. Bij twee of meer LED's zijn zes staaf-batterijen nodig.

Op deze wijze is de computer en alles wat daarmee is verbonden, vanuit elke plaats in huis te sturen. Als de eenheid met een toetsenbord of met mechanische schakelaars wordt bediend, moeten de draden worden aangesloten aan de pennen M2 tot T2 en de pennen M22 tot Q22 (niet in de afbeelding getoond). Als niet alle commando's nodig zijn, moeten de niet-gebruikte stuur- en leesingen nergens mee worden verbonden. De ruimte aan de linkerbovenzijde van de printplaat is gereserveerd voor de analoge schakelaar-IC's, als voor een bediening met digitale signalen is gekozen. Het is natuurlijk mogelijk een aantal functies te laten verrichten met mechanische schakelaars en een aantal met digitale schakelaars. De condensator C1 dient om grote veranderingen in de voedingsspanning, die ontstaan bij het inschakelen van de LED's, te redu-



Afb. 17.9 - Codeer-eenheid met besturings-IC's en LED-knipper-eenheid. Verbindingen tussen ingangsconnector en besturings-IC's en tussen besturings-IC's en IC1 zijn niet getoond (raadpleeg hiervoor afb. 17.6 tot 17.8). Onderbreek de banen aan de onderzijde van de printplaat op E32, P25, Q25, R28, S25, T4, U4, V3 en de verticale kolommen N6 tot T6, N16 tot V16. Onderbreek ook op C11 tot J11, C16 tot J16, C21 tot J21 en C26 tot J26 als besturings-IC's worden gebruikt. Leg soldeerbruggen tussen W6 en X6, V18 en W18 en, als besturings-IC's worden gebruikt, B13 en C13, B23 en C23, J10 en K10, J20 en K20.

ceren. Monteer deze condensator op de aangegeven plaats, dus tussen de codeer-eenheid en de knipper-eenheid. Het aantal LED's is tot twee of één terug te brengen, zoals hiervoor is uitgelegd.

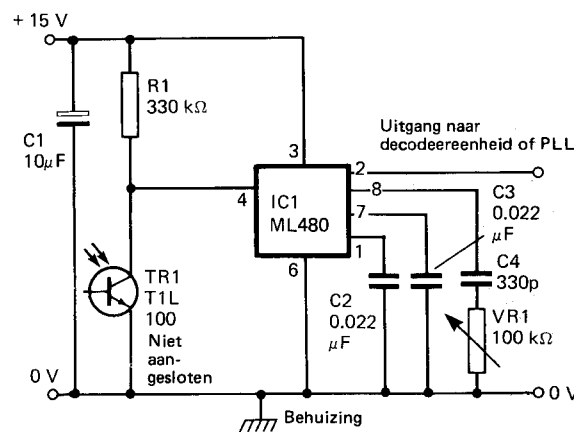
Bij toepassing van digitale signalen is het voor de hand liggend om ook de schakelingen die de CMOS-schakelaars bedienen, met 9 V te voeden. Als de sturingangen van TTL-schakelingen, die op 5 V werken, afkomstig zijn, wordt een weerstand (10 k Ω) tussen elke ingang en de 9 V-voedingslijn gezet.

Bouw de codeer-schakeling eerst. Een oscilloscoop is handig om de uitgang, pen 3, te testen. Deze uitgang is gewoonlijk laag, produceert groepen positieve pulsen als een sturingang met een leesgang wordt verbonden. Zolang stuur- en leesgang zijn verbonden, wordt dezelfde groep pulsen herhaald met tussenpozen van 6 ms. Als de verbinding tussen stuur- en leesgang tijdens het uitzenden van een groep wordt verbroken, dan wordt de aanwezige pulstrein toch nog volledig uitgezonden. Als gekozen is voor stuur-IC's wordt nu dit deel van het apparaat samengesteld. Bouw als laatste de LED-knipper-eenheid. Het testen wordt uitgesteld tot de versterker-eenheid klaar is.

De werking van de sensor-eenheid

De sensor-eenheid is gebouwd rond een fototransistor die gevoelig is voor licht in het infrarode gebied. De basis is nergens mee verbonden en een aansluitdraad ontbreekt. Aan de collector is een speciaal versterker-IC verbonden (afb. 17.10).

Dit IC bevat drie versterkingstrappen. De drie condensatoren C2, C3 en C4, zijn onderdelen van laagdoorlaat-filters, één achter elke trfap. De lagere frequenties worden uit het signaal gefilterd en afgetrokken van het



Afb. 17.10 - Schakeling van infrarood sensor-eenheid.

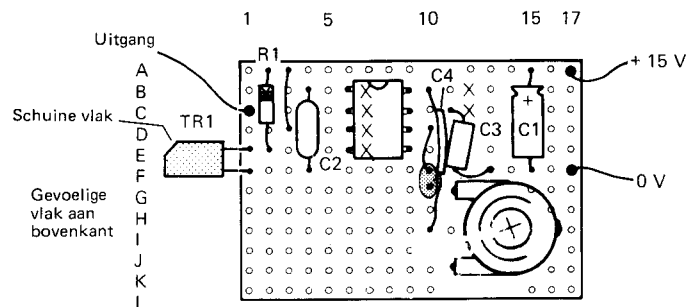
oorspronkelijke signaal, zodat alleen de hoogfrequente componenten uit het signaal door elke trap worden versterkt. Zodoende reageert de versterker alleen op hoogfrequente signaalpulsen en vertoont vrijwel geen wijziging als de hoeveelheid, op TR1 vallende straling, langzaam veranderd. De schakeling is dus ongevoelig voor veranderingen die ontstaan door het aanzetten van verlichting of verwarming en de variaties in gereflecteerde straling ten gevolge van door de kamer bewegende mensen.

Snelle veranderingen, zoals die door de PPM-zender worden geproduceerd, resulteren in scherpe piek-signalen op de uitgang van het IC. Een snel veranderend zwak signaal brengt een bijna even groot effect teweeg als een sterk signaal, omdat het patroon van de snelheidsveranderingen van meer belang is dan het signaalniveau. Het resultaat is een maximaal bereik en ongevoeligheid voor interferentie.

De bouw

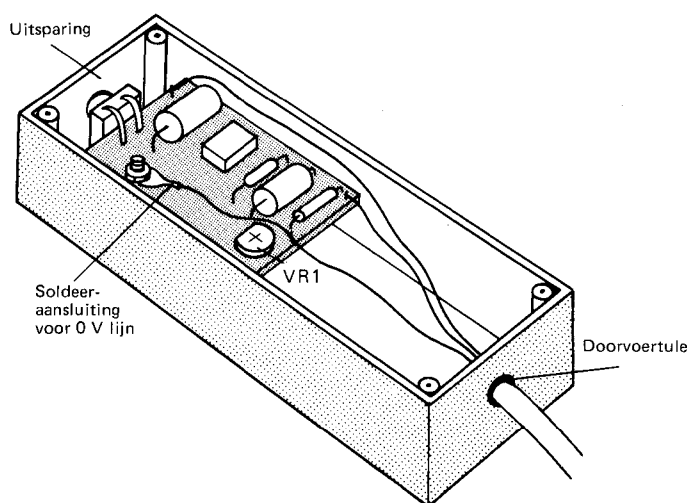
De onderdelen worden op een kleine printplaat geplaatst (afb. 17.11), zodat de eenheid in een kleine metalen behuizing (afb. 17.12) past.

De behuizing dient tevens als afscherming voor interferentie. De printplaat is vastgezet met een enkele schroef en moer, met een soldeerlip onder de moer om de behuizing te kunnen aarden. In de uitsparing kan een infrarood-filter worden geplaatst. In het deksel is een gat geboord om met een schroevendraaier VR1 te kunnen afregelen. Deze behuizing kan op enige afstand van de microcomputer worden afgesteld. De signalen worden in de ene kamer opgevangen en doorgegeven aan de, in een andere kamer opgestelde, microcomputer (zoals in afb. 17.1 is getoond). Als dat beter uitkomt, kan de sensor-eenheid samen met de decodeerschakeling op één printplaat worden geplaatst, maar een volledige afscherming blijft nodig.



Afb. 17.11 - Layout van de printplaat voor de infrarood sensor-eenheid. Onderbreek de banen aan de onderzijde van de printplaat op B2, B7, B12, C7, C12, D7, D12, E7 en E12. Leg soldeerbruggen tussen F10 en G10.

In afb. 17.11 is te zien dat de aansluitdraden van TR1 90° zijn omgebogen, in het verlengde van de printplaat, zodat het gevoelige gedeelte omhoog wijst. Als de behuizing van afb. 17.12 is toegepast, worden de aansluitdraden nog verder omgebogen. Het gevoelige gedeelte is dan van de printplaat afgericht, zodat de straling via een uitsparing in de wand is te ontvangen. De transistor is ook gevoelig voor zichtbaar licht. Een filter dat de infrarood-straling doorlaat maar zichtbaar licht absorbeert, is in de uitsparing te monteren. Dit maakt de schakeling minder gevoelig voor plotselinge veranderingen in de verlichting. Geschikte filters zijn de Kodak filters type 87 en 87C, die bij de fotohandel zijn te verkrijgen. De gevoeligheid wordt met VR1 ingesteld. Draai VR1 volledig tegen de klokrichting in voor maximale gevoeligheid.

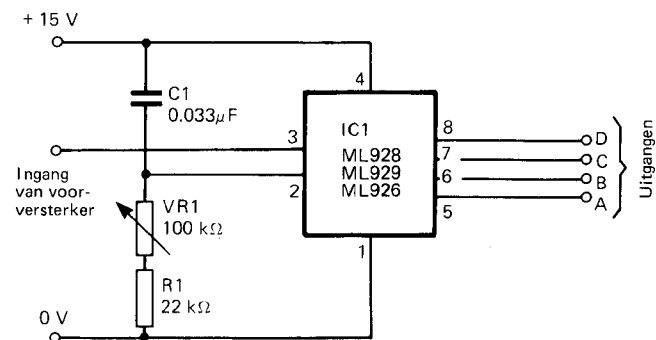


Afb. 17.12 - Suggestie voor het plaatsen van de voorversterker in een aluminium behuizing.

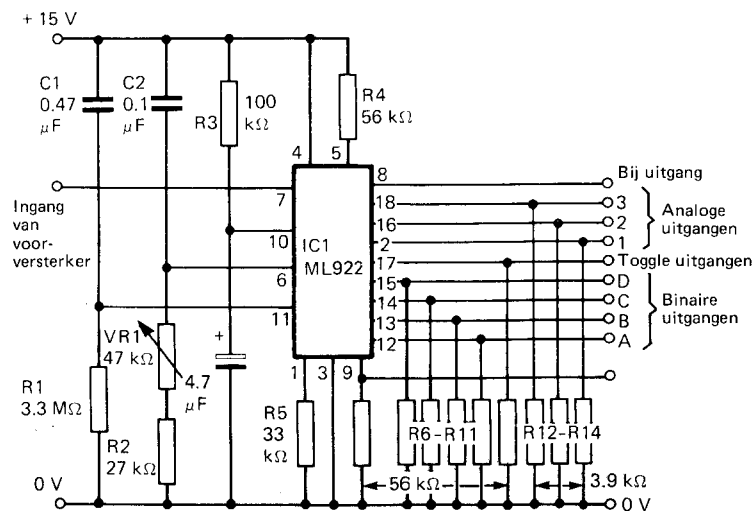
De werking van de decodeer-eenheid

De eenvoudige decodeer-schakeling is in afb. 17.13 te zien. Deze schakeling wordt toegepast voor de IC's met de typenummers ML926, ML928 en ML929. Deze IC's hebben elk vier ingangen. De ML928 reageert alleen op de code-groepen die met een 0 beginnen. Als een dergelijke groep is ontvangen, krijgen de uitgangen A tot D de waarden van de bits A tot D. Als dus de groep 01010 is, worden uitgangen A en C laag en uitgangen B en D hoog. Als de groep 11010 is, reageren de uitgangen niet. De uitgangen houden hun oude waarden tot een nieuwe code-groep is ontvangen.

Het IC bevat een oscillator, waarvan de frequentie met VR1 wordt afge-
regeld. De tijdsafhankelijke acties worden hiermee geregeld, zodat het
IC kan reageren op de intervallen tussen de pulsen die van de zender af-
komen.



Afb. 17.13 - Decodeer-schakeling rond de IC's ML926, 928 en 929.

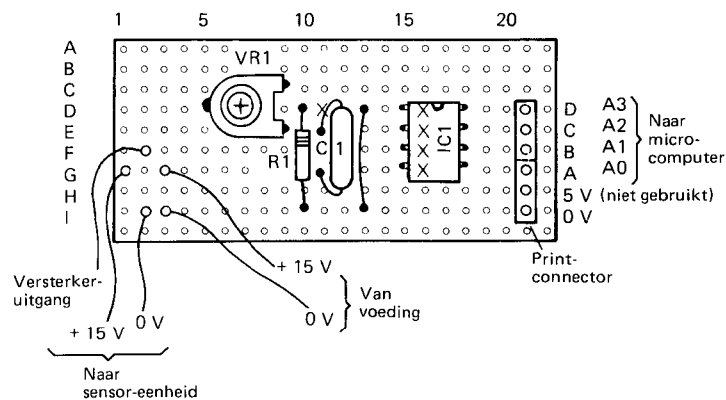


Afb. 17.14 - Decodeer-schakeling rond het IC ML922.

Het andere decodeer-IC dat in dit systeem is te gebruiken heeft het type-nummer ML922.

Dit IC is van zowel digitale als van analoge uitgangen voorzien (raadpleeg tabel 17.1). De schakeling in afb. 17.14 toont hoe dit IC wordt gebruikt. Er zijn drie combinaties van externe weerstanden en condensatoren nodig voor de tijdsbepaling. R1 en C1 bepalen de staptijdconstante. Dit is de snelheid waarmee de uitgangen A tot D van de ene binaire waarde naar de volgende gaan als de code-groepen 10101 of 11101 zijn ontvangen. R2 en C2 regelen de decodeer-snelheid van het IC. Deze snelheid, die synchroon moet lopen met die van de zender, wordt afgeregeld met VR1. Met R3 en C3 wordt de vertragsperiode ingesteld waarna het IC na het inschakelen, begint te werken; gewoonlijk is dit 2 s. De weerstand R5 legt de waarde van I_{ref} vast, zoals enige bladzijden terug is besproken.

De layout voor de printplaat van de eenvoudige decodeerschakeling (in afb. 17.13 getoond) is in afb. 17.15 gegeven.



Afb. 17.15 - Layout van de printplaat voor de decodeer-eenheid. Onderbreek de banen aan de onderzijde van de printplaat op D11, D16, E16, F16 en G16.

Afregelen van het PPM-systeem

Plaats de zender-eenheid (afb. 17.9) aan de ene kant van de kamer met de LED's gericht op de sensor-eenheid aan de andere kant van de kamer. Een oscilloscoop is vrijwel onmisbaar voor het afregelen van het systeem. Zonder oscilloscoop is wel een bevredigende werking te verkrijgen, maar dat zal veel gokken en experimenteren vereisen.

Schakel de zender-eenheid in en verbind pen 4 van het codeer-IC met de 0 V-lijn. Daardoor wordt continu de code 00000 uitgezonden. Bekijk dit signaal op de uitgang (pen 3) met de oscilloscoop. Regel VR1 zo af dat de duur van een '0' interval 10 ms bedraagt (of de tijdsduur waartoe

is besloten). Dit is de tijdsduur tussen het begin van een puls en het begin van de volgende (raadpleeg afb. 17.2).

Schakel nu, terwijl de zender nog steeds werkt, de sensor-eenheid in. De pulsen moeten op de uitgang van de voorversterker duidelijk te zien zijn. De versterking van de versterker kan nu zo worden afgeregeld dat een maximaal verschil tussen pulsen en ruis wordt verkregen. Verbind de oscilloscoop met de oscillator-tijdconstante pen (pen 2 bij de ML926, ML928 en ML929; pen 6 bij de ML922). Regel de weerstand zo af dat de oscillatie-periode eenveertigste bedraagt van de duur van het '0' interval.

De mogelijkheid om de duur van het '0'-interval en de overeenkomstige periode van de oscillator te kiezen, houdt in dat twee infrarood-verbindingen tegelijk en onafhankelijk van elkaar kunnen werken. De enige voorwaarde is dat de frequenties zo worden gekozen dat de periode tussen twee pulsen in het ene systeem volledig buiten het bereik van de periode in het andere systeem ligt. Hiermee wordt het toepassingsgebied van de PPM-methode flink vergroot.

Een ingewikkelder systeem kan met een frequentie werken om een bepaalde slaaf te activeren en een tweede frequentie om de slaaf te vertellen wat er gedaan moet worden. De decodeer-eenheid bevat twee decodeer-schakelingen, die ieder op de sensor-eenheid zijn aangesloten. De eerste decodeer-schakeling reageert op het eerste signaal door de slaaf te activeren. Daarmee kan een van maximaal 32 slaven in werking worden gebracht. Vervolgens wordt een tweede signaal uitgezonden, maar met een afwijkende duur van het '0'-interval. Het tweede signaal wordt gedecodeerd door de tweede decodeer-schakeling van een geactiveerde slaaf, die alleen gevoelig is voor de tweede frequentie. Dit kan een commando voor de geactiveerde slaaf zijn om een opdracht uit te voeren.

Gebruik van het systeem

Het hier beschreven systeem kent zoveel verschillende gebruiksmogelijkheden dat het geen zin heeft ze hier te beschrijven. Na het lezen van dit boek zal het wel duidelijk zijn dat er zeer veel methoden zijn om contact te leggen tussen een microcomputer en de buitenwereld. Op welke manier interfaces op de microcomputer worden aangesloten, zowel direct als met een PIO, is ruim aan bod gekomen. Het infrarood-systeem dient ter vervanging van de draadverbindingen tussen de microcomputer en de randapparaten.

Het programmeren kan een ingewikkelde zaak worden, zeker als er veel slaven, die allemaal op hetzelfde moment met de microcomputer moeten kunnen "praten", in het systeem zijn opgenomen. Het uitzoeken van dit soort problemen is een onderdeel van het genoeg dat programmeren oplevert. Hopelijk zullen de in dit hoofdstuk beschreven apparaten te pas komen om zoveel mogelijk nut en plezier van de microcomputer te hebben.

Benodigde onderdelen voor de LED-knipperenheid

Weerstanden

R1 180 k Ω
R2 zie tabel 17.2

beide koolweerstanden, 0,25 W, 5%

Condensator

C1 470 μ F, elektrolyet

Halfgeleiders

D1 - D3 TIL38, infrarood-diode (1, 2 of 3 stuks)
TR1 ZTX300, npn-transistor
TR2 BD131

Diversen

Gaatjesprint (deel van andere eenheid) verbindingsdraad, soldeer

Benodigde onderdelen voor de codeer-eenheid

Weerstanden

R1 2,2 k Ω , koolweerstand, 0,25 W, 5%
VR1 100 k Ω , miniatuur instelweerstand, horizontaal

Condensatoren

C1 0,22 μ F, polyester
C2 4,7 μ F, elektrolyet

Geïntegreerde schakelingen

IC1 SL490, codering voor afstandsbesturing
IC2-IC3 CD4052BE of CD4051BE of CD4066BE (indien nodig, zie tekst)

Diversen

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, 85 mm $\times$ 47 mm
18-pens IC-voet, dil
16-pens IC-voet, voor eventuele besturende IC's
drukknoppen
schakelaars
toetsenbord, indien voor bediening noodzakelijk
5-pens printconnector (2 stuks)
verbindingsdraad
soldeer

Benodigde onderdelen voor sensor-eenheid

Weerstanden

R1 330 k Ω , koolweerstand, 0,25 W, 5%
VR1 100 k Ω , miniatuur instelweerstand, horizontaal

Condensatoren

C1 10 μ F, elektroliet
C2,C3 2200 pF, polystyreen
C4 330 pF, polystyreen

Halfgeleider

TR1 TIL100, infrarood-transistor

Geïntegreerde schakeling

IC1 ML-480, voorversterker

Diversen

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, 44 mm $\times$ 32 mm
8-pens IC-voet, dil
1,0 mm aansluitpennen (3 stuks)
Metalen behuizing, bijvoorbeeld aluminium met buitenmaten 89 mm $\times$ 39 mm $\times$ 30 mm
Kleine doorvoertule
6BA schroef en moer (3 maal)
borgring
soldeeraansluiting
verbindingsdraad
soldeer

Benodigde onderdelen voor de decodeer-eenheid

(Zoals in afb. 17.15; zie afb. 17.14 voor de benodigde onderdelen bij de ML922, wat sterk zal afhangen van de gebruikte uitgangen.)

Weerstanden

R1 22 k Ω , koolweerstand, 0,25 W, 5%
VR1 100 k Ω , miniatuur instelweerstand, horizontaal

Condensator

C1 3300 pF, polystyreen

Geïntegreerde schakeling

IC1 ML926, ML928 of ML929 decodeer-IC

Diversen

Gaatjesprint met 2,5 mm matrix, 56 mm × 24 mm

8-pens IC-voet, dil

3-pens printconnector (2 stuks)

1,0 mm aansluitpennen (5 stuks)

verbindingsdraad

soldeer

INDEX

(verwijzingen naar origineel!)

Analoog - 24, 76-78, 126
Analoge schakelaars - 130, 131
Analoog-naar-digitaal conversie - 24, 41

Buffer-IC's - 50

CMOS voorzorgen - 12
Coderen (PPM) - 129
Constance stroombron - 18, 25

Decoderen - 65-67, 95, 135, 136
Digitaal-naar-analoog omzetting - 25, 76, 77, 126, 127
Digitale versterker - 65
Digitale grootheid - 24

EPROM - 94, 101, 106, 107

Flatcable - 14
Flip-flop - 12
Fototransistor - 11, 118
Fouten - 59, 60

Geheugen - 63
Geheugen, zie EPROM, RAM, ROM
Geluidseffecten - 63, 68-70, 80

Interrupts - 17
IRQ - 17

Microcomputer - 9
Microprocessor - 9
Motoren, besturen - 78, 80, 81

NMI - 17

Operationele versterker - 36

Parallele interface - 9, 94

Phase-locked Loop - 77

PIO, zie parallele interface

PPM, zie Puls-positie-modulatie

Puls-positie-modulatie - 125, 126

Puls-code groepen - 126

RAM - 9, 94, 100, 101, 106

Randapparaat - 9

Ruisgenerator - 87

ROM - 9, 106

Schmitt-trigger - 19

Seriële interface - 9, 83, 84

Spanningsgestuurde oscillator - 77, 86

Spannings-sensor - 41

Tri-state uitgang - 104

Voeding - 10, 13

VCO, zie spanningsgestuurde oscillator

Werkwijze-definitie codes van PIO - 103