

---

## **1 Start**

Das Automatisierungssystem SIMATIC S7-1500 in der Übersicht.

Eine Einführung in die Engineeringsoftware SIMATIC STEP 7 Professional V14.

Die Grundlage der Automatisierungslösung: Ein Projekt erstellen und bearbeiten.

---

## **2 Automatisierungssystem SIMATIC S7-1500**

Die Baugruppen von SIMATIC S7-1500 in der Übersicht: Aufbau eines Automatisierungssystems, CPU-Baugruppen, Signal-, Technologie- und Kommunikationsbaugruppen.

---

## **3 Gerätekonfiguration**

Eine Station konfigurieren, Baugruppen parametrieren und Stationen vernetzen.

---

## **4 Variablen, Adressierung und Datentypen**

Die Eigenschaften der Operandenbereiche Eingänge, Ausgänge, Peripherie, Merker, Daten und temporäre Lokaldaten und wie sie adressiert werden: absolut, symbolisch und indirekt.

Die Beschreibung der elementaren und strukturierten Datentypen, Datentypen für Bausteinparameter, Zeiger, Anwender- und Systemdatentypen.

---

## **5 Programmbearbeitung**

Wie sich die CPU-Baugruppe in den Betriebszuständen ANLAUF, RUN und STOP verhält.

Wie das Anwenderprogramm durch Bausteine strukturiert wird, welche Eigenschaften die Bausteine haben und wie sie aufgerufen werden.

Wie das Anwenderprogramm bearbeitet wird: Anlaufverhalten, Hauptprogramm, Alarmbearbeitung, Fehlerbehandlung und Diagnose.

---

## **6 Der Programmeditor**

Arbeiten mit der PLC-Variablentabelle, Codebausteine und Datenbausteine erstellen und bearbeiten, Bausteine übersetzen und Programminformationen auswerten.

---

## **7 Die Programmiersprache Kontaktplan KOP**

Das Charakteristische der KOP-Programmierung; Reihen- und Parallelschaltung von Kontakten; der Einsatz von Spulen, Standard-Boxen, Q-Boxen und EN/ENO-Boxen.

---

## **8 Die Programmiersprache Funktionsplan FUP**

Das Charakteristische der FUP-Programmierung; Boxen für binäre Verknüpfungen; der Einsatz von Standard-Boxen, Q-Boxen und EN/ENO-Boxen.

---

## **9 Die Programmiersprache Structured Control Language SCL**

Das Charakteristische der SCL-Programmierung; Operatoren und Ausdrücke, Arbeiten mit Binär- und Digitalfunktionen, Programmbearbeitung steuern mit Kontrollanweisungen.

---

---

## 10 Die Programmiersprache Anweisungsliste AWL

Das Charakteristische der AWL-Programmierung; Programmierung von binären Verknüpfungen, Anwendung von Digitalfunktionen und Steuern der Programmbearbeitung.

---

## 11 Die Programmiersprache Ablaufsteuerung GRAPH

Was eine Ablaufsteuerung ist und was ihre Elemente sind: Ablaufketten, Schritte, Transitionen und Verzweigungen. Wie eine Ablaufsteuerung mit GRAPH projiziert wird.

---

### Die Beschreibung der Steuerungsfunktionen

**12 Basisfunktionen:** Funktionen für Binärsignale: binäre Verknüpfungen, Speicherfunktionen, Flankenauswertungen, Zeit-/Zählfunktionen.

**13 Digitalfunktionen:** Funktionen für Digitalvariablen: Übertragungs-, Vergleichs-, Arithmetik-, Mathematik-, Konvertierungs-, Schiebe-, Logik- und Zeichenkettenfunktionen.

**14 Programmsteuerung:** Sprungfunktionen, Bausteine aufrufen und beenden, mit Bausteinparametern arbeiten, optimierter Bausteinzugriff, ARRAY- und CPU-Datenbausteine.

---

## 15 Online-Betrieb, Diagnose und Programmtest

Ein Programmiergerät an die PLC-Station anschließen, den Online-Betrieb einschalten, die Projektdaten übertragen und das Anwenderprogramm schützen. Die Anwenderbausteine laden, ändern, löschen und vergleichen. Mit der Hardware-Diagnose arbeiten. Das Anwenderprogramm testen. Messwertaufzeichnung mit der Trace-Funktion.

---

## 16 Dezentrale Peripherie

In der Übersicht: das dezentrale Peripheriesystem ET 200.

Wie ein PROFINET IO System projiziert wird und welche Eigenschaften es hat.

Wie ein PROFIBUS DP Mastersystem projiziert wird und welche Eigenschaften es hat.

---

## 17 Kommunikation

Mit welchen Kommunikationsfunktionen die Open User Communication realisiert wird.

Welche Eigenschaften die S7-Kommunikation hat und mit welchen Kommunikationsfunktionen sie programmiert wird.

Wie die PtP-Kommunikation realisiert wird.

---

## 18 Anhang

Wie ein mit STEP 7 V5.x erstelltes Projekt in das TIA Portal migriert wird.

Wie der Webserver in der CPU projiziert wird und welche Möglichkeiten er bietet.

Technologieobjekte für Zählen, Messen, Motion Control, PID Control.

Wie Daten protokolliert und Rezepturen übertragen werden.

Mit der Simulationssoftware S7-PLCSIM ein Anwenderprogramm offline testen.

Maschinen- und Anlagen-Diagnose mit ProDiag.

---

<b>1 Einführung</b>	23
1.1 Übersicht Automatisierungssystem S7-1500	23
1.1.1 Automatisierungsgerät SIMATIC S7-1500	24
1.1.2 Übersicht STEP 7 Professional	25
1.1.3 Verschiedene Programmiersprachen	27
1.1.4 Bearbeitung des Anwenderprogramms	29
1.1.5 Datenhaltung im SIMATIC-Automatisierungssystem	31
1.2 Einführung in STEP 7 Professional V14	33
1.2.1 STEP 7 installieren	33
1.2.2 Automation License Manager	34
1.2.3 STEP 7 Professional starten	34
1.2.4 Portalansicht	35
1.2.5 Die Fenster der Projektansicht	36
1.2.6 Informationssystem	38
1.2.7 Bedienoberfläche anpassen	39
1.3 Ein SIMATIC-Projekt bearbeiten	40
1.3.1 Strukturierte Darstellung der Projektdaten	40
1.3.2 Projektdaten und Editoren für eine PLC-Station	40
1.3.3 Mit Projekten arbeiten	44
1.3.4 Mit Referenzprojekten arbeiten	48
1.3.5 Mit Bibliotheken arbeiten	48
1.3.6 Mehrsprachige Projekte	52
 <b>2 Automatisierungssystem SIMATIC S7-1500</b>	 54
2.1 Komponenten einer S7-1500-Station	54
2.2 CPU-Baugruppen S7-1500	56
2.2.1 CPU-Varianten	56
2.2.2 Bedien- und Anzeigeelemente	60
2.2.3 SIMATIC Memory Card	61
2.2.4 Busschnittstellen	62
2.3 Signalbaugruppen	63
2.3.1 Digitaleingabebaugruppen	63
2.3.2 Digitalausgabebaugruppen	65
2.3.3 Digitalein-/ausgabebaugruppen	66
2.3.4 Analogeingabebaugruppen	66
2.3.5 Analogausgabebaugruppe	66
2.3.6 Analogein-/ausgabebaugruppen	67
2.4 Technologiebaugruppen	68

2.5 Kommunikationsbaugruppen .....	69
2.6 Weitere Baugruppen .....	70
2.6.1 Systemstromversorgungsbaugruppen .....	70
2.6.2 Laststromversorgungsbaugruppen .....	70
2.7 SIPLUS S7-1500 .....	71
<b>3 Gerätekonfiguration .....</b>	<b>72</b>
3.1 Einführung .....	72
3.2 Eine Station konfigurieren .....	74
3.2.1 Eine PLC-Station hinzufügen .....	74
3.2.2 Eine Baugruppe hinzufügen .....	74
3.3 Baugruppen parametrieren .....	76
3.3.1 Die CPU-Eigenschaften parametrieren .....	76
3.3.2 Baugruppen adressieren .....	80
3.3.3 Signalbaugruppen parametrieren .....	82
3.3.4 Eine Konfigurationssteuerung projektieren .....	84
3.4 Eine Vernetzung projektieren .....	87
3.4.1 Einführung .....	87
3.4.2 Eine Station vernetzen .....	88
3.4.3 Teilnehmeradressen in einem Subnetz .....	90
3.4.4 Kommunikationsdienste und Verbindungstypen .....	91
3.4.5 Eine Verbindung projektieren .....	92
3.4.6 Ein PROFINET-Subnetz projektieren .....	94
3.4.7 Ein PROFIBUS-Subnetz projektieren .....	98
<b>4 Variablen, Adressierung und Datentypen .....</b>	<b>101</b>
4.1 Operanden und Variablen .....	101
4.1.1 Einführung, Übersicht .....	101
4.1.2 Operandenbereiche Eingänge und Ausgänge .....	103
4.1.3 Operandenbereich Merker .....	104
4.1.4 Operandenbereich Daten .....	106
4.1.5 Operandenbereich temporäre Lokaldaten .....	107
4.2 Adressierung von Variablen und Konstanten .....	108
4.2.1 Signalweg .....	108
4.2.2 Absolute Adressierung .....	109
4.2.3 Symbolische Adressierung .....	112
4.2.4 Adressierung eines Variablenteils .....	114
4.2.5 Adressierung einer Konstanten .....	114
4.2.6 Indirekte Adressierung .....	115
4.3 Adressierung von Hardware-Objekten .....	123
4.4 Allgemeines zu Datentypen .....	123
4.4.1 Übersicht der Datentypen .....	123
4.4.2 Implizite Datentypkonvertierung .....	125
4.4.3 Variablen überlagern (Datentypsichten) .....	128
4.5 Elementare Datentypen .....	130

4.5.1 Bitfolge-Datentypen BOOL, BYTE, WORD, DWORD und LWORD	130
4.5.2 BCD-Zahlen BCD16 und BCD32	132
4.5.3 Datentypen CHAR und WCHAR	133
4.5.4 Festpunkt-Datentypen ohne Vorzeichen USINT, UINT, UDINT, ULINT	133
4.5.5 Festpunkt-Datentypen mit Vorzeichen SINT, INT, DINT und LINT	134
4.5.6 Gleitpunkt-Datentypen REAL und LREAL	135
4.5.7 Datentypen für Zeitdauern	137
4.5.8 Datentypen für Zeitpunkte	139
4.6 Strukturierte Datentypen	140
4.6.1 Datum und Uhrzeit DATE_AND_TIME (DT)	140
4.6.2 Datum und Uhrzeit DATE_AND_LTIME (DTL)	142
4.6.3 Zeichenketten STRING und WSTRING	142
4.6.4 Datentyp ARRAY	143
4.6.5 Datentyp STRUCT	147
4.7 Parametertypen	149
4.7.1 Übersicht	149
4.7.2 Parametertypen BLOCK_FC und BLOCK_FB (AWL)	150
4.7.3 Parametertyp DB_ANY	150
4.7.4 Parametertyp VOID	151
4.7.5 Parametertypen POINTER, ANY und VARIANT	151
4.7.6 Parametertyp ARRAY[*]	152
4.8 Zeiger	152
4.8.1 Einführung	152
4.8.2 Bereichszeiger	153
4.8.3 DB-Zeiger	153
4.8.4 ANY-Zeiger	155
4.9 PLC-Datentypen	155
4.9.1 Einen PLC-Datentyp programmieren	155
4.9.2 Einen PLC-Datentyp anwenden	156
4.9.3 PLC-Datentypen vergleichen	158
4.9.4 Einen PLC-Datentyp umnummerieren	159
4.10 Systemdatentypen	159
4.10.1 Systemdatentypen für Zeitfunktionen	159
4.10.2 Systemdatentypen für Zählfunktionen	161
4.10.3 Startinformation	162
4.11 Hardware-Datentypen	163
<b>5 Anwenderprogramm bearbeiten</b>	<b>164</b>
5.1 Betriebszustände	164
5.1.1 Betriebszustand STOP	165
5.1.2 Betriebszustand ANLAUF	166
5.1.3 Betriebszustand RUN	168
5.1.4 Remanenzverhalten von Operanden	169
5.2 Anwenderprogramm erstellen	170
5.2.1 Programmbearbeitung	170
5.2.2 Strukturierung des Anwenderprogramms	172

5.2.3 Bausteinarten	175
5.2.4 Bausteineigenschaften	177
5.2.5 Bausteinschnittstelle	177
5.2.6 Einen Codebaustein aufrufen	183
5.2.7 Programmierempfehlungen	186
5.3 Anlaufprogramm	193
5.3.1 Organisationsbausteine für das Anlaufprogramm	193
5.3.2 Remanente Daten zurücksetzen	195
5.3.3 Baugruppenadresse ermitteln	195
5.3.4 Baugruppen parametrieren	198
5.4 Hauptprogramm	202
5.4.1 Organisationsbausteine für das Hauptprogramm	202
5.4.2 Prozessabbild-Aktualisierung	203
5.4.3 Zykluszeit	207
5.4.4 Reaktionszeit	210
5.4.5 Programm stoppen und verzögern	211
5.4.6 Uhrzeit	212
5.4.7 Systemzeit lesen	217
5.4.8 Betriebsstundenzähler	217
5.5 Alarmbearbeitung	219
5.5.1 Einführung zur Alarmbearbeitung	219
5.5.2 Uhrzeitalarme	223
5.5.3 Verzögerungsalarme	227
5.5.4 Weckalarme	231
5.5.5 Prozessalarme	235
5.5.6 Alarmer zur Laufzeit zuordnen	237
5.5.7 Alarmzusatzinformation lesen	238
5.6 Fehlerbehandlung, Diagnose	240
5.6.1 Fehlerursachen und Fehlerreaktionen	240
5.6.2 Lokale Fehlerbehandlung	240
5.6.3 Globale Fehlerbehandlung (Synchronfehler)	245
5.6.4 Synchronfehlerbearbeitung sperren und freigeben	247
5.6.5 Asynchronfehler	250
5.6.6 Alarmer und Asynchronfehler sperren, verzögern und freigeben	254
5.7 Diagnose im Anwenderprogramm	256
5.7.1 Diagnosealarm	256
5.7.2 Startinformation lesen	258
5.7.3 Laufzeit-Informationen lesen	259
5.7.4 Diagnosefunktionen im Anwenderprogramm	260
5.8 Meldungen projektieren	267
5.8.1 Einführung	267
5.8.2 Meldungen nach dem Meldenummervorgehen projektieren	271
5.8.3 Systembausteine für Meldungen	276
5.8.4 Anwender-Diagnosemeldung erzeugen	279
5.8.5 CPU-Meldungsanzeige	280

<b>6 Programmeditor</b>	283
6.1 Einführung	283
6.2 PLC-Variablentabelle	284
6.2.1 PLC-Variablentabelle anlegen und bearbeiten	284
6.2.2 PLC-Variablen definieren und bearbeiten	284
6.2.3 PLC-Variablentabellen vergleichen	287
6.2.4 PLC-Variablentabelle exportieren und importieren	288
6.2.5 Konstantentabellen	289
6.3 Einen Codebaustein programmieren	289
6.3.1 Einen neuen Codebaustein anlegen	289
6.3.2 Arbeitsbereich des Programmeditors für Codebausteine	291
6.3.3 Bausteineigenschaften für Codebausteine festlegen	293
6.3.4 Einen Baustein schützen	296
6.3.5 Bausteinschnittstelle programmieren	297
6.3.6 Allgemeines Vorgehen beim Programmieren der Steuerungsfunktion	300
6.3.7 Steuerungsfunktion mit KOP und FUP programmieren	304
6.3.8 Steuerungsfunktion mit SCL programmieren	308
6.3.9 Steuerungsfunktion mit AWL programmieren	312
6.3.10 Steuerungsfunktion mit GRAPH programmieren	314
6.4 Einen Datenbaustein programmieren	315
6.4.1 Einen neuen Datenbaustein anlegen	315
6.4.2 Arbeitsbereich des Programmeditors für Datenbausteine	316
6.4.3 Bausteineigenschaften für Datenbausteine festlegen	317
6.4.4 Datenvariablen deklarieren	320
6.4.5 Datenvariablen in Globaldatenbausteinen eingeben	322
6.5 Bausteine übersetzen	323
6.5.1 Übersetzung starten	323
6.5.2 SCL-Bausteine übersetzen	324
6.5.3 Fehler nach der Übersetzung beheben	325
6.6 Arbeiten mit Quelldateien	327
6.7 Programminformationen	330
6.7.1 Querverweisliste	330
6.7.2 Belegungsplan	331
6.7.3 Aufrufstruktur	333
6.7.4 Abhängigkeitsstruktur	334
6.7.5 Konsistenzprüfung	335
6.7.6 Speicherauslastung der CPU	336
 <b>7 Kontaktplan KOP</b>	 338
7.1 Einführung	338
7.1.1 Programmieren mit KOP allgemein	338
7.1.2 Programmelemente des Kontaktplans	340
7.2 Binäre Verknüpfungen mit KOP programmieren	340
7.2.1 Schließerkontakt und Öffnerkontakt	341
7.2.2 Reihen- und Parallelschaltung von Kontakten	343

7.2.3 T-Abzweig, offener Parallelzweig .....	344
7.2.4 Verknüpfungsergebnis negieren im Kontaktplan .....	345
7.2.5 Flankenauswertung einer Binärvariablen im Kontaktplan .....	345
7.2.6 Gültigkeitsprüfung einer Gleitpunktvariablen im Kontaktplan .....	346
7.2.7 Vergleich-Kontakte .....	347
7.3 Speicherfunktionen mit KOP programmieren .....	347
7.3.1 Einfache und negierende Spule .....	348
7.3.2 Setzen- und Rücksetzen-Spule .....	349
7.3.3 Speicherndes Verhalten durch Selbsthaltung .....	350
7.3.4 Flankenauswertung mit Impulsausgabe im Kontaktplan .....	350
7.3.5 Mehrfaches Setzen und Rücksetzen (Bitfeld füllen) im Kontaktplan ..	351
7.3.6 Spulen mit Zeitverhalten .....	352
7.4 Q-Boxen mit KOP programmieren .....	353
7.4.1 Speicher-Boxen im Kontaktplan .....	354
7.4.2 Flankenauswertung des Stromflusses .....	354
7.4.3 Zeitfunktionen im Kontaktplan .....	355
7.4.4 Zählfunktionen im Kontaktplan .....	357
7.5 EN/ENO-Boxen mit KOP programmieren .....	358
7.5.1 Flankenauswertung mit einer EN/ENO-Box .....	358
7.5.2 Übertragungsfunktionen im Kontaktplan .....	358
7.5.3 Arithmetische Funktionen im Kontaktplan .....	360
7.5.4 Mathematische Funktionen im Kontaktplan .....	361
7.5.5 Konvertierungsfunktionen im Kontaktplan .....	362
7.5.6 Schiebefunktionen im Kontaktplan .....	363
7.5.7 Logikfunktionen im Kontaktplan .....	363
7.5.8 Funktionen für Zeichenketten im Kontaktplan .....	364
7.6 VARIANT-Funktionen mit KOP programmieren .....	365
7.7 Programmsteuerung mit KOP .....	367
7.7.1 Sprungfunktionen im Kontaktplan .....	367
7.7.2 Bausteinende-Funktion im Kontaktplan .....	370
7.7.3 Bausteinaufruf-Funktionen im Kontaktplan .....	371
<b>8 Funktionsplan FUP .....</b>	<b>373</b>
8.1 Einführung .....	373
8.1.1 Programmieren mit FUP allgemein .....	373
8.1.2 Programmelemente des Funktionsplans .....	375
8.2 Binäre Verknüpfungen mit FUP programmieren .....	375
8.2.1 Abfrage auf Signalzustand „1“ und auf Signalzustand „0“ .....	376
8.2.2 Eine binäre Verknüpfung im Funktionsplan programmieren .....	378
8.2.3 UND-Funktion im Funktionsplan .....	379
8.2.4 ODER-Funktion im Funktionsplan .....	379
8.2.5 Exklusiv-ODER-Funktion im Funktionsplan .....	379
8.2.6 Kombinierte binäre Verknüpfungen, Verknüpfungsergebnis negieren	380
8.2.7 T-Abzweig im Funktionsplan .....	381
8.2.8 Flankenauswertung von Binärvariablen im Funktionsplan .....	381
8.2.9 Gültigkeitsprüfung von Gleitpunktzahlen im Funktionsplan .....	382



8.2.10 Vergleichsfunktionen im Funktionsplan .....	383
8.3 Standard-Boxen mit FUP programmieren .....	384
8.3.1 Zuweisung und negierende Zuweisung .....	384
8.3.2 Setzen- und Rücksetzen-Box .....	385
8.3.3 Flankenauswertung mit Impulsausgabe im Funktionsplan .....	386
8.3.4 Mehrfaches Setzen und Rücksetzen (Bitfeld füllen) im Funktionsplan .....	387
8.3.5 Standard-Boxen mit Zeitverhalten .....	387
8.4 Q-Boxen mit FUP programmieren .....	389
8.4.1 Speicher-Boxen im Funktionsplan .....	389
8.4.2 Flankenauswertung des Verknüpfungsergebnisses im Funktionsplan .....	390
8.4.3 Zeitfunktionen im Funktionsplan .....	391
8.4.4 Zählfunktionen im Funktionsplan .....	392
8.5 EN/ENO-Boxen mit FUP programmieren .....	393
8.5.1 Flankenauswertung mit einer EN/ENO-Box .....	393
8.5.2 Übertragungsfunktionen im Funktionsplan .....	395
8.5.3 Arithmetische Funktionen im Funktionsplan .....	395
8.5.4 Mathematische Funktionen im Funktionsplan .....	396
8.5.5 Konvertierungsfunktionen im Funktionsplan .....	397
8.5.6 Schiebefunktionen im Funktionsplan .....	398
8.5.7 Logikfunktionen im Funktionsplan .....	399
8.5.8 Funktionen für Zeichenketten im Funktionsplan .....	400
8.6 VARIANT-Funktionen mit FUP programmieren .....	401
8.7 Programmsteuerung mit FUP .....	402
8.7.1 Sprungfunktionen im Funktionsplan .....	403
8.7.2 Bausteinende-Funktion im Funktionsplan .....	406
8.7.3 Bausteinaufruf-Funktionen im Funktionsplan .....	407
<b>9 Structured Control Language SCL .....</b>	<b>409</b>
9.1 Einführung .....	409
9.1.1 Programmieren mit SCL allgemein .....	409
9.1.2 SCL-Anweisungen und Operatoren .....	411
9.2 Binäre Verknüpfungen mit SCL programmieren .....	413
9.2.1 Abfrage auf Signalzustand „1“ und auf Signalzustand „0“ .....	413
9.2.2 UND-Funktion in SCL .....	414
9.2.3 ODER-Funktion in SCL .....	414
9.2.4 Exklusiv-ODER-Funktion in SCL .....	415
9.2.5 Kombinierte binäre Verknüpfungen in SCL .....	415
9.2.6 Verknüpfungsergebnis negieren in SCL .....	416
9.3 Speicherfunktionen mit SCL programmieren .....	417
9.3.1 Wertzuweisung einer Binärvariablen .....	417
9.3.2 Setzen und Rücksetzen in SCL .....	417
9.3.3 Flankenauswertung in SCL .....	418
9.4 Zeit- und Zählfunktionen mit SCL programmieren .....	418
9.4.1 Zeitfunktionen in SCL .....	418
9.4.2 Zählfunktionen in SCL .....	419
9.5 Digitalfunktionen mit SCL programmieren .....	420

9.5.1 Übertragungsfunktion, Wertzuweisung einer Digitalvariablen	420
9.5.2 Vergleichsfunktionen in SCL	421
9.5.3 Arithmetische Funktionen in SCL	422
9.5.4 Mathematische Funktionen in SCL	423
9.5.5 Konvertierungsfunktionen in SCL	424
9.5.6 Schiebefunktionen in SCL	425
9.5.7 Wortverknüpfungen, logischer Ausdruck in SCL	426
9.5.8 Funktionen für Zeichenketten in SCL	427
9.6 VARIANT-Funktionen mit SCL programmieren	427
9.7 Programmsteuerung mit SCL	430
9.7.1 Kontrollanweisungen	430
9.7.2 Bausteinendefunktion bei SCL	439
9.7.3 Aufruf einer Funktion (FC) bei SCL	439
9.7.4 Aufruf eines Funktionsbausteins (FB) bei SCL	440
9.7.5 Versorgung von Parametern	442
<b>10 Anweisungsliste AWL</b>	<b>443</b>
10.1 Einführung	443
10.1.1 Programmieren mit AWL allgemein	443
10.1.2 Aufbau einer AWL-Anweisung	445
10.1.3 Eine AWL-Anweisung eingeben	445
10.1.4 Adressierung von 64-Bit-Variablen	447
10.1.5 AWL-Netzwerke in KOP- und FUP-Bausteinen	447
10.2 Binäre Verknüpfungen mit AWL programmieren	448
10.2.1 Bearbeitung einer binären Verknüpfung, Verknüpfungsschritt	449
10.2.2 Abfrage auf Signalzustand „1“ und auf Signalzustand „0“	450
10.2.3 UND-Funktion in der Anweisungsliste	451
10.2.4 ODER-Funktion in der Anweisungsliste	451
10.2.5 Exklusiv-ODER-Funktion in der Anweisungsliste	451
10.2.6 Kombinierte binäre Verknüpfungen in der Anweisungsliste	452
10.2.7 Verknüpfungsergebnis steuern	455
10.3 Speicherfunktionen mit AWL programmieren	455
10.3.1 Zuweisung in der Anweisungsliste	456
10.3.2 Setzen und Rücksetzen in der Anweisungsliste	456
10.3.3 Flankenbewertung in der Anweisungsliste	457
10.4 Zeit- und Zählfunktionen mit AWL programmieren	458
10.4.1 Zeitfunktionen in der Anweisungsliste	458
10.4.2 Zählfunktionen in der Anweisungsliste	459
10.5 Digitalfunktionen mit AWL programmieren	460
10.5.1 Übertragungsfunktionen in der Anweisungsliste	460
10.5.2 Vergleichsfunktionen in der Anweisungsliste	464
10.5.3 Arithmetische Funktionen in der Anweisungsliste	467
10.5.4 Mathematische Funktionen in der Anweisungsliste	471
10.5.5 Konvertierungsfunktionen in der Anweisungsliste	472
10.5.6 Schiebefunktionen in der Anweisungsliste	474
10.5.7 Wortverknüpfungen in der Anweisungsliste	477

10.5.8 Funktionen für Zeichenketten in der Anweisungsliste .....	480
10.6 VARIANT-Funktionen mit AWL programmieren .....	481
10.7 Programmsteuerung mit AWL .....	484
10.7.1 Sprungfunktionen in der Anweisungsliste .....	484
10.7.2 Bausteinende-Funktionen in der Anweisungsliste .....	486
10.7.3 Bausteinaufruf-Funktion in der Anweisungsliste .....	486
10.8 Weitere AWL-Funktionen .....	489
10.8.1 Mit Statusbits arbeiten .....	490
10.8.2 Akkumulatorfunktionen .....	495
10.8.3 Arbeiten mit den Datenbausteinregistern .....	497
10.8.4 Teiladressierung von Datenoperanden .....	499
10.8.5 Absolute Adressierung von temporären Lokaldaten .....	500
10.8.6 Arbeiten mit den Adressregistern .....	501
10.8.7 Speicherindirekte Adressierung .....	503
10.8.8 Registerindirekte Adressierung .....	506
10.8.9 Direkter Zugriff auf komplexe Lokalvariablen .....	510
10.8.10 Nullanweisungen .....	512
<b>11 Ablaufsteuerung S7-GRAPH .....</b>	<b>513</b>
11.1 Einführung .....	513
11.1.1 Was ist eine Ablaufsteuerung? .....	513
11.1.2 Eigenschaften einer Ablaufsteuerung .....	513
11.2 Elemente einer Ablaufsteuerung .....	515
11.2.1 Schritte und Transitionen .....	515
11.2.2 Sprünge in einer Ablaufsteuerung .....	517
11.2.3 Verzweigungen einer Ablaufkette .....	517
11.2.4 Permanente Anweisungen .....	519
11.2.5 Schritt- und Transitionsfunktionen .....	519
11.2.6 Bearbeitung von Bedingungen .....	523
11.2.7 Bearbeitung von Aktionen .....	524
11.3 Eine Ablaufsteuerung projektieren .....	530
11.3.1 Allgemeines Vorgehen bei der Projektierung .....	530
11.3.2 Den GRAPH-Funktionsbaustein programmieren .....	531
11.3.3 Projektieren der Kettenstruktur .....	532
11.3.4 Schritte und Transitionen programmieren .....	535
11.3.5 Permanente Anweisungen programmieren .....	537
11.3.6 Meldungen projektieren .....	537
11.3.7 Attribute des GRAPH-Funktionsbausteins .....	537
11.3.8 Den GRAPH-Funktionsbaustein aufrufen .....	539
11.4 Ablaufsteuerung testen .....	540
11.4.1 GRAPH-Funktionsbaustein laden .....	540
11.4.2 Einstellungen zum Programmtest .....	541
11.4.3 Betriebsarten verwenden .....	542
11.4.4 Ablaufkette synchronisieren .....	542
11.4.5 Mit Programmstatus testen .....	543

<b>12 Basisfunktionen</b>	546
12.1 Binäre Verknüpfungen	546
12.1.1 Einführung	546
12.1.2 Arbeiten mit Binärsignalen	547
12.1.3 UND-Funktion, Reihenschaltung	551
12.1.4 ODER-Funktion, Parallelschaltung	551
12.1.5 Exklusiv-ODER-Funktion, Antivalenzfunktion	552
12.1.6 Verknüpfungsergebnis negieren, NOT-Kontakt	553
12.2 Speicherfunktionen	554
12.2.1 Einführung	554
12.2.2 Einfache und negierende Spule, Zuweisung	554
12.2.3 Einzelnes Setzen und Rücksetzen	555
12.2.4 Mehrfaches Setzen und Rücksetzen	556
12.2.5 Vorrangiges Setzen und Rücksetzen, Speicher-Boxen	557
12.3 Flankenbewertung	559
12.3.1 Funktionsweise einer Flankenbewertung	559
12.3.2 Flankenbewertung einer Binärvariablen (KOP, FUP)	561
12.3.3 Flankenbewertung mit Impulsausgabe (KOP, FUP)	561
12.3.4 Flankenbewertung mit einer Q-Box (KOP, FUP)	562
12.3.5 Flankenbewertung mit einer EN/ENO-Box (KOP, FUP)	563
12.3.6 Flankenbewertung bei SCL	564
12.3.7 Flankenbewertung bei AWL	567
12.4 Zeitfunktionen	568
12.4.1 Eine Zeitfunktion hinzufügen	568
12.4.2 Impulsbildung TP	569
12.4.3 Einschaltverzögerung TON	570
12.4.4 Ausschaltverzögerung TOF	571
12.4.5 Akkumulierende Einschaltverzögerung TONR	572
12.4.6 Eine Zeitfunktion mit einer Zeitdauer laden	573
12.4.7 Eine Zeitfunktion zurücksetzen	574
12.5 Zählfunktionen	574
12.5.1 Eine Zählfunktion einfügen	575
12.5.2 Vorwärtszähler CTU	575
12.5.3 Rückwärtszähler CTD	576
12.5.4 Vorwärts-Rückwärtszähler CTUD	577
<b>13 Digitalfunktionen</b>	580
13.1 Übertragungsfunktionen	581
13.1.1 Variable kopieren, MOVE -und S_MOVE-Box bei KOP und FUP	581
13.1.2 Wertzuweisungen bei SCL	583
13.1.3 Laden und Transferieren bei AWL	586
13.1.4 Variable kopieren, MOVE und S_MOVE bei AWL	587
13.1.5 VARIANT-Variable lesen und schreiben	588
13.1.6 Datenbereich kopieren mit MOVE_BLK_VARIANT	589
13.1.7 Datenbereich kopieren mit MOVE_BLK und UMOVE_BLK	591
13.1.8 Datenbereich füllen mit FILL_BLK und UFILL_BLK	593

13.1.9 Variable von und zu einen BYTE-Feld übertragen .....	593
13.1.10 Lesen und Schreiben mit PEEK und POKE (SCL, AWL) .....	597
13.1.11 Byte-Reihenfolge ändern mit SWAP .....	597
13.1.12 Bereichsgrenzen ermitteln .....	599
13.2 Vergleichsfunktionen .....	599
13.2.1 Ausführung der Vergleichsfunktion .....	600
13.2.2 Bereichsvergleich bei KOP und FUP .....	603
13.2.3 Gleitpunkt-Variable testen, OK-Kontakt, OK-Box .....	603
13.2.4 VARIANT-Zeiger testen bei KOP, FUP und AWL .....	605
13.2.5 VARIANT-Zeiger testen bei SCL .....	606
13.3 Arithmetische Funktionen .....	609
13.3.1 Arithmetische Funktionen für Zahlenwerte .....	609
13.3.2 Arithmetische Funktionen für Zeitwerte .....	611
13.3.3 Dekrementieren und Inkrementieren .....	613
13.4 Mathematische Funktionen .....	614
13.4.1 Allgemeine Funktionsbeschreibung .....	614
13.4.2 Winkelfunktionen SIN, COS, TAN .....	615
13.4.3 Arcusfunktionen ASIN, ACOS, ATAN .....	615
13.4.4 Quadrat bilden und Quadratwurzel ziehen .....	616
13.4.5 Logarithmus und Potenz .....	616
13.4.6 Nachkommastellen extrahieren, Absolutwert und Negation bilden ..	618
13.4.7 Rechnen mit der CALCULATE-Box bei KOP und FUP .....	619
13.5 Konvertierungsfunktionen .....	621
13.5.1 Konvertierungsfunktionen CONV, S_CONV und T_CONV .....	622
13.5.2 Konvertierung von DB_ANY .....	628
13.5.3 Konvertierungsfunktionen für Gleitpunktzahlen .....	629
13.5.4 Konvertierungsfunktionen STRG_TO_CHARS und CHARS_TO_STRG ..	630
13.5.5 Konvertierungsfunktionen STRG_VAL und VAL_STRG .....	633
13.5.6 Konvertierungsfunktionen ATH und HTA .....	635
13.5.7 Konvertierungsfunktionen SCALE_X und NORM_X .....	637
13.6 Schiebefunktionen .....	639
13.6.1 Allgemeine Funktionsbeschreibung .....	639
13.6.2 Rechts schieben SHR .....	640
13.6.3 Links schieben SHL .....	640
13.6.4 Rechts rotieren ROR .....	640
13.6.5 Links rotieren ROL .....	640
13.7 Logikfunktionen .....	641
13.7.1 Wortverknüpfungen .....	641
13.7.2 Invertieren, Einerkomplement bilden .....	643
13.7.3 Codierfunktionen DECO und ENCO .....	644
13.7.4 Auswahlfunktionen SEL, MUX und DEMUX .....	645
13.7.5 Minimumauswahl MIN, Maximumauswahl MAX .....	646
13.7.6 Begrenzer LIMIT .....	646
13.8 Zeichenketten bearbeiten .....	649
13.9 Symbolnamen lesen .....	658

<b>14 Programmsteuerung</b>	663
14.1 Sprungfunktionen	664
14.1.1 Einführung	664
14.1.2 Absoluter Sprung	664
14.1.3 Bedingter Sprung	666
14.1.4 Sprungliste	668
14.1.5 Sprungverteiler	670
14.1.6 Schleifensprung	670
14.2 Bausteinende-Funktionen	672
14.2.1 Bausteinende-Funktion RET (KOP und FUP)	672
14.2.2 RETURN-Anweisung (SCL)	674
14.2.3 Bausteinende-Funktionen BEB, BEA und BE (AWL)	674
14.3 Aufruf von Codebausteinen	674
14.3.1 Einführung	674
14.3.2 Aufruf einer Funktion FC	675
14.3.3 Aufruf eines Funktionsbausteins FB	675
14.3.4 Asynchron arbeitende Systembausteine	678
14.3.5 EN/ENO-Mechanismus	678
14.4 Arbeiten mit Bausteinen	682
14.4.1 Bausteine mit optimiertem und Standardzugriff	682
14.4.2 Datentypen der lokalen Variablen	684
14.4.3 Bausteinparameter adressieren	686
14.4.4 Bausteinparameter versorgen	689
14.4.5 Übergabe von Bausteinparametern	691
14.5 Datenbausteinfunktionen	694
14.5.1 Datenbausteinattribute lesen	694
14.5.2 Ladespeicher lesen und schreiben	695
14.5.3 ARRAY-Datenbausteine	697
14.5.4 Systembausteine für den Zugriff auf ARRAY-Datenbausteine	698
14.5.5 CPU-Datenbausteine	700
 <b>15 Online-Betrieb, Diagnose und Test</b>	 704
15.1 PLC-Station online verbinden	705
15.1.1 Programmiergerät an die PLC-Station anschließen	705
15.1.2 Die CPU urlöschen	707
15.1.3 Den Auslieferungszustand wiederherstellen	708
15.2 Projektdaten übertragen	709
15.2.1 Die Projektdaten erstmalig laden	710
15.2.2 Die Projektdaten nachladen	712
15.2.3 Das Anwenderprogramm schützen	713
15.2.4 Mit Online-Projektdaten arbeiten	716
15.2.5 Mit der Memory Card arbeiten	719
15.3 Mit Bausteinen im Online-Betrieb arbeiten	720
15.3.1 Einführung	720
15.3.2 Einen Online-Baustein bearbeiten	721
15.3.3 Einen Baustein laden und zurücladen	722

15.3.4 Ohne Reinitialisierung laden .....	723
15.3.5 Mit Momentaufnahmen arbeiten .....	725
15.3.6 Mit Einstellwerten arbeiten .....	726
15.3.7 Bausteine vergleichen .....	728
15.4 Hardware-Diagnose .....	731
15.4.1 Status-Anzeigen an den Baugruppen .....	731
15.4.2 Diagnosefenster .....	732
15.4.3 Diagnosepuffer .....	734
15.4.4 Online-Tools .....	734
15.4.5 Weitere Diagnose-Informationen über das Programmiergerät .....	736
15.5 Anwenderprogramm testen .....	737
15.5.1 Aufrufumgebung definieren .....	738
15.5.2 Testen mit Programmstatus .....	739
15.5.3 PLC-Variablen beobachten .....	743
15.5.4 Datenvariablen beobachten und steuern .....	744
15.5.5 Testen mit Beobachtungstabellen .....	745
15.5.6 Testen mit der Force-Tabelle .....	750
15.6 Messwertaufzeichnung mit der Trace-Funktion .....	752
15.6.1 Einführung .....	752
15.6.2 Erstellen der Trace-Konfiguration .....	753
15.6.3 Messwerte aufzeichnen .....	754
<b>16 Dezentrale Peripherie .....</b>	<b>758</b>
16.1 Einführung, Übersicht .....	758
16.2 Dezentrales Peripheriesystem ET 200 .....	759
16.2.1 ET 200MP .....	759
16.2.2 ET 200M .....	760
16.2.3 ET 200SP .....	761
16.2.4 ET 200S .....	762
16.2.5 ET 200pro .....	762
16.2.6 ET 200AL .....	763
16.2.7 ET 200eco und ET200eco PN .....	764
16.3 PROFINET IO .....	764
16.3.1 Komponenten von PROFINET IO .....	764
16.3.2 Adressen bei PROFINET IO .....	767
16.3.3 PROFINET IO projektieren .....	769
16.3.4 Kopplungsbaugruppen für PROFINET IO .....	775
16.3.5 Echtzeit-Kommunikation bei PROFINET .....	776
16.3.6 Spezielle PROFINET-Konfigurationen .....	780
16.4 PROFIBUS DP .....	784
16.4.1 Komponenten von PROFIBUS DP .....	784
16.4.2 Adressen bei PROFIBUS DP .....	787
16.4.3 PROFIBUS DP projektieren .....	789
16.4.4 Kopplungsbaugruppen für PROFIBUS DP .....	792
16.4.5 Spezielle PROFIBUS-Konfigurationen .....	795
16.5 Systembausteine für dezentrale Peripherie .....	798

16.5.1 Peripheriedaten lesen und schreiben .....	798
16.5.2 Diagnosedaten von einem DP-Normslave lesen .....	801
16.5.3 Datensatz empfangen und bereitstellen .....	802
16.5.4 Dezentrale Station aktivieren/deaktivieren .....	804
16.5.5 PROFINET-IO-System umkonfigurieren .....	805
16.6 DPV1-Alarme .....	805
16.7 Taktsynchronität .....	808
16.7.1 Einführung .....	808
16.7.2 Taktsynchronität bei PROFINET .....	808
16.7.3 Taktsynchronität bei PROFIBUS .....	811
16.7.4 Taktsynchronalarm .....	813
16.7.5 Prozessabbilder taktsynchron aktualisieren .....	816
<b>17 Kommunikation .....</b>	<b>817</b>
17.1 Übersicht .....	817
17.2 Open User Communication .....	820
17.2.1 Grundlagen .....	820
17.2.2 Datenstruktur der Open User Communication .....	821
17.2.3 Verbindung aufbauen und Daten senden mit TSEND_C .....	822
17.2.4 Verbindung aufbauen und Daten empfangen mit TRCV_C .....	823
17.2.5 Open User Communication projektieren .....	825
17.2.6 Weitere Funktionen für die Open User Communication .....	827
17.3 S7-Kommunikation .....	830
17.3.1 Grundlagen .....	830
17.3.2 Einseitiger Datenaustausch .....	830
17.3.3 Zweiseitiger Datenaustausch .....	832
17.3.4 S7-Kommunikation projektieren .....	835
17.4 Freeport-Kommunikation .....	836
17.4.1 Einführung in die Freeport-Kommunikation .....	836
17.4.2 Konfigurieren der Kommunikationsbaugruppe CM PtP .....	837
17.4.3 Freeport-Kommunikationsfunktionen .....	838
17.5 Weitere Kommunikationsfunktionen .....	842
17.5.1 USS-Protokoll für Antriebe .....	842
17.5.2 Modbus RTU .....	844
17.5.3 Modbus TCP .....	846
<b>18 Anhang .....</b>	<b>849</b>
18.1 Ein Projekt migrieren .....	849
18.2 Webserver .....	852
18.2.1 Webserver aktivieren .....	852
18.2.2 Standard-Webseiten .....	855
18.2.3 Basic-Webseiten .....	858
18.2.4 Service-Daten auslesen .....	858
18.2.5 Webserver initialisieren und Webseiten synchronisieren (WWW) ...	859
18.3 Technologieobjekte .....	859



18.3.1 Technologieobjekte für Motion Control .....	859
18.3.2 Technologieobjekte für PID Control .....	866
18.3.3 Technologieobjekte für Zählen und Messen .....	867
18.4 Daten protokollieren und Rezepturen übertragen .....	872
18.4.1 Einführung in die Datenprotokollierung .....	872
18.4.2 Datenprotokollierung anwenden .....	872
18.4.3 Funktionen für die Datenprotokollierung .....	873
18.4.4 Einführung zur Rezepturenübertragung .....	875
18.4.5 Funktionen für die Rezepturenübertragung .....	877
18.5 Simulation mit S7-PLCSIM .....	878
18.5.1 S7-PLCSIM allgemein .....	878
18.5.2 Die Bedienoberfläche von PLCSIM .....	879
18.5.3 In S7-PLCSIM mit STEP-7-Testfunktionen testen .....	880
18.5.4 Mit einem Simulationsprojekt arbeiten .....	882
18.5.5 Mit dem Adressbereich testen .....	883
18.5.6 Mit der SIM-Tabelle testen .....	883
18.5.7 Mit der Sequenztabelle testen .....	885
18.6 Maschinen- und Anlagendiagnose mit ProDiag .....	888
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>892</b>