

5

(B L O K 5)

Functiediagram

Voor het ontwerpen van combinatorische sturingen kunnen ladderdiagramma's worden gebruikt. Voor sequentiële sturingen is het noodzakelijk dat er een duidelijke ontwerpstructuur aanwezig is. Een dergelijke ontwerpmethode moet aan volgende eisen voldoen:

- Personen die geen voorkennis hebben van het technisch dossier, moeten de werking snel kunnen begrijpen.
- Bij storingen moet de fout snel door een onderhoudsman met een elementaire kennis van sturingstechniek te lokaliseren zijn.
- Bij veranderingen in het productieproces is het nodig dat de sturing gemakkelijk kan worden aangepast.
- De beschrijvingen, uitdrukkingen en symbolen die in een ontwerpmethode gebruikt worden, zijn bij voorkeur op een eenvoudige manier naar de "taal" van de gebruikte PLC om te zetten.

Een functiediagram voldoet zeer goed aan deze eisen. Het is een grafische voorstelling, dus beknopt en vlot leesbaar. Met functiediagramma's kunnen de door de sturing vervulde functies worden beschreven.

Door haar conceptie staat het functiediagram in zeer directe relatie tot de werking van de machine zelf. Hierdoor vereenvoudigt ze de communicatie tussen technici van verschillende disciplines. Het functiediagram werkt onafhankelijk van de gebruikte sturingstechniek: de elektrische schakeltechniek, de digitale-pneumatische of de PLC sturingstechniek.

Aanvankelijk onderscheidde men twee soorten functiediagrammen die veel punten van overeenkomst vertonen. Enerzijds had men de Franse methode met de naam "GRAFCET", anderzijds de Duitse methode gesteund op de DIN-norm 40719. Het functiediagram werd in augustus 1992 erkend als een programmeertaal voor PLC en werd opgenomen in de internationale norm IEC 1131.

Doelstellingen

- De verschillende basisprincipes opsommen, verwoorden en toelichten
- Het functiediagram voor eenvoudige processen opstellen
- Uit het functiediagram het PLC-programma afleiden
- Het onderscheid verklaren tussen monostabiele en bistabiele functies en het gebruik toelichten
- De verschillende basisstructuren opsommen, het gebruik verklaren en deze structuren verwerken in PLC-programma's
- Het doel van de verschillende onderbrekingsmogelijkheden duidelijk maken. Het onderbrekingscommando in het functiediagram en in het PLC-programma verwerken



1 Basisprincipe en regels

1.1 Principe

In figuur 5.1 is de opbouw van een functiediagram van een sturingsproces weergegeven.

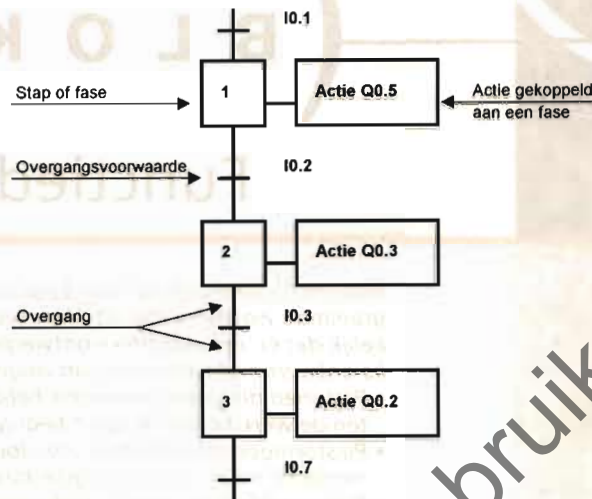


Fig. 5.1 Principe van een functiediagram

Bij figuur 5.1 werd gebruik gemaakt van de volgende basisregels:

- Het sturingsproces wordt in fasen, die één na één actief worden, onderverdeeld.
- Aan iedere fase kunnen één of meer acties worden gekoppeld. Alle acties worden gegenereerd als de betrokken fase actief is.
- Het actief zijn van een fase speelt zich in de besturing af. De actie vindt in het proces of aan de machine plaats.
- Tussen twee fasen bestaat een overgang. Aan deze overgang is een overgangsvoorwaarde, die de overgang vergrendelt zolang niet aan deze voorwaarde is voldaan, gekoppeld.

Een volgende fase wordt actief als:

- de vorige fase actief is;
- aan de overgangsvoorwaarden voldaan wordt.

Het gevolg van het actief worden van deze fase is dat de vorige fase gedeactiveerd wordt.

1.2 Gebruik

Het gebruik van een functiediagram speelt zich in de ontwerpprocedure op 2 niveaus af:

Niveau 1

In de aanvangsfase wordt beschreven wat het automatisme moet uitvoeren in de verschillende situaties die zich kunnen voordoen. De beschrijving gebeurt in de gewone omgangstaal en staat los van de toegepaste technologie. Op die manier kan het eerste ontwerp als basis dienen voor verdere bespreking met de opdrachtgever.

Deze opdrachtgever kan minder technisch onderlegd zijn of niet geïnteresseerd in alle details. Pas bij een uitgewerkt functiediagram kunnen alle eisen en verwachtingen kenbaar worden gemaakt.

Het is erg belangrijk om de basisopties van de sturing nauwkeurig te omschrijven, vooraleer men de sturing tot in de details uitwerkt. Op die manier wordt nutteloos werk en tijdverlies voorkomen.

Niveau 2

Is er consensus over de gekozen oplossingsmethode, de toegepaste technologie of de machines, dan kan in een volgende fase de besturing tot in de details worden vervolledigd. Het PLC-programma kan opgesteld worden.

1.3 Voorbeeld

Met een praktisch voorbeeld worden deze 2 niveaus verklaard. Figuur 5.2.a stelt een boorkop voor waarmee men werkstukken wil boren. De volgende bewegingen moeten gebeuren: rotatie van de boorspil, verplaatsing in ijlgaang en boren met de aangepaste voedingssnelheid.

Niveau 1

Het functiediagram in figuur 5.2.b toont de verschillende fasen en overgangsvoorwaarden van de werkingscyclus voor het gehele boorproces.

Niveau 2

Nadat de technologische bestanddelen werden gekozen (vermogenselementen, signaalgevers, ...) geeft het functiediagram van figuur 5.3.b de juiste beschrijving, nodig voor de realisatie van het automatisch proces.

De volgende afkortingen worden gebruikt:

R = rotatie boor
 VH = voeding ijlgaang (hoge snelheid)
 VL = voeding bij boren (lage snelheid)
 TH = terug ijlgaang (hoge snelheid)

st = startknop
 b₀ = stand volledig terug
 b₁ = begin voeding
 b₂ = boordiepte

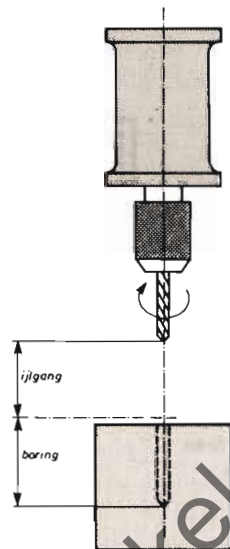


Fig. 5.2a Schets van een booreenheid

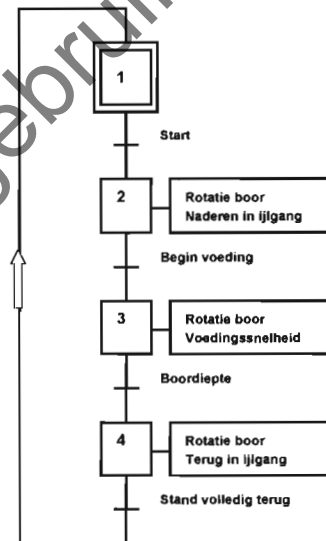


Fig. 5.2b Bijbehorend functiediagram

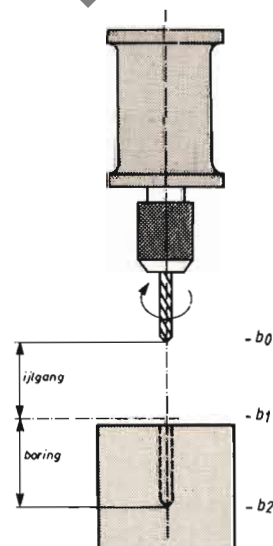


Fig. 5.3a Schets van een booreenheid

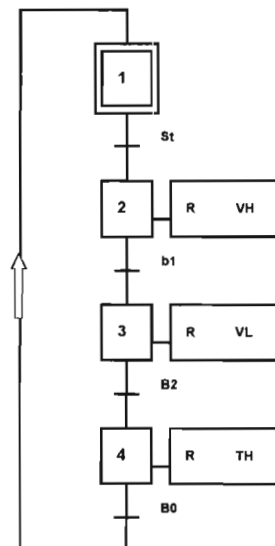


Fig. 5.3b Bijbehorend functiediagram

1.4 Verschillende elementen

Het opbouwen en gebruiken van een functiediagram is aan een aantal symbolen en voorschriften gebonden. In wat volgt worden deze regels vermeld en toegelicht.

a Fasen of stappen

Een fase is een welbepaalde stabiele toestand van een sturingssysteem.

Op een bepaald ogenblik tijdens de evolutie van het systeem:

- is een fase actief of niet actief;
- bepaalt het geheel van actieve fasen de toestand van de besturing;
- is de ontvankelijkheid gedefinieerd, d.w.z. dat door het functiediagram bepaald is welke fase of fasen actief kunnen worden.

De grafische voorstelling van een fase wordt voorgesteld door een enkel vierkant met daarin het stapnummer. Dit wordt weergegeven in figuur 5.4.a.

Een fase die op een gegeven tijdstip actief is, wordt aangeduid met een vierkant, een stapnummer en een stip onder het fasenummer. Figuur 5.4.b toont deze fasetoestand.

De initiële fase karakteriseert de begintoestand van de sturing en wordt voorgesteld met een dubbel vierkant zoals weergegeven in figuur 5.4.c.

Deze initiële fase komt overeen met de actieve fase bij het begin van de werking. In de meeste gevallen is deze begintoestand altijd identiek en komt dan meestal met de ruststand overeen.

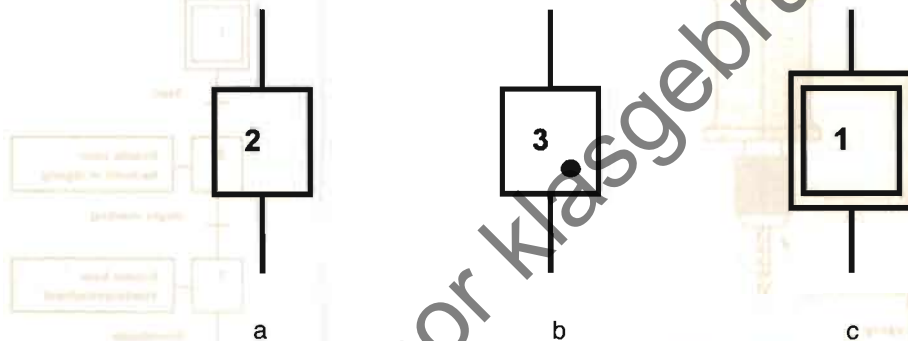


Fig. 5.4 Grafische voorstelling van een stap of fase
a - een momenteel niet actieve fase
b - een momenteel actieve fase
c - een initiële fase

b Acties

Aan iedere fase kunnen één of meerdere acties verbonden zijn. Deze acties worden uitgevoerd op het ogenblik dat de betreffende fase actief is.

De acties worden grafisch weergegeven door een rechthoek aan het symbool van de fase gekoppeld. Zij kunnen in deze rechthoek beschrijvend met symbolen genoteerd worden.

Figuur 5.5 geeft 2 voorbeelden.



Fig. 5.5 Grafische voorstelling van een actie

Dergelijke uitwendige acties kunnen, afhankelijk van het proces, allerlei vormen aannemen:

- Zuiger in of uit
- Contactoren bekrachtigen
- Klep sluiten of openen
- Op een printer een boodschap uitschrijven

De acties kunnen echter ook inwendig zijn, o.a. het starten van een tijdfunctie, het tellen, het zetten of resetten van een geheugen.

Men kan verschillende soorten acties onderscheiden:

1 Monostabiele acties

De uitvoering van dergelijke actie duurt zolang de fase, waaraan ze gekoppeld is, actief blijft.

2 Voorwaardelijke acties

De uitvoering van de actie gebeurt alleen als de fase, waaraan ze gekoppeld is, actief is en indien een supplementaire logische voorwaarde waar is.

De grafische voorstelling hiervan wordt geïllustreerd in figuur 5.6.

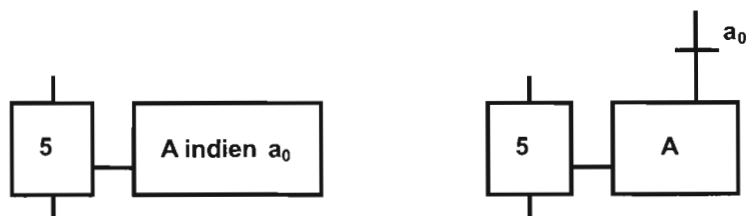


Fig. 5.6 Grafische voorstelling van een voorwaardelijke actie

In dit voorbeeld zal, bij het actief zijn van fase 5, de actie A alleen worden uitgevoerd als $a_0 = 1$. Is $a_0 = 0$, dan vindt er geen actie plaats.

Deze voorwaardelijke acties zijn zeer belangrijk. Zij laten toe om een lokale combinatorische logica, in één fase, te realiseren. Op deze manier is het mogelijk met vergrendelingen van bewegingen rekening te houden.

Een voorbeeld om dit te illustreren:

Tijdens een proces wordt in een bepaalde fase de actie “freen” geactiveerd. Of de frees al dan niet moet worden gekoeld, hangt af van de stand van een keuzeschakelaar. Bij een dergelijke toepassing moet men gebruik maken van voorwaardelijke acties.

De pomp van het koelwatersysteem wordt geactiveerd:

- als het proces geëvolueerd is tot die bepaalde fase waaraan de actie gekoppeld is;
- als de keuzeschakelaar geactiveerd is.

c Overgangen

Een overgang duidt op de mogelijkheid van een evolutie tussen fasen. De evolutie gebeurt door oververschrijden van de overgang. Hierdoor ontstaat een nieuwe toestand.

De overgang tussen twee fasen wordt door een dwarse streep op de verbindingslijn tussen de fasen voorgesteld. Figuur 5.7 toont een voorbeeld.



Fig. 5.7 Overgang tussen 2 fasen

Zijn meerdere fasen aan dezelfde overgang verbonden, dan worden de verbindingenlijnen op twee evenwijdige horizontale lijnen gegroepeerd. Dit wordt geïllustreerd in figuur 5.8.

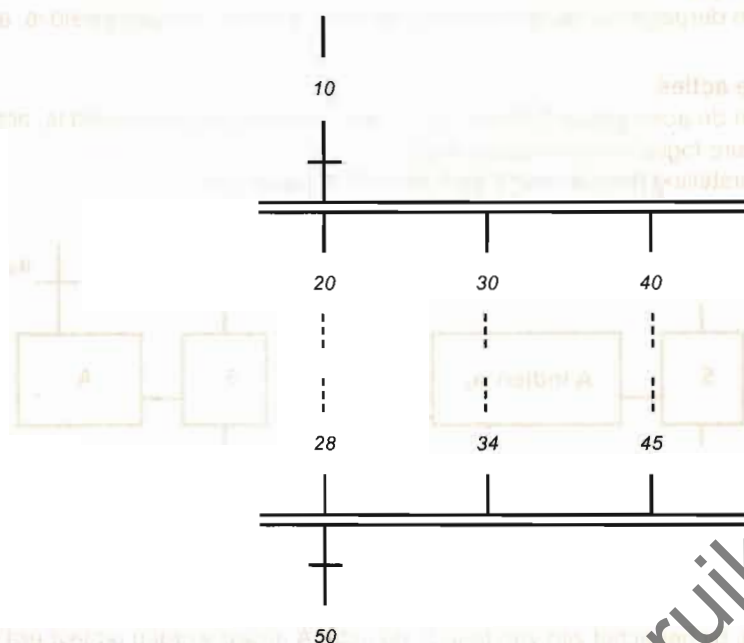


Fig. 5.8 Overgang als meerdere fasen verbonden zijn aan één overgang

Een overgang is "ontvankelijk" of "niet ontvankelijk". Zij is ontvankelijk als alle fasen onmiddellijk voorafgegaan aan en verbonden met deze overgang, actief zijn.

d Overgangsvoorwaarden

Bij elke "overgang" hoort een "overgangsvoorwaarde". Dit is een logische uitdrukking die waar of niet waar is. Van alle beschikbare informatie, op een bepaald ogenblik, bevat de overgangsvoorwaarde slechts deze die nodig zijn voor het overschrijden van die overgang. De logische uitdrukking is een functie van zowel externe (ingangen) als interne (toestanden van tellers, tijdfuncties, merkers, e.d....). De overgangsvoorwaarde wordt letterlijk of symbolisch geschreven en dit bij voorkeur rechts van het symbool van de overgang.

Figuur 5.9 geeft een voorbeeld van beide uitdrukkmogelijkheden.



Fig. 5.9 Aanduiding van een overgangsvoorwaarde

Als aan een overgang geen overgangsvoorwaarde verbonden is, dan betekent dit: "altijd waar". Men noteert bij de overgang "=1" zoals voorgesteld in figuur 5.10.

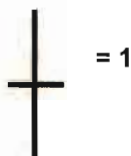


Fig. 5.10 Aanduiding van een overgangsvoorwaarde waaraan geen voorwaarde verbonden is

1.5 Overgangsregels

Nu zijn we in staat om een aantal regels vast te leggen. Deze regels zijn noodzakelijk om een besturing van een automatisch proces, met behulp van een functiediagram, te beschrijven. Met de volgende regels moet rekening worden gehouden:

Regel 1

De beginsituatie van de installatie (rusttoestand) wordt door de initiële fase weergegeven.

Regel 2

De evolutie van de ene fase naar de andere, wat overeenkomt met het overschrijden van een overgang, gebeurt alleen:

- als de overgang ontvankelijk is;
- als de eraan verbonden overgangsvoorwaarde waar is.

Als beide voorwaarden aanwezig zijn, kan de overgang worden overschreden en zal dit noodzakelijkerwijze gebeuren.

Regel 3

Bij het overschrijden van een overgang worden gelijktijdig alle onmiddellijk volgende fasen geactiveerd en alle onmiddellijk voorgaande fasen gedeactiveerd.

Voorbeeld 1: evolutie tussen 2 fasen

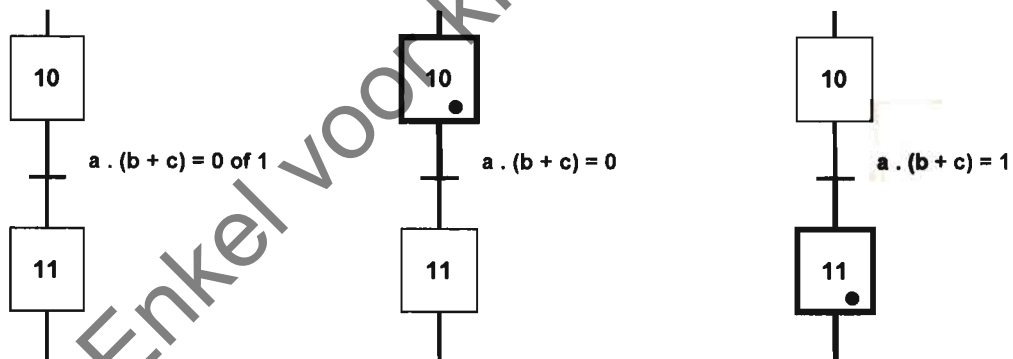


Fig. 5.11 Overgang tussen fase

De overgang van fase 10 naar fase 11 is niet ontvankelijk omdat fase 10 niet actief is.

De overgang van fase 10 naar fase 11 is ontvankelijk, omdat fase 10 actief is. De overgang gebeurt niet omdat $a \cdot (b+c)$ "niet waar" of "0" is.

De overgang van fase 10 naar fase 11 is overschreden, omdat de overgangsvoorwaarde "waar" is. Fase 11 is actief en fase 10 is gedeactiveerd.

Voorbeeld 2: evolutie tussen meerdere fasen

Overgang **niet** geldig

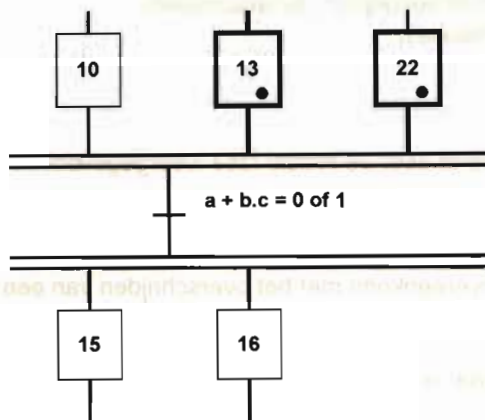


Fig. 5.12 Overgang niet geldig.

De overgang is fig. 5.12 is niet ontvankelijk, omdat de fase 10 niet actief is.

Overgang is ontvankelijk.

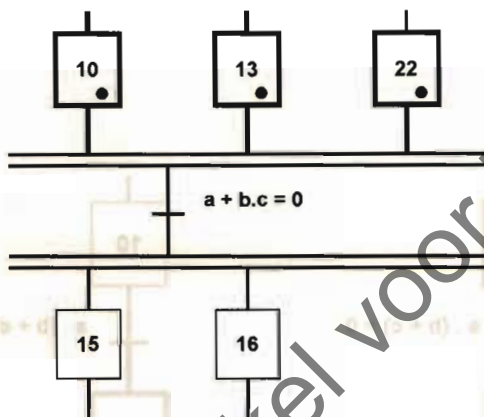


Fig. 5.13 Overgang is ontvankelijk.

De overgang is ontvankelijk, omdat de fasen 10, 13 en 22 actief zijn.
De overgang gebeurt nog niet omdat $a + b.c = 0$.

Overgang is overschreden.

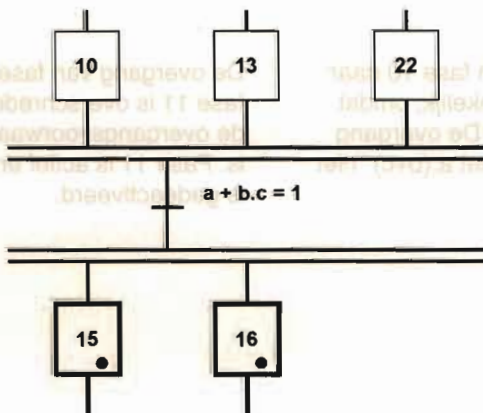


Fig. 5.14 Overgang is overschreden.

De overgang is overschreden, omdat de overgangsvoorwaarde $a + b.c = 1$.
Fase 10, 13 en 22 worden gedeactiveerd.
Fase 15 en 16 zijn actief.

Regel 4

Meerdere fasen die gelijktijdig overschreden kunnen worden, zullen ook gelijktijdig overschreden worden. Deze overgangsregel van gelijktijdig overschrijden laat toe een functiediagram in meerdere diagrammen op te delen met streng behoud van de onderlinge synchronisatie. In dit geval is het nodig in de overgangsvoorwaarden het actief of niet-actief zijn van de fase op te nemen. Het actief zijn van een fase wordt als X genoteerd, gevolgd door het cijfer van de betreffende fase.

In figuur 5.16 ziet men de equivalente structuur van fig. 5.15.

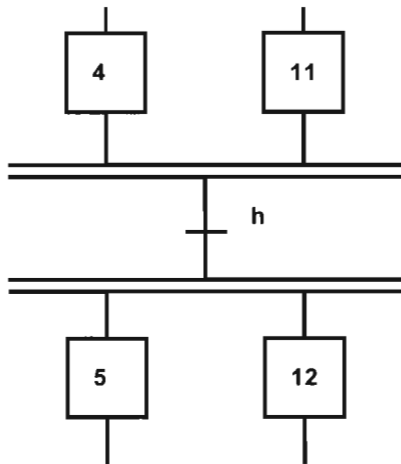


Fig. 5.15 Gelijktijdig overschrijden van de overgang

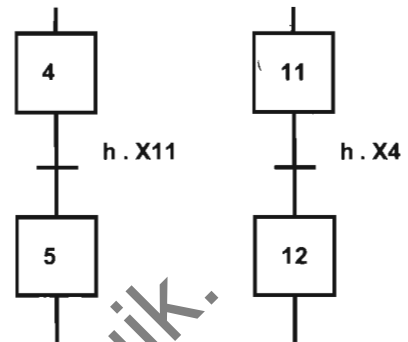


Fig. 5.16 Equivalente functievoorstelling

Regel 5

Als tijdens de werking éénzelfde fase gelijktijdig gedeactiveerd en geactiveerd wordt, dan blijft deze fase actief.

2 PLC-programma opstellen

In de vorige paragraaf werden de voorstellingswijze en de gebruikelijke symboliek verklaard. De regels die van toepassing zijn bij de evolutie tussen de verschillende fasen werden verduidelijkt. Dit zijn de basisprincipes die benut worden om vanuit het functiediagram een PLC-programma af te leiden.

De meeste PLC-fabrikanten beschikken op dit ogenblik over een softwarepakket waarbij het mogelijk is om het functiediagram op het scherm van de programmeerconsole te tekenen. Meestal betekent dit dat het functiediagram met een PC kan worden opgesteld. Het pakket zelf zorgt voor de vertaling van de tekening tot een PLC-programma.

Zelfs zonder tekenpakket is het gemakkelijk om zelf het PLC-programma af te leiden. Men gebruikt een functiediagram om het ontwerp te maken van het te sturen proces.

2.1 Memoriseren van de fasen

Elke fase uit het functiediagram wordt aan een merker toegewezen. Het is noodzakelijk dezelfde aanduiding te gebruiken voor de fase als voor het aanduiden van de merker. Op die manier wordt de transfer tussen het functiediagram en het PLC-programma duidelijker.

Afhankelijk van de te verwerken schakeling zal men zijn keuze moeten bepalen. Men kan gebruik maken van remanente of niet-remanente merkers. Heeft men de bedoeling na een spanningsonderbreking, het programma volledig te laten herstarten (vanaf de initiële fase), dan maakt men gebruik van niet remanente-merkers. Als bij een eventuele spanningsonderbreking, de PLC moet "onthouden" hoever het proces gevorderd was, dan is het noodzakelijk remanente merkers te gebruiken. Het proces gaat dan verder vanaf het punt waar de spanningsonderbreking onderbrak.

Praktische hint

Worden remanente merkers gebruikt, dan moet rekening worden gehouden met het feit dat deze merkers hun toestand onthouden, zelfs als een aangepaste versie van het programma naar de PLC wordt doorgestuurd. Ze worden alleen gewist nadat ze ofwel door het nieuwe programma worden overschreven, ofwel door een wiscommando worden gereset.

Daarom is het voor personen die voor het eerst met PLC-sturingen kennismaken, aan te raden om niet-remanente merkers te gebruiken.

2.2 Memoriseren van acties

Het is dikwijls nodig om bepaalde acties, gedurende verschillende op elkaar volgende fasen uit het functiediagram, actief te houden. De acties die men geactiveerd houdt gedurende het verloop van verschillende fasen, zullen dikwijls uitgangen van de PLC zijn. Dit proces kan eenvoudig in het programma worden verwerkt. Er moet rekening worden gehouden met het soort vermogenselement dat aan de uitgang van de PLC wordt aangesloten.

Men onderscheidt twee mogelijkheden:

A MONOSTABIELE ELEMENTEN

Men spreekt van een monostabiel element als, bij het wegvallen van de bekrachtiging, het element onmiddellijk naar zijn rusttoestand terugkeert. Het element heeft maar één (mono)stabile rusttoestand. Dit terugstellen gebeurt meestal door een veer. De meeste relais, contactoren of ventielen zijn op deze manier uitgevoerd. Ze worden zeer frequent gebruikt, omdat ze aanzienlijk goedkoper zijn dan de bistabiele elementen.

Worden monostabiele elementen aan de uitgangen van de PLC aangesloten, dan zal de PLC zelf de geheugentoestand moeten bewaren, zelfs als deze actie gedurende meerdere fasen moet bekrachtigd blijven.

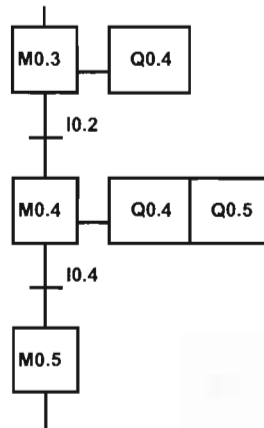
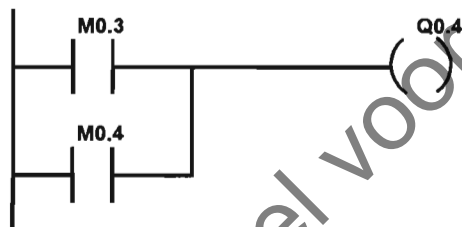


Fig. 5.17 Aansturen van een monostabiel element

De actie "Q0.4" moet optreden als fase 3 of als fase 4 actief is. In het functiediagram duidt men de actie aan bij elke stap waarbij de actie moet geactiveerd worden.

Bij het activeren van de uitgangen wordt in het programma vermeld:

LAD



STL

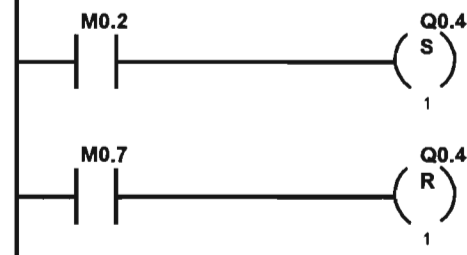
LD	M0.3
O	M0.4
=	Q0.4

Deze wijze van beschrijven van continue acties heeft als voornaamste kenmerken:

- De actie moet in elke fase waar het vermogens-element moet worden bekrachtigd, opgegeven worden.
- Het effect van de actie wordt onderbroken vanaf het deactiveren van de laatste fase waaraan ze gekoppeld was.

Wanneer een actie gedurende meerdere fasen na elkaar moet geactiveerd blijven, kan men ook gebruik maken van de set/reset-instructie. Men verkrijgt dan de volgende programmeerwijze:

LAD



STL

LD	M0.2
S	Q0.4, 1
LD	M0.7
R	Q0.4, 1

De uitgang Q0.4 wordt actief vanaf het ogenblik dat merker M0.2 actief is. Als merker M0.6 actief is zal de uitgang nog actief zijn, maar als merker M0.7 actief wordt zal de uitgang worden gedeactiveerd.

PLC's beschikken over een groot aantal merkers, die in het geheugen van de PLC aanwezig zijn. Het is financieel veel voordeliger de geheugenfunctie door de PLC te laten uitvoeren.

B BISTABIELE ELEMENTEN

Deze elementen beschikken over twee stabiele toestanden. Is zo'n element door bekrachtiging in één van de twee toestanden gebracht, dan blijft het die toestand behouden. Al valt de bekrachtiging weg, toch zorgt de constructie van het element ervoor dat de toestand onveranderlijk behouden blijft. Men moet een tegengestelde bekrachtiging aansturen om het element terug in de oorspronkelijke toestand te brengen.

Er zijn meerdere redenen waarom men het gebruik van bistabiele elementen zal trachten te beperken:

- Een bistabiel element kost veel meer dan een monostabiel element.
- Men heeft het dubbel aantal uitgangen nodig, omdat zowel het zetten als het resetten een stuursignaal van een PLC-uitgang nodig heeft.
- De bedrading (draad, werkuren, enz...) verdubbelt.

Er bestaan zowel bistabiele relais als bistabiele ventielen.

Het gebruik van bistabiele elementen wordt hoofdzakelijk om veiligheidsredenen overwogen.

Bij een spanningsonderbreking is het nodig dat de installatie een maximale veiligheid garandeert.

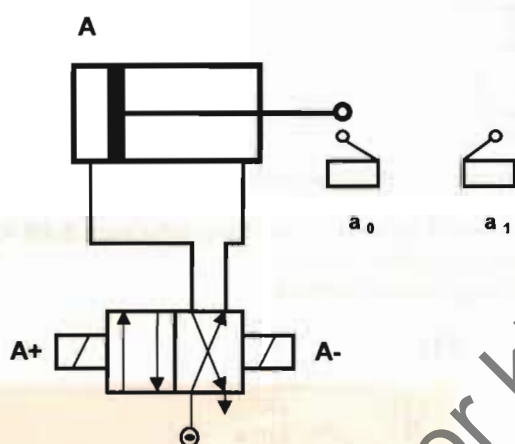


Fig. 5.18 Aansturen van bistabiele elementen

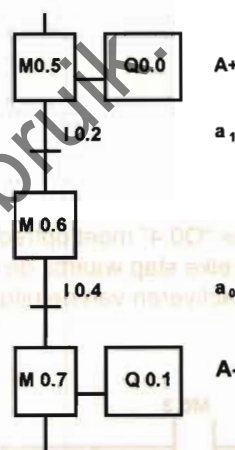


Fig. 5.19 Functiediagram voor bistabiel ventiel

In fase 5 wordt het ventiel bekrachtigd, zodat de zuiger A geactiveerd wordt. Als de zuiger een uitgaande slag maakt, wordt dit door de aanduiding "A+" weergegeven. Men laat deze actie door één van de beschikbare uitgangen uitvoeren, in dit voorbeeld Q0.0.

Omdat gebruik wordt gemaakt van een bistabiel ventiel moet in de volgende fase deze actie niet meer worden herhaald. De zuiger blijft in deze toestand staan. Bij fase 6 wordt geen actie aangegeven.

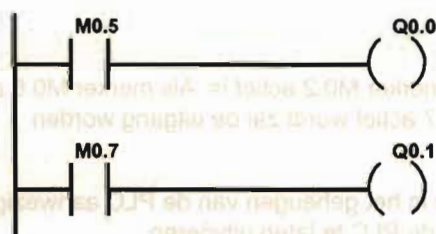
Wil men de zuiger A in zijn oorspronkelijke stand laten terugkeren, dan moet een tegengestelde actie worden ondernomen. In fase 7 wordt de tegengestelde actie weergegeven. Ook deze actie neemt een uitgang in beslag, namelijk Q0.1.

Deze programmeerwijze heeft de volgende kenmerken:

- Het volstaat om de actie voor het zetten en resetten van de vermogenselementen bij de fase waar het activeren moet gebeuren te beschrijven.
- Het annuleren van de actie kan enkel door een tegengestelde actie worden verkregen.

Bij het opstellen van het programma zal men de uitgangen van de PLC als volgt moeten programmeren:

LAD



STL

LD	M0.5
=	Q0.0
LD	M0.7
=	Q0.1

2.3 Functiediagram vertalen tot PLC-programma

Met een voorbeeld wordt duidelijk hoe een PLC-programma, dat gebaseerd is op een functiediagram, wordt opgesteld. Men verkrijgt dan combinaties van EN-, OF- en SR-instructies. Het verkregen programma kan op om het even welk merk of type PLC worden gebruikt.

Bij deze sturing werd bewust de eerste fase van het proces weggelaten en nemen we een willekeurig deel uit een sturing.

Figuur 5.20 stelt een deel uit een functiediagram voor.

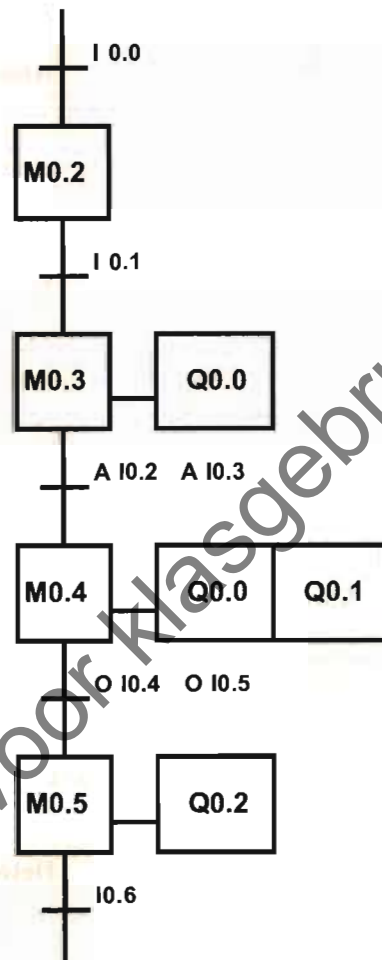


Fig. 5.20 Voorbeeld van een functiediagram

Men moet ervan uitgaan dat bij het opstarten van de sturing alleen de initiële fase actief is en de andere fasen niet actief zijn. In een volgende paragraaf wordt er dieper ingegaan op dit deel van het programma.

Bij het opstellen van een PLC-programma houdt men rekening met de hoofdprincipes van een functiediagram, namelijk:

Een volgende fase wordt actief als:

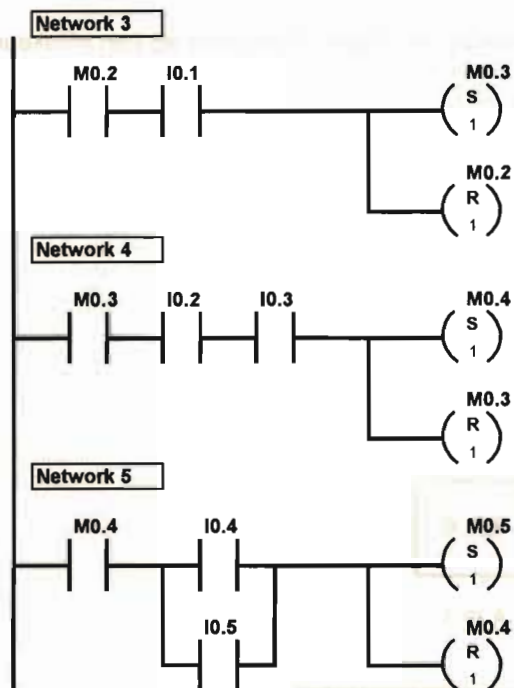
- de vorige fase actief is;
- aan de overgangsvoorwaarden voldaan is.

Het gevolg van het actief worden van deze fase is dat de vorige fase gedeactiveerd wordt.

Merk op dat als overgangsvoorwaarde tussen fase 3 en fase 4 een EN-verknoping noodzakelijk is aangegeven met I 0.2 en I 0.3. De letter "A" staat hier zoals gebruikelijk voor AND, als operatiecode van een EN-functie. Gelijkaardig staat tussen fase 4 en 5 een OF-verknoping van de ingangen I 0.4 en I 0.5. Deze kan aangeduid worden met de letter O (OR), als aanduiding van de OF-functie.

Worden deze principes toegepast op het functiediagram dat afgebeeld wordt door figuur 5.20, dan wordt het sequentiële deel van het functiediagram als volgt geprogrammeerd:

LAD



STL

Network 3

LD	M0.2
A	IO.1
S	M0.3, 1
R	M0.2, 1

Network 4

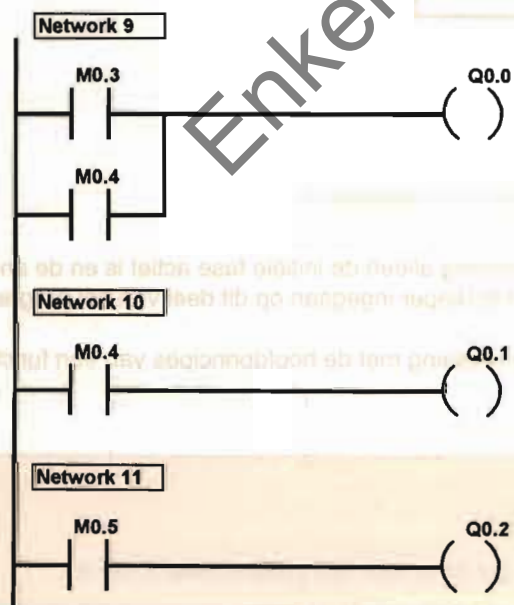
LD	M0.3
A	IO.2
A	IO.3
S	M0.4, 1
R	M0.3, 1

Network 5

LD	IO.4
O	IO.5
A	M0.4
S	M0.5, 1
R	M0.4, 1

Aan het einde van het programma zal men de toestand van de merkers moeten overdragen op de uitgangen. De acties die gekoppeld zijn aan de verschillende fasen, worden als volgt geprogrammeerd:

LAD



STL

Network 9

LD	M0.3
O	M0.4
=	Q0.0

Network 10

LD	M0.4
=	Q0.1

Network 11

LD	M0.5
=	Q0.2

2.4 Initialisatie

A INITIALISATIE DOOR GEBRUIK VAN SPECIALE MERKER

Uit de vorige paragrafen onthouden we dat bij het opstarten van de sturing de initiële fase actief is. Onder initiële fase verstaan we de absolute rusttoestand van een installatie. Het is de stand waarin de machine zich bevindt als bv. op maandagmorgen de spanning wordt ingeschakeld. Alle andere fasen daarentegen zijn gedurende de eerste cyclus van de PLC niet actief. Bij het opstellen van het PLC-programma moet er zelf voor gezorgd worden dat die initiële toestand geactiveerd wordt. Dit gebeurt tijdens de eerste cyclus. De meeste fabrikanten van PLC's kennen dit probleem. Veel toestellen zijn voorzien van een extra merker die alleen gedurende de eerste cyclus van de PLC actief is.

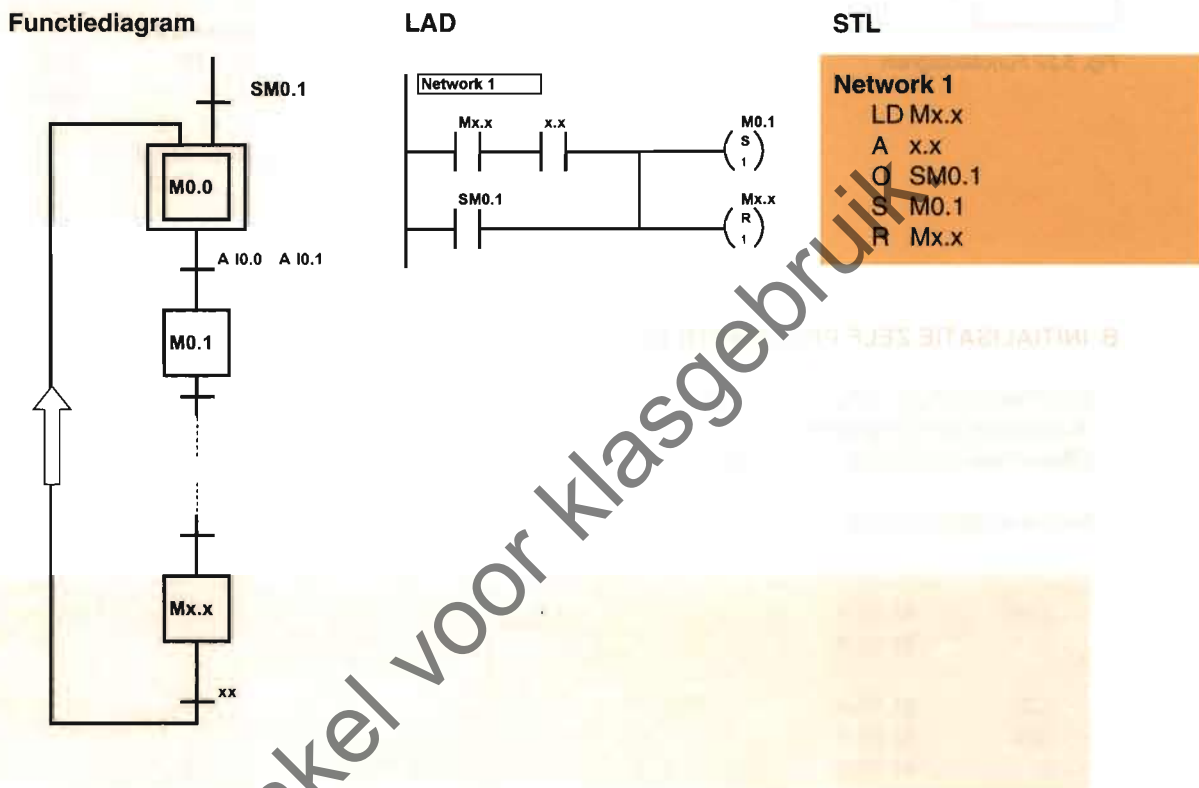


Fig. 5.21 Voorbeeld voor initialisatie

In het voorbeeld van fig. 5.21 wordt de laatste fase van het proces voorgesteld door merker Mx.x. Als de merker Mx.x en gelijktijdig de overgangsvoorwaarde x.x de toestand "1" hebben, keert het proces terug naar de initiële toestand.

Merk gelijktijdig op dat de overgangsvoorwaarde na de initiële fase een opsomming is van alle startvoorwaarden. Deze voorwaarden zijn meestal als EN verknoopt.

De overgang van de initiële fase naar de volgende fase wordt gemaakt als:

- de initiële fase actief is;
- de stopdrukknop een toestand "1" doorgeeft aan de PLC;
- de startvoorwaarden voldaan zijn;
- de startdrukknop wordt bediend.

Aan de hand van een eenvoudig voorbeeld wordt deze methode verduidelijkt. De motor wordt geactiveerd als de startdrukknop wordt ingedrukt. Drukt men op de stopdrukknop, dan valt de motor stil. Men gebruikt de volgende aansluitingen: I0.0 – stopdrukknop, I0.1 – startdrukknop en Q0.0 – motor.

Naast elkaar worden functiediagram, PLC-programma in LAD en STL voorgesteld.

Func tiediagram

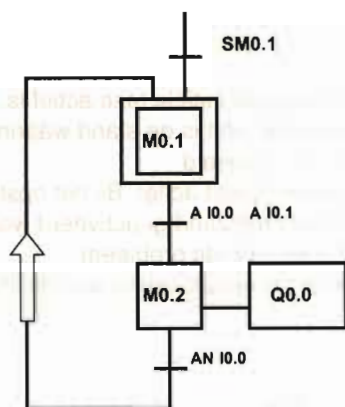
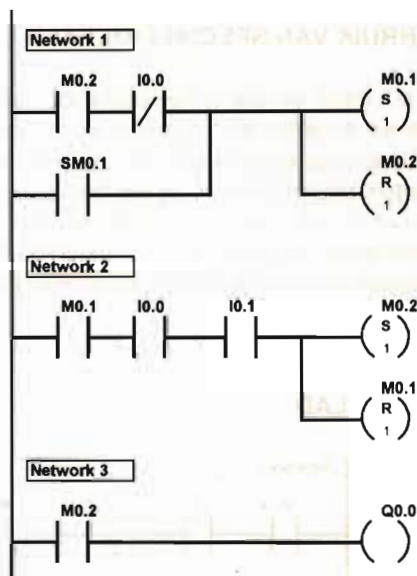


Fig. 5.22 Func tiediagram

LAD



STL

Network 1

```
LD      M0.2
AN      I0.0
O        SM0.1
S        M0.1, 1
R        M0.2, 1
```

Network 2

```
LD      M0.1
A        I0.0
A        I0.1
S        M0.2, 1
R        M0.1, 1
```

Network 3

```
LD      M0.2
=        Q0.0
```

Network 4

```
MEND
```

B INITIALISATIE ZELF PROGRAMMEREN

Beschikt de PLC niet over een specifieke merker of functie, dan kan men op een eenvoudige manier de initialisatie zelf programmeren. Er wordt gebruik gemaakt van twee willekeurige merkers. Onderstaand programma zorgt ervoor dat de PLC, bij de eerste cyclus, de initiële fase activeert.

Men kan gebruik maken van het volgende programma:

```
LDN      M 10.1
=         M 10.0

LD        M 10.1
ON        M 10.1
=         M 10.1
```

De merkers M10.0 en M10.1 zijn willekeurig gekozen. Om het even welke andere merker kan worden toegepast. De toestand van merker M10.0 (richtimpulsmarker) wordt gebruikt om, tijdens de eerste cyclus, de initiële fase te activeren. Merker M10.0 heeft alleen toestand "1" gedurende de eerste cyclus en blijft vervolgens altijd "0" omdat merker M10.1 in ieder geval toestand "1" behoudt. De volgorde van deze beide programmadelen is essentieel.

Om de transfer tussen functiediagram, gebruikte merkers en Netwerken zo overzichtelijk mogelijk te maken, wordt de initialisatie na het sequentieel deel van het programma geplaatst. Wanneer men merkers M 10.0 en M 10.1 programmeert in de Netwerken 1 en 2 zal de initiële fase geactiveerd worden tijdens de eerste cyclus. Om didactische redenen wordt echter de voorkeur aan de voorgestelde methode gegeven.

3 Basisstructuren

De volgende basisstructuren worden veel gebruikt en kunnen onderling worden gecombineerd.

3.1 Lineaire sequentie

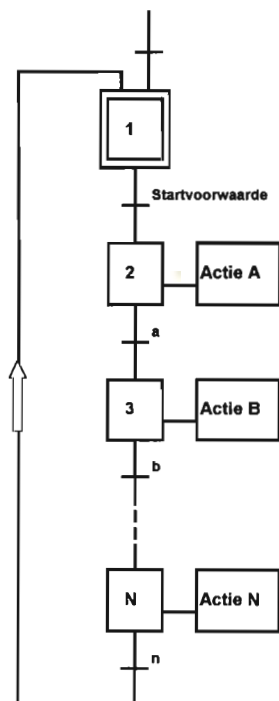


Fig. 5.23 Lineaire sequentie

Een enkelvoudige of lineaire sequentie is samengesteld uit een aantal opeenvolgende fasen die geactiveerd worden. Elke fase is slechts door één enkele overgang gevolgd en elke overgang wordt slechts door één enkele fase ontvankelijk.

In de rusttoestand van het proces is de initiële fase actief.

De basisstructuur van deze sequentie wordt voorgesteld in figuur 5.23.

**Stad Antwerpen
Stedelijk Lyceum**

Hoofdinstantie :

Paardenmarkt 94

2000 ANTWERPEN

Tel. 03/470.25.30 - Fax 03/470.25.31

3.2 Sequentie met keuze

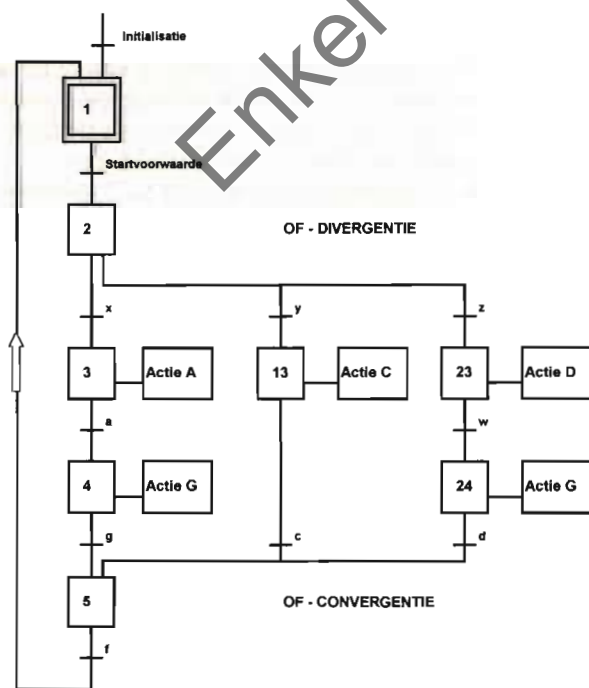


Fig. 5.24 Sequentie met keuze

Een functiediagram bestaat vaak uit meerdere sequenties, d.w.z. uit meerdere groepen van opeenvolgende fasen. Het is dikwijls nodig een keuze tussen deze sequenties te maken.

Heel wat processen beschikken over een keuzeschakelaar die het mogelijk maakt om het proces manueel dan wel automatisch te laten verlopen.

De basisstructuur die hiervoor wordt toegepast staat voorgesteld in figuur 5.24.

Na fase 2 heeft men de mogelijkheid om naar fase 3, naar fase 13 of naar fase 23 te gaan.

Men noemt dit een OF-DIVERGENTIE. Als fase 2 actief is, wordt de keuze door de overgangsvoorwaarden x, y of z bepaald. Deze zijn determinerend voor de volgende overgang. Het is uiteraard, in deze theoretische beschouwing, mogelijk dat meerdere overgangen gelijktijdig overschreden worden. Men moet er steeds zorg voor dragen dat het programma zo is opgesteld dat gelijktijdige overgangen niet kunnen voorkomen.

Na keuze en verloop van één of andere vertakte sequentie van de OF-CONVERGENTIE wordt de basissequentie opnieuw vervoegd.

3.3 Sequentie met exclusieve keuze

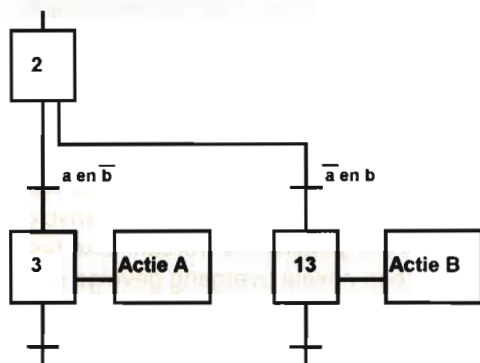


Fig. 5.25 Sequentie met exclusieve keuze

Als het gelijktijdig overschrijden van meerdere overgangen niet wordt uitgesloten, dan worden de overgangsvoorwaarden in de OF-divergentie exclusief gemaakt. Dit betekent dat er voor gezorgd wordt dat ze niet tegelijkertijd "waar" kunnen zijn.

Deze exclusiviteit of uitsluiting kan van fysische aard zijn (mechanisch of in de tijd onmogelijk) of van logische aard zijn.

Figuur 5.25 toont een voorbeeld van een logische exclusiviteit.

De overgangsvoorwaarden (a niet en b) en

(a en b niet) zijn logisch exclusief. Verder geldt dat als "a" en "b" gelijktijdig waar zijn er geen overgang vanuit fase 12 plaatsvindt.

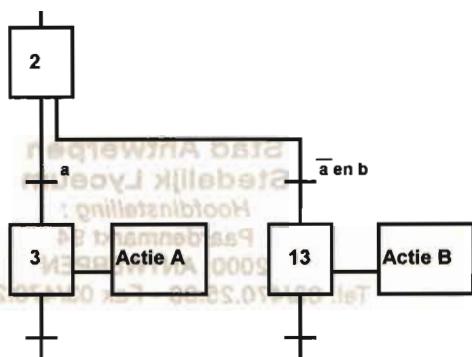


Fig. 5.26 Sequentie met ingebouwde prioriteit

In de schakeling van figuur 5.26 wordt aan de overgang 2-3 prioriteit gegeven. Hierdoor wordt deze overgang mogelijk, zelfs wanneer a en b gelijktijdig waar zijn.

3.4 Sequentie met sprong

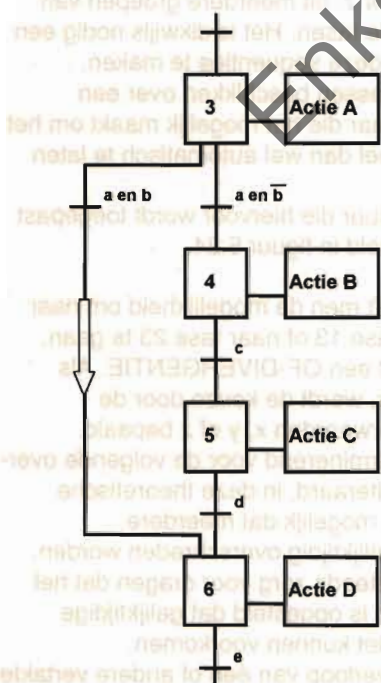


Fig. 5.27 Sequentie met sprong

De "voorwaardelijke sprong" is een bijzondere vertakking. Deze sequentie laat toe om over één of meerdere fasen te springen als de uit te voeren acties van deze fasen niet nodig zijn.

Het functiediagram uit figuur 5.27 geeft hiervan een voorbeeld.

Is voldaan aan de overgangsvoorwaarden "a en b", zal van fase 3 naar fase 6 worden gesprongen. De fasen 4 en 5 worden niet geactiveerd.

Is aan de voorwaarde b niet voldaan, dan zullen alle fasen achtereenvolgens worden doorlopen.

3.5 Sequentie met herhaling

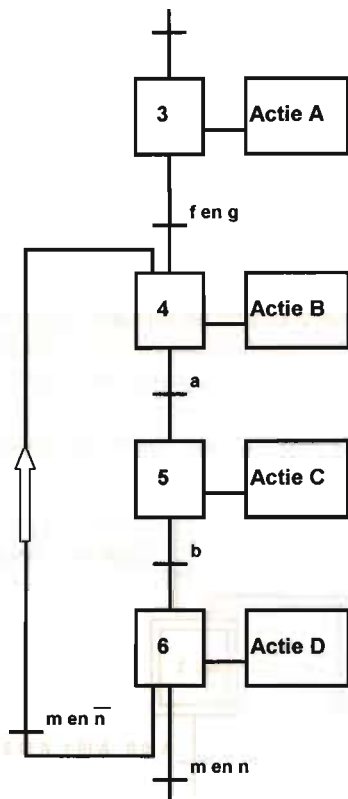


Fig. 5.28 Sequentie met herhaling

Het herhalen van een sequentie laat het toe om één of meerdere keren dezelfde sequentie te doorlopen. De herhaling blijft duren tot aan een bepaalde voorwaarde niet voldaan is.

Zolang de overgangsvoorwaarde "n" niet waar is, wordt de sequentie met fase 4, 5 en 6 herhaald. De herhaling van deze sequenties stopt vanaf het ogenblik dat aan de overgangsvoorwaarden "m en n" is voldaan.

3.6 Sequentie met gelijktijdige werking

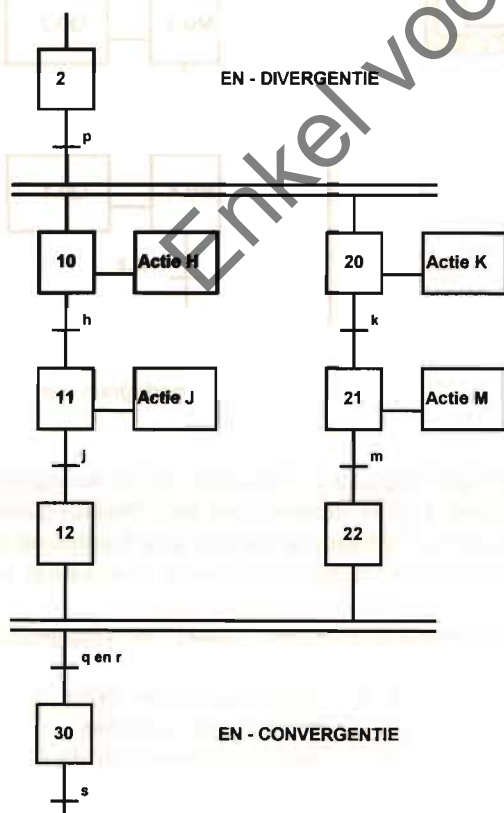


Fig. 5.29 Sequentie met gelijktijdige werking

Een functiediagram kan meerdere sequenties bevatten die gelijktijdig worden uitgevoerd. De fasen evolueren onafhankelijk van elkaar. Om deze gelijktijdige functies voor te stellen worden twee evenwijdige, horizontale lijnen gebruikt. Deze lijnen worden bij het begin en bij het einde van het gelijktijdig sequentiële deel getekend. Dit wordt voorgesteld in figuur 5.29. Op deze manier wordt enerzijds het gezamenlijke activeren van de verschillende takken gerealiseerd, anderzijds ook hun wederkerig wachten voor een gemeenschappelijke sequentie. Hier spreken we van een EN-DIVERGENTIE en een EN-CONVERGENTIE.

Vanaf fase 2 veroorzaakt de overgangsvoorwaarde "p" het gezamenlijk activeren van de fasen 10 en 20. De sequentie 10 - 11 - 12 en de sequentie 20 - 21 - 22 evolueren volkomen onafhankelijk van elkaar.

De overgang wordt overschreden als:

- de laatste fase van elke tak, respectievelijk 12 en 22, actief zijn;
- de overgangsvoorwaarde "q en r" waar is.

4 Het programmeren van basisstructuren

De structuren die men meestal gebruikt bij het opstellen van PLC-programma's werden in een algemene vorm besproken in paragraaf 3. Aan de hand van een aantal beperkte voorbeelden wordt nu duidelijk hoe men van die functiediagrammen het PLC-programma kan afleiden.

4.1 Lineaire sequentie

We zijn er ons van bewust dat een aantal elementen nog niet zijn aangebracht en dat deze oplossing technisch een aantal gebreken vertoont. Daar wordt in de volgende paragrafen dieper op ingegaan. Om te voorkomen dat deze uitermate praktische ontwerpmethode te theoretisch overkomt, wordt aan de hand van voorbeelden de methode verdiept.

Figuur 5.30 stelt op een schematische wijze een oveninstallatie voor met een aan- en afvoer door een transportband die omkeerbaar is in draaizin.

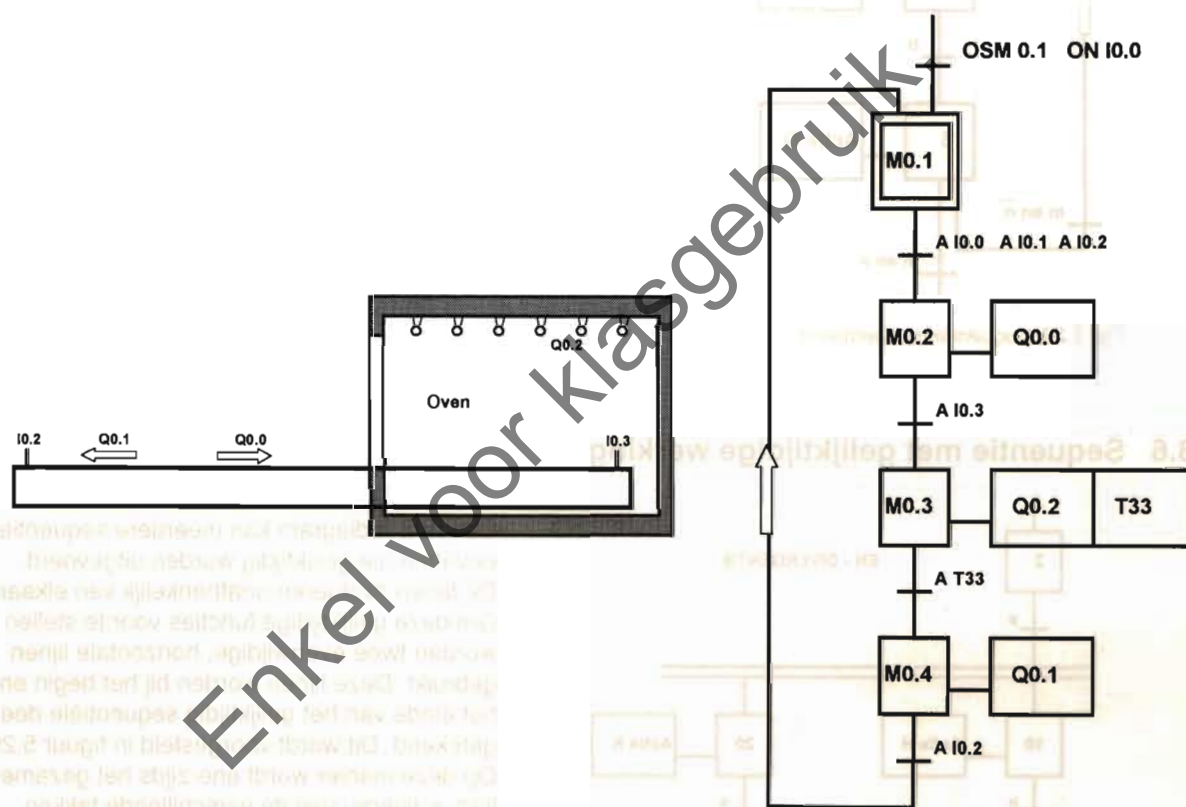


Fig. 5.30 Schets van oveninstallatie

Fig. 5.31 Functiediagram voor oveninstallatie

De stukken worden op de transportband aan de linkerzijde geplaatst. Vervolgens wordt de startdrukknop ingedrukt en de stukken worden tot in de oven verplaatst. Zijn de stukken door een detector gedetecteerd, dan worden de verwarmingselementen in werking gesteld en dit gedurende een vast ingestelde tijd. Is die tijd verlopen, dan brengt de transportband de stukken terug op de uiterst linkse zijde van de transportband.

Buiten de in- en uitgangen die voorgesteld staan op bovenstaande schets, maakt men nog gebruik van:

I0.0 stopdrukknop met normaal gesloten contact
I0.1 startdrukknop
I0.2 detectie stukken links op band
I0.3 detectie stukken uiterst rechts

Q0.0 band draait naar rechts
Q0.1 band draait naar links
Q0.2 verwarmingselementen

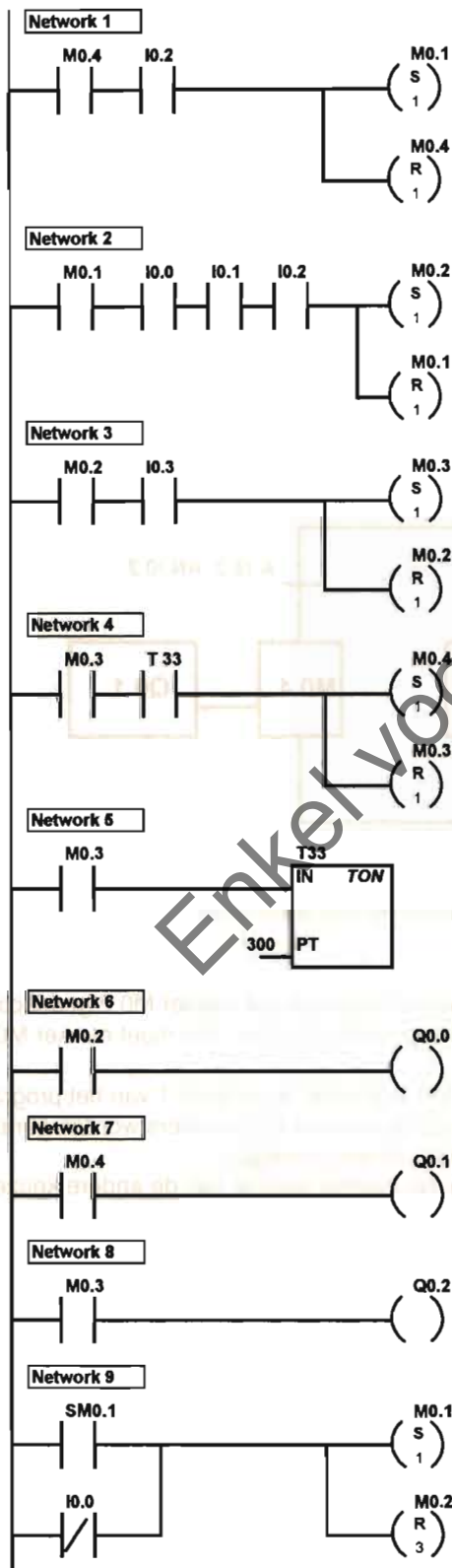
Het functiediagram wordt voorgesteld door figuur 5.31.

Als het functiediagram van figuur 5.31 tot een PLC-programma wordt vertaald, dan verkrijgen we het volgende programma.

Is het inzicht in de manier hoe de stopfunctie werd geprogrammeerd niet onmiddellijk aanwezig, dan is dit nog geen reden om zich zorgen te maken. Deze leerstof wordt in paragraaf 5 uitvoerig besproken. Uit het oogpunt van volledigheid was het raadzaam deze verwerking op te nemen.

Er kunnen bij de verschillende netwerken en programmaregels commentaarlijnen toegevoegd worden. Omdat de commentaar niet essentieel is voor de werking van het PLC-programma, werd dit in dit voorbeeld achterwege gelaten.

LAD



STL

```

Network 1
LD    M0.4
A      I0.2
S      M0.1, 1
R      M0.4, 1

Network 2
LD    M0.1
A      I0.0
A      I0.1
A      I0.2
S      M0.2, 1
R      M0.1, 1

Network 3
LD    M0.2
A      I0.3
S      M0.3, 1
R      M0.2, 1

Network 4
LD    M0.3
A      T33
S      M0.4, 1
R      M0.3, 1

Network 5
LD    M0.3
TON    T33, 300

Network 6
LD    M0.2
=      Q0.0

Network 7
LD    M0.4
=      Q0.1

Network 8
LD    M0.3
=      Q0.2

Network 9
LD    SM0.1
ON    I0.0
S      M0.1, 1
R      M0.2, 3

Network 10
MEND
    
```

4.2 Sequentie met keuze

Met dit PLC-programma is het mogelijk om na een startcommando (I0.1) een exclusieve keuze te maken. Wordt op de drukknop, aangesloten aan ingang I0.2, gedrukt, dan draait de motor links (Q0.0). Drukt men daarentegen op de drukknop I0.3 dan draait de motor rechts (Q0.1). Worden beide drukknoppen samen bediend, dan gebeurt er niets.

Bij het bedienen van de stopdrukknop wordt de werking onderbroken en wordt naar de initiële fase teruggekeerd.

Het functiediagram wordt voorgesteld door figuur 5.32.

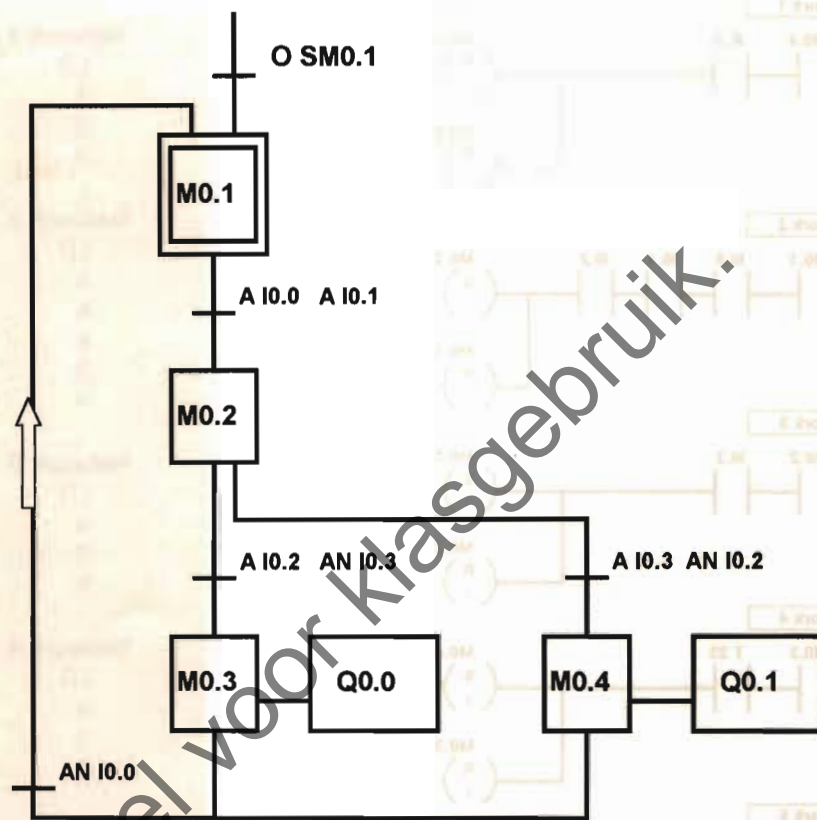


Fig. 5.32 Functiediagram voor sequentie met exclusieve keuze

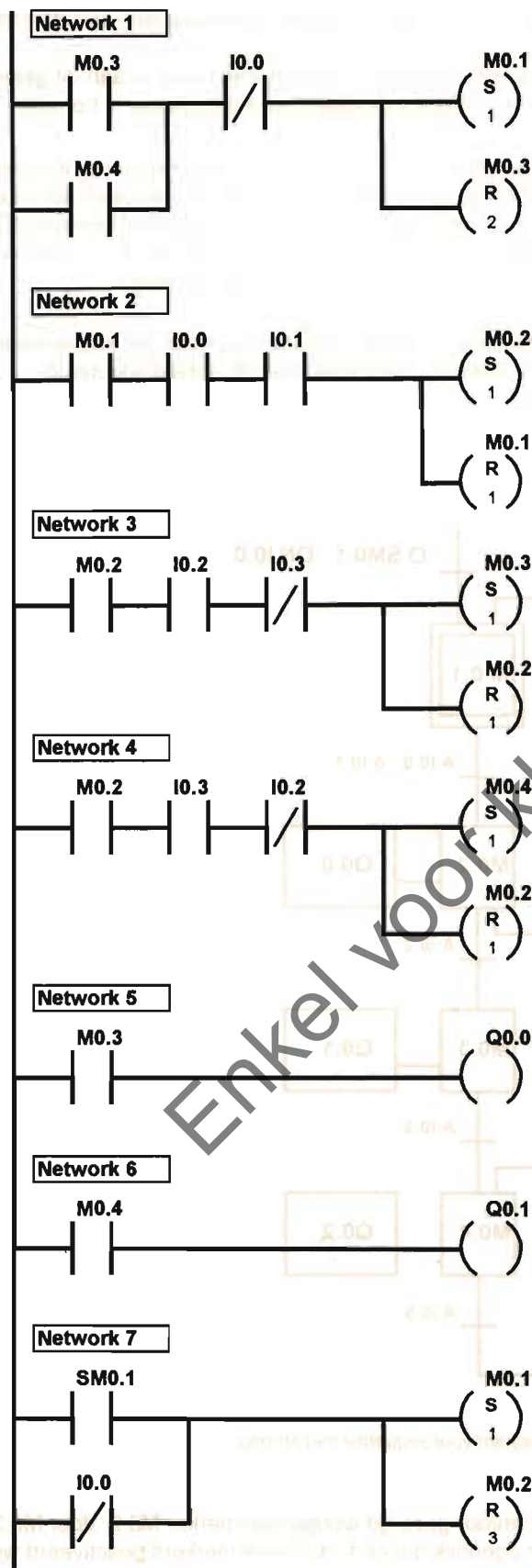
Bij het opstellen van het PLC-programma moet ervoor worden gezorgd dat merker M0.2 gedeactiveerd wordt door M0.3, maar ook door M0.4. Wordt één van beide merkers actief, dan moet merker M0.2 worden gedeactiveerd.

Door merker M0.1 wordt zowel merker M0.3 als merker M0.4 gereset. In netwerk 1 van het programma wordt dit aangeduid door na de aanduiding "R M0.3" aan te duiden dat er 2 merkers worden gereset. Deze methode kan alleen worden toegepast als de merkers elkaar opvolgen.

Het exclusief maken van de keuze wordt verkregen door het inverse signaal van de andere keuzedrukknop als een EN-functie te verknopen.

LAD

STL



Network 1

LD M0.3
O M0.4
AN I0.0
S M0.1, 1
R M0.3, 2

Network 2

LD M0.1
A I0.0
A I0.1
S M0.2, 1
R M0.1, 1

Network 3

LD M0.2
A I0.2
AN I0.3
S M0.3, 1
R M0.2, 1

Network 4

LD M0.2
A I0.3
AN I0.2
S M0.4, 1
R M0.2, 1

Network 5

LD M0.3
= Q0.0

Network 6

LD M0.4
= Q0.1

Network 7

LD SM0.1
ON I0.0
S M0.1, 1
R M0.2, 3

Network 10

MEND

4.3 Sequentie met sprong

Deze programmeermogelijkheid laat toe om, afhankelijk van de gestelde voorwaarden, een deel van het programma te overbruggen.

Op die manier is het mogelijk om een aantal tussenbewerkingen uit te sluiten als er al aan de gestelde eisen is voldaan. Bv.: extra voorverwarmen is overbodig als de gewenste temperatuur is bereikt.

De stopdrukknop (NG-contact) is aangesloten aan de ingang I0.0. Na een startcommando (I0.1) wordt merker M0.2 actief. Afhankelijk van de voorwaarde die eerst waar is, I0.2 of I0.4, evolueert het proces verder naar respectievelijk M0.3 of M0.4. In dit voorbeeld wordt de keuze niet exclusief gemaakt. Dit kan echter eenvoudig worden uitgevoerd zoals in het vorige voorbeeld werd verduidelijkt. Bij het bedienen van de sensor, aangesloten aan ingang I0.5, keert men naar de initiële toestand terug.

Het programma wordt zo opgesteld dat bij het bedienen van de stop alle fasen van het sequentiële deel van de sturing gedeactiveerd worden. Het proces keert onmiddellijk naar de initiële fase terug. Het functiediagram wordt voorgesteld door figuur 5.33.

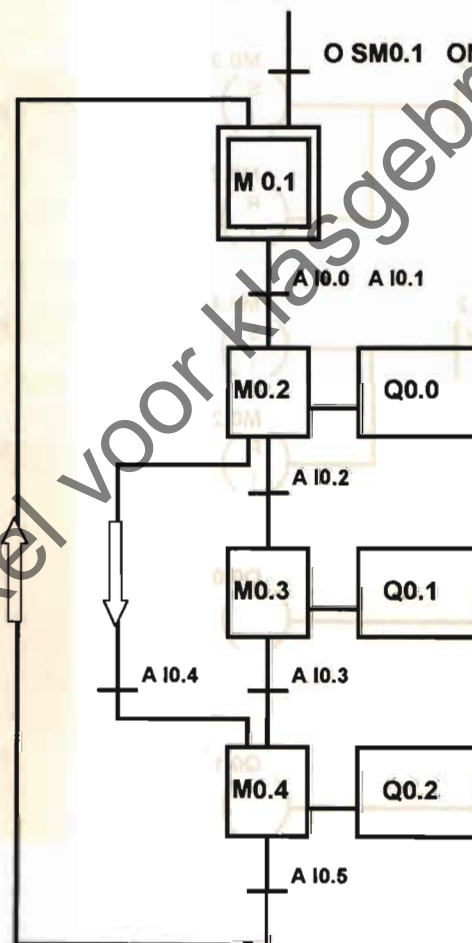


Fig. 5.33 Functiediagram voor sequentie met sprong

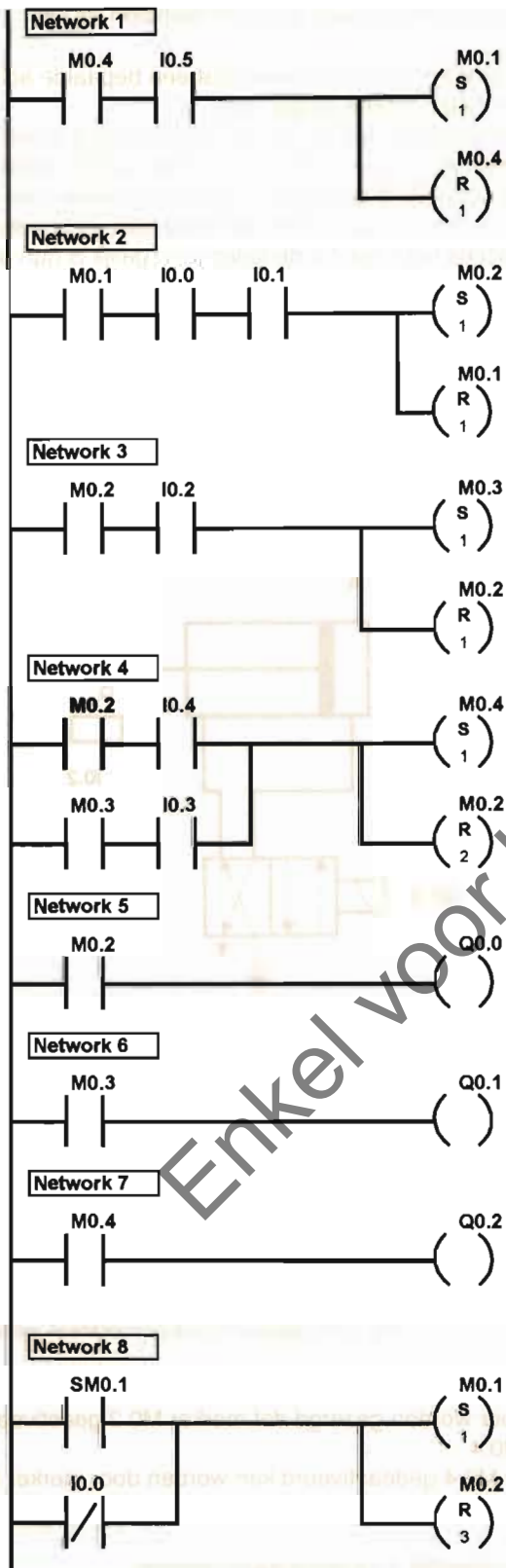
Bij het opstellen van het PLC-programma moet ervoor gezorgd worden dat merker M0.2 door M0.3 wordt gedeactiveerd, maar ook door M0.4. Vanaf het ogenblik dat één van beide merkers geactiveerd wordt, wordt merker M0.2 gereset. In het PLC-programma worden in netwerk 4 daarom twee merkers gedeactiveerd.

Merker M0.4 kan worden geactiveerd, zowel door merker M0.2 als door merker M0.3, respectievelijk met hun overeenkomstige overgangsvoorwaarden.

Het onderstaande PLC-programma komt met het hoger vermelde functiediagram overeen.

LAD

STL



Network 1

LD M0.4
A I0.5
S M0.1, 1
R M0.4, 1

Network 2

LD M0.1
A I0.0
A I0.1
S M0.2, 1
R M0.1, 1

Network 3

LD M0.2
A I0.2
S M0.3, 1
R M0.2, 1

Network 4

LD M0.2
A I0.4
LD M0.3
A I0.3
OLD
S M0.4, 1
R M0.2, 2

Network 5

LD M0.2
= Q0.0

Network 6

LD M0.3
= Q0.1

Network 7

LD M0.4
= Q0.2

Network 8

LD SM0.1
ON I0.0
S M0.1, 1
R M0.2, 3

Network 9

MEND

4.4 Sequentie met herhaling

Deze manier van programmeren maakt het mogelijk één of meerdere acties te herhalen tot het gewenste doel bereikt is.

In onderstaand voorbeeld bepaalt de instelling van de teller het aantal keren dat een bepaalde actie wordt herhaald. De actie stelt een uitgaande slag van een pneumatische zuiger voor.

De stopdrukknop (NG-contact) is aan ingang I0.0 aangesloten. Als de stopdrukknop in de normale toestand staat, de zuiger in de ruststand staat (gedetecteerd door I0.2) en men drukt op de startdrukknop (I0.1) dan wordt merker M0.2 actief. Daardoor wordt actie Q0.0 geactiveerd. Bij het bereiken van de eindpositie (I0.3) keert de zuiger onmiddellijk terug. Deze beweging wordt geregistreerd en opgeteld bij de momentele stand van de teller. De zuiger zal deze acties herhalen tot de tellerstand gelijk is aan de presetwaarde.

Het functiediagram wordt voorgesteld door figuur 5.34.

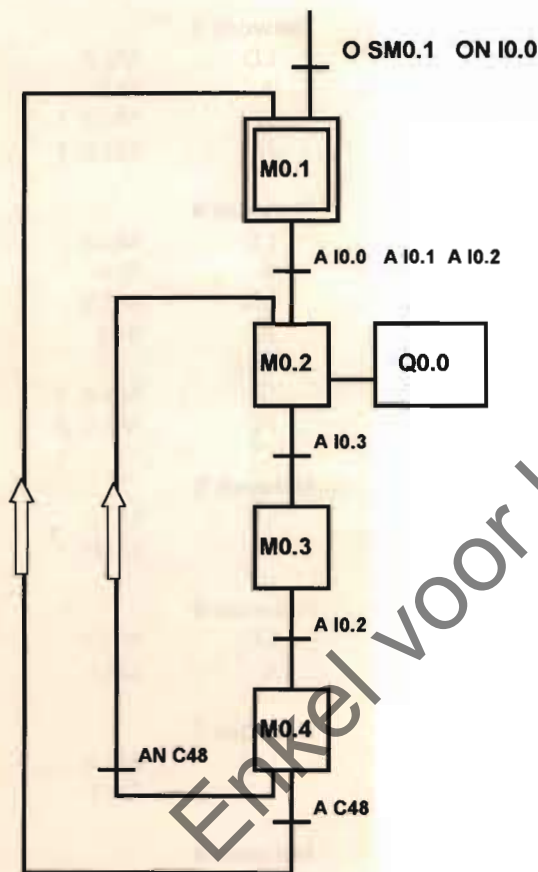


Fig. 5.34 Functiediagram voor sequentie met herhaling

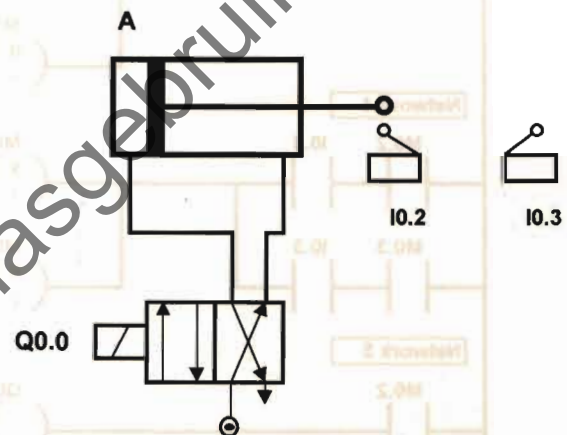


Fig. 5.35 Aansluiten van pneumatisch ventiel

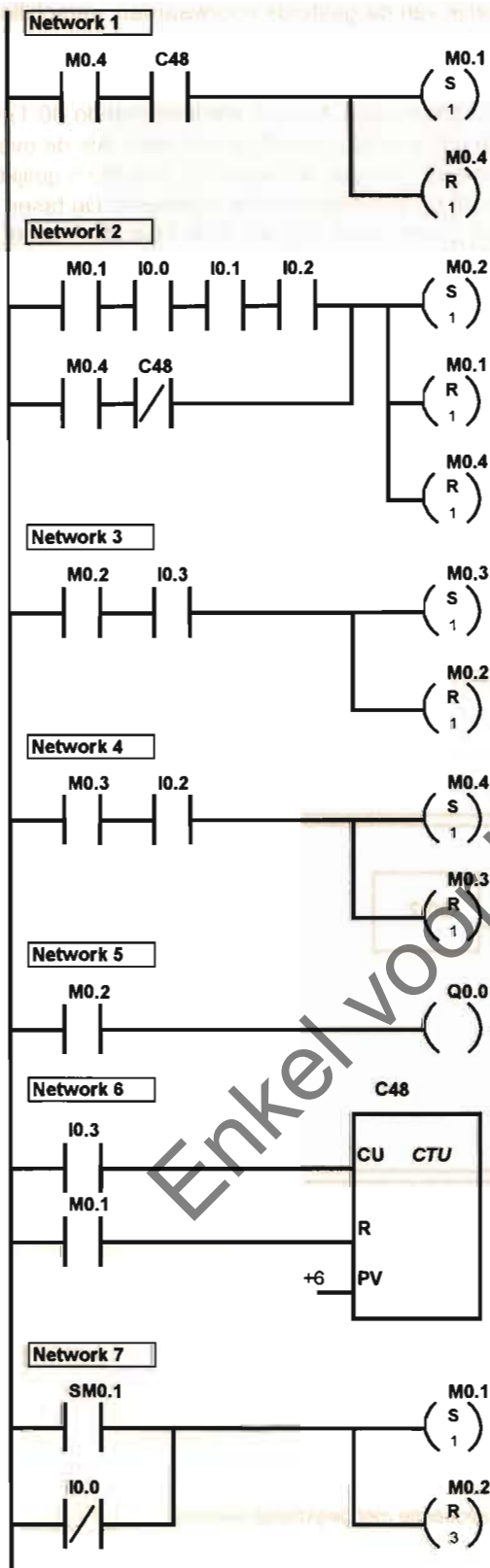
Bij het opstellen van het PLC-programma moet ervoor worden gezorgd dat merker M0.2 geactiveerd kan worden, zowel door merker M0.1 als door merker M0.4.

Bovendien moet ervoor gezorgd worden dat merker M0.4 gedeactiveerd kan worden door merker M0.1 maar ook door merker M0.2.

Onderstaand PLC-programma komt met het hoger vermelde functiediagram overeen.

LAD

STL



Network 1

```
LD      M0.4
A       C48
S       M0.1, 1
R       M0.4, 1
```

Network 2

```
LD      M0.1
A       I0.0
A       I0.1
A       I0.2
LD      M0.4
AN     C48
OLD
S       M0.2, 1
R       M0.1, 1
R       M0.4, 1
```

Network 3

```
LD      M0.2
A       I0.3
S       M0.3, 1
R       M0.2, 1
```

Network 4

```
LD      M0.3
A       I0.2
S       M0.4, 1
R       M0.3, 1
```

Network 5

```
LD      M0.2
=       Q0.0
```

Network 6

```
LD      I0.3
LDN     M0.1
CTU     C48, +6
```

Network 7

```
LD      SM0.1
ON      I0.0
S       M0.1, 1
R       M0.2, 3
```

Network 8

```
MEND
```

4.5 Sequentie met gelijktijdige werking

Deze programmeermogelijkheid laat toe om, afhankelijk van de gestelde voorwaarden, verschillende programmadelen gelijktijdig te laten werken.

De stopdrukknop (NG-contact) is aan de ingang I0.0 aangesloten. Na een startcommando (I0.1) wordt fase M0.2 actief en de actie die verbonden wordt aan uitgang Q0.0 wordt geactiveerd. Als de overgangsvoorwaarde I0.2 "waar" is, duidt de dubbele horizontale lijn aan dat de fasen M0.3 en M0.5 gelijktijdig geactiveerd worden. Elk deel van het programma wordt op zijn eigen tempo afgewerkt. De fasen M0.4 en M0.6 zijn in dit voorbeeld wachtstappen. Pas als beide fasen actief zijn wordt de fase M0.7 actief en de fasen M0.4 en M0.6 worden gelijktijdig gedeactiveerd.

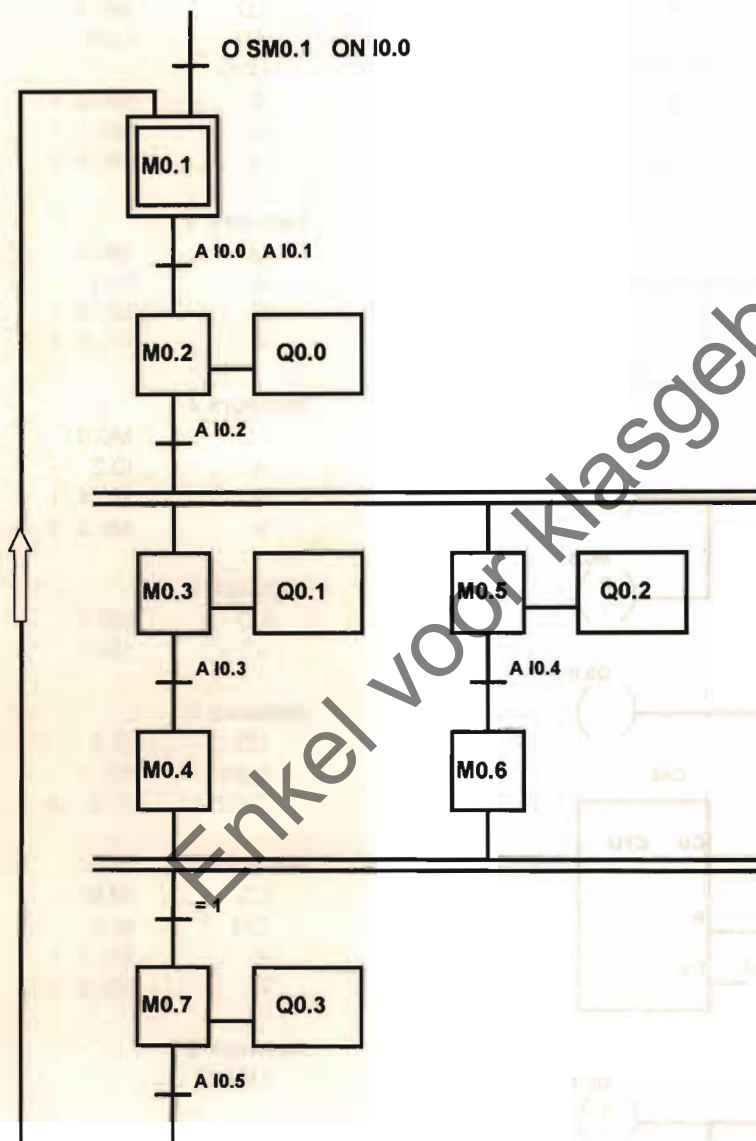
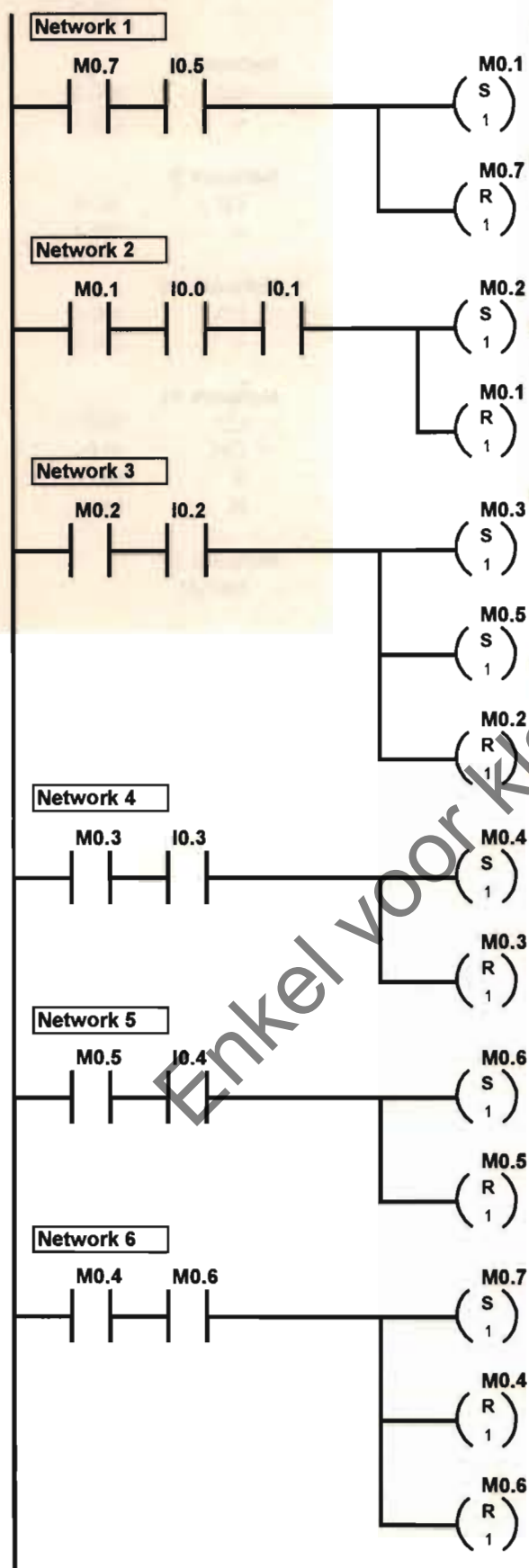


Fig. 5.36 Functiediagram voor sequentie met gelijktijdige werking

Als men het functiediagram dat voorgesteld wordt in fig. 5.36 vertaalt tot een PLC-programma, verkrijgt men het volgende programma:

LAD



STL

Network 1
 LD M0.7
 A I0.5
 S M0.1, 1
 R M0.7, 1

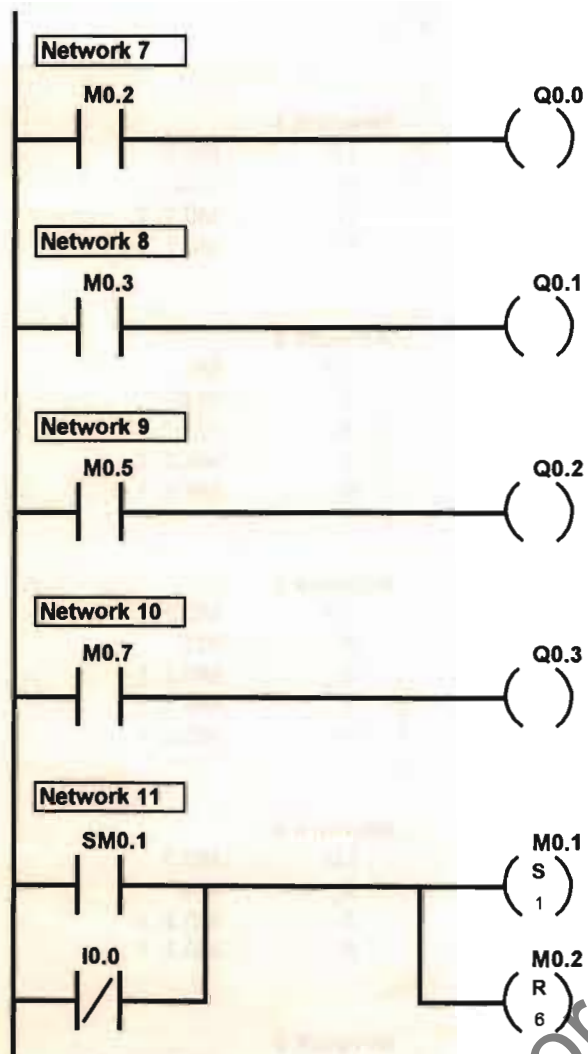
Network 2
 LD M0.1
 A I0.0
 A I0.1
 S M0.2, 1
 R M0.1, 1

Network 3
 LD M0.2
 A I0.2
 S M0.3, 1
 S M0.5, 1
 R M0.2, 1

Network 4
 LD M0.3
 A I0.3
 S M0.4, 1
 R M0.3, 1

Network 5
 LD M0.5
 A I0.4
 S M0.6, 1
 R M0.5, 1

Network 6
 LD M0.4
 A M0.6
 S M0.7, 1
 R M0.4, 1
 R M0.6, 1



Network 7
LD M0.2
= Q0.0

Network 8
LD M0.3
= Q0.1

Network 9
LD M0.5
= Q0.2

Network 10
LD M0.7
= Q0.3

Network 11
LD SM0.1
ON IO.0
S M0.1, 1
R M0.2, 6

Network 12
MEND

5 Starten en onderbreken van een proces

Wil men een proces automatiseren, dan moet bij het opstellen van het functiediagram een juiste keuze worden gemaakt tussen de verschillende mogelijkheden die beschikbaar zijn om een proces te starten en te stoppen. Daarenboven wordt het begrip "werking" niet altijd op dezelfde manier geïnterpreteerd. Daarom wordt eerst een algemene omschrijving gegeven, voordat wordt weergegeven hoe men deze mogelijkheden in het programma verwerkt.

Men kan de werking van een proces opdelen in drie categorieën:

- Normale werking
- Noodstopwerking
- Controlewerking

Normale werking

De werking van een proces kan nog eens in verschillende mogelijkheden worden opgedeeld. Zo is er het onderscheid tussen volautomatische en halfautomatische werking.

- *Volautomatische werking*

Na een startcommando en de noodzakelijke startvoorwaarden blijft het proces continu verlopen zonder tussenkomst van de operator. Deze sturingen worden toegepast bij serie- en massaproductie. De aanvoer, de afvoer en doorstroming van de producten verlopen volledig autonoom.

- *Halfautomatische werking*

Na een startcommando wordt de gehele cyclus éénmaal doorlopen. De operator moet iedere keer, na een volledige cyclus de startdrukknop opnieuw bedienen om een volgende cyclus te starten. Hij zal op die manier de kans krijgen zelf materiaal aan- en af te voeren.

Noodstopwerking

Wordt de noodstop gebruikt, dan moet de machine onmiddellijk tot stilstand worden gebracht. De onderbreking van het proces door de noodstop wordt meestal door het manueel ingrijpen van de operator veroorzaakt. Hij bedient dan een rode paddestoeldrukknop. Het is eveneens mogelijk dat bepaalde detecties uit het proces (spanningsonderbreking in een kring) de noodstop activeren.

Afhankelijk van het proces kan het bedienen van de noodstop verschillende situaties veroorzaken:

- *Stop zonder geheugen*

In dit geval onderbreekt het proces onmiddellijk alle acties en keert naar de initiële fase terug. Bij een volgend startcommando wordt terug vanuit de initiële fase gestart. Bij draaiende machines, met een aanloopprocedure, is men genoodzaakt om deze stopmogelijkheid te gebruiken.

- *Stop met geheugen*

Ook in dit geval moet ervoor gezorgd worden dat het proces onmiddellijk onderbroken wordt. In deze situatie wordt niet naar de initiële fase teruggekeerd. Er wordt onthouden op welk moment in het proces werd onderbroken. Na een manuele (gecontroleerde) ingreep evolueert het proces verder vanaf het punt waar de onderbreking plaatsvond. Deze mogelijkheid kan toegepast worden als bij het onderbreken van het proces onthouden moet worden hoeveel onderdelen gedetecteerd werden.

Controlewerking

Vooraleer men een installatie in dienst neemt, moeten alle uitgangen een voor een worden geactiveerd. Op deze manier wordt het functioneren van alle uitgangen gecontroleerd. Bovendien wordt de bedrading getest, zodat het gewenste toestel reageert op de geactiveerde uitgang. Het programma wordt vervolgens getest door simulatie. Pas daarna wordt de installatie bestuurd door het PLC-programma.

Bij professionele installaties wordt gezorgd dat al de verschillende acties (uitgangen) geactiveerd kunnen worden door het bedienen van een corresponderende drukknop. Dezelfde drukknoppen worden niet alleen gebruikt om een machine of proces af te stellen of te controleren. Ook om de machine of het proces in die toestand te brengen zodat het terug voor de normale werking klaar staat.

Er zijn verschillende mogelijkheden :

- *Manuele bediening*

De verschillende vermogenselementen kunnen worden geactiveerd door het bedienen van corresponderende drukknoppen, aangesloten aan de ingangen van de PLC. Zolang de drukknop ingedrukt wordt, blijft de actie geactiveerd. De acties kunnen in een willekeurige volgorde worden uitgevoerd.

- *Stap per stap bediening*

Het volledige functiediagram wordt uitgevoerd. Na elke fase wordt gewacht tot een manuele ingreep beveelt dat de volgende fase mag geactiveerd worden. De acties die aan de verschillende fasen verbonden werden, in het PLC-programma, worden uitgevoerd. Deze mogelijkheid wordt meestal gerealiseerd door gebruik te maken van de programmeerconsole.

- *Cyclus per cyclus bediening*

Is een PLC-programma in afzonderlijke programmabouwstenen opgesteld, dan kan men een deel van het programma afzonderlijk laten werken.

Afspraak

Laten we aannemen dat we bij de volgende voorbeelden de stopfunctie aan de ingang I0.0 aansluiten. Het normaal gesloten schakelcontact van de stopdrukknop wordt aangesloten aan de ingang van de PLC. De startdrukknop wordt aan de ingang I0.1 aangesloten.

Deze afspraak is uitsluitend bedoeld om eenduidige voorbeelden te krijgen. Bovendien worden nodeloze herhalingen in de tekst voorkomen. Start- en stopdrukknop kan men evenwel aan om het even welke ingang aansluiten.

I0.0	stop uitgevoerd met normaal gesloten contact
I0.1	start uitgevoerd met normaal open contact

5.1 Starten van een proces

Bij het bedienen van de stopdrukknop is het goed mogelijk dat het proces naar de initiële fase terugkeert. De stopdrukknop is dikwijls met een gewone drukknop uitgevoerd, terwijl de noodstop is uitgevoerd met een rode paddestoel. Na het bedienen van de stop moet ofwel met een speciale draaiende beweging, ofwel met een sleutel deze schakelaar terug in zijn rusttoestand worden gebracht.

Voor de verwerking van de noodstop verwijzen wij u naar paragraaf 5.7.

Zolang deze stopdrukknop niet opnieuw in zijn normale toestand is gebracht, mag het proces niet opnieuw gestart worden. Daarenboven komt het zeer frequent voor dat de startvoorwaarde juist na de initiële fase wordt geplaatst.

Bij het opstellen van het functiediagram en/of bij het programmeren van het PLC-programma moet ervoor gezorgd worden dat de startvoorwaarde als EN verknoopt wordt met de stopvoorwaarden.

Zo is het zeker dat de ingang van de PLC een toestand "1" leest bij de stopvoorwaarde.

Het volgende voorbeeld geeft hiervan een verduidelijking:

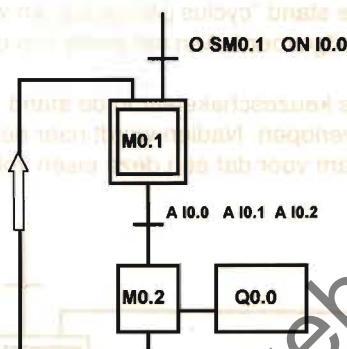


Fig. 5.37 Start verwerken in een functiediagram

Bij dit voorbeeld wordt de start geprogrammeerd als overgangsvoorwaarde tussen fase M0.1 en M0.2.

Buiten deze stopvoorwaarden worden ook alle detecties die garanderen dat de installatie in de gewenste toestand staat, als EN met de start verknoopt. Bij pneumatische sturingen zal op deze plaats worden gecontroleerd of de zuigers wel in de gewenste stand staan. Bij andere installaties zal men detecteren of de machine zich in de juiste toestand bevindt en alle voorwaarden vervuld zijn om veilig te kunnen starten. In het voorbeeld van figuur 5.37 wordt de toestand van ingang IO.2 gecontroleerd vooraleer het proces kan starten.

Bij veel sturingen is aangewezen dat een positieve flankdetectie wordt gebruikt voor het startsignaal.

Het kan belangrijk zijn dat het proces niet opnieuw wordt doorlopen, ook als de startknop, bewust of niet, bediend blijft. Als deze situatie een gevaarlijke of ongewenste toestand kan veroorzaken, voorkomt een gepast PLC-programma deze eventuele fout.

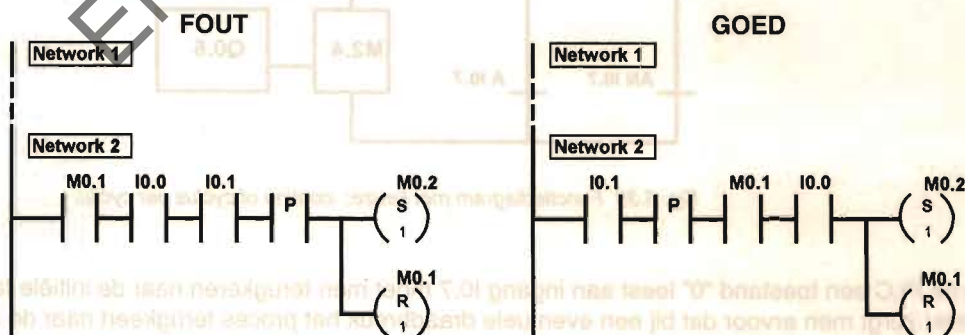


Fig. 5.38 Herstarten wordt voorkomen door gebruik van flanksturing.

Bij het linker deel van figuur 5.38 wordt de EN-functie berekend van de toestand van merker M0.1, de stopingang IO.0 en de startingang IO.1. Als een stijgende flank wordt gedetecteerd van het geheel wordt de merker M0.2 opnieuw geactiveerd. Omdat het mogelijk blijft dat bij een geblokkeerde startdrukknop het proces opnieuw start, is deze programmeerwijze foutief.

Bij het rechter deel van figuur 5.38 wordt gereageerd op de stijgende flank van de startingang IO.1.

Het resultaat wordt als EN verknoopt met de overige voorwaarden. Met deze oplossing wordt voorkomen dat het proces opnieuw start bij een geblokkeerde startdrukknop. Alleen het rechter programmavoorbeeld mag gebruikt worden.

5.2 Stop aan het einde van een cyclus

Heeft men de bedoeling een proces niet te onderbreken, tenzij de volledige cyclus beëindigd is, dan zal men het programma opstellen zoals hierna beschreven. Het programma loopt ongestoord door tot de laatste fase uit het functiediagram is bereikt. Deze onderbrekingsmogelijkheid kan men gebruiken aan het einde van een werkdag. Het laatste volautomatisch vervaardigde stuk wordt volledig afgewerkt maar er wordt niet meer gestart met een volgend onderdeel.

Een extra keuzeschakelaar, aangesloten aan een ingang van de PLC, wordt gebruikt. In onderstaand voorbeeld wordt deze keuzeschakelaar aangesloten aan ingang I0.7. Er wordt een schakelaar met een normaal open contact gekozen.

Werd de keuzeschakelaar in de stand "continu" geplaatst, dan zal het proces na het verwerken van de laatste fase automatisch naar fase 2 terugkeren. Er wordt niet gewacht op een startcommando. Met een volgende cyclus wordt onmiddellijk begonnen. Tijdens het afwerken van het functiediagram wordt de toestand van de keuzeschakelaar niet meer gecontroleerd.

Staat de keuzeschakelaar in de stand "cyclus per cyclus" en wordt de startdrukknop ingedrukt, dan wordt het volledige proces éénmaal uitgevoerd. Aan het einde van deze cyclus wordt naar de initiële fase teruggekeerd.

Zet men tijdens de werking, de keuzeschakelaar in de stand "cyclus per cyclus" dan zal de verwerking tot en met de laatste fase verder verlopen. Nadien wordt naar de initiële fase teruggekeerd.

Fig. 5.39 stelt een functiediagram voor dat aan deze eisen voldoet.

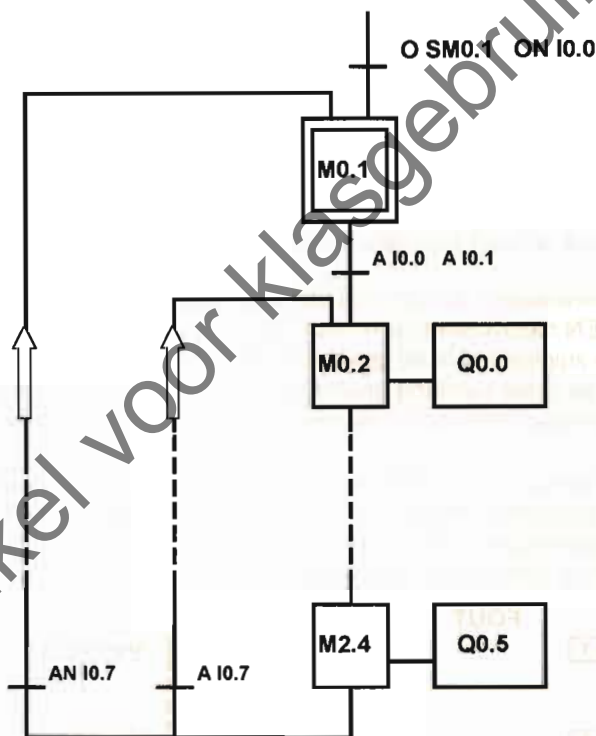


Fig. 5.39 Functiediagram met keuze: continu of cyclus per cyclus

Als de PLC een toestand "0" leest aan ingang I0.7 moet men terugkeren naar de initiële fase. Op deze manier zorgt men ervoor dat bij een eventuele draadbreek het proces terugkeert naar de initiële fase. Als men beide voorwaarden onderling van plaats verwisselt, dan blijft het proces bij een eventuele draadbreek ongecontroleerd verder werken.

Het komt voor dat deze keuzeschakelaar als een meer-standen-schakelaar is uitgevoerd. In de middenstand bevindt zich de nulstand. Beweegt men de schakelhefboom naar links, dan heeft men een bistabiel schakelelement. Beweegt men de schakelhefboom naar rechts dan activeert men een monostabiel schakelcontact. Het monostabiel schakelcontact is in dit voorbeeld aangesloten aan ingang I0.1, het bistabiele schakelcontact aan ingang I0.7.

Bij het opstellen van het PLC-programma moet ervoor gezorgd worden dat de fase M2.4 gedeactiveerd moet kunnen worden, zowel door fase M0.1 als door fase M0.2. Fase M0.2 kan geactiveerd worden via fase M0.1 maar ook via fase M2.4.

5.3 Stop zonder geheugen

Bij een aantal sturingen zal het van belang zijn het proces onmiddellijk te stoppen en terug te keren naar de initiële toestand. Het proces moet daarna vanaf die beginsituatie worden herstart. Vooral bij draaiende machines met aanlooppprocedure komt deze sturing frequent voor. Denk maar aan een machine met aanloop in ster-driehoek, aan machines die starten met een kleine snelheid en nadien doorschakelen naar een grote snelheid, aan machines die onbelast moeten aanlopen enz.

Het is uiteraard mogelijk deze onderbrekingsmogelijkheid met de keuzemogelijkheid "continu" of "cyclus per cyclus" te combineren.

Bij deze vorm van sturing worden monostabiele vermogenselementen aan de uitgangen van de PLC aangesloten. Meestal worden niet-remanente merkers gebruikt. Bij dit soort sturingen moet het proces, bij een eventuele spanningsonderbreking, terugkeren naar de initiële toestand.

Het functiediagram wordt zo opgesteld dat bij het bedienen van de stopdrukknop alle fasen gedeactiveerd worden en alleen de initiële fase geactiveerd wordt. Vermits na het bedienen van de stop alle fasen gedeactiveerd worden, zullen ook alle acties die eraan gekoppeld waren, worden gedeactiveerd.

De voorbeelden die verwerkt werden in paragraaf 4 werden iedere keer uitgevoerd met een "stop zonder geheugen". Het functiediagram van fig. 5.40 geeft een voorbeeld van een sturing waarbij geen geheugenwerking bij het bedienen van de stop optreedt.

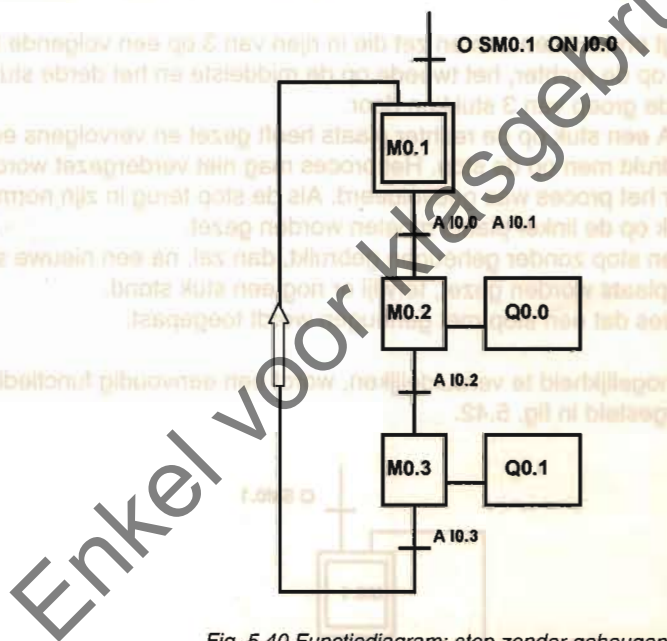
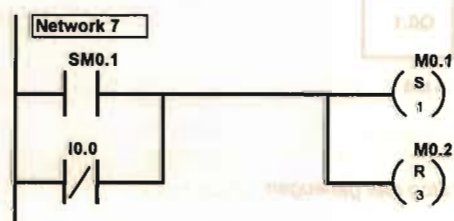


Fig. 5.40 Functiediagram: stop zonder geheugen

Wordt het functiediagram naar een PLC-programma vertaald, dan moet men deze stopmogelijkheid opnemen. Als voorbeeld wordt hierna het programma weergegeven. Men merkt dat bij het bedienen van de stop de verschillende fasen gedeactiveerd worden en de initiële fase geactiveerd.

LAD



STL

Network 7
LD SM0.1
ON I0.0
S M0.1, 1
R M0.2, 3

Vermits bij het bedienen van de stop alle fasen (behalve de initiële fase) gedeactiveerd worden, worden ook alle uitgangen gedeactiveerd.

5.4 Stop met geheugen

Bij het bedienen van de stopdrukknop is het noodzakelijk dat het proces de werking onderbreekt. In dit geval moet de PLC onthouden waar het proces onderbroken werd bij het bedienen van de stop. Later moet het proces verder worden afgehandeld vanaf de plaats waar het werd onderbroken. We zullen dit verduidelijken met een voorbeeld, voorgesteld door figuur 5.41.

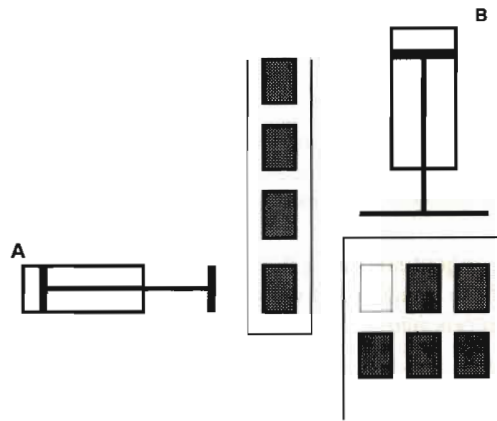


Fig. 5.41 Groeperen van stukken: voorbeeld stop met geheugen

Een transportband brengt onderdelen aan en zet die in rijen van 3 op een volgende transportband. De band zet het eerste stuk op de rechter, het tweede op de middelste en het derde stuk op de linker plaats. Daarna schuift zuiger B de groep van 3 stukken door. Veronderstel dat zuiger A een stuk op de rechter plaats heeft gezet en vervolgens een stuk op de middenplaats. Op dat ogenblik drukt men op de stop. Het proces mag niet verdergezet worden, maar de PLC moet onthouden tot waar het proces was geëvolueerd. Als de stop terug in zijn normale toestand staat, dan zal het volgende stuk op de linker plaats moeten worden gezet. Wordt in dit voorbeeld een stop zonder geheugen gebruikt, dan zal, na een nieuwe start, het eerstvolgende stuk terug op de rechter plaats worden gezet, terwijl er nog een stuk stond. Het is in dergelijke situaties dat een stop met geheugen wordt toegepast.

Om deze programmeermogelijkheid te verduidelijken, wordt een eenvoudig functiediagram als voorbeeld genomen. Dit wordt voorgesteld in fig. 5.42.

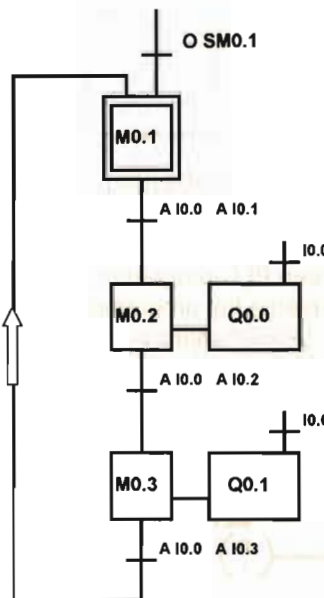
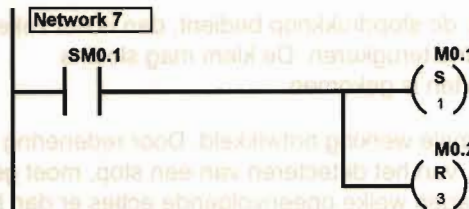


Fig. 5.42 Functiediagram voor stop met geheugen

Als men het functiediagram naar een PLC-programma vertaalt, dan moet men de stop met geheugen opnemen. Slechts enkele fasen worden weergegeven, zodat men inzicht krijgt hoe men deze methode kan toepassen.

Bij elke overgangsvoorwaarde wordt de stopfunctie als EN-functie met de normale overgangsvoorwaarden verknoopt. Daarenboven maakt men elke actie voorwaardelijk. Dit wil zeggen: de actie zal uitgevoerd worden als de overeenkomstige fase actief is, maar gelijktijdig moet de stopvoorwaarde aanwezig zijn. Bij het bedienen van de stop keert men niet terug naar de initiële fase. Het laatste netwerk zal er als volgt uitzien:

LAD



STL

Network 7

LD	SM0.1
S	M0.1, 1
R	M0.2, 3

Om de uitgangen als voorwaardelijke acties te programmeren zal men de betreffende fase als EN met de stopvoorwaarde worden verknoopt. We verkrijgen dan de volgende programmeerwijze:

LAD

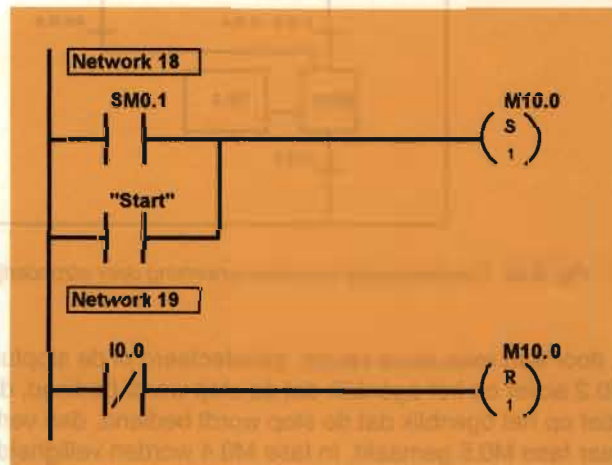


STL

Network 10

LD	I0.0
A	M0.3
=	Q0.2

Bij het bedienen van de stopdrukknop moet de sturing in ieder geval worden onderbroken. Volgens de recente machinerichtlijnen mag het terug activeren van de onderbreking niet tot gevolg hebben dat de installatie terug in werking treedt. Daarom wordt gebruik gemaakt van een extra, willekeurige merker. Wanneer de PLC voor het eerst spanning krijgt, wordt deze willekeurige merker geactiveerd. Bij het bedienen van de stop wordt deze merker gereset. Het terugbrengen van de stopdrukknop naar zijn normale positie heeft nu niet langer tot gevolg dat de installatie onmiddellijk in werking treedt. Het is noodzakelijk dat een "startdrukknop" wordt geactiveerd. In de programmeerwijze van vorige voorbeeld wordt nu de ingang I0.0 vervangen door M10.0.



5.5 Afzonderlijke sequenties

Bij een aantal processen is het niet mogelijk om zomaar het proces te onderbreken. Bij het onderbreken van de normale cyclus moeten bepaalde sturingen in een juiste volgorde gebeuren om op een veilige wijze tot een ruststand terug te keren.

Volgend voorbeeld zal dit duidelijk maken. Een sturing zorgt ervoor dat een werkstuk geklemd wordt. Als het stuk geklemd zit, begint de boor automatisch te draaien. Zodra de boor het gewenste toerental bereikt heeft, wordt een voedingsbeweging geactiveerd.

Wordt, op het ogenblik dat de boor in het werkstuk boort, de stopdrukknop bedient, dan is het zeker niet de bedoeling dat alle functies onmiddellijk tot hun ruststand terugkeren. De klem mag slechts geopend worden als de boor stilstaat en het werkstuk buiten is gekomen.

In eerste instantie wordt een functiediagram voor de normale werking ontwikkeld. Door redenering wordt nadien voor elke fase afgevraagd wat er op het ogenblik, van het detecteren van een stop, moet gebeuren om het proces veilig te onderbreken. Men moet zich afvragen welke opeenvolgende acties er dan best ondernomen worden om het proces op een veilige manier terug naar de ruststand te brengen. In veel gevallen zal men zich tot het overbruggen van een aantal acties kunnen beperken. De laatste acties van een proces zijn meestal acties die ervoor zorgen dat het proces naar de rusttoestand wordt teruggebracht.

Het functiediagram dat men uiteindelijk verkrijgt, is te vergelijken met keuzemogelijkheden of spronginstructies. Fig. 5.43 geeft een voorbeeld van een functiediagram met afzonderlijke stopcycli.

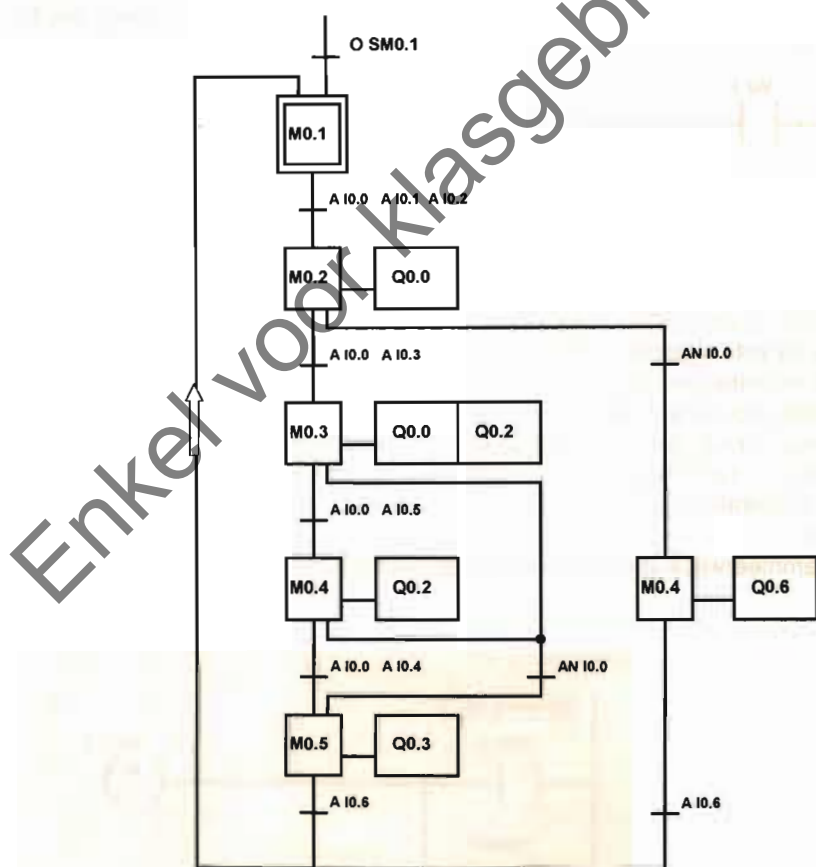


Fig. 5.43 Functiediagram voor stopverwerking door afzonderlijke sequenties

In elke fase wordt, door een exclusieve keuze, gedetecteerd of de stopfunctie al dan niet wordt bediend. Is fase M0.2 actief op het ogenblik dat de stop wordt bediend, dan keert men naar fase M0.4. Was fase M0.3 actief op het ogenblik dat de stop wordt bediend, dan verlaat men het normale proces en wordt de sprong naar fase M0.5 gemaakt. In fase M0.4 worden veiligheidsacties ondernomen. Het is mogelijk dat nadien het normale proces terug vervoegd wordt om naar de initiële fase terug te keren, zoals weergegeven in de overgang tussen M0.3 en M0.4 naar M0.5. Het is eveneens mogelijk dat men na een aantal veiligheidsacties rechtstreeks terugkeert naar de initiële fase.

5.6 Controlewerking

Het komt voor dat men elk vermogenselement afzonderlijk wil activeren, onafhankelijk van het geautomatiseerde proces. Men gebruikt deze mogelijkheid om na een stopcommando, de machine gecontroleerd en manueel, terug naar zijn beginsituatie te brengen.

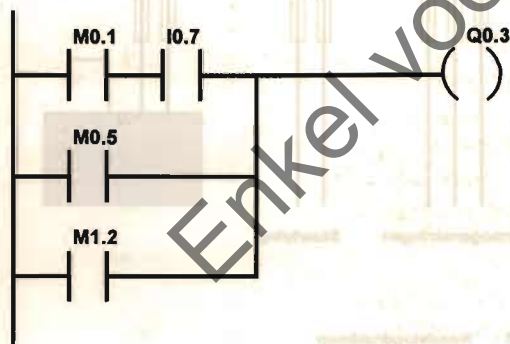
In sommige gevallen worden deze drukknoppen of schakelaars rechtstreeks op de vermogens-elementen bedraad. Om te voorkomen dat deze instellingen het normale proces zouden storen, moet ervoor gezorgd worden dat de manuele bediening vergrendeld is op het ogenblik dat het proces geautomatiseerd verloopt. Daardoor zullen deze drukknoppen of schakelaars zelden voorkomen op het gewone bedieningspaneel.

Worden deze controledrukknoppen rechtstreeks in de bedrading van de vermogenselementen opgenomen, dan wordt voor een aanzienlijke besparing gezorgd. Het aantal ingangen van de PLC wordt gereduceerd. Daartegenover staat dat het aansluiten van de manuele bediening aan de ingangen van de PLC de mogelijkheid geeft de controlewerking in het PLC-programma op te nemen. Zo kan een vergrendeling worden geprogrammeerd, zodat fouten worden voorkomen door gelijktijdige bediening van de manuele bediening en het geautomatiseerde proces.

Ook deze programmeermogelijkheid wordt met een voorbeeld verduidelijkt. Veronderstel dat een klep aangesloten wordt aan de uitgang Q0.3. Laten we aannemen dat deze klep geactiveerd wordt als één van de volgende fasen uit het functiediagram actief zijn: M0.5 of M1.2. Door het bedienen van een drukknop wil men de klep, onafhankelijk van de geautomatiseerde sturing, ook kunnen openen. Deze drukknop wordt aan de ingang I0.7 aangesloten. Er moet voor gezorgd worden dat het activeren van de klep, door een manuele ingreep, alleen kan gebeuren als de geautomatiseerde sturing in de ruststand staat. Laat ons aannemen dat de initiële fase overeenkomt met merker M 0.

De uitgang zal men dan als volgt programmeren:

LAD



STL

Network

LD	M0.1
A	I0.7
O	M0.5
O	M1.2
=	Q0.3

5.7 Hardwarematig onderbreken

De gewone detecties die een onderbreking tot gevolg moeten hebben, worden aan de ingangen van de PLC aangesloten. De stopfunctie kan in het PLC-programma worden verwerkt, op één van de verschillende manieren die in de vorige paragrafen werd uiteengezet.

Omwille van veiligheidsaspecten moet elke vermogenssturing, gebaseerd op elektronische verwerking, kunnen worden uitgeschakeld door een onderbreking die niet alleen op software is gebaseerd. Voor een noodstopfunctie moet een onderbreking in de toevoerleidingen worden verwezenlijkt. Niettemin moeten ook de gewone stopfuncties in het programma worden verwerkt. De PLC kan immers zelf defect raken en zo het programma foutief verwerken. Daarom is het noodzakelijk dat men beschikt over een onderbreking die het uitschakelen van de vermogenskringen veroorzaakt.

Elke PLC beschikt over een eigen testprogramma. Bij het begin van de cyclus wordt een interne tijdfunctie geactiveerd. Deze tijdfunctie wordt gereset als de PLC aan het einde van zijn cyclus is gekomen, nadat hij het PIQ-register aan de uitgangen heeft overgedragen. Bij de aanvang van een nieuwe cyclus wordt deze tijdfunctie onmiddellijk terug geset. Wordt de tijd die de PLC voor één normale cyclus nodig heeft, door een interne fout, overschreden, dan geraakt de PLC niet tijdig aan het einde van zijn cyclus. De PLC schakelt dan zichzelf uit. Deze ingebouwde functie wordt als "Watch dog circuit" aangeduid. Grotere PLC-types hebben een schakelcontact dat door deze veiligheidsvoorziening wordt gestuurd. Men kan er gebruik van maken om de nodige acties te ondernemen in een dergelijke situatie. Is dit schakelcontact als wisselcontact uitgevoerd dan kan het verbreekcontact worden gebruikt om een deel van de installatie uit te schakelen. Het maakcontact kan worden gebruikt om een alarminstallatie in werking te stellen.

De noodstop-onderbreking en het watchdog-contact kan men aansluiten zoals aangegeven in fig. 5.44. De spoel van een extra contactor wordt permanent bekrachtigd. Bij het bedienen van de noodstop-schakelaar S1 zullen hier alle toevoerleidingen worden onderbroken.

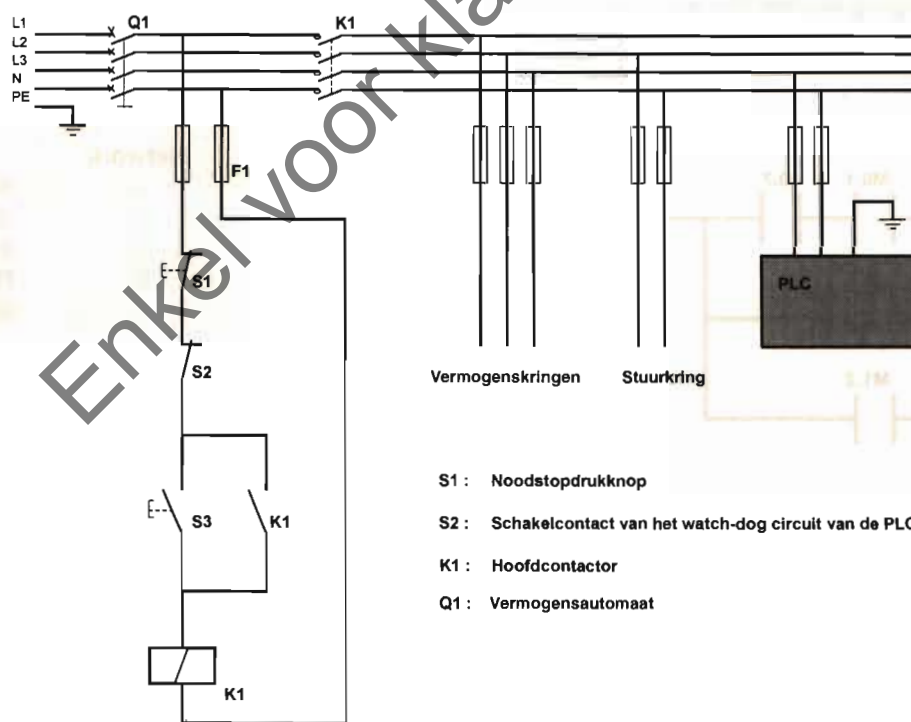


Fig. 5.44 Hardwarematig onderbreken

5.8 Afzonderlijk stoproutine

Deze mogelijkheid wordt hier om volledig te zijn vermeld, maar wordt grondiger verklaard eens het programmeren van hoofd- en subroutines werd bestudeerd. Wij verwijzen hiervoor naar blok 11.

6 Voorbeelden

Deze voorbeelden dienen om enkele delen uit zeer frequent gebruikte sturingen voor te stellen.

Wanneer men voor het eerst PLC-programma's opstelt, stelt men vast dat de PLC niet altijd uitvoert wat men verwacht. In het begin denkt men te snel dat het toestel defect is. Met enige ervaring ziet men in dat waarschijnlijk een of ander "detail" over het hoofd werd gezien. Het zijn net die "details" die uit het geheel van een sturing worden gelicht en in een beperkt functiediagram worden toegelicht. Als men de volgende functiediagramma's bekijkt, zijn het eenvoudige en evidente oplossingen. Bij het programmeren van echte sturingen kan gebruik worden gemaakt van een aantal principes die hier worden toegepast.

Het volledige PLC-programma wordt niet weergegeven omdat in paragraaf 4 uitvoerig is ingegaan op het vertalen van functiediagramma's tot PLC-programma's.

6.1 Start-stopschakeling met één drukknop

De bedoeling van deze schakeling is om met een drukknop (detectie) een verlichtingsinstallatie in of uit te schakelen. Was de verlichting, op het ogenblik dat de drukknop werd ingedrukt, niet ingeschakeld, dan gaan de lampen branden. Was de verlichting, op het ogenblik dat men de drukknop bedient, geactiveerd, dan gaat de verlichting uit.

Daarenboven is een hoofdschakelaar met een normaal gesloten contact voorzien. Wordt deze schakelaar bediend, dan zal de installatie worden uitgeschakeld. De verlichtingskring is aangesloten aan uitgang Q0.0, de drukknop aan ingang I0.1 en de hoofdschakelaar aan ingang I0.0.

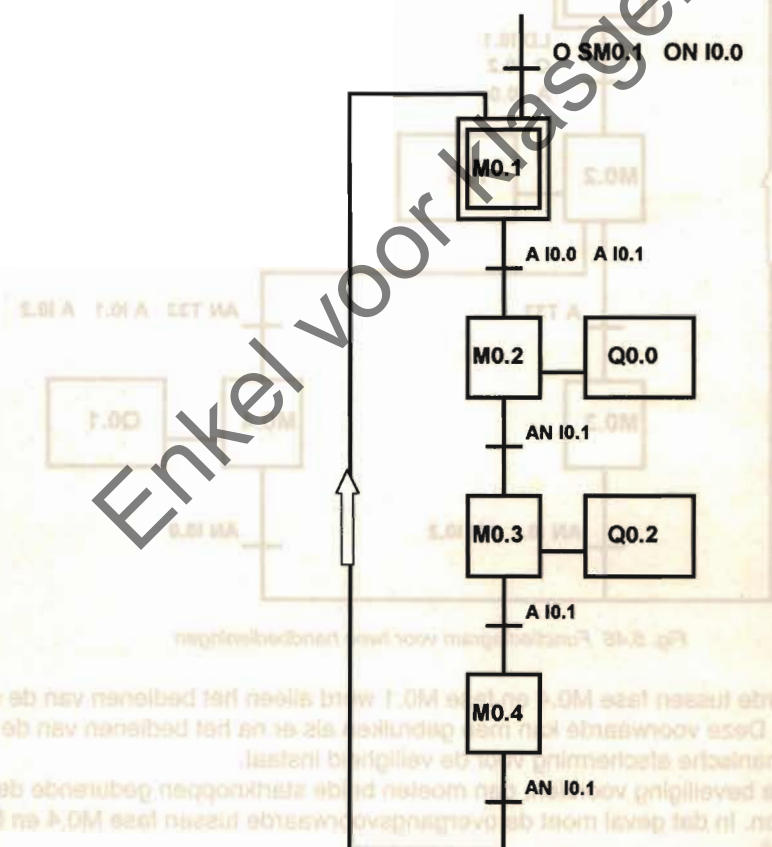


Fig. 5.45 Functiediagram voor start-stopschakeling met één drukknop

Als overgang tussen fase M0.1 en M0.2 moet uiteraard worden gedetecteerd dat de hoofdschakelaar geactiveerd is. Als overgang tussen fase M0.2 en fase M0.3 wordt het inverse signaal van de drukknop gebruikt. Bij het loslaten van de drukknop moet de verlichting ingeschakeld blijven. Wordt een tweede maal gedrukt, dan zal de verlichting uitgaan.

Wordt de inverse schakelvoorwaarde niet tussengelast, dan zullen de opeenvolgende overgangsvoorwaarden "waar" zijn. De PLC zou dan binnen één cyclustijd alle fasen gelijktijdig actief maken.

6.2 Twee startdrukknoppen samen bedienen

Om te verhinderen dat de gebruiker van een machine met de handen in een gevaarlijke omgeving komt, mag de machine pas in werking treden als beide startdrukknoppen gelijktijdig worden bediend. De sturing is uitgevoerd, zodat bij een mechanische vergrendeling van één van de drukknoppen, de machine niet meer kan worden gestart. Vanaf het ogenblik dat één drukknop wordt bediend, is er nog 0,5 seconde tijd om de andere drukknop te bedienen. Gebeurt dit niet, dan moeten beide drukknoppen terug in de rusttoestand worden gebracht, voordat een nieuwe poging kan worden ondernomen.

De volgende in- en uitgangen van de PLC worden gebruikt:

- I0.0 stopdrukknop
- I0.1 startdrukknop linker hand
- I0.2 startdrukknop rechter hand
- Q0.0 contactor voor machine

Het functiediagram dat voldoet aan deze eisen wordt voorgesteld door fig. 5.46.

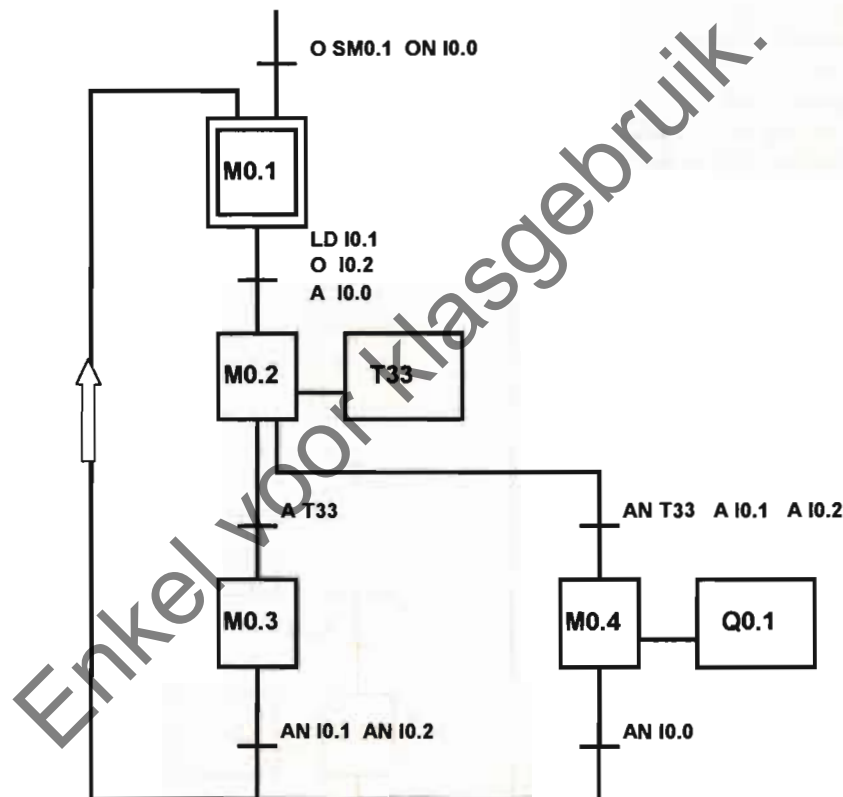


Fig. 5.46 Functiediagram voor twee handbedieningen

Als overgangsvoorwaarde tussen fase M0.4 en fase M0.1 werd alleen het bedienen van de stopdrukknop aangegeven. Deze voorwaarde kan men gebruiken als er na het bedienen van de beide startdrukknoppen een mechanische afscherming voor de veiligheid instaat. Is er geen mechanische beveiliging voorzien, dan moeten beide startknoppen gedurende de gehele procesduur ingedrukt blijven. In dat geval moet de overgangsvoorwaarde tussen fase M0.4 en fase M0.1 als volgt worden aangepast:

ON I0.0 ON I0.1 ON I0.2

6.3 Oppervlaktebehandeling

Onderstaande figuur (fig. 5.47) toont een situatieschets voor een dompelininstallatie, waarbij het oppervlak van de onderdelen een behandeling ondergaat.

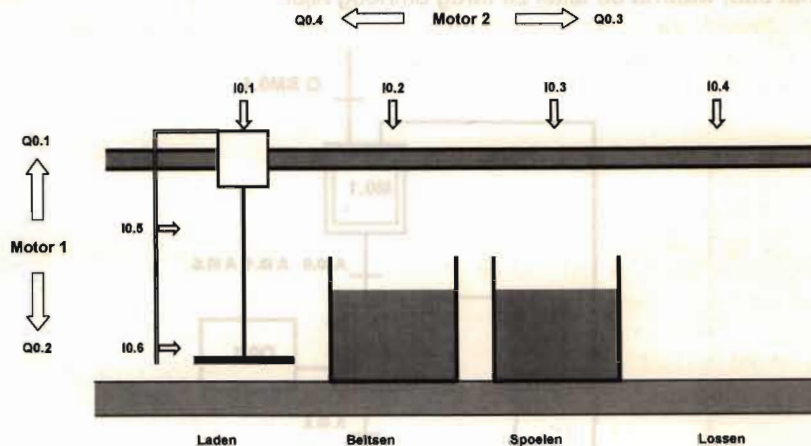


Fig. 5.47 Schets van een installatie voor oppervlaktebehandeling.

De grafische voorstelling van de opeenvolgende bewegingen is getekend in de onderstaande figuur.



Fig. 5.48 Volgorde van de bewegingen

De installatie omvat:

- Een transportwagen (motor M2)
- Een takel (motor M1)
- Een bad voor beitsen
- Een bad voor spoelen
- Een plaats voor laden
- Een plaats voor lossen

De bewegingen worden begrensd door eindloopschakelaars.

- Voor het portiek geldt:
- I0.1 : Wagen uiterst links, boven laadpost
 - I0.2 : Wagen boven bad beitsen
 - I0.3 : Wagen boven bad spoelen
 - I0.4 : Wagen uiterst rechts, boven losplaats

- Voor de takel geldt:
- I0.5 : takel in de hoogste stand
 - I0.6 : takel in de laagste stand

- Voor de bediening geldt:
- I0.0 : start na het laden
 - I0.7 : start na het lossen

In dit voorbeeld wordt geen stopfunctie verwerkt omdat het kleinste type PLC (S7-212) slechts over 8 ingangen beschikt. Het voorbeeld kan worden uitgebreid door toevoegen van één of meerdere eisen:

- Stopfunctie verwerken
- Meerdere dompelplaatsen
- In plaats van één tijd gebruik maken van verschillende tijden
- Bediening vanuit meerdere plaatsen.

Het starten van de installatie gebeurt door drukken op de startdrukknop I0.0, nadat de te bewerken onderdelen aan de takel zijn bevestigd. De takel hijst de werkstukken omhoog totdat de eindschakelaar I0.5 wordt bediend. De wagen loopt vervolgens naar rechts totdat I0.2 wordt bediend. Daarna viert de takel totdat de eindschakelaar I0.6 wordt bereikt en de onderdelen in het bad hangen. De werkstukken blijven 9 seconden in het bad, waarna de takel ze terug omhoog hijst.

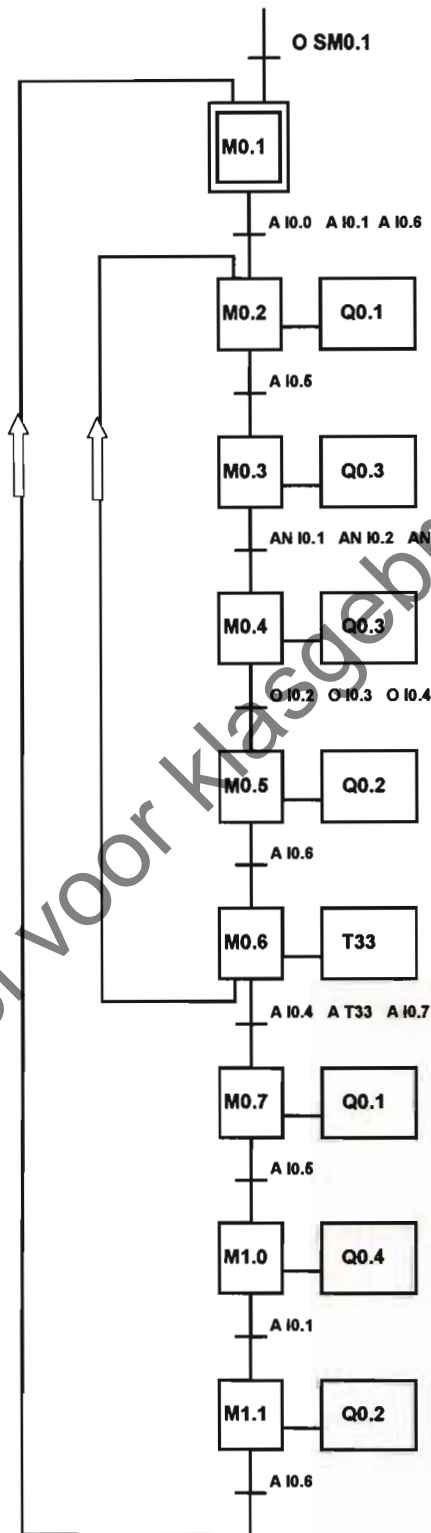


Fig. 5.49 Functiediagram voor sturing met herhaling

Merk op dat het noodzakelijk is te detecteren dat men vertrokken is vanaf een bepaalde positie vooraleer men opnieuw kan laten stoppen bij een volgende. Om dit te bereiken moet men een extra fase toevoegen en de aangepaste overgangsvoorwaarden verwerken. Deze overgangsvoorwaarden vindt men terug tussen fase M0.3 en M0.4 enerzijds, en tussen fase M0.4 en M0.5 anderzijds.

6.4 Sturing voor 3 pompen

Bij veel industriële installaties wordt verkozen om de installatie in een aantal kleinere groepen op te delen, zodat één fout niet het hele proces doet stilvallen. Zo worden i.p.v. één compressor liever drie kleinere compressoren geïnstalleerd. Afhankelijk van de behoeften kunnen een, twee of drie compressoren in dienst komen. Bovendien wordt ervoor gezorgd dat er een afwisseling gebeurt. Zo wordt vermeden dat de eerste compressor versleten is, terwijl de derde zelden in dienst is geweest.

De meeste industriële pompinstallaties zijn op een dergelijke manier uitgevoerd. Als voorbeeld beschouwen we een pompinstallatie zoals voorgesteld in fig. 5.50.

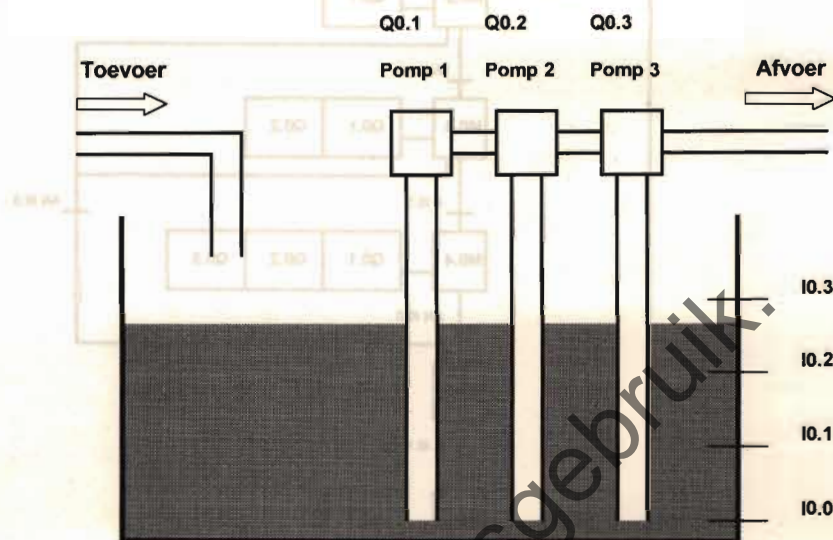


Fig. 5.50 Schets van een pompinstallatie

De vloeistof wordt verzameld in een reservoir dat moet worden leeggepompt. Er zijn 3 pompen voorzien, die om de beurt moeten werken, zodat ze gelijkmatige slijtage ondergaan. Als de put volledig leeg is, wordt de vlotterschakelaar I0.0 bediend. Stijgt het niveau, dan worden na elkaar de vlotterschakelaars I0.1, I0.2 en I0.3 bediend. Stijgt het niveau tot I0.1 dan zal één pomp werken. Stijgt het niveau tot I0.3, dan zullen 3 pompen werken.

De pompen blijven functioneren tot de put volledig leeg is. Deze voorwaarde is gesteld om te beletten dat de inschakelstromen elkaar te snel opvolgen.

De stopdrukknop is aangesloten aan ingang I0.4 en veroorzaakt een onderbrekingsfunctie zonder geheugen.

Wordt I0.1 bediend dan werkt Q0.1 en bereikt men het laag niveau I0.0.

Wordt I0.1 opnieuw bediend dan werkt Q0.2 en bereikt men niveau I0.0.

Wordt I0.1 opnieuw bediend dan werkt Q0.3 en bereikt men I0.0.

De voorgestelde oplossing is een principiële oplossing met de bedoeling het systeem te verduidelijken. Deze oplossing voldoet niet aan alle industriële eisen.

De meest voor de hand liggende tekorten zijn:

- Als het aangevoerde debiet vrij constant blijft, is het mogelijk dat een pomp of groep van pompen langdurig in dienst blijft. Dit kan worden opgelost door per fase een tijdfunctie te voorzien, zodat na een bepaalde tijd er toch een aflossing wordt voorzien.
- Functioneert een van de niveauschakelaars niet meer, dan zijn er geen extra veiligheidsvoorzieningen getroffen.
- Er zijn onvoldoende bedieningsmogelijkheden.

Met dit voorbeeld willen wij erop wijzen dat bij het opstellen van een functiediagram best met de meest complexe schakelvoorwaarden wordt begonnen. Concreet voor deze sturing betekent dit dat best met het uitwerken van het functiediagram voor 3 pompen wordt begonnen. Zo wordt een lineaire sequentie verkregen. Nadien verwerkt men de voorwaarden om 2 pompen te laten functioneren.

Op het einde worden de situaties waar maar 1 pomp in dienst komt, verwerkt.

We stellen vast dat bij de meeste sturingen, de eenvoudige delen uit het proces, zich dikwijls beperken tot het maken van overbruggingen in het complexe proces.

Het functiediagram dat voorgesteld wordt in fig. 5.51 stelt een mogelijke realisatie voor.

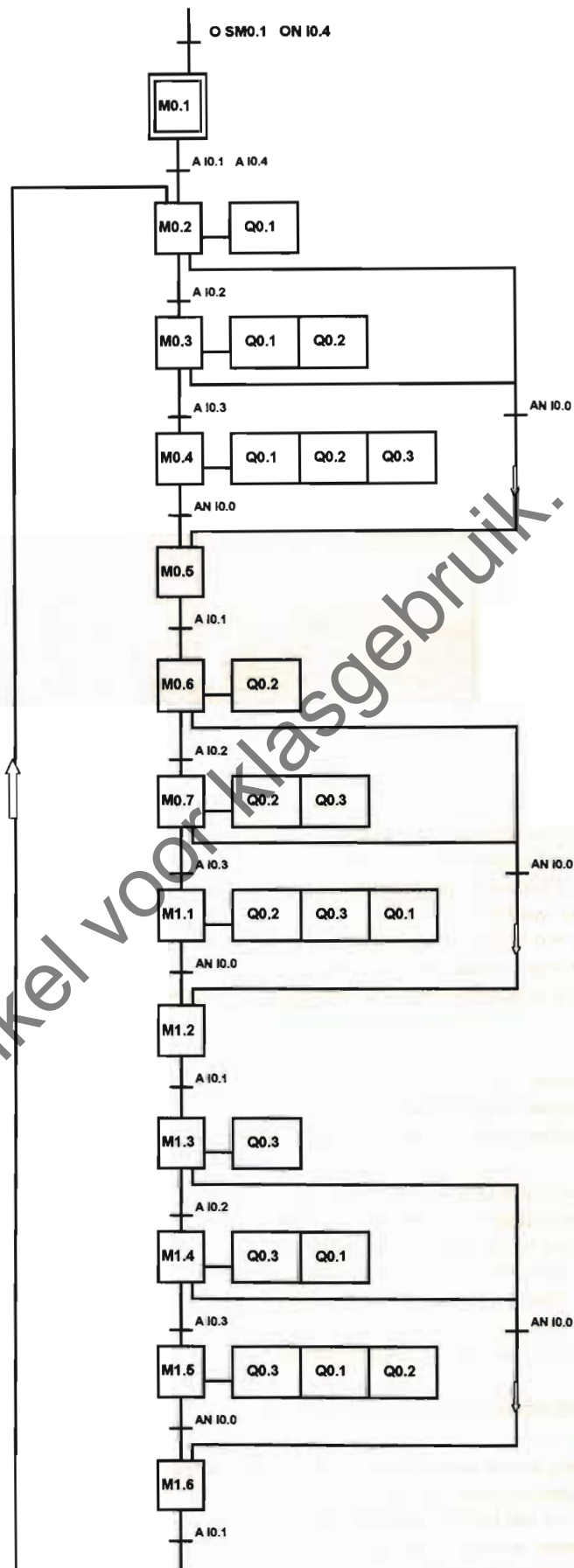


Fig. 5.51 Functiediagram voor sturing met beurtregeling

6.5 Sturing voor 3 branders

Een verwarming van een groot gebouw wordt met 3 branders gerealiseerd.

Dit voorbeeld heeft gelijkenissen met het vorige voorbeeld omdat hier ook één grote installatie in 3 kleinere groepen wordt opgedeeld. In dit voorbeeld wordt er gezorgd dat er een afwisseling gebeurt, zodanig dat de belasting gelijkmatig verdeeld wordt over de verschillende branders. Het verschil situeert zich in het feit dat men bij de vorige toepassing over verschillende niveaus beschikte, die met afzonderlijke detectoren kunnen worden waargenomen.

Bij deze sturing beschikt men over een kamerthermostaat, aangesloten aan ingang I0.0 van de PLC. Is het in de kamer te koud, dan wordt het contact van deze thermostaat gesloten. Is de temperatuur hoger dan de ingestelde drempelwaarde, dan wordt het contact geopend en leest de PLC toestand "0" aan de ingang. Als na een vooraf geprogrammeerde tijd de temperatuur in de kamer nog altijd te laag blijft, dan wordt een bijkomende brander ingeschakeld. Was de temperatuur na de geprogrammeerde tijd bereikt, dan wordt de brander die het langst in dienst was, eerst uitgeschakeld. Op die manier wordt een optimale benutting van het beschikbare verwarmingsvermogen verkregen.

Voor het ontwerpen van het PLC-programma is het van geen belang of de brandstof aardgas of stookolie is. Wordt aardgas gebruikt dan zal een uitgang van de PLC de brandstofklep al dan niet openen. Wordt stookolie gebruikt dan zal de uitgang van de PLC de toevoer van de brandstof via een pomp en inspuitininstallatie verzekeren.

Per brander wordt er een tweede uitgang voorzien die voor de ontsteking moet instaan. Wordt een brander geactiveerd, dan moet gedurende enkele seconden een ontstekingsmechanisme worden geactiveerd. Na enkele seconden valt de ontsteking uit. Ondertussen wordt een vlam gedetecteerd. Wordt er geen vlam gedetecteerd, dan moet de ontsteking maar ook de brandstoftoevoer worden onderbroken.

De volgende aansluitingen worden gebruikt:

Brander 1		Brander 2		Brander 3	
Ontsteking:	Q0.0	Ontsteking:	Q0.2	Ontsteking:	Q0.4
Toevoer brandstof:	Q0.1	Toevoer brandstof:	Q0.3	Toevoer brandstof:	Q0.5
Detectie vlam:	I0.1	Detectie vlam:	I0.2	Detectie vlam:	I0.3

Bediening

Kamerthermostaat:	I0.0
Stopdrukknop:	I0.4
Startdrukknop:	I0.5

Het functiediagram stelt het sequentieel verloop van de sturing voor. Dit betekent dat in eerste instantie alleen de brandstoftoevoer van de verschillende branders wordt weergegeven.

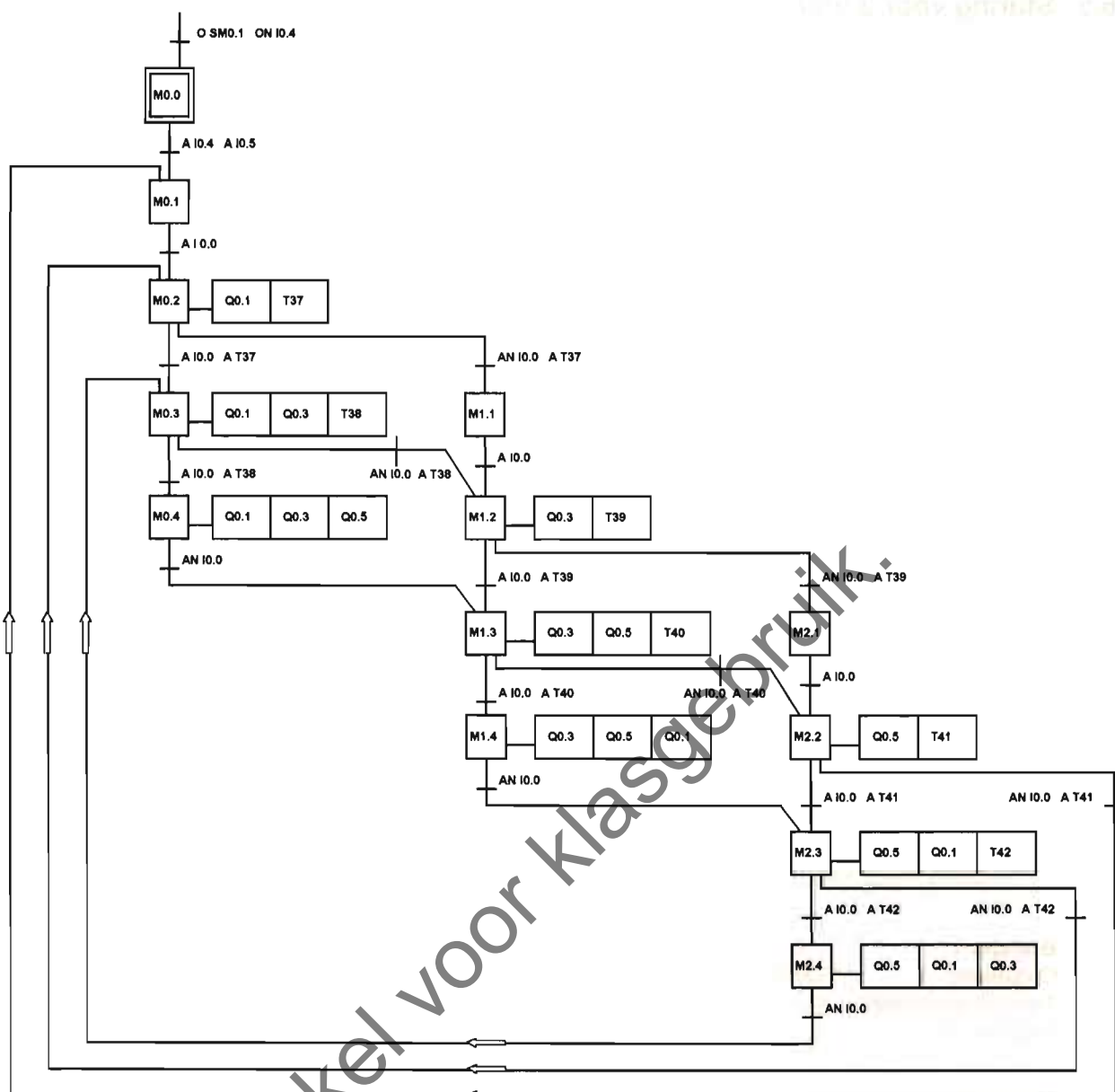


Fig. 5.52 Functiediagram voor installatie met 3 branders

Het sequentieel deel van het programma is reeds in de vorm van een functiediagram voorgesteld. Nu volgt een voorstel dat het mogelijk maakt de uitgang die instaat voor het ontstekingsmechanisme, te programmeren. Het ontstekingsmechanisme moet in werking treden iedere keer de betreffende brander in dienst komt. Laten we aannemen dat na 4 seconden de vlam het fotogevoelig element belicht. Is er na de geprogrammeerde tijd nog geen signaal door het foto-element doorgegeven, dan wordt de brander uitgeschakeld.

Het programma wordt voorgesteld voor brander 1 omdat het programma voor de beide andere branders op een analoge wijze kan opgesteld worden.

Network 1

LD	M0.2
O	M0.3
O	M0.4
O	M1.4
O	M2.3
O	M2.4
AN	M10.0
=	Q0.1

Network 2

LD	Q0.1
TON	T51, 40

Network 3

LD	Q0.1
AN	T 51
=	Q0.0

Network 4

LDN	I0.4
R	M10.0, 1

Network 5

LD	T 51
AN	I0.1
S	M10.0, 1

Network 1

Als één van de vermelde merkers actief is en als merker M10.0 NIET actief is, zal de brander 1 geactiveerd worden.

Network 2

Als de brander geactiveerd wordt, zal de tijdfunctie geactiveerd worden met de voorgestelde tijd van 4 seconden.

Network 3

De ontsteking zal alleen functioneren als de geprogrammeerde tijd nog niet is verlopen.

Network 4

Alleen bij het bedienen van de stopdrukknop wordt de merker terug gereset.

Network 5

Als de geprogrammeerde tijd voorbij is en er wordt geen vlam gedetecteerd door de lichtgevoelige sensor, dan schakelt de merker de brander uit.

7 Samenvatting

- 1 Een functiediagram is een hulpmiddel om op een grafische manier de werking van een te automatiseren proces te visualiseren.
- 2 Een functiediagram bestaat uit de volgende elementen:
 - Fasen of stappen, waarbij eventueel acties horen
 - Overgangen als georiënteerde verbindingen tussen de fase
 - Overgangsvoorwaarden
- 3 Opdat een volgende fase actief zou worden, moet er aan twee voorwaarden voldaan zijn:
 - De vorige fase moet actief zijn.
 - De overgangsvoorwaarde moet waar zijn.Op dat moment wordt in ieder geval de volgende fase actief en de vorige fase wordt gedeactiveerd.
- 4 De rusttoestand of absolute begintoestand van het proces wordt weergegeven door de initiële fase. Deze stap wordt voorgesteld door een dubbel kader.
- 5 De initiële fase wordt geactiveerd door gebruik te maken van een speciale merker SM0.1.
- 6 Men onderscheidt verschillende mogelijke basisstructuren.
 - Lineaire sequentie
 - Sequentie met keuzemogelijkheden
 - Sequentie met sprong
 - Sequentie met herhaling
 - Sequentie met gelijktijdige werking
- 7 Afhankelijk van de aard van het proces worden bij het onderbreken van de werking verschillende eisen gesteld. Met een aangepaste programmeerwijze worden de verschillende onderbrekingsvoorwaarden gerealiseerd.

8 Opdrachten

8.1 Vragen

- 1 Aan welke voorwaarden moet worden voldaan vooraleer een volgende fase in een functiediagram geactiveerd wordt?
- 2 Waarom wordt in eerste instantie een functiediagram met uitsluitend tekst uitgewerkt?
- 3 Op welke verschillende manieren kan een fase in een functiediagram worden voorgesteld? Maak een schets en verklaar het gebruik.
- 4 Verklaar het begrip: "voorwaardelijke actie". Geef een voorbeeld van een installatie waarbij men deze mogelijkheid zou kunnen toepassen.
- 5 Op welke manier kan worden voorkomen dat bij een meervoudige sequentie met keuze meerdere fasen gelijktijdig worden geactiveerd?
- 6 Bij een sequentie met spronginstructie kan een bepaalde fase vanuit meerdere fasen geactiveerd worden. Hoe wordt dit in het PLC-programma verwerkt? Teken een voorbeeld van een functiediagram waarbij deze mogelijkheid werd toegepast. Bespreek het activeren en deactiveren van de betreffende fasen.
- 7 Bespreek het verschil tussen:
 - OF-divergentie en EN-divergentie;
 - OF-convergentie en EN-convergentie.Verduidelijk je antwoord door een schets te maken van een deel van een functiediagram waar deze overgangen worden gebruikt.
- 8 Geef de verschillende eisen die aan het onderbreken van een proces kunnen worden gesteld. Verklaar het verschil in werking van deze verschillende methodes. Verklaar iedere keer, met enkele relevante netwerken, hoe de verschillende mogelijkheden in een PLC-programma worden verwerkt.
- 9 Het functiediagram voor het aansturen van een monostabiël of een bistabiël vermogens-element is verschillend. Geef voor beide een voorbeeld waarbij een actie gedurende 3 opeenvolgende fasen actief blijft. Verklaar je antwoord.
- 10 Wanneer worden remanente en niet-remanente merkers voor het programmeren van de verschillende fasen van een functiediagram gebruikt?

8.2 Opdrachten

1 Voor de oefeningen die volgen moet men iedere keer:

- het functiediagram tekenen;
- het PLC-programma opstellen.

Voer deze opdracht uit voor de opgaven die voorgesteld staan in de onderstaande figuren.

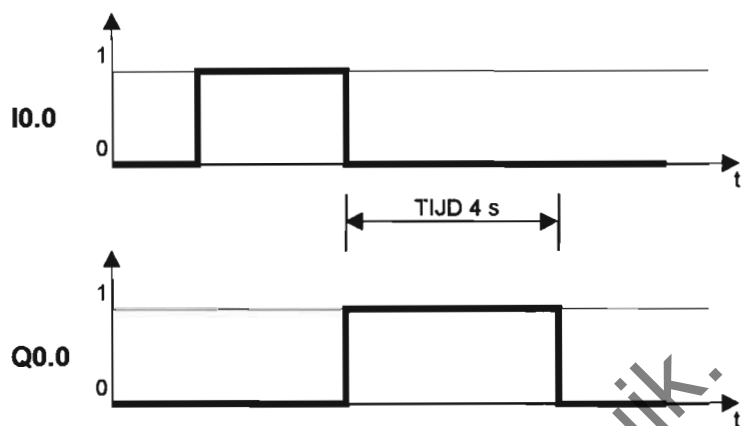


Fig. 5.53

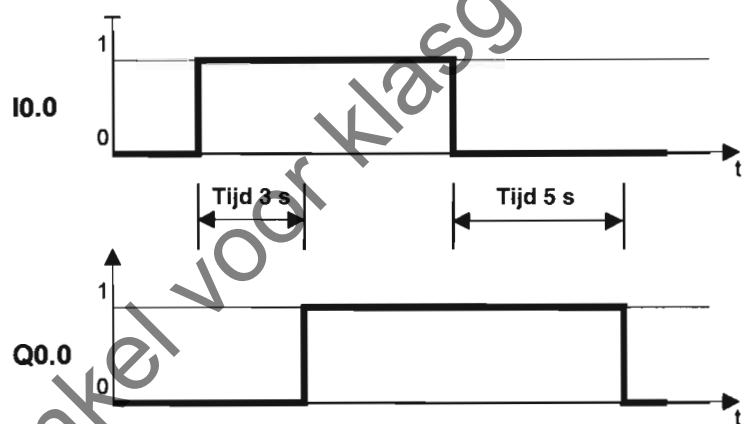


Fig. 5.54

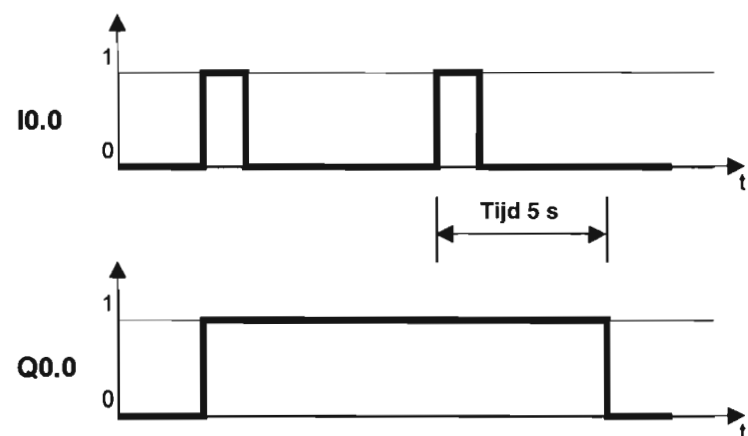


Fig. 5.55

- 2 Maak een sturing waarbij het mogelijk is vanop 2 plaatsen te stoppen en vanop 2 plaatsen te starten. De verschillende drukknoppen zijn als volgt aan de PLC aangesloten:

bedieningsplaats 1

Stop: I0.0

Start: I0.2

bedieningsplaats 2

Stop: I0.1

Start: I0.3

De thermische beveiliging van de motor is aan de ingang I0.4 aangesloten.

- 3 Om de aanloopstromen niet op hetzelfde ogenblik te laten optreden, start de tweede motor automatisch 3 seconden later dan de eerste motor. De stopdrukknop is aan ingang I0.0 aangesloten, de startdrukknop aan ingang I0.1.

De eerste motor is aangesloten aan uitgang Q0.0, de tweede aan uitgang Q0.1.

- 4 Maak een sturing waarbij beurtelings de uitgangen Q0.0 en Q0.1 worden bekrachtigd. Q0.0 blijft 0,5 seconden actief, waarna Q0.1 gedurende 1 seconde wordt geactiveerd. Aan ingang I0.0 wordt de stopdrukknop aangesloten, aan ingang I0.1 de startdrukknop.

- 5 Wordt de drukknop, aangesloten aan de ingang I0.1, bediend, dan draait een 3-fase asynchrone motor in de linker draaizin. Wordt de drukknop losgelaten dan blijft de motor draaien. Iedere keer de drukknop opnieuw wordt bediend, wordt de draaizin van de motor omgekeerd. De linker draaizin wordt geactiveerd als uitgang Q0.0 actief is. De rechter draaizin is gekoppeld aan uitgang Q0.1. Met de drukknop, aangesloten aan ingang I0.0, kan op elk ogenblik de schakeling in de ruststand gebracht worden.

- 6 Maak dezelfde schakeling opnieuw, maar pas de sturing als volgt aan:

- Als men de eerste maal drukt, draait de motor links.
 - Als men een tweede maal drukt valt de motor stil.
 - Drukt men een derde maal dan draait de motor rechts.
 - Drukt men vervolgens nog eens op de startdrukknop dan valt de motor weer stil.
- Wordt nogmaals gedrukt, dan wordt de cyclus herhaald.

- 7 Bij een menginstallatie keert de roerder, iedere keer na een zelfde tijd (5 seconden) van draaizin om. Met de drukknop aangesloten aan ingang I0.1 wordt gestart, met de drukknop aangesloten aan ingang I0.0 kan op elk willekeurig ogenblik gestopt worden. Men gebruikt de uitgangen Q0.0 en Q0.1.

- 8 Maak een sturing met dezelfde werking van het voorbeeld van paragraaf 6.4, maar voer ze uit met 2 pompen. De pompen zijn aangesloten aan de uitgangen Q0.0 en Q0.1. Het laagste niveau blijft zoals in het voorbeeld, aangesloten aan ingang I0.0. Het eerste niveau aan ingang I0.1 en het hogere niveau aan I0.2. De stopdrukknop is aangesloten aan ingang I0.4 en de startdrukknop aan ingang I0.5.

Alle andere voorwaarden blijven onveranderd, zoals beschreven in de hoger vermelde paragraaf.

- 9 Maak een sturing met dezelfde werking als het voorbeeld van paragraaf 6.5, maar voer ze nu uit met 2 branders. De branders zijn aangesloten aan de uitgangen Q0.1 en Q0.3. De kamerthermostaat blijft aangesloten aan de ingang I0.0, de vlamdetectie van brander 1 aan ingang I0.1 en van brander 2 aan I0.2. Als de hoofdschakelaar is ingeschakeld wordt een toestand "1" gedetecteerd aan ingang I0.4.

Alle andere voorwaarden blijven onveranderd zoals beschreven in de hoger vermelde paragraaf.

- 10 Een grote, driefase asynchrone motor moet aanlopen met een automatische ster/driehoek omschakeling. De motor moet aanlopen in de sterstand, gedurende 5 seconden. Nadien moeten de sterverbindingen onderbroken worden en de driehoekverbinding moet door de respectievelijke contactoren gemaakt worden.

De volgende aansluitingen worden gebruikt:

I0.0	stopdrukknop
I0.1	startdrukknop
Q0.0	lijncontactor
Q0.1	stercontactor
Q0.2	driehoekcontactor

- 11 Hermaak de oefening zoals beschreven en met dezelfde aansluitingen zoals weergegeven in opgave 10. De overneemcontacten (4de contact) zijn in deze functie overbodig want de PLC neemt de geheugenfunctie over. Het vrijgekomen contact van elke contactor wordt als volgt aangesloten aan een ingang van de PLC:

I0.2	lijncontactor
I0.3	stercontactor
I0.4	driehoekcontactor

Zorg er nu echter voor dat de ster- en driehoekcontactor alleen spanningsloos schakelen.

De lijncontactor maakt als laatste de verbinding en wordt als eerste onderbroken.

Door een extra fase tussen te voegen in het functiediagram kan men effectief controleren of de gewenste schakeling gemaakt of verbroken is, voordat een volgende actie wordt ondernomen.

- 12 Een poolomschakelbare motor beschikt over twee verschillende toerentallen. Men beschikt over volgende aansluitingen:

I0.0	stopdrukknop
I0.1	drukknop voor kleine snelheid
I0.2	drukknop voor grote snelheid
Q0.1	contactor voor kleine snelheid
Q0.2	contactor voor grote snelheid

Maak een aantal varianten met hoger vermelde gegevens als basis.

- Als de motor niet draait, kan men de keuze maken: ofwel drukt men op de drukknop voor de kleine snelheid ofwel drukt men op de drukknop voor de grote snelheid. De motor zal met de gekozen snelheid draaien tot op de stopdrukknop wordt gedrukt. Bij gelijktijdig bedienen van beide drukknoppen heeft de kleine snelheid voorrang. Terugschakelen van grote naar kleine snelheid is onmogelijk.
- Deze opgave is volledig identiek met de vorige opgave, op uitzondering van de volgende aanvulling. Als de motor met de kleine snelheid draait, kan men wel doorschakelen naar grote snelheid. Het omgekeerde is niet mogelijk.
- Na het bedienen van één van beide drukknoppen start de motor in elk geval met een kleine snelheid. Werd de drukknop voor de grote snelheid ingedrukt dan schakelt de motor na 4 seconden automatisch van kleine naar grote snelheid door. Werd aanvankelijk gekozen voor de kleine snelheid, is het mogelijk om na 4 seconden naar de grote snelheid door te schakelen. Van grote snelheid naar kleine snelheid terugschakelen is onmogelijk zonder dat eerst op de stop wordt gedrukt.
- Maak een gelijkaardige toepassing als bepaald in punt C, maar zorg er nu voor dat het wel mogelijk is om van grote snelheid naar kleine snelheid terug te keren.

- 13 Maak een sturing voor een gewoon kruispunt. Op de vier hoekpunten staan de gebruikelijke verkeerslichten. Ze zijn overhoeks parallel aan dezelfde uitgangen geschakeld. De verschillende lichten zijn als volgt aan de uitgangen van de PLC aangesloten.

Rijrichting 1:

Q0.0 rood
Q0.1 oranje
Q0.2 groen

Rijrichting 2:

Q0.3 rood
Q0.4 oranje
Q0.5 groen

In de werking kunnen 3 verschillende delen worden onderscheiden. De keuze kan na het opstarten of na het bedienen van de stopdrukknop, aangesloten aan ingang I0.0, worden gemaakt.

- Gewone werking van de verkeerslichten, gesteund op tijdfuncties tussen de verschillende toestanden. Na het bedienen van deze keuzedrukknop, aangesloten aan ingang I0.1, branden voor beide richtingen de oranje lampen. Daarna branden voor beide rijrichtingen de rode lampen. Vervolgens start de gewone werking. Deze werking is voor ieder voldoende gekend, zodat deze hier niet moet worden overgenomen.
- Voor beide rijrichtingen zal het oranje knipperlicht functioneren na het bedienen van de drukknop, aangesloten aan ingang I0.2.
- De mogelijkheid moet voorzien zijn om het proces manueel te bedienen. Men maakt de keuze door de drukknop, aangesloten aan ingang I0.3, te bedienen als het proces zich in zijn initiële fase bevindt. Iedere keer men op de drukknop aangesloten aan ingang I0.4 drukt, zal de cyclus één stap verder evolueren.

Met de stopdrukknop, aangesloten aan ingang I0.0, kan men op elk ogenblik het proces onderbreken.

Enkel voor klasgebruik

- 14 Een machine (Q0.5) wordt bevoorraadt door 3 transportbanden, afhankelijk van de behoeften. De onderdelen die de machine binnenkomen, worden gedetecteerd door ingang I0.6. Bij het verlaten van de machine worden de onderdelen gedetecteerd door I0.7. Als er minder dan 4 stukken in voorraad zijn, gedetecteerd door I0.6, dan zijn de 3 banden in bedrijf. Zijn er tussen 4 en 8 onderdelen aanwezig, dan zijn twee banden in bedrijf. Bij meer dan 8 onderdelen is slechts één band in dienst. Als de voorraad oploopt tot meer dan 10 stuks, zijn al de aanvoerlijnen uitgeschakeld.

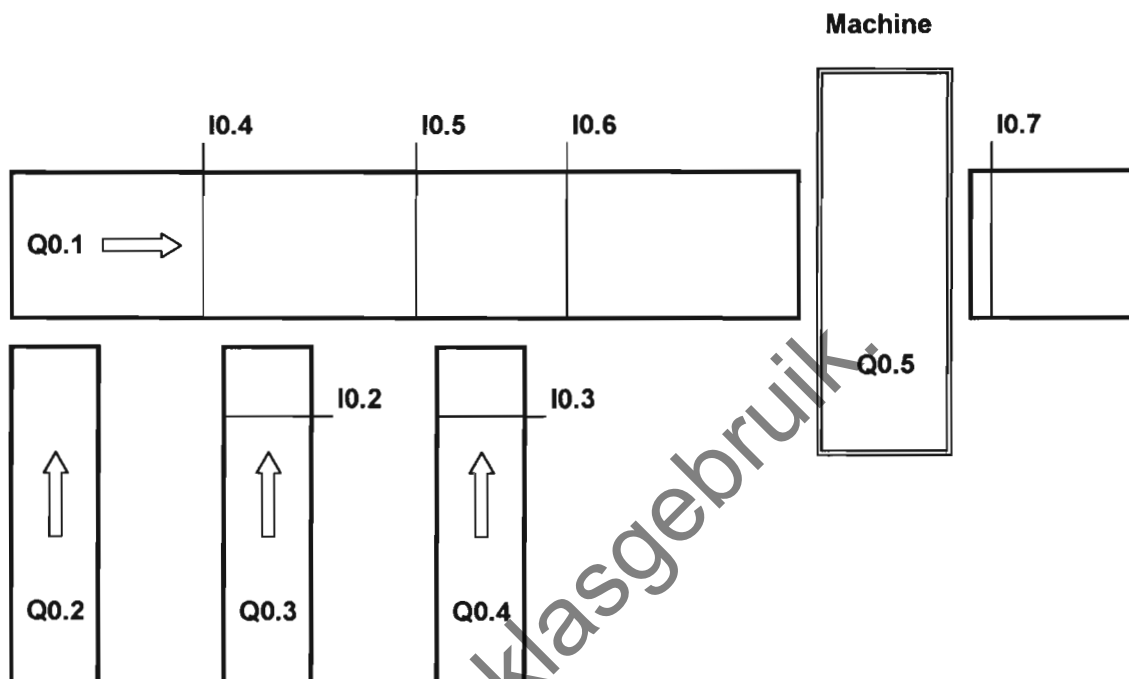


Fig. 5.56 Sturing met 4 transportbanden

Om een gelijkmatige belasting te verzekeren is er een beurtregeling voorzien. De band die het langst in dienst was, wordt eerst uitgeschakeld. Degene die het langst uitgeschakeld was, wordt bij een volgende beurt als eerste terug ingeschakeld.

Als er een onderdeel gedetecteerd wordt door I0.4 en op hetzelfde ogenblik er ook een onderdeel gedetecteerd wordt door I0.2, dan wordt de werking van de transportband Q0.3 onderbroken tot er geen onderdelen meer aanwezig zijn in het betreffende vak van de hoofdtransportband. Op gelijkaardige manier worden botsingen voorkomen bij de aanvoerlijn Q0.4.

De stopdrukknop is aangesloten aan ingang I0.0 en heeft een onmiddellijke uitschakeling van de 4 transportbanden tot gevolg. Het startcommando wordt gegeven door de drukknop die aangesloten is aan de ingang I0.1.

Belangrijk

De oefeningen vermeld in blok 4, vanaf oefening 2 tot en met oefening 13, lenen zich goed om met een functiediagram op te lossen.