Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 2. Auflage.....	5	
Einleitung.....	17	
1	Einführung in die Thematik und inhaltliche Übersicht zu den Kapiteln	21
1.1	Arbeiten mit SCL im TIA Portal	22
1.2	Erstellen eines einfachen Beispielprogramms mit SCL	23
1.2.1	Projektierungsbeispiel Pressensteuerung	23
1.2.2	Arbeiten mit Projekten im Siemens TIA Portal	25
1.3	PLC-Systeme im TIA-Portal.....	27
1.3.1	Zyklische Programmbearbeitung in der CPU	28
1.3.2	CPU S7-1500	29
1.3.3	CPU ET 200SP	32
1.3.4	CPU S7-1200	33
1.3.5	CPU S7-300	34
1.4	Möglichkeiten zur Simulation von SPS-Programmen.....	36
1.4.1	Simulationssoftware S7-PLCSIM V19.....	38
1.4.2	Simulationssoftware S7-PLCSIM Advanced V6.0.....	41
1.4.3	Simulationssoftware S7-PLCSIM1 Baugruppen simulieren	42
1.4.4	Simulationssoftware S7-PLCSIM V17 (nicht mehr aktuell)	44
1.5	Praktische Inbetriebnahme einer realen CPU S7-1512C	45
2	Schnelleinstieg mit der S7-1215C.....	51
2.1	Arbeiten mit Projekten	51
2.2	Das Projekt im TIA-Portal	52
2.2.1	Ein Schnellstart zur Hardware	52
2.2.1.1	Schritt 1: Vorgeben der Hardware als neues Gerät.....	53
2.2.1.2	Schritt 2: Definition des Geräts – Einstellen der Kommunikation ..	53
2.2.1.3	Schritt 3: Festlegen der Ein-/Ausgänge	53
2.3	Die Programmierung – der MAIN [OB1]	54
2.4	Die Organisationsbausteine	54
2.5	Beispiel 2_1: Einfache Zuweisung.....	55
2.5.1	Erster Aufruf des OB1	55

2.5.2	Bekanntgabe der Variablen (hier die Ein-/Ausgänge)	55
2.5.2.1	PLC-Variablen	55
2.5.2.2	Schritt 2: Standard-Variablentabelle.....	56
2.5.3	Schritt 3: Eingabe des Programmcode im MAIN [OB1].....	57
2.5.4	Online-Funktion	58
2.5.5	PLCSIM – Testen ohne Hardware.....	59
2.6	Beispiel 2_2: Ein Funktionsbaustein (TON) wird in SCL aufgerufen	59
2.6.1	Das entsprechende Programm.....	60
2.6.2	Online-Modus	60
2.7	Beispiel 2_3: Ein einfacher eigener Baustein soll erstellt werden ..	61
2.7.1	Erstellung des Bausteins.....	61
2.7.2	Öffnen des Datenbausteins.....	64
2.7.3	Online-Funktion	64
2.8	Beispiel 2_4: Übergabe eines Analogwerts	66
2.9	Diagnose mit dem TIA Portal	67
2.9.1	Erreichbare Steuerung.....	67
2.9.2	Ausgewählte Steuerung diagnostizieren	67
2.9.3	IP-Adresse des Geräts	68
2.9.3.1	Anzeige der IP-Adresse.....	69
2.9.3.2	Ändern der IP-Adresse	69
2.9.3.3	Einlesen der Hardware.....	69
2.9.3.4	PLCSIM als Hardware einlesen	70
3	Variablen in der Automatisierungstechnik.....	71
3.1	Die Bekanntgabe von Variablen (Bezeichnern) nach IEC 61131-3 ..	72
3.1.1	TIA Portal – Variablendeklaration	73
3.1.2	Variablenamen – Schlüsselworte.....	74
3.1.3	Arten von Variablen.....	74
3.1.3.1	Aufbau eines Variablen-Namens (Bezeichner).....	76
3.1.3.2	PLC-Variablen – Variablen der Steuerung.....	76
3.1.3.3	Lokale Variable	77
3.1.3.4	Globale Variable	78
3.1.3.5	Eigenschaften der Variablen – remanente Variablen	79
3.1.3.6	Initialisierung einer Variablen (Startwert).....	80
3.1.3.7	IN-, OUT- und IN/OUT-Variablen.....	80
3.1.4	Variablen – Erhalt des Inhalts einer Variablen.....	81
3.1.4.1	Physikalische Adressen.....	82
3.1.4.2	Konstante – Literale.....	82
3.1.5	SLICE – Zugriffe auf Variable.....	83
3.1.6	Kommentare.....	84

3.2	Arrays.....	85
3.2.1	Anwendung eines Arrays.....	85
3.2.2	Arrays in der S7-1200 und dem TIA Portal	86
3.2.3	Initialisierung eines Arrays (TIA Portal).....	86
3.2.4	Zweidimensionales Array.....	87
3.2.5	Bekanntgabe Array – zweidimensional – Typ: String.....	87
3.2.6	Zugriff auf die Datenelemente eines Arrays.....	88
3.3	Strukturen (STRUCT)	88
3.4	PLC-Variablen	89
3.4.1	Anwendung von Variablen	89
3.4.1.1	Anwendung von „lokalen Variablen“	90
3.4.1.2	Anwendung von „Standard-Variablen“	90
3.4.1.3	Anwendung von „globalen Variablen“ oder einem DB_XXXX.....	91
3.4.1.4	REMANENT-Variable.....	91
3.4.2	Werkzeug: Standard-Variablen-Tabelle	91
3.4.3	Globale Variablen	92
3.5	Daten-Typen.....	93
3.5.1	Variablen – Zeichen.....	94
3.5.1.1	Variablen vom TYP CHAR	94
3.5.1.2	Variablen vom TYP STRING	94
3.5.1.3	Variablen vom TYP WSTRING	95
3.5.2	Konvertieren / Wandeln von Daten-Typen	95
3.6	Variablen in Funktionen und Funktionsbausteinen	96
3.6.1	Wo kann der Anwender Variablen bekannt geben?.....	96
3.6.1.1	Lokale Variable	97
3.6.1.2	IN-, OUT- und IN/OUT-Variable.....	97
3.6.1.3	RETAIN – REMANENZ	99
3.6.1.4	Physikalische Adressen	100
3.6.2	Eigene PLC-Datentypen (UDT)	100
3.7	Arbeiten mit den Bibliotheken	101
3.7.1	Projektbibliothek – PLC-Datentypen (UDT).....	101
3.7.2	Globale Bibliothek – PLC-Datentypen (UDT)	102
3.8	Textuelle Variablendeklaration.....	103
3.8.1	Notwendige Einstellungen – textuelle Variablendeklaration.....	103
3.8.2	Arbeiten mit der textuellen Variablendeklaration.....	104
4	Programmierung in SCL	107
4.1	Entwurfsmethoden	107
4.1.1	Struktogramme (bekannt unter Nassi-Shneiderman-Diagramm) ..	107
4.1.2	Flussdiagramme (Programmablaufpläne – PAP).....	108

4.1.3	Ablaufsprache GRAPH	109
4.2	Anweisungen – Zuweisungen im SCL	110
4.2.1	Basis-Anweisung	110
4.2.2	Zuweisungen innerhalb von Bausteinaufrufen	110
4.2.3	Anwendung in Programmen (wie OB1)	111
4.2.4	Anwendung SCL – in Bausteinen (FB oder FC)	112
4.3	Bit- und Wortverarbeitung in SCL.....	113
4.3.1	Logische Grundverknüpfungen im Funktionsplan (FUP)	113
4.3.2	Logische Grundverknüpfungen in textbasierten Programmiersprachen	115
4.3.3	Klammersetzung in der ODER-vor-UND-Verknüpfung	117
4.3.4	Funktion XOR in der UND-vor-Oder-Verknüpfung	119
4.3.5	Universalfunktionen NAND und NOR	121
4.3.6	Ausgänge mit Speicherverhalten –SR-Flip-Flop in SCL	122
4.3.7	Sicheres Einschalten von Antrieben mit einer Flankenbewertung	123
4.3.8	Grundlagen der Wortverarbeitung.....	125
4.3.9	Digitale Wortverknüpfungen AND, OR und XOR	125
4.3.9.1	AND (wortweise UND-Verknüpfung)	126
4.3.9.2	OR (wortweise OR-Verknüpfung).....	127
4.3.9.3	XOR (wortweise XOR-Verknüpfung).....	127
4.3.9.4	Digitale Flankenbewertung	128
4.4	Bit-Schiebe-Funktion	130
4.4.1	SHL(Anz, Element) – Schiebe links um Anz – Bit.....	131
4.4.2	SHR(Anz, Element) – Schiebe rechts um Anz – Bit	133
4.4.3	ROL(Anz, Element) – Schiebe links um Anz – Bit – rotierend ...	134
4.4.4	ROR(Anz, Element) – Schiebe rechts um Anz – Bit – rotierend ...	134
4.4.5	BCD_TO_INT und INT_TO_BCD	134
4.5	Aufruf einer Funktion oder eines Funktionsbausteins.....	135
4.5.1	Aufruf eines Timers oder Zählers.....	135
4.5.2	Aufruf eines Timers	136
4.5.3	Aufruf eines Zählers	136
4.6	Erweiterungen in der SCL-Welt – Inkompatibilitäten	137
4.6.1	Funktionen	137
4.6.2	GOTO: Zusätzliche Möglichkeiten der Programmsteuerung in SCL	137
4.6.3	Unterschiede bei den CASE-Anweisungen der Hersteller.....	137
4.7	Begrenzungen – Überwachungen	138
4.7.1	MAX(i_Wert1, i_Wert2).....	138
4.7.2	MIN(i_Wert1, i_Wert2).....	138
4.7.3	Limit(MN,IN,MX).....	139
4.7.4	MUX Auswahl – Funktion.....	140

4.7.5	Zeit – Uhrzeit.....	140
4.8	Mathematik.....	142
4.8.1	Potenzierung	143
4.8.2	Multiplikation „ * “.....	143
4.8.3	DIVISION „ / “.....	143
4.8.4	MOD – Modulo – Bestimmung des Rests.....	144
4.8.5	ADDITION „ + “ und SUBTRAKTON „ - “.....	144
4.9	Vergleich (Compare) „< , > , <= , >=, =“.....	144
4.9.1	Anwendung der Vergleichsfunktionen.....	145
4.9.2	Vergleich „< , > , <= , >=, =“.....	146
4.9.2.1	Vergleich auf Ungleichheit bzw. gleich/größer und gleich/kleiner.	146
4.9.2.2	Vergleich auf Gleichheit „ = “.....	147
4.9.2.3	Vergleich auf Ungleichheit „ <> “.....	147
4.9.3	Programmierung einer Trafoüberwachung mit SCL.....	147
4.9.3.1	Ausgangssituation der Trafoüberwachung.....	147
4.9.3.2	Entwicklung des Programms in SCL.....	148
4.10	Arbeiten – Bearbeiten eines Strings	151
4.10.1	ASCII-Zeichen	152
4.10.2	Sonderzeichen – Steuerzeichen	152
4.10.3	String-Bearbeitung.....	153
4.10.3.1	LEN (IN := Str_name).....	153
4.10.3.2	LEFT (IN := Str_name, L := int_Anzahl).....	154
4.10.3.3	RIGHT (IN := Str_name, L := int_Anzahl).....	154
4.10.3.4	MID (IN := str_name, L := usi_Anzahl, P := usi_Pos)	155
4.10.3.5	CONCAT (IN1 := str_Text1, IN2 := str_Text2).....	155
4.10.3.6	INSERT (IN1 := str_Text1, IN2 := Str_Text2, P := i_POS,)	156
4.10.3.7	DELETE (IN1 := str_Text, usi_Anz, usi_Pos).....	156
4.10.3.8	REPLACE (IN1 := str_Text1, IN2 := str_Test2, L := usi_Anzahl, P := usi_Pos)	157
4.10.3.9	FIND (IN1 := str_TextQuelle, IN2 := str_TextSuch).....	157
4.10.3.10	INT_TO_STRING	158
4.10.3.11	STRING_TO_INT	158
4.11	Arbeiten mit Array – Zugriff mit Zeigern (Pointern).....	159
4.12	Indirekte Adressierung von Operanden	160
4.12.1	SCATTER.....	160
4.12.2	GATHER.....	161
4.13	Kontroll- und Schleifenanweisungen / Programmsteuerungen ...	162
4.13.1	Mittel für den grafischen Vorentwurf im „SCL“.....	162
4.13.2	Aufruf einer/s Funktion/Funktionsbausteins	164
4.13.3	IF..THEN Alternativentscheidung	165

4.13.4	CASE-Anweisung, Fall-Entscheidung oder Auswahanweisung...	166
4.13.5	WHILE...DO – kopfgesteuert	168
4.13.6	REPEAT...UNTIL – fußgesteuert	169
4.13.7	FOR...TO...DO – kopfgesteuert	171
4.13.8	FOR...TO...BY....DO – kopfgesteuert	171
4.13.9	EXIT-Anweisung (Abbruch).....	172
4.13.10	CONTINUE – Rücksprung zur Schleifenbedingung.....	174
4.13.11	RETURN.....	175
4.13.12	SCL – GOTO	175
4.13.13	Mischen der Kontroll- und Schleifenstrukturen	175
4.14	Anwendungsbeispiele	176
4.14.1	Projektierung einer Fußgängerampel mit der CASE...OF- Anweisung	176
4.14.1.1	Ablaufplan zur Steuerung der Fußgängerampel in GRAFCET.....	177
4.14.1.2	Aufruf des FB1 „Ampel_1“ im übergeordneten Baustein	179
4.14.1.3	Variablendeklaration des FB1 „Ampel_1“	179
4.14.1.4	SCL-Programm zur Steuerung der Fußgängerampel	180
4.14.2	Projektierung mit der FOR...TO...BY...DO-Schleife anhand des praktischen Beispiels „Hochregallager“	183
4.14.2.1	Technologieschema des Hochregallagers.....	184
5	Organisationsbausteine/Funktionen/Funktionsbausteine/ Datenbausteine	189
5.1	Organisationsbausteine.....	191
5.1.1	OB1 – MAIN – Hauptprogramm.....	193
5.1.2	OB100 – Startup	194
5.1.3	OB30 Weckalarm (Cyclic interrupt).....	195
5.1.4	OBxxx – Prioritäten.....	196
5.1.5	Programm-Bausteinkopf bei SCL.....	198
5.2	Erstellung von Funktionen und Funktionsbausteinen.....	198
5.2.1	Software-Engineering – Vorüberlegungen	198
5.2.2	Funktion oder Funktionsbaustein?	199
5.2.3	Kartei-Karte oder textuelle Baustein-Schnittstelle	200
5.2.4	Variablen – Baustein-Schnittstellen	200
5.2.4.1	Karteikarten-Darstellung	200
5.2.4.2	Textuelle Variablen – Definition (Bausteinkopf)	201
5.2.4.3	Baustein – Anwendung.....	202
5.3	Erstellen von Funktionen.....	203
5.3.1	Funktion mit Datenübergabe – Funktionswert – (textuell)	204
5.3.2	Funktion mit Void – Übergabe durch Ausgang.....	204

5.3.2.1	Funktion mit einem Funktionswert (TYP 1)	204
5.3.2.2	„Void“ mit Ausgängen zur Ergebnisrückgabe (TYP 2).....	206
5.3.3	Datenübergabe über Ausgänge und Funktionswert (TYP 3)	207
5.3.4	Datenübernahme bzw. -übergabe an „globalen Datenbaustein“ (TYP 4).....	208
5.4	Erstellen von Funktionsbausteinen	209
5.4.1	Spezifizierung des Baustein-Interfaces.....	209
5.4.2	Bausteinkopf – „textuell“	210
5.4.3	Einbinden im OB1.....	211
5.5	Funktionen und Funktionsbausteine in Bibliotheken	212
5.6	Datenbausteine	214
5.6.1	Global-Datenbaustein	214
5.6.2	Instanz-Datenbaustein.....	215
5.6.3	Multi-Instanz-Datenbaustein.....	215
6	Anwendung von Templates/Funktionsbausteinen	219
6.1	Zeitfunktionen als Templates	219
6.2	Zählfunktionen als Templates.....	221
6.3	Projektierung einer Abwasserpumpe in der Programmiersprache SCL	224
6.3.1	Anschlussplan der Steuerung	226
6.3.2	Entwicklung des SPS-Programms mit SCL	226
6.3.3	Alternatives SCL-Programm mit Zuweisungen	229
6.3.4	Funktion des SCL-Programms mit Zuweisungen im Detail	230
6.3.5	Speicherung des FB in der globalen Bibliothek.....	231
6.3.6	Programm der Abwasserpumpensteuerung in AWL.....	231
6.4	Projektierung eines PID-Reglers als SCL-Template.....	233
6.4.1	SPS als digitaler Regler.....	233
6.4.2	SCL-Programm des PID-Reglers.....	235
6.4.3	Variablendeklaration und Aufruf des PID-Reglers	236
6.4.4	Visualisierung des PID-Reglers.....	237
6.5	Bibliotheken	238
6.5.1	Anwender-Bibliotheken	238
6.5.2	Projektbibliothek.....	239
6.5.3	Globale Bibliothek	240
7	Komplexere Daten und Datenstrukturen.....	241
7.1	Strukturen.....	242
7.2	PLC-Datentypen (UDT)	244
7.2.1	Anwendung von PLC-Datentypen (UDTs) in FCs, FBs und DBs ...	245

7.2.1.1	Erstellung der Basis – des „Datentyp“	245
7.2.1.2	Anwendung PLC-Datentyp (UDT) im FC	245
7.2.1.3	Anwendung PLC-Datentypen (UDT) im FB	246
7.2.1.4	Anwendung PLC-Datentypen (UDT) im DB_Global	246
7.2.1.5	Übergabe der PLC-Datentypen (UDT) an die Projekt-Bibliothek... ..	247
7.2.2	Eingabe der Daten/Datenstruktur (UDT) an einem Projekt zur Steuerung von Förderbändern	248
7.2.3	Array von PLC-Datentypen (UDTs)	248
7.2.4	PLC-Datentypen (UDT) – Bibliotheken	249
7.2.5	PLC-Datentypen (UDT) in die „globalen Bibliotheken“ stellen ...	249
7.3	Arrays und Strukturen – Vergleich	249
7.4	Arrays von Strukturen sowie PLC-Datentypen (UDT)	250
7.5	Strukturen – Beispiele	251
7.5.1	Beispiel Abfüllbetrieb	251
7.5.2	Beispiel Wasserversorgung	252
8	SCL-Programmierung mit der CPU S7-1500	255
8.1	Projektierung eines Pufferspeichers mit Zähler und Vergleicher ..	255
8.1.1	Hardwarekonfiguration des Projekts Pufferspeicher	256
8.1.2	Anschlussplan der SPS	257
8.1.3	Programm des Pufferspeichers in SCL/Arbeiten mit Regionen ...	257
8.2	Projektierungsbeispiel Füllstandsregelung mit Zweipunktregler ..	261
8.2.1	Hardwarekonfiguration der Füllstandsregelung mit Zweipunkt- regler	262
8.2.2	SCALE-Baustein in SCL / Analogwertverarbeitung	263
8.2.3	Programmentwurf des Zweipunktreglers	264
8.3	Die Alternative mit NORM_X und SCALE_X / Analogwertverarbeitung	267
8.3.1	UNSCALE-Baustein in SCL / Analogwertverarbeitung	268
8.4	Projektierungsbeispiel Füllstandsregelung mit Mehrpunktregler ..	269
8.4.1	Programmentwurf des Mehrpunktreglers	270
8.5	Berechnung des Behälterinhalts	272
8.6	Motorüberwachung mit dem Datentyp VARIANT	273
8.6.1	SCL-Programm zur Motorüberwachung mit dem Datentyp VARIANT	276
8.6.2	Aufruf des FB Motorüberwachung im übergeordneten Baustein ..	277
9	Praxisrelevante Anwendungen mit SCL	279
9.1	Flankenauswertung selbst erstellen	279
9.2	Zählbaustein CTUD selbst erstellen	282

9.3	Skalierungsbaustein SCALE selbst erstellen	285
9.4	Projektierungsbeispiel Höhenmessung von Werkstücken	287
9.5	Projektierung der Ablaufsteuerung „Bohrvorrichtung“	291
9.6	Projektierung der Ablaufsteuerung „Bohrvorrichtung“ mit einer CASE...OF-Anweisung in SCL	291
9.6.1	Technologieschema	291
9.6.2	Entwicklung des Funktionsplans der Ablaufsteuerung mit GRAFCET	293
9.6.3	Deklaration der Variablen und Daten	295
9.6.4	SCL-Programm mit der CASE...OF-Anweisung	296
9.7	Projektierung einer Bohrvorrichtung als Ablaufsteuerung mit Graph	299
9.7.1	Grundsätzliches zum Kontext von Graph und GRAFCET	299
9.7.2	Ablauf der praktischen Projektierung mit Graph	300
Anhang		307
Stichwortverzeichnis		311