

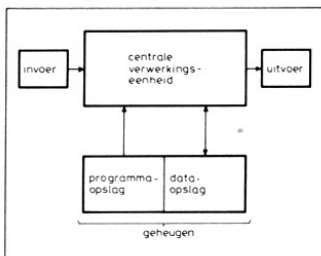
Alles over EPROM's

H. J. C. OTTEN

Het venstertje, waardoor men duidelijk duizenden transistoren kan zien, geeft al een verschil aan met andere IC's. Het zijn echter de niet zo duidelijk zichtbare eigenschappen, die EPROM's vrijwel onmisbare bouwstenen laten zijn. Eveneens is aan de buitenkant van de vrijwel identieke IC's niet te zien wat de verschillen bij het programmeren zijn.

Een gangbare computer is, zoals bekend zal zijn, samengesteld uit een centrale verwerkings-eenheid, de in- en uitgangspoorten en het geheugen. Deze samenstelling van een computer is wel bekend als het principe van Von Neumann (zie afb. 1). Het geheugen is onderverdeeld in een geheugen met een veranderlijke inhoud en een onveranderlijke inhoud. In het te veranderen ge-

Afb. 1 Het principe van Von Neumann, volgens welke bijna alle hedendaagse computers zijn gebouwd.



RB ELEKTRONICA
COMPUTERS

heugengedeelte worden de variabele gegevens opgeslagen, in het onveranderlijke gedeelte in het algemeen de programma-instructies.

In de eerste computers werden voor beide gedeeltes magnetische ringkerngeheugens gebruikt. Door de ringkernen te magnetiseren wordt de informatie erin opgeslagen. Ook zonder voedingsspanning blijft deze behouden. Bij de invoering van de micro-elektronica werden de halfgeleidergeheugens steeds meer toegepast.

Het meest bekende type geheugen-IC met onveranderlijke inhoud is de EPROM, wat de afkorting is van Erasable Programmable Read Only Memory. In het Nederlands vertaald wordt dit zoiets als Wisbaar (opnieuw) Programmeerbaar Alleen Lezen Geheugen.

De laatste jaren is de ontwikkeling van de halfgeleider techniek stormachtig verlopen. Met nieuwe produktietechnieken voor steeds fijnere structuren kan de geheugencapaciteit steeds maar toenemen. De kanaalbreedte van MOS-structuren bereiken langzamerhand 2 µm en nog minder. Een verkleining van de structuur heeft, naast een hogere dichtheid, ook het voordeel dat een snellere toegangstijd voor de gegevens wordt bereikt.

Een op het moment, vanwege de gunstige prijs, veel gebruikte EPROM is het type 2716. De beschikbare geheugencapaciteit is af te leiden uit de laatste twee cijfers: 16. Deze twee getallen geven aan dat de EPROM beschikt over 16K, dit zijn 16384 geheugencellen. De geheugencellen zijn georganiseerd in groepen

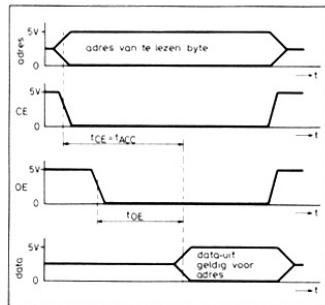
van bytes (met acht geheugencellen per byte), zodat in het EPROM-type 2716 2 Kbytes of 2048 bytes beschikbaar zijn. Andere belangrijke typen EPROM's hebben de nummers 2732, 2764, 27128, 27256 en 27512 gekregen. Net als bij de 2716 is de geheugencapaciteit af te leiden uit de cijfers achter de twee cijfers 2 en 7. Daaruit blijkt dat we te maken hebben met EPROM's met respectievelijk 4, 8, 16, 32 en 64 Kbytes aan geheugencapaciteit.

Betekenis van de pennen

De fabrikanten hebben getracht door een relatief eenduidige betekenis van de aansluitpennen een bepaald halfgeleidergeheugen te kunnen vervangen door andere typen. Zodoende kunnen EPROM's, statische en pseudostatistische RAM's en EEPROM's, elektrisch wisbare EPROM's (Electrical Erasable and Programmable Read Only Memory) worden verwisseld.

Twee belangrijke systeemfuncties moeten eerst worden besproken. Ten eerste CE (Chip Enable, actief als deze ingang laag is). Deze functie is toebedacht aan pen 18. CE dient om het IC, als het IC niet wordt benaderd (stand-by), met weinig stroom te voeden en daarmee het opgenomen vermogen te beperken. Als CE wordt geactiveerd, worden de aangeboden adreslijnen gedecodeerd en de inhoud van de gekozen geheugencellen komt op de data-uitgangen via de uitgangsschakeling beschikbaar.

De tweede systeemfunctie betreft de aansluiting met de naam OE (Output Enable, actief als deze ingang laag is). Deze aansluiting vinden we bij alle EPROM's op pen 20. Met OE wordt de uitgangsschakeling aan- en uitgezet. CE is belangrijker dan OE: als CE niet actief is, worden de uitgangen hoogohmig, onafhankelijk van de toestand van OE. Voor de meeste EPROM's geldt dat de toegangstijd korter wordt als CE voortdurend actief wordt



Afb. 2 Tijdsdiagram voor het lezen van een byte uit een EPROM.

gehouden en OE wordt verbonden met het READ-signaal van de microprocessor. Vaak wordt echter het CE uit de adresdecodering afgeleid, zodat een stroombesparing wordt bereikt als de EPROM niet wordt benaderd. Het verband tussen OE, CE en de data- en adreslijnen worden duidelijk gemaakt in het tijdsdiagram van afb. 2. Voor een EPROM met een toegangstijd (t_{acc} , gelijk aan t_{ce} van 300 ns) geldt dat t_{oe} ongeveer 120 ns bedraagt. Natuurlijk blijft gelden dat de adreslijnen 300 ns geldig moeten zijn voordat de data Geldig verschijnt. De andere pennen van de EPROM's worden gebruikt voor adres-ingangen (A0 tot A7 voor bijvoorbeeld een 2716), data-uitgangen (O0 tot en met O7), programmeerpennen (V_{pp} , PGM), de al genoemde systeemfuncties OE en CE en de voedingsspanningen +5 en 0 V.

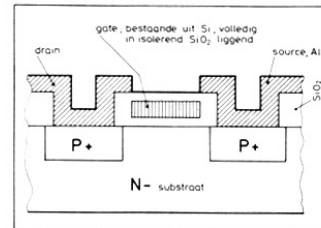
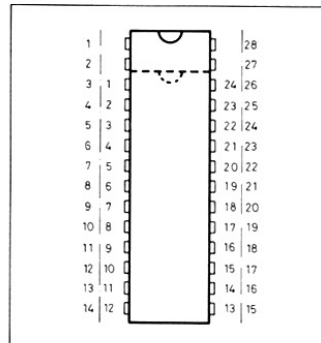
Afb. 3 en tabel 1 laten van de hier besproken typen de betekenis van de pennen zien.

Technische grondslagen

EPROM-IC's zijn in MOS-techniek uitgevoerd. De geheugencel zelf bestaat uit twee NMOS-transistoren, zoals in afb. 4 getoond. De linkse transistor is voor het aanspreken van de informatie-dragende transistor. De rechtse transistor is als FAMOS-transistor geschakeld. FAMOS is de afkorting van Floating Avalanche Injection MOS. De poort is volledig in het siliciumdioxide opgenomen en daardoor geheel geïsoleerd.

Door het aanleggen van een, ten opzichte van de voedingsspanning, vrij hoge spanning tussen

Afb. 3 Overzicht van de aansluitingen van de in dit artikel besproken EPROM's.



Afb. 4 Geheugencel in een EPROM met een FAMOS-transistor.

poort en substraat worden ladingsdragers door het zogenoemde lawine-effect (avalanche) op de poort aangebracht. Door de uitstekende isolerende eigenschappen van siliciumdioxide wordt het wegvloeden van de lading op de poort bijna volledig verhinderd. Op deze wijze blijft de geprogrammeerde toestand enige jaren behouden.

De enige mogelijkheid om deze geprogrammeerde toestand te veranderen is het verwijderen van de lading op de poort. Door een intensieve bestraling met ultravioletlicht is dit te bereiken. Het licht kan de EPROM bereiken door het UV-licht doorlatende deksel van kwarts. Bij de bestraling wordt een foto-elektrische stroom opgewekt, waardoor de lading van de poort weglekt.

De tot nu toe toegepaste techniek bij de fabricage van EPROM's is dezelfde als die voor microprocessoren. De NMOS-techniek overheerst daarbij. Intel heeft nu voor de modernste

Tabel 1

27512	27256	27128	2764	2732	2716	2716	2732	2764	27128	27256	27512
A ₁₅	V _{pp}	V _{pp}	V _{pp}					+5 V	+5 V	+5 V	+5 V
A ₁₂	A ₁₂	A ₁₂	A ₁₂					PGM	PGM	A ₁₄	A ₁₄
A ₇	A ₇	A ₇	A ₇	A ₇	A ₇	+5 V	+5 V	NC	A ₁₃	A ₁₃	A ₁₃
A ₆	A ₆	A ₆	A ₆	A ₆	A ₆	A ₈	A ₈	A ₈	A ₈	A ₈	A ₈
A ₅	A ₅	A ₅	A ₅	A ₅	A ₅	A ₉	A ₉	A ₉	A ₉	A ₉	A ₉
A ₄	A ₄	A ₄	A ₄	A ₄	A ₄	V _{pp}	A ₁₁	A ₁₁	A ₁₁	A ₁₁	A ₁₁
A ₃	A ₃	A ₃	A ₃	A ₃	A ₃	OE	OE/V _{pp}	OE	OE	OE	OE/V _{pp}
A ₂	A ₂	A ₂	A ₂	A ₂	A ₂	A ₁₀	A ₁₀	A ₁₀	A ₁₀	A ₁₀	A ₁₀
A ₁	A ₁	A ₁	A ₁	A ₁	A ₁	CE	CE/PGM	CE	CE	CE/PGM	CE/PGM
A ₀	A ₀	A ₀	A ₀	A ₀	A ₀	O ₇	O ₇	O ₇	O ₇	O ₇	O ₇
O ₀	O ₀	O ₀	O ₀	O ₀	O ₀	O ₆	O ₆	O ₆	O ₆	O ₆	O ₆
O ₁	O ₁	O ₁	O ₁	O ₁	O ₁	O ₅	O ₅	O ₅	O ₅	O ₅	O ₅
O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₄	O ₄	O ₄	O ₄	O ₄	O ₄
						O ₃	O ₃	O ₃	O ₃	O ₃	O ₃

typen gebruik gemaakt van de H-MOS-E-techniek om nog fijnere structuren te kunnen maken. Voor de typen 27256 en 27512 spreekt Intel zelfs van HMOS-EII. De trend is ook bij EPROM's echter naar de CMOS-techniek gericht, vanwege het lage opgenomen vermogen en de verminderde gevoeligheid.

Als voorbeeld voor het verschil in opgenomen vermogen is het CMOS-EPROM-type R87C64 van Rockwell geschikt. In actieve toestand bedraagt het opgenomen vermogen 80 mW, in rusttoestand slechts 525 μ W. Daar staat tegenover het al in rusttoestand opgenomen vermogen van 75 mW van het overeenkomstige in NMOS uitgevoerde type R2764.

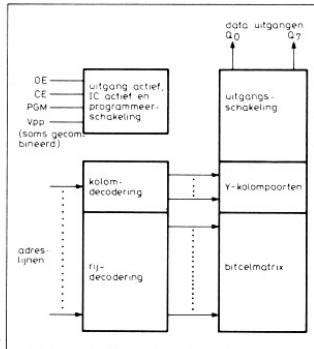
Op het moment zijn EPROM's in CMOS echter nog te duur en slecht leverbaar.

Organisatie

Als men over de organisatie van een geheugenbouwsteen spreekt, dan bedoelt men het aantal adreslijnen om de geheugencellen te selecteren en het aantal bits dat per adres is opgeslagen. Zo bevat EPROM-type 2716 in totaal 16384 geheugencellen, die georganiseerd zijn als 2048×8 bit.

Toegang tot een geheugencel wordt verkregen door een adres aan te bieden. Om het aantal adreslijnen te beperken worden de geheugencellen in de vorm van een vierkante matrix georganiseerd (zie afb. 5).

De plaats van een geheugencel wordt eenduidig bepaald door een rijnummer X en een kolomnummer Y. Door gelijktijdig de rij- en de kolomleiding te activeren wordt de geheugencel geactiveerd. Een verdere reductie van het aantal leidingen om een geheugencel te activeren wordt bereikt door het gebruiken van decodeerschakelingen. Zo wordt bijvoorbeeld bij een EPROM-type 2716 van de 12 adreslijnen door decoderen 64 rij- en 64 kolmsignalen afgeleid. Naast de



Afb. 5 Blokschema van de organisatie van een EPROM.

decodering zijn ook de logische schakelingen voor selectie en activeren van de uitgangsschakelingen in afb. 5 getoond.

Om een grote geheugencapaciteit te bereiken worden in het algemeen meerdere geheugenbouwstenen samen aan de databus van 8 bit gelegd. De uitgangsschakelingen zijn daartoe zo ontworpen dat ze in een hoogohmige toestand kunnen worden geschakeld. Deze mogelijkheid noemt men een „tri-state“-uitgang, want de uitgang kan naast laag en hoog ook in een derde, hoogohmige toestand verkeren.

De selectie-ingangen zijn voldoende in deze toepassing. Bij EPROM's zijn er in het algemeen aansluitingen die voor meerdere doeleinden worden gebruikt, zoals aan- en uitschakelen van de uitgangsschakelingen, het programmeren en voor de programmeerspanning.

Wissen

Zoals reeds is vermeld, wordt het wissen van een EPROM verzorgd door een bestraling met ultravioletocht. Om aan de ene kant zeker te zijn van volledig wissen en aan de andere kant niet te lang de EPROM blootstellen aan de bestraling, moet men zich aan een aantal voorschriften houden. De UV-bron moet licht met een bepaalde golflengte uitzenden, en wel 253,7 nm. De stralings-

dichtheid zal minimaal 15 Ws/cm² moeten zijn. Bij deze vereisten bedraagt de tijd die nodig is om een EPROM volledig te wissen ongeveer 15 tot 20 minuten. Deze tijden kunnen echter toenemen als de EPROM verouderd. UV-lampen met een vermogen van 12 mW/cm² zijn geschikt.

Een tweede criterium voor een goed verlopend wissen van de EPROM is de afstand tussen EPROM en UV-bron. Ongeveer twee tot drie centimeter is aan te raden. Er zijn diverse wisapparaten voor EPROM's op de markt, die aan deze eisen voldoen en meestal alleen verschillen in bedieningsgemak, zoals de mogelijkheid om meerdere EPROM's tegelijk te wissen.

Zonlicht en sommige kunstlichtlampen bevatten licht met een golflengte, die een niet gewenst wissen van de EPROM kunnen veroorzaken. Bij zonlicht kan dit al na een week het geval zijn. Daarom is het aan te raden over het lichtvenster een etiket te plakken, dat tevens kan worden benut om te vermelden wat de EPROM voor informatie bevat.

De laatste tijd zijn EPROM's leverbaar, die op de gebruikelijke manier zijn te programmeren, maar die, door het ontbrekende venster, niet zijn te wissen. De lagere kostprijs maakt deze EPROM's interessant, het is echter niet te hopen dat de inhoud van de EPROM na enige tijd moet worden gewijzigd.

(Wordt vervolgd)

Alles over EPROM's

H. J. C. OTTEN

DEEL 2

Programmeren

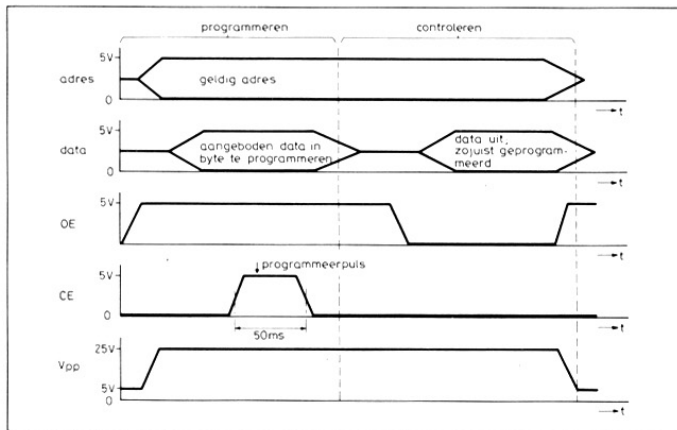
Voor de beschrijving van het programmeren is een tijdsdiagram noodzakelijk. In afb. 6 is getoond welke ingangen gedurende het programmeren in welke toe-

stand moeten worden gebracht voor EPROM-type 2716. Voor de andere typen, aan bod komen hier de types 2732, 2764, 27128, 27256 en 27512, geldt een dergelijk tijdsdiagram, maar let op de hieronder volgende opmerkingen per type.

Allereerst wordt het adres van de te programmeren byte op de adresbus van het IC aangeboden.

Aansluitend wordt het OE-sig-naal hoog gemaakt om de uitgangsschakeling uit te zetten. Nu wordt de programmeer-ingang Vpp op 25 V gebracht. Na een korte wachttijd, om de data juist aan te kunnen bieden op de databus, wordt de stuur-ingang CE gedurende 50 ms hoog (+5 V) gemaakt. Nu is een byte geprogrammeerd.

Er is in het algemeen wel wat speelruimte in de volgorde van het aanleggen van de signalen. Wel geldt dat OE en CE hoog zijn en Vpp op 25 V gedurende het programmeren. Uit het diagram blijkt tevens dat de EPROM kan worden gelezen als de ingang Vpp op 25 V ligt. Gewoonlijk wordt Vpp gedurende de gehele



Afb. 6 Tijdsdiagram voor het programmeren en controleren van een byte in een EPROM.

programmering op 25 V gehouden.

Bij het programmeren van de 2732 vinden we al afwijkingen ten opzichte van de 2716. Wel wordt allereerst het adres van de te programmeren byte aangelegd. Vervolgens wordt CE hoog gemaakt om de chip inactief te maken. Het IC wordt voorbereid op het programmeren door OE/Vpp op de programmeerspanning van 25 V te brengen en ook de datalijnen aan te bieden. Nu wordt CE gedurende 50 ms laag gemaakt voor het eigenlijke programmeren.

Het vervelende bij het programmeren van de 2732 is dat de programmeerspanning na het programmeren van elke byte weer moet worden uitgeschakeld. OE moet om te kunnen lezen laag worden gemaakt. Om het programmeren te vereenvoudigen wordt vaak alleen OE/Vpp veranderd en CE voortdurend in de lage, actieve toestand gehouden. De voorwaarde voor het programmeren is dus hier CE laag en OE/Vpp 25 V.

Een nieuw en gewijzigd IC, de 2732A, onderscheidt zich van de 2732 door de lagere programmeerspanning van 21 V.

Het programmeren van de 2764 wijkt wederom af van de al besproken IC's. Alhoewel slechts

een extra adreslijn nodig is, heeft men de 2764 meteen al met 4 extra pennen uitgerust om tot de industriestandaard van 28 pennen te komen. Hiermee zijn volledige gescheiden aansluitingen ter beschikking gekomen voor het programmeren. Naast OE en CE zijn er aparte pennen voor de programmeerspanning Vpp en de programmeerpuls PGM.

Ongeveer gelijktijdig met het adres van de te programmeren byte wordt Vpp (21 V voor de 2764) aangelegd. Met CE wordt het IC geactiveerd. OE blijft inactief. Als de data stabiel is aangeboden wordt de ingang PGM laag gemaakt als programmeerpuls. Bij deze en hierna besproken EPROM's kan met een afwijkende duur van de programmeerpuls worden gewerkt, zoals hierna nog ter sprake zal komen. Vpp kan tijdens het programmeren op de programmeerspanning, 12,5 V voor de A-versie, blijven. Wonderlijk genoeg is het programmeren van de 27128 niet afwijkend, op de extra adreslijn na. Maar bij de 27256 is weer een extra adreslijn nodig, wat ten koste gaat van de ingang PGM. Hier zijn weer CE en PGM gecombineerd, zoals bij de 2716. De programmeerspanning is echter maar 12,5 V.

Bij de 27512, het verhaal wordt eentonig, is weer een adreslijn extra nodig, want ten koste gaat van de Vpp-ingang. Daarom zijn OE en Vpp bij de 27512 gecombineerd. De 27512 en de 2732 lijken bij het programmeren op elkaar, behalve de programmeerspanning die 12,5 V bedraagt.

Algoritmen voor het programmeren

Voor het eigenlijke programmeren kan beginnen, moet worden gecontroleerd of de EPROM wel volledig is gewist of dat de nieuwe inhoud in de EPROM kan worden geplaatst. Als de EPROM langere tijd dienst moet doen is het overigens aan te raden een volledig gewiste EPROM, met alle geheugencellen in de hoge toestand, te gebruiken. EPROM's die na ruime tijd te zijn bestraald nog niet zijn gewist kunnen beter worden weggegooid. Ook nieuwe EPROM's die niet volledig zijn gewist moeten worden gewantouwd.

Het is echter wel mogelijk om reeds geprogrammeerde EPROM's te programmeren. Zeker bij het ontwikkelen is het lastig iedere keer te wachten op het wissen. De enige voorwaarde hierbij is dat alleen een bit dat hoog is, laag kan worden gemaakt. Omgekeerd is helaas onmogelijk.

Standaard-algoritme

Het standaard-algoritme voor het programmeren is het meest eenvoudig te realiseren. Zoals reeds voor de 2716 in een tijdsdiagram (zie afb. 6) is getoond, wordt, na het aanleggen van de programmeerspanning en een geldig adres, een programmeerpuls van ongeveer 50 ms gegeven. Voor de EPROM's met een grotere capaciteit wordt dit echter een tijdrovende bezigheid, voor EPROM 27128 moeten we al 15 minuten wachten tot de gehele EPROM is geprogrammeerd.

Intelligent algoritme

Het is mogelijk om, met een door onder andere Intel ontwikkelde en dus officiële werkwijze, het programmeren minder lang te laten duren. Met het intelligente algoritme neemt bijvoorbeeld voor de zojuist genoemde 27128 het programmeren maar ongeveer twee minuten in beslag. Voor de typen 2764 en 27128 geeft afb. 7 een stroomdiagram, voor de typen 27256 en 27512 is in afb. 8 een enigszins gewijzigd algoritme met een stroomdiagram toegeelicht. Het stroomdiagram voor de typen 2764 en 27128 wordt nu toegeelicht, het andere diagram wijkt niet zoveel daarvan af.

Het algoritme begint met het adres van het eerste te programmeren byte aan te bieden aan de EPROM. Vervolgens wordt de voedingsspanning verhoogd van 5 tot 6 V, de programmeerspanning aangelegd en een teller X op nul gezet.

Vervolgens wordt een programmeerpuls gegeven met een duur van 1 ms en de teller X met één verhoogd. Na de programmeerpuls wordt gecontroleerd of de byte al goed is geprogrammeerd. Dit wordt herhaald tot de teller de stand 15 heeft bereikt of de byte goed is geprogrammeerd. Nu wordt nogmaals een programmeerpuls aangeboden met een duur gelijk aan viermaal de stand van de teller X. Maximaal duurt deze puls dus 60 ms. Was de controle nog niet verricht, mogelijk als de teller de stand 15 had bereikt, dan wordt deze als nog uitgevoerd. Een nog niet goed geprogrammeerde EPROM moet met een dan gegeven programmeerpuls van 60 ms wel kapot zijn. Dit spelletje wordt herhaald voor alle adressen. Het programmeren wordt nu gecontroleerd voor alle bytes met de gewone voedingsspanning van +5 V en zonder programmeerspanning. Hopelijk zijn alle bytes correct, anders wordt de EPROM als defect beschouwd.

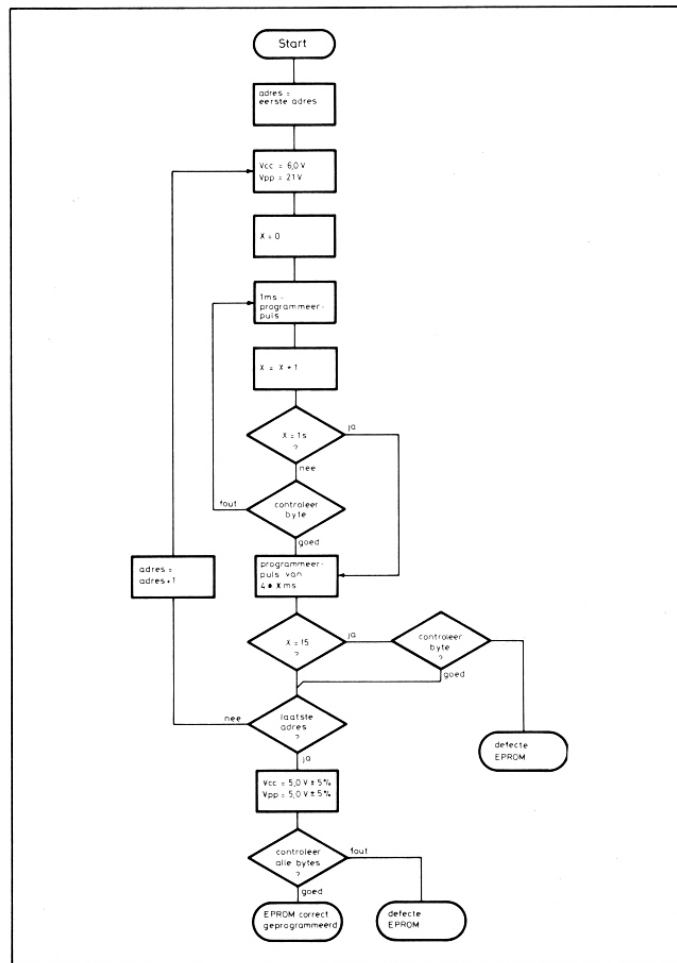
Super-algoritme

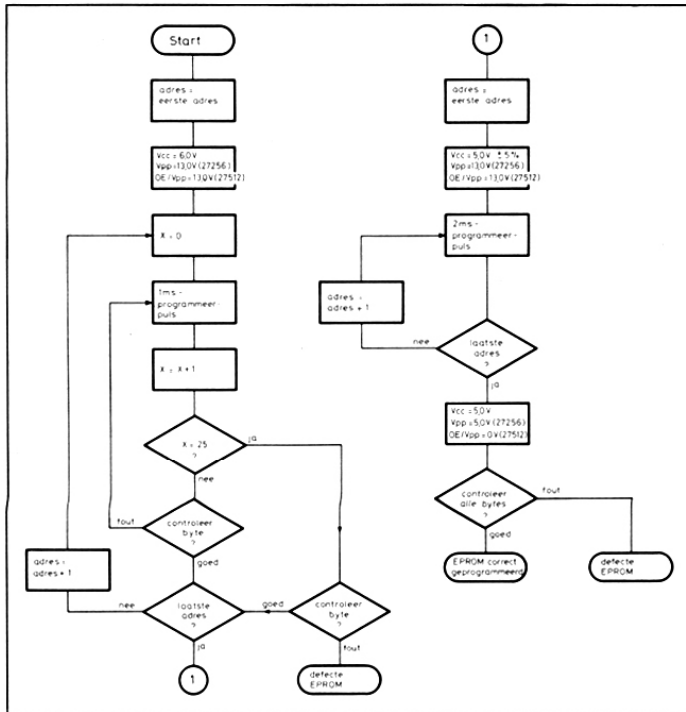
Door de voorschriften van de fabrikant niet al te nauw te volgen is een zeer snelle programmering mogelijk. De programmeerpuls wordt daarbij teruggebracht tot 0,5 μ s en na het met succes lezen wordt slechts met een tweemaal de tellerstand durende programmeerpuls gewerkt. Ook bij EPROM 2732 werkt deze methode en de EPROM houdt de gegevens langer dan een jaar vast.

Technische aanwijzingen

Bij het gebruik van EPROM's moeten enkele technische aanwijzingen in acht worden genomen. Zo mogen de voedingsspanningen niet de maximale waarde overschrijden. Dit geldt vooral voor de programmeerspanning, die regelmatig aan en uit wordt geschakeld. Bij het aanzetten mag de spanning absoluut niet doorschieten boven de aangegeven programmeerspanning, die

Afb. 7 Stroomdiagram voor een intelligent algoritme (Intel en anderen) voor het programmeren van de EPROM's type 2764 en 27128.





Afb. 8 Stroomdiagram voor een intelligent algoritme voor het programmeren van de EPROM's type 27256 en 27512.

overigens per type verschilt. Voor zelfbouwers is wellicht de geïntegreerde spanningsregelaar LM317 interessant, die met enige schakeltransistoren en weerstandsnetwerken gemakkelijk is in te stellen op diverse

spanningen. Goed ontkoppelen met zowel tantaal condensatoren als flinke elektrolitische condensatoren is aan te raden. Vooral waarschuwt de fabrikant ervoor niet op de programmeerspanning-ingang een spanning aan te

leggen zonder dat de voedingspanning aanwezig is. Verder wordt aangeraden een condensator van 0,1 μF bij het programmeren tussen de V_{PP} -ingang en aarde op te nemen om spanningspieken te voorkomen. De EPROM kan anders gemakkelijk worden beschadigd.

Het is overigens altijd aan te raden zo dicht mogelijk bij de EPROM een condensator tussen voedingspanning en aarde op te nemen, liefst een keramisch of tantaal type, van bijvoorbeeld 0,1 μF en per print een tantaal condensator van 4,7 μF tussen voedingspanning en aarde. Bij het aanschaffen van EPROM's moet goed worden gelet op de toegangstijd. Gebruikelijk zijn toegangstijden tussen 200 en 450 ns, bij de nieuwe type EPROM is de toegangstijd van nature al lager en daarom beter verkrijgbaar.

Andere EPROM's

Met opzet zijn in dit overzicht een aantal type EPROM's niet ter sprake gekomen. Het zijn de typen 2708 en 2516. Deze EPROM's hebben niet erg veel gemeen met de in dit overzicht genoemde typen. Ze vereisen andere voedingspanningen, waaronder een lastige $-12 V$, en zijn ook heel wat lastiger te programmeren. Ze zijn gelukkig aan het uitsterven.