
SPS-Programmierung in Anweisungsliste nach IEC 61131-3

Hans-Joachim Adam · Mathias Adam

SPS-Programmierung in Anweisungsliste nach IEC 61131-3

Eine systematische und
handlungsorientierte Einführung in die
strukturierte Programmierung

5., korrigierte Auflage



Springer Vieweg

Hans-Joachim Adam
Mathias Adam
Bühl, Deutschland

ISBN 978-3-662-46715-2
DOI 10.1007/978-3-662-46716-9

ISBN 978-3-662-46716-9 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg
© Elektorverlag 1997, 2000, 2003
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012, 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
(www.springer.com)

Vorwort

Dieses Buch entstand aus der Unterrichtspraxis an beruflichen und allgemeinbildenden Schulen, der innerbetrieblichen Aus- und Weiterbildung in einem Chemiebetrieb und der beruflichen Qualifizierung von Ingenieuren zum Lehramt für Informationstechnik an beruflichen Schulen in Baden-Württemberg.

Das Buch ist als Lehr- und Übungsbuch geschrieben. Das bedeutet, dass Sie in neue Gebiete durch Erklärung oder Beispiele eingeführt werden. Zur Festigung Ihres Wissens und zur Lern- und Erfolgskontrolle empfehlen wir, die Übungen durchzuführen. Für die meisten Übungen sind Musterlösungen verfügbar: Jede Übung hat einen eindeutigen Namen, unter dem die Lösung auf der Webseite der Autoren¹ zu finden ist.

Integraler Bestandteil dieses Buches ist das SPS-Simulationsprogramm „PLC-lite“, welches speziell für diesen Kurs von den Autoren entwickelt wurde. Sie können es kostenlos von der Autorenwebseite herunterladen. Sie erhalten damit die Möglichkeit, unabhängig von Einschränkungen bei realen Systemen, eine normkonforme Steuerung intensiv zu erproben. Der Umfang an Befehlen, Datentypen, Strukturen usw. wurde so gewählt, dass die Besonderheiten der Programmierung in Anweisungsliste nach IEC 61131-3 anhand der Übungen aus dem vorliegenden Buch gut nachvollzogen werden können. Darüber hinaus enthält „PLC-lite“ eine große Anzahl von Prozessen als animierte Simulationen. Hierdurch können Sie Ihre Programme praxisgerecht und gefahrlos testen und das Verhalten der gesteuerten Prozesse (auch bei extremen Bedingungen oder „Fehlern“) studieren. Ihr PC ist damit sowohl Programmiergerät und SPS-Automatisierungsgerät als auch „technische Anlage“.

Zu Anfang werden wir uns in den ersten vier Kapiteln ausführlich mit Grundlagen und der Digitaltechnik befassen. Dieser Teil dient vor allem als Vorbereitung zur SPS-Programmierung, die im zweiten Teil behandelt wird. Sie erfahren hier wichtige Grundlagen für die SPS-Technik. Außerdem ist die Digitaltechnik bereits SPS-Programmierung! In der Sprache „Funktionsplan“ wird im Prinzip nichts anderes gemacht als die logischen Symbole zum Programm zu verbinden. Das sieht ganz ähnlich aus wie das Erstellen einer digitalen Schaltung.

¹ <http://www.adamis.de/sps/>

Im zweiten Teil des Buches behandeln wir die SPS-Technik. Sie werden jetzt schnell den Vorteil der SPS-Programmierung erkennen: Änderungen erfordern kein umständliches Kabelziehen, wie es bei der digitalen Schaltungstechnik erforderlich war. Sie schreiben lediglich die neue Anweisung, und das war's dann schon.

Die Programmierung wird in diesem Buch mit der universellsten Sprache, der Anweisungsliste (engl. *instruction list, IL*) erlernt. Sie hat gegenüber den oft beliebteren graphischen Sprachen den Vorteil der exakten, leicht nachvollziehbaren klaren Strukturierung. Die IEC 61131-3 ist mit der zweiten Ausgabe noch konsequenter an allgemeinen Programmiersprachen ausgerichtet.

Mit dem Buch „SPS-Programmierung mit IEC 61131“ haben Karl Heinz John und Michael Tiegelkamp eine Referenz erstellt, die tiefe Einblicke in die Norm IEC 61131 ermöglicht. Mit diesem Referenzwerk können die in dem vorliegenden Buch gelegten Grundlagen systematisch erweitert werden.

Kapitel 1: Grundlagen	
Kapitel 2: Boolsche Algebra	Kapitel 5: Schaltnetze mit SPS
Kapitel 3: Speicherglieder	Kapitel 6: Speicher mit SPS
Kapitel 7: Zeitfunktionen mit SPS	
Kapitel 4: Zähler	Kapitel 8: Zähler mit SPS
Kapitel 9: Funktionsbausteine	
Kapitel 10: Sprünge, Schleifen	
Kapitel 11: Funktionen	
Kapitel 12: Ablaufsteuerungen	

Weil Sie es bei diesem Buch mit einem Lehrbuch (und keinem Nachschlagewerk) zu tun haben, ist es empfehlenswert, das Buch systematisch durchzuarbeiten. Der Lehrstoff und die Übungen sind nach didaktischen Gesichtspunkten in einer ganz bestimmten Reihenfolge aufeinander aufbauend geordnet. Bitte lassen Sie keine der Übungen aus, und arbeiten Sie erst weiter, wenn Sie sie ganz verstanden haben, damit sich eventuelle Lücken nicht später negativ bemerkbar machen. Das schrittweise Vorgehen garantiert einen höchstmöglichen Lernerfolg.

Zum Durcharbeiten empfehlen wir Ihnen eine der drei folgenden Methoden:

Die gründliche Methode Sie arbeiten alles nacheinander, chronologisch von der ersten bis zur letzten Seite durch. Wenn Sie sich die Zeit nehmen und die nötige Geduld aufbringen, die mehr als 150 Übungsaufgaben zu bearbeiten, werden Sie sowohl in Digitaltechnik als auch in SPS solide Kenntnisse erwerben, die weit über einfache Grundlagen hinausreichen. Besonders wenn Sie noch keine Vorkenntnisse in Digitaltechnik haben, ist das die empfehlenswerte Vorgehensweise. Sie lernen dann zuerst die Digitaltechnik und anschließend SPS-Technik.

Die parallele Methode Alternativ können Sie auch die Digitaltechnik und die SPS-Technik quasi gleichzeitig erlernen, indem Sie abwechselnd ein Kapitel Digitaltechnik und dann das passende SPS-Kapitel bearbeiten. Dieses Vorgehen empfehlen wir Ihnen, wenn Sie schon etwas Digitaltechnik können, aber sich nicht mehr ganz sicher sind. In diesem Fall bearbeiten Sie die Kapitel in der Reihenfolge: 1, 2, 5, 3, 6, 7, 4, 8, 9, 10, 11, 12.

Die fortgeschrittene Methode Wenn Sie Digitaltechnik-„Profi“ sind und sich ausschließlich mit der SPS-Technik befassen wollen können Sie einfach mit dem fünften Kapitel beginnen und dann bis zum Ende des Buches weiterarbeiten.

Seit der Erstauflage dieses Buches vor über 13 Jahren hat die Norm IEC 61131 enorm an Bedeutung gewonnen. Die aktuell gültige zweite Ausgabe der Norm brachte zahlreiche Änderungen und Ergänzungen, die in der vorliegenden vierten Buchauflage berücksichtigt wurden. Die Darstellungen der Ablaufdiagramme in diesem Buch wurden gemäß der DIN EN 60848 neu gezeichnet.

Bühl, Frühjahr 2012

*Hans-Joachim Adam
Mathias Adam*

Vorwort zur 5., erweiterten Auflage

Wir haben dem Buch ein weiteres Kapitel hinzugefügt, in dem die Steuerung einer Bergbahn programmiert wird. Besonders interessant dabei ist die Visualisierung der Bergbahn im neu gestalteten Simulationsprogramm PLC-lite. Damit können Sie die Seilbahn „richtig“ fahren lassen und Ihre Programme realitätsnah und gefahrlos testen. Durch die Simulation von Betriebsfehlern (unterbrochener oder kurzgeschlossener Sensor) können Sie die Stabilität Ihrer Lösungen prüfen. Des weiteren haben wir das Sachverzeichnis um eine Auflistung der Übungsaufgaben erweitert.

Bühl, Frühjahr 2015

*Hans-Joachim Adam
Mathias Adam*

Inhaltsverzeichnis

Teil I Digitaltechnik

1	Grundlagen: Zahlensysteme, Dualzahlen und Codes	3
1.1	Dezimalzahlensystem	3
1.2	Bündelung	4
1.3	Das dezimale Positionensystem	5
1.4	Römische Zahlen	7
1.5	Ägyptische Zahlen	7
1.6	Binärsystem, Dualzahlensystem	8
1.7	Computer arbeiten mit Dualzahlen	9
1.8	Umwandlung von Dezimalzahlen in Dualzahlen	10
1.9	Andere Zahlenbasen, Hexadezimale Zahlen (Basis 16)	11
1.10	Hexadezimale Zahlen und Dualzahlen	12
1.11	Binärcode	13
1.12	BCD-Code	13
1.13	ASCII-Code	13
1.14	Dualcode – Dualzahl	14
1.15	Signale	15
2	Logische Funktionen und Boolesche Algebra	17
2.1	Negation (NICHT-Funktion)	18
2.2	Identität (GLEICH-Funktion)	18
2.3	Konjunktion (UND-Funktion, AND-Funktion)	19
2.4	Heizungsregelung (Zweipunktregelung)	19
2.5	Negation des Eingangs	20
2.6	Mehr als zwei Eingangsvariable	21
2.7	UND-Verknüpfung als Datenschalter	21
2.8	Disjunktion (ODER-Funktion, OR-Funktion)	23
2.9	ODER-Verknüpfung als Datenschalter	23
2.10	NAND-Funktion (Negation der AND-Funktion)	24
2.11	NOR-Funktion (Negation der OR-Funktion)	25

2.12	Erstellen einer Funktion aus der Funktionstabelle	26
2.13	EXOR-Verknüpfung (Antivalenz)	28
2.14	Disjunktive Normalform (UND-vor-ODER), Minterme	28
2.15	Kurzdarstellung des Logikplans	29
2.16	Wechselschaltung	31
2.17	Erstellen der Funktionsgleichung bei mehr als zwei Eingängen	32
2.18	Kreuzschaltung	32
2.19	Zwei- aus Drei-Leiterschaltung	33
2.20	Umformen und Vereinfachen von Funktionen	34
2.21	Boolesche Algebra	36
2.22	Konjunktive Normalform (ODER-vor-UND)	38
3	Speicherglieder	41
3.1	Kippglieder (Flip-Flops) und statische Speicher	41
3.2	Das RS-Kippglied (Flip-Flop)	42
3.3	Alarmschaltung 1	44
3.4	Definierte Grundstellung (Vorzugslage)	45
3.5	Priorität der Eingangssignale	45
3.6	Motorsteuerung	46
3.7	Flip-Flop mit negierten Eingängen	47
3.8	Taktzustand-gesteuerte Flip-Flops	48
3.9	Alarmschaltung 2	51
3.10	Füllen und Entleeren eines Messgefäßes	51
3.11	Alarmschaltung 3	53
4	Dynamische Speicherglieder und Zähler	55
4.1	Taktflankengesteuerte Flip-Flops	55
4.2	RS-Kippglied mit dynamischem Eingang	57
4.3	Das JK-Kippglied	58
4.4	Das T-Kippglied	59
4.5	Automatisches Füllen und Entleeren eines Messgefäßes	60
4.6	Zähler	61
4.6.1	Der Asynchron-Zähler	62
4.6.2	Der asynchrone Rückwärtszähler	64
4.6.3	Modulo-n, Dezimal- und BCD-Zähler	64
4.6.4	Modulo-3 Zähler	65
4.6.5	BCD-Zähler	65
4.6.6	Zähler mit beliebigem Anfangs- und Endwert	66
4.7	Mehrfaches Füllen und Entleeren eines Gefäßes	67
4.8	Zeitglieder	67

Teil II SPS-Technik

5	Schaltnetze mit SPS	71
5.1	Direkt dargestellte Variable	72
5.2	Logische Grundverknüpfungen mit SPS	72
5.3	ODER-Verknüpfung	73
5.4	Das aktuelle Ergebnis	74
5.5	Das Simulationsprogramm PLC-lite	76
5.6	UND-Verknüpfung	78
5.7	Negation von Ein- und Ausgängen	79
5.8	Schaltalgebra: de Morgansche Regeln	80
5.9	Kesselheizung (Zweipunktregelung)	81
5.10	Programmzyklus der SPS	82
5.11	Stromlaufpläne	83
5.12	Abfragen von Ausgangsvariablen	84
5.13	Merker und Klammern	86
5.14	Speicherplatz für Merker	86
5.15	Kommentare in der Anweisungsliste	87
5.16	Zwischenergebnisse in Klammern	88
5.17	EXOR -Verknüpfung (Antivalenz)	89
6	Schaltungen mit Signalspeichern	91
6.1	Ausgang mit Selbsthaltung	91
6.2	Ausgänge setzen und rücksetzen	92
6.3	Ausführungsreihenfolge und Vorrang	94
6.4	Speicherung der Ein- und Ausgänge	95
6.5	Prozess-Abbilder der Ein- und Ausgänge	98
6.6	Füllstandsteuerung eines Behälters	101
6.7	Alarmschaltung 4	102
6.8	Signalspeicher als Funktionsbausteine	103
6.9	Verwendung von Funktionsbausteinen	104
6.10	Steuerung zum Füllen und Entleeren eines Messgefäßes	106
7	Zeitfunktionen mit SPS	109
7.1	Zeitgeber für Pulse	109
7.2	Füllen und Entleeren mit Zeitsteuerung	112
7.3	Blinklichter und Generatoren	113
7.4	Alarmschaltung 5	115
7.5	Verwenden mehrerer Timer: Lauflichter	116
7.6	Zeitglied mit Einschaltverzögerung	118
7.7	Start/Stop-Generator mit nur einem Zeitglied	119
7.8	Anmerkung zur Anzeige der sehr kurzen Impulse	121

8	Zähler mit SPS	123
8.1	Datentypen	123
8.2	Typumwandlungen	127
8.3	Drei verschiedene Zählertypen	129
8.3.1	Aufwärtszähler	129
8.3.2	Abwärtszähler	131
8.3.3	Kombinierter Auf- /Abwärtszähler	132
8.4	Anzahlen bestimmen	134
8.5	Mehrstelliger Dezimalzähler (BCD)	135
8.6	Mehrfaches Füllen und Entleeren	136
8.7	Generator für Zählimpulse	137
8.8	Zeitmessung	138
8.9	Mengenmessung	138
8.10	Reaktionstester	139
9	Funktionsbausteine	141
9.1	Der Funktionsbaustein gibt Werte aus	141
9.2	Funktionsbaustein erstellen	142
9.3	Programm-Organisations-Einheiten	143
9.4	Einen Funktionsbaustein nachträglich in ein Projekt einbinden	145
9.5	Der Funktionsbaustein liest Werte ein	146
9.6	Funktionsbaustein: FB_Tank	147
10	Sprünge, Schleifen und Wiederholungen	151
10.1	Der laufende Punkt	151
10.2	Einseitige Entscheidung (bedingter Sprung)	152
10.3	Anfangswert setzen	153
10.4	Lauflicht	154
10.5	Vergleiche	154
10.6	Zweiseitige Entscheidung (unbedingter Sprung)	156
10.7	Füllen mehrerer Messgefäße	158
10.8	Mehrfache Auswahl	158
10.9	Zufallszahlen	161
11	Funktionen	163
11.1	Verwendung von Funktionen	163
11.2	Unterschied zwischen Funktion und Funktionsbaustein	165
11.3	Würfelspiel	166
11.4	BCD-Umsetzer	166
11.5	Parameterübergabe an die Funktion	167
12	Ablaufsteuerungen	169
12.1	Grundprinzip der Ablaufsteuerung am Beispiel Drucktaster	169

12.2	Die Ablaufkette	171
12.3	Anfangszustand setzen	172
12.4	Ablaufschritt und Weberschaltbedingung	173
12.5	Graphische Darstellung von Ablaufsteuerungen	173
12.6	Druckschalter	175
12.7	Steuerung von Aktionen	177
12.8	Programmieren der Zeitglieder in einer Ablaufsteuerung	181
12.9	Zum Schluss	182
13	Wiederholungsaufgaben	183
13.1	Wiederholungsaufgaben zu Kapitel 2	183
13.2	Wiederholungsaufgaben zu Kapitel 5	185
13.3	Wiederholungsaufgaben zu Kapitel 6	186
13.4	Wiederholungsaufgaben zu Kapitel 7	187
13.5	Wiederholungsaufgaben zu Kapitel 8	187
13.6	Wiederholungsaufgaben zu Kapitel 9	188
13.7	Wiederholungsaufgaben zu Kapitel 10	188
13.8	Wiederholungsaufgaben zu Kapitel 11	190
13.9	Wiederholungsaufgaben zu Kapitel 12	191
13.10	Vermischte Aufgaben	192
14	Beispiel: Steuerung einer Bergbahn	199
14.1	Steuerung einer Bergbahn	199
14.2	Bergbahn: Hauptprogramm	202
14.3	Flankenerkennung	205
14.4	Bergbahn: Steuerungs-Funktionsbaustein	207
14.5	Bergbahn mit Haltanforderung aus der Kabine	213
14.6	Bergbahn mit Haltanforderung von der Mittelstation	215
14.7	Behandlung von Betriebsfehlern	217
15	Aufbau und Programmierung einer SPS	219
16	Normerfüllung von PLC-lite	223
16.1	Programm-Organisationseinheiten (POE)	227
16.2	Elemente der Sprache Anweisungsliste (AWL)	231
16.3	Schlüsselwörter	232
17	Begriffe englisch – deutsch	235
Literatur	239
Sachwortverzeichnis	241

Die Autoren

Diplomingenieur Hans-Joachim Adam studierte Elektrotechnik an der Universität Karlsruhe. Seit 1978 unterrichtet er die Fächer Mathematik, Elektrotechnik und Informationstechnik am Technischen Gymnasium Bühl. Am Staatlichen Seminar für Didaktik und Lehrerbildung (berufliche Schulen) in Karlsruhe ist er Fachleiter im Fachbereich Informationstechnik. Er ist in der Lehrerfortbildung des Oberschulamts Karlsruhe und des Kultusministeriums Baden-Württemberg sowie in innerbetrieblichen Schulungen bei verschiedenen Industriebetrieben tätig.

Diplomingenieur Mathias Adam studierte an der Universität Karlsruhe Elektrotechnik und Informationstechnik und arbeitet freiberuflich als beratender Ingenieur. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen in der maschinellen Bildverarbeitung sowie Embedded Linux.