

Hugo Mariën

# I ► PLC ► Q

## Programmeerbare Logische Sturingen

onder redactie van H. Saeys



**Stad Antwerpen**  
**Stedelijk Lyceum**  
*Hoofdinstantie :*  
Paardenmarkt 94  
2000 ANTWERPEN  
Tel. 03/470.25.30 - Fax 03/470.25.31

Enkel voor klasgebruik.

Herdruk 2004

ISBN: 90 5751 206 8

97890 57512063

Bestelnr.: 95 121 60 31

K.B.: D/0147/1999/09

NUR: 126

Copyright bij die Keure Brugge

Verantwoordelijke Uitgever: N.V. die Keure  
Oude Gentweg 108  
8000 Brugge  
Tel. (050)47 12 72 • Fax (050)47 12 87  
e-mail: [educatieve.uitgaven@diekeure.be](mailto:educatieve.uitgaven@diekeure.be)

Niets uit deze uitgave mag verveelvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

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

De uitgever heeft naar best vermogen getracht de publicatierechten volgens de wettelijke bepalingen te regelen. Zij die niettemin menen nog aanspraken te kunnen doen gelden, kunnen dat aan de uitgever kenbaar maken.

## Voorwoord

### 1 Algemene profilering

*Programmeerbare sturingen hebben in een korte tijd een belangrijke plaats ingenomen bij het automatiseren van machines en processen. Men treft ze in praktisch alle bedrijven, installaties en processen aan. Het aantal PLC-sturingen neemt nog elk jaar toe. Factoren zoals prijsverlaging en verhoogde functionaliteit liggen aan de grondslag van deze bloeiende toekomst.*

*Het is bijgevolg een "must" om leerlingen en studenten, de technici van morgen, vertrouwd te maken met dit deel van de sturingstechniek.*

*De PLC is gebaseerd op een processortechnologie die nog in volle evolutie is. Sinds augustus 1992 werd voor het eerst een IEC norm gepubliceerd (IEC 1131) die enige vorm van standaardisatie mogelijk maakt. De voorgestelde tekst en grafische programmeertalen komen in dit boek duidelijk aan bod.*

*De toegenomen mogelijkheden van de microprocessor hebben tot gevolg dat de programmeerwijze van PLC's sterk gewijzigd is. Men beschikt over meer visuele ondersteuning en de instructies zijn krachtiger. Bovendien heeft de toepassing van Windows ook zijn invloed gehad op de programmeerwijze van PLC's.*

*Daarom was het de hoogste tijd om de vorige uitgave van dit boek grondig aan te passen. In dit boek worden de basisbegrippen verduidelijkt en verwerkt in sturingen. De gespecialiseerde sturingen maken meer en meer gebruik van programmeertalen die afgeleiden zijn van hogere programmeertalen. Voor dit soort sturingen zijn de merkgebonden handleidingen en naslagwerken de aangewezen ondersteuning.*

*In dit boek werden de leerinhouden vrij algemeen behandeld. Er werd geopteerd om de voorbeelden zo concreet mogelijk uit te werken. Alle programma's zijn verwerkt met Siemens, S7-200 of LOGO!.*

*Men moet geen elektronica- of informaticaspecialist zijn om een PLC te gebruiken. Het hardware-deel van de PLC is van secundair belang en alleen die elementen, die nodig zijn om de PLC foutloos te gebruiken, worden behandeld.*

*Het groot aantal voorbeelden, gebaseerd op industriële toepassingen, hebben tot doel de leerstof zo concreet en praktisch mogelijk voor te stellen.*

### 2 Inhoud

*Het eerste blok geeft een algemeen inzicht in de PLC en verduidelijkt het toepassingsgebied.*

*In het tweede blok komen de hardware en de verschillende, kenmerkende elementen van de PLC aan bod.*

*De verschillende programmeermethodes worden in dit boek uitvoerig behandeld. De verbindingslogica kan voorgesteld worden via verschillende voorstellingsmethodes. De belangrijkste zijn het ladderdiagram en het logische schema. Om volledig te zijn werd iedere keer de instructielijstmethode toegevoegd.*

*De programmering van de verschillende basisfuncties, de tijd- en telfuncties worden weergegeven in het blok 3 en 4. Ladderdiagram, logisch schema en de instructielijstmethode worden iedere keer bij elkaar geplaatst zodanig dat het verband tussen de verschillende methodes duidelijk blijkt.*

*Blok 5 is gewijd aan het functiediagram (Sequential Function Chart). Bij functiediagramma's wordt een grafische voorstelling gegeven van de verschillende stappen in het procesverloop. Deze methode is uitermate geschikt voor het ontwikkelen van sequentieel verlopende processen. Deze grafische methode heeft als groot voordeel dat men gemakkelijk het proces kan analyseren, en in de testsituatie opvolgen.*

*Bij het programmeren van elektrische of pneumatische sturingen moet men rekening houden met een aantal specifieke elementen. Deze komen uitvoerig aan bod in de blokken 6 en 7.*

*Als tegenhanger van de sequentiële sturingen worden enkele voorbeelden uitgewerkt van combinatorische sturingen. In dit deel wordt extra aandacht besteed aan de methode met logische symbolen (Function Block Diagram). Deze methode wordt verduidelijkt in blok 8.*

*Bij het inbouwen van de PLC in de sturingskast, het aansluiten van de sensoren aan de ingangen*

van de PLC en het aansturen van de vermogenselementen, moet men rekening houden met een aantal praktische gegevens. Deze worden verwerkt in blok 9. Er wordt eveneens aandacht besteed aan de praktische uitvoering. Uit het principeschema en het aansluitschema worden de bedrading- en kabellijsten afgeleid.

Een aantal algemene kenmerken van de programmeertoestellen worden behandeld in blok 10. Het is hier niet de bedoeling geweest een handleiding voor een specifiek toestel te schrijven. Daarvoor verwijzen we naar de technische handleiding van je eigen toestel.

### 3 Pedagogische wenken

Alle blokken zijn als zelfstandige hoofdstukken geschreven. Hierdoor kan de leerkracht, afhankelijk van het niveau en het aantal lesuren, zelf de volgorde kiezen en bepaalde blokken als aanvullende documentatie beschouwen.

Aan het einde van elk blok is een aanzienlijk aantal vragen en oefeningen voorzien. Er is geopteerd voor verschillende, korte oefeningen zodat de leraar gemakkelijker corrigerend kan optreden. Het is niet noodzakelijk dat elke leerling al de oefeningen uitwerkt. De leraar kan een keuze maken uit het aanbod. Bij het opstellen van de oefeningen is getracht de industriële toepassingen zo dicht mogelijk te benaderen.

De leerstof en de opgaven zijn zo opgesteld dat alle programma's kunnen uitgevoerd en gesimuleerd worden met PLC's met een beperkt aantal in- en uitgangen. Het is dan ook sterk aan te raden dat een aantal toepassingen effectief uitgevoerd worden zodat de verwerking van de leerstof niet te abstract blijft.

De leraar mag zich niet uitsluitend beperken tot het laten memoriseren van instructies. De PLC biedt uitzonderlijke mogelijkheden om de leerlingen creatief te leren ontwerpen. De essentie van deze studie is het ontwikkelen van het logisch redeneringsvermogen. De PLC is hierbij een nuttig didactisch hulpmiddel om te leren zelfstandig ontwerpen, volhouden bij het foutzoeken, bedenken van verbeteringen, analyseren van het proces, enz.

### 4 Doelgroep

Een eenvoudige voorkennis van de basiselektriciteit volstaat om de leerstof van dit boek te verwerken. Dit boek is toegankelijk voor alle leerlingen en studenten, uit alle richtingen van het technisch onderwijs.

Dit boek voldoet ruimschoots aan de voorgestelde leerplannen van:

- Derde graad, secundair technisch en beroepsonderwijs  
Studierichtingen : Elektriciteit, Elektrotechnieken, Elektrische installaties, Elektro-mechanica en Elektronica
- Specialisatiejaren van het hoger secundair technisch onderwijs
- Hoger onderwijs van het korte en lange type; MTS en HTS

De leerinhoud is gesteund op de leerplannen van het vrij en het officieel onderwijs. Bovendien sluit het zeer goed aan bij de Nederlandse onderwijssituatie en met name de leerplannen voor de MTS en HTS.

Door de systematische opbouw en het groot aantal voorbeelden is het boek zeer geschikt als basisdocument bij zelfstudie

### 5 Dank

Onze dank gaat op de eerste plaats naar de talrijke gebruikers van de handboeken van het technisch fonds "die keure". Uw enthousiast onthaal en uw opbouwende kritieken waren sterke aansporingen om op de ingeslagen weg verder te gaan.

Ik dank de heer H. Saeyns voor de medewerking en het nalezen van de manuscripten.

Graag vermeld ik hierbij nog de uitgever voor de prettige samenwerking en voor de verzorgde uitvoering van dit leerboek.

Hugo MARIEN  
Schoten

# Inhoud

## Blok 1:

### De PLC in het geautomatiseerde proces

1 Automatisering .....	10
2 Structuur van een geautomatiseerd proces ..	10
3 Structuur van een PLC-sturing .....	13
3.1 Ingangsdeel	
3.2 Verwerking	
3.3 Uitgangsdeel	
4 Hoofd- en stuurkring .....	15
5 Signalen .....	17
6 Voordelen van PLC t.o.v.	
klassieke sturingen .....	18
6.1 Flexibele opbouw en wijziging van	
de sturing	
6.2 Eenvoudige montage	
6.3 Extra mogelijkheden	
6.4 Economische voordelen	
7 Toepassingsgebied van PLC's .....	20
8 Samenvatting .....	21
9 Opdrachten .....	21

## Blok 2:

### Opbouw van een PLC

1 Bestanddelen van een PLC .....	24
2 Ingangen .....	25
3 Uitgangen .....	26
4 Centrale verwerkingseenheid .....	28
4.1 Logische eenheid	
4.2 Cyclische programmaverwerking	
4.3 Accumulator	
4.4 Geheugens	
4.5 Bussysteem	
4.6 Voedingseenheid	
4.7 Bufferbatterij	
4.8 Merkers	
5 Adressering .....	32
5.1 Bit, byte en woordadres	
5.2 Instructieopbouw	
5.3 Toekennen van ingangen en uitgangen	
aan componenten	
6 Programmeertalen .....	36
6.1 Ladderdiagram LAD	
6.2 Logische bouwstenen FBD	
6.3 Instructielijst STL	
6.4 Functiediagram SFC	
7 Programmaverwerking .....	39
7.1 Cyclus	
7.2 Netwerken	
7.3 Programma documenteren	

7.4 Symbolische adressering	
7.5 Testmogelijkheden van PLC-programma	
7.6 Lineair programmeren	
7.7 Gestructureerd programmeren	
8 Samenvatting .....	48
9 Opdrachten .....	48

## Blok 3:

### Basis - besturingsfuncties

1 Ja-functie of identiteit .....	50
2 EN - functie .....	52
3 OF - functie .....	53
4 Niet-functie of inversie .....	54
4.1 Inversie van operand	
4.2 Inversie van instructie	
5 Prioriteit .....	56
5.1 Bewerkingen met logisch register	
5.2 EN- voor OF -functie	
5.3 OF- voor EN - functie	
6 EXOF - functie .....	59
7 Merkers .....	60
8 Detectoren met breekcontacten .....	61
9 Geheugenfunctie .....	63
9.1 Stop voorrang	
9.2 Start voorrang	
9.3 Bediening vanuit meerdere plaatsen	
9.4 Set/reset-functie	
9.5 Set/reset-functie gestuurd vanuit	
meerdere plaatsen	
10 Flankdetectie .....	70
10.1 Positieve flank	
10.2 Dynamische ingangen	
10.3 Teleruptorschakeling	
11 Samenvatting .....	73
12 Opdrachten .....	73

## Blok 4:

### Tijd- en telfuncties

1 Tijdfuncties .....	78
1.1 Programmeren van tijdfuncties .....	78
1.2 Tijdfuncties in LAD en STL .....	82
A Inschakelvertraging	
B Inschakelvertraging met geheugen	
C Uitschakelvertraging	
D Impuls	
E Verlengde puls	
1.3 Tijdfuncties in FBD .....	87
A Inschakelvertraging	
B Inschakelvertraging met geheugen	
C Uitschakelvertraging	
D Impuls-tijdfunctie	

1.4 Pulsfuncties .....	89
A Pulsduur een cyclus	
B Symmetrische pulsgenerator	
C Asymmetrische pulsgenerator	
1.5 Real time clock .....	92
2 Telfunctie .....	94
2.1 Programmeren in LAD en STL	
2.2 Programmeren in FBD	
2.3 Vergelijken van tellerwaarden	
A Vergelijken met getal	
B Tellers met elkaar vergelijken	
C Aantal ingeven via ingangen	
D Voorbeeld van sequentieel proces	
3 Samenvatting .....	101
4 Opdrachten .....	102

## Blok 5:

### Functiediagram

1 Basisprincipe en regels .....	108
1.1 Principe	
1.2 Gebruik	
1.3 Voorbeeld	
1.4 Verschillende elementen	
1.5 Overgangsregels	
2 PLC-programma opstellen .....	116
2.1 Memoriseren van fasen	
2.2 Memoriseren van acties	
2.3 Functiediagram vertalen tot PLC-programma	
2.4 Initialisatie	
3 Basisstructuren	
3.1 Lineaire sequentie	
3.2 Sequentie met keuze	
3.3 Sequentie met exclusieve keuze	
3.4 Sequentie met sprong	
3.5 Sequentie met herhaling	
3.6 Sequentie met gelijktijdige werking	
4 Het programmeren van basisstructuren ....	126
4.1 Lineaire sequentie	
4.2 Sequentie met keuze	
4.3 Sequentie met sprong	
4.4 Sequentie met herhaling	
4.5 Sequentie met gelijktijdige werking	
5 Starten en onderbreken van een proces ....	137
5.1 Starten van een proces	
5.2 Stop aan het einde van een cyclus	
5.3 Stop zonder geheugen	
5.4 Stop met geheugen	
5.5 Afzonderlijke sequenties	
5.6 Controlewerking	
5.7 Hardwarematig onderbreken	
5.8 Afzonderlijke stoproutines	
6 Voorbeelden .....	147
6.1 Start-stopschakeling met één drukknop	
6.2 Twee startdrukknoppen samen bedienen	
6.3 Oppervlaktebehandeling	
6.4 Sturing voor 3 pompen	
6.5 Sturing voor 3 branders	
7 Samenvatting .....	156
8 Opdrachten .....	157

## Blok 6:

### Programmeren van elektrische schakelingen

1 Elektromagnetische schakelaar .....	164
1.1 Algemeen	
1.2 Werking	
2 Elektrisch schema .....	167
2.1 Algemeen	
2.2 Principeschema	
3 Aanduiden van PLC-functies .....	168
4 Keuze van open en gesloten contacten ....	169
5 Gebruik van merkers .....	171
6 Invloed van de programmeerfolgorde .....	173
6.1 Set/reset-instructie	
6.2 Volgorde van programmalijnen	
6.3 Ingangen besparen door gebruik van merkers	
6.4 Gebruik van extra merker	
7 Programmeren van tijdfuncties .....	177
8 Schema structureren .....	179
9 Basis schakelingen .....	181
9.1 Start - stopschakeling	
9.2 Omkeren van de draaizin	
9.3 Aanlopen met ster-driehoekschakeling	
9.4 Poolomschakeling bij motoren met gescheiden statorwikkelingen	
9.5 Dahlandermotoren	
10 Samenvatting .....	190
11 Opdrachten .....	190

## Blok 7:

### Programmeren van pneumatische schakelingen

1 Vergelijking elektrische en pneumatische vermogenselementen .....	198
2 Pneumatische elementen .....	199
2.1 Persluchtbehandeling	
2.2 Cilinders	
2.3 Ventielen	
3 Pneumatische sturing verwerken met PLC .....	203
4 PLC-programma opstellen vanuit signaal-tijddiagram .....	206
4.1 Signaal-tijddiagram	
4.2 Monostabiele vermogenselementen	
4.3 Bistabiele vermogenselementen	
4.4 Onderbreken van een proces	
5 Samenvatting .....	218
6 Opdrachten .....	219

## Blok 8:

### Combinatorische sturingen

1 Omkeren van de draaizin .....	226
2 Omkeren van de draaizin vanuit 2 plaatsen	227
3 Twee banden starten na elkaar .....	228
4 Twee banden starten na elkaar, met omkeer van draaizin .....	229
5 Actie wordt gestopt door tellerstand .....	230
6 Sturing voor poort .....	231
7 Alarm kruispunt .....	232
8 Verwijderen van slechte onderdelen .....	233
9 Waterpomp voor gebruikswater .....	234
10 Samenvatting .....	235
11 Opdrachten .....	236

## Blok 9:

### Inbouwen van een PLC

1 Uitvoeringsvormen .....	240
1.1 Monoblokstelsysteem	
1.2 Modulair systeem	
2 Aansluiten van ingangen .....	242
3 Aansluiten van digitale uitgangen .....	244
3.1 Soorten	
3.2 Aansluiten	
3.3 Ontstoren van uitgangen	
3.4 Verbindingen	
4 Inbouwen van de PLC in de schakelkast .....	251
5 Voorbeeld .....	254
5.1 Opgave	
5.2 Ontwerp van het schema	
5.3 PLC-programma	
5.4 Principeschema	
5.5 Bedradingslijst	
5.6 Kabellijst	
6 Samenvatting .....	265
7 Opdrachten .....	265

## Blok 10:

### Algemene informatie

1 Verschillende uitvoeringsvormen van programmeertoestellen .....	268
1.1 Hand- of draagbare programmeertoestellen	
1.2 Merkgebonden programmeertoestellen	
1.3 Personal computer als programmeerconsole	
2 Opstellen van een programma .....	271
2.1 Editeren	
2.2 Programmeren met symbolische parameters	
2.3 Afdrukken	
3 Testen en in bedrijf stellen .....	274
3.1 Programma testen	
3.2 Toestanden van operanden zichtbaar maken	
3.3 Sturen en veranderen van procesvariabelen	
3.4 Aansluitingen testen	
4 Samenvatting .....	278
5 Opdrachten .....	278



Enkel voor klasgebruik.