

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	17
Einleitung.....	19
1 Einführung und Übersicht.....	25
1.1 Kapitelübersicht – Beschreibung	25
1.1.1 Kapitel 1 Übersicht über die verwendeten Hardware-Komponenten	25
1.1.2 Kapitel 2 Schnelleinstieg – Crashkurs	25
1.1.3 Kapitel 3 Variablen in der Automatisierung – Basis einer Automatisierungslösung	26
1.1.4 Kapitel 4 Die Sprachelemente der SCL-Programmierung im Detail	26
1.1.5 Kapitel 5 Erstellung eigener Funktionen und Funktionsbausteine	26
1.1.6 Kapitel 6 Anwendung von Funktionen und Funktionsbausteinen	26
1.1.7 Kapitel 7 Komplexere Daten und Datenstrukturen.....	26
1.1.8 Kapitel 8 Visualisierungen KTP700 in der Simulation	27
1.1.9 Kapitel 9 Von der AWL zur SCL.....	27
1.1.10 Kapitel 10 SCL in GRAPH	27
1.1.11 Kapitel 11 Übungen und Anwendungen.....	27
1.2 Das TIA Portal	28
1.2.1 Siemens TIA Portal V15 / V16 SCL (Structured Control Language)	28
1.2.2 Auswahl der CPU	31
1.3 Hardware- und Geräte-Version V14, V15 und V16	32
1.4 S7-1214C DC/DC/DC mit TIA Portal V14	32
1.4.1 S7-1214 – Gerätekonfiguration [Allgemein].....	34
1.4.2 S7-1214 – Digitale Eingänge/Ausgänge	34
1.4.3 S7-1214 – Analoge Eingänge	35
1.4.4 S7-1214 – Analoger Ausgang.....	35
1.5 S7-1215C DC/DC/DC mit TIA Portal V15.1.....	35
1.5.1 S7-1215 – [Allgemein]	36
1.5.2 Einstellung der IP-Adresse.....	37
1.5.2.1 Digitale Ein-/Ausgänge.....	37
1.5.2.2 Analoge Ein-/Ausgänge der S7-1215 DC/DC/DC	38

1.6 S7-1500 (CPU 1512C-1 PN)..... 40

1.6.1 Hardware – Übersicht 41

1.6.2 Digitale Ein-/Ausgänge..... 42

1.6.3 Analoge Ein-/Ausgänge 42

1.6.3.1 Analoge Eingänge: Einstellmöglichkeiten..... 42

1.6.3.2 Analoge Ausgänge: Einstellmöglichkeiten 43

1.7 S7-300 (CPU-xx)..... 43

1.8 PLCSIM 44

1.8.1 Möglichkeiten zum Start des PLCSIM..... 45

1.8.2 Aktivieren von PLCSIM..... 45

1.8.3 Start des PLCSIM aus dem TIA Portal..... 46

1.8.4 Start eines vorhandenen PLCSIM-Projekts 50

1.8.5 PLCSIM und S7-300 oder S7-400 51

1.9 RT Simulator 51

1.10 Diagnose mit dem TIA Portal 52

1.10.1 Erreichbare Steuerung..... 52

1.10.2 Ausgewählte Steuerung diagnostizieren 52

1.10.3 IP-Adresse des Geräts 53

1.10.3.1 Anzeige der IP-Adresse..... 54

1.10.3.2 Ändern der IP-Adresse 54

1.10.3.3 Einlesen der Hardware..... 54

1.10.3.4 PLCSIM als Hardware einlesen..... 55

2 Schnelleinstieg mit der S7-1215C..... 57

2.1 Arbeiten mit Projekten 57

2.2 Das TIA Portal 58

2.2.1 Ein Schnellstart zur Hardware 58

2.2.1.1 Schritt 1: Vorgeben der Hardware als neues Gerät..... 59

2.2.1.2 Schritt 2: Definition des Geräts – Einstellen der Kommunikation.. 59

2.2.1.3 Schritt 3: Festlegen der Ein-/Ausgänge..... 59

2.3 Die Programmierung – der OB1 60

2.4 Die Organisationsbausteine 60

2.5 Beispiel 2_1: Einfache Zuweisung..... 61

2.5.1 Erster Aufruf des OB1 61

2.5.2 Bekanntgabe der Variablen (hier die Ein-/Ausgänge) 61

2.5.2.1 PLC-Variablen 61

2.5.2.2 Schritt 2: Standard-Variablentabelle..... 62

2.5.3 Schritt 3: Eingabe des Programmcode im OB1 63

2.5.4 Online-Funktion 64

2.5.5 PLCSIM – Testen ohne Hardware..... 65

2.6	Beispiel 2_2: Ein Funktionsbaustein (TON) wird in SCL aufgerufen	65
2.6.1	Das entsprechende Programm.....	66
2.6.2	Online-Modus	66
2.7	Beispiel 2_3: Ein einfacher eigener Baustein soll erstellt werden ..	67
2.7.1	Erstellung des Bausteins.....	67
2.7.2	Öffnen des Datenbausteins.....	70
2.7.3	Online-Funktion	70
2.8	Beispiel 2_4: Übergabe eines Analogwerts	72
2.9	Verzeichnis der Beispiele	73
3	Variablen in der Datenverarbeitung – Automatisierung	75
3.1	Die Bekanntgabe von Variablen (Bezeichnen) nach IEC 61131-3 ..	76
3.1.1	TIA Portal – Variablendeklaration	77
3.1.2	Variablenamen – Schlüsselworte.....	78
3.1.3	Arten von Variablen.....	78
3.1.3.1	Aufbau eines Variablen-Namens (Bezeichner)	80
3.1.3.2	PLC-Variablen – Variablen der Steuerung.....	80
3.1.3.3	Lokale Variable	81
3.1.3.4	Globale Variable	82
3.1.3.5	Eigenschaften der Variablen – remanente Variablen	83
3.1.3.6	Initialisierung einer Variablen (Startwert)	84
3.1.3.7	IN-, OUT- und IN/OUT-Variablen.....	84
3.1.4	Variablen – Erhalt des Inhalts einer Variablen.....	85
3.1.4.1	Physikalische Adressen	86
3.1.4.2	Konstante – Literale.....	86
3.1.5	SLICE – Zugriffe auf Variable	87
3.1.6	Kommentare.....	88
3.2	Arrays.....	89
3.2.1	Anwendung eines Arrays.....	89
3.2.2	Arrays in der S7-1200 und dem TIA Portal	90
3.2.3	Initialisierung eines Arrays (TIA Portal).....	90
3.2.4	Zweidimensionales Array.....	91
3.2.5	Bekanntgabe Array – zweidimensional – Typ: String.....	91
3.2.6	Zugriff auf die Datenelemente eines Arrays.....	92
3.3	Strukturen (STRUCT)	92
3.4	PLC-Variablen	93
3.4.1	Anwendung von Variablen	93
3.4.1.1	Anwendung von „lokalen Variablen“	94
3.4.1.2	Anwendung von „Standard-Variablen“	94
3.4.1.3	Anwendung von „globalen Variablen“ oder einem DB_xxxx.....	95

3.4.1.4	REMANENT-Variable.....	95
3.4.2	Werkzeug: Standard-Variablen-tabelle	95
3.4.3	Globale Variablen	96
3.4.4	Beispiel aus der Übung Kapitel_11_3_4 zu S7-1200 und TIA Portal	97
3.5	Daten-Typen.....	97
3.5.1	Variablen – Zeichen.....	98
3.5.1.1	Variablen vom TYP CHAR	98
3.5.1.2	Variablen vom TYP STRING	99
3.5.1.3	Variablen vom TYP WSTRING	99
3.5.2	Konvertieren / Wandeln von Daten-Typen	99
3.6	Variablen in Funktionen und Funktionsbausteinen	101
3.6.1	Wo kann der Anwender Variablen bekannt geben?	101
3.6.1.1	Lokale Variable	102
3.6.1.2	IN-, OUT- und IN/OUT-Variable.....	102
3.6.1.3	RETAIN – REMANENZ	103
3.6.1.4	Physikalische Adressen	104
3.6.2	Eigene PLC-Datentypen (UDT)	104
3.7	Arbeiten mit den Bibliotheken	105
3.7.1	Projektbibliothek – PLC-Datentypen (UDT).....	105
3.7.2	Globale Bibliothek – PLC-Datentypen (UDT)	106
3.8	Textuelle Variablendeklaration	107
3.8.1	Notwendige Einstellungen – textuelle Variablendeklaration.....	107
3.8.2	Arbeiten mit der textuellen Variablendeklaration.....	107
4	Programmierung in SCL	111
4.1	Entwurfsmethoden	111
4.1.1	Struktogramme (bekannt unter Nassi-Shneiderman-Diagramm) ..	111
4.1.2	Flussdiagramme (ProgrammablaufPläne – PAP).....	112
4.1.3	Ablaufsprache GRAPH	113
4.2	Anweisungen – Zuweisungen im SCL	114
4.2.1	Basis-Anweisung	114
4.2.2	Zuweisungen innerhalb von Bausteinaufrufen	114
4.2.3	Anwendung in Programmen (wie OB1)	115
4.2.4	Anwendung SCL – in Bausteinen (FB oder FC)	116
4.2.5	Anwendung SCL – Strukturen im S7-GRAPH	117
4.3	Auswertungsreihenfolge (TIA Portal)	117
4.3.1	Übersicht der Auswertungsreihenfolge.....	118
4.3.2	Beispiele zur Abarbeitung der Operatoren im TIA Portal	118
4.3.3	SET/RESET im Strukturierten Text.....	119

4.4	Aufruf einer Funktion oder eines Funktionsbausteins.....	119
4.4.1	Aufruf eines Timers oder Zählers.....	120
4.4.2	Aufruf eines Timers	120
4.4.3	Aufruf eines Zählers	121
4.5	Erweiterungen in der SCL-Welt – Inkompatibilitäten	121
4.5.1	Funktionen	121
4.5.2	GOTO: Zusätzliche Möglichkeiten der Programmsteuerung in SCL.....	121
4.5.3	Unterschiede bei den CASE-Anweisungen der Hersteller.....	122
4.6	Boole'sche Logik.....	122
4.6.1	Klammern	123
4.6.2	NOT – Negation.....	123
4.6.3	AND – Logisches UND.....	124
4.6.4	OR – Logisches ODER	124
4.6.5	XOR – BOOL.....	124
4.6.6	Übertragung von BIT an BYTE oder WORD bzw. DWORD.....	125
4.7	Bit-Schiebe-Funktion	125
4.7.1	SHL(Anz, Element) – Schiebe links um Anz – Bit.....	126
4.7.2	SHR(Anz, Element) – Schiebe rechts um Anz – Bit	128
4.7.3	ROL(Anz, Element) – Schiebe links um Anz – Bit – rotierend ...	129
4.7.4	ROR(Anz, Element) – Schiebe rechts um Anz – Bit – rotierend ...	129
4.7.5	BCD_TO_INT und INT_TO_BCD	130
4.8	Begrenzungen – Überwachungen	130
4.8.1	MAX(i_Wert1, i_Wert2).....	130
4.8.2	MIN(i_Wert1, i_Wert2).....	131
4.8.3	Limit(MN,IN,MX).....	131
4.8.4	MUX Auswahl – Funktion.....	132
4.8.5	Zeit – Uhrzeit.....	133
4.9	Mathematik.....	135
4.9.1	Potenzierung	135
4.9.2	Multiplikation „ * “.....	136
4.9.3	DIVISION „ / “.....	136
4.9.4	MOD – Modulo – Bestimmung des Rests.....	136
4.9.5	ADDITION „ + “ und SUBTRAKTION „ - “.....	137
4.10	Test „< , > , <= , >= , =“.....	137
4.10.1	Anwendung der Testoperatoren	138
4.10.2	Test „< , > , <= , >= , =“.....	139
4.10.2.1	Test auf Ungleichheit bzw. gleich/größer und gleich/kleiner.....	139
4.10.2.2	Test auf Gleichheit „ = “.....	140
4.10.2.3	Test auf Ungleichheit „ <> “.....	140

4.11	Arbeiten – Bearbeiten eines Strings	140
4.11.1	ASCII-Zeichen	140
4.11.2	Sonderzeichen – Steuerzeichen	141
4.11.3	String-Bearbeitung.....	141
4.11.3.1	LEN (IN := Str_name).....	142
4.11.3.2	LEFT (IN := Str_name, L := int_Anzahl).....	142
4.11.3.3	RIGHT (IN := Str_name, L := int_Anzahl).....	143
4.11.3.4	MID (IN := str_name, L := usr_Anzahl, P := usr_Pos)	143
4.11.3.5	CONCAT (IN1 := str_Text1, IN2 := str_Text2).....	144
4.11.3.6	INSERT (IN1 := str_Text1, IN2 := Str_Text2, P := i_POS,)	144
4.11.3.7	DELETE (IN1 := str_Text, usr_Anz, usr_Pos)	145
4.11.3.8	REPLACE (IN1 := str_Text1, IN2 := str_Test2, L := usr_Anzahl, P := usr_Pos) 145	
4.11.3.9	FIND (IN1 := str_TextQuelle, IN2 := str_TextSuch).....	146
4.11.3.10	INT_TO_STRING	146
4.11.3.11	STRING_TO_INT	147
4.12	Arbeiten mit Array – Zugriff mit Zeigern (Pointern).....	147
4.13	Indirekte Adressierung von Operanden	148
4.13.1	SCATTER.....	149
4.13.2	GATHER.....	149
4.14	Kontroll- und Schleifenanweisungen / Programmsteuerungen ...	150
4.14.1	Mittel für den grafischen Vorentwurf im „SCL“.....	151
4.14.2	Aufruf einer/s Funktion/Funktionsbausteins	153
4.14.3	IF...THEN Alternativentscheidung	153
4.14.4	CASE-Anweisung, Fall-Entscheidung oder Auswahlanweisung. ...	154
4.14.5	WHILE...DO – kopfgesteuert	157
4.14.6	REPEAT...UNTIL – fußgesteuert	158
4.14.7	FOR...TO...DO – kopfgesteuert.....	159
4.14.8	FOR...TO...BY....DO – kopfgesteuert	160
4.14.9	EXIT-Anweisung (Abbruch).....	161
4.14.10	CONTINUE – Rücksprung zur Schleifenbedingung.....	162
4.14.11	RETURN.....	163
4.14.12	SCL – GOTO	164
4.14.13	Mischen der Kontroll- und Schleifenstrukturen	164
4.14.14	REGION	165
5	Organisationsbausteine/Funktionen/Funktionsbausteine.....	167
5.1	Organisationsbausteine.....	169
5.1.1	OB1 – MAIN – Hauptprogramm.....	171
5.1.2	OB100 – Startup	172

5.1.3	OB30 Weckalarm (Anwendung in der Tastaturabfrage)	173
5.1.4	OBxxx – Prioritäten.....	174
5.1.5	Programm-Bausteinkopf bei SCL.....	176
5.2	Erstellung von Funktionen und Funktionsbausteinen.....	176
5.2.1	Software-Engineering – Vorüberlegungen	176
5.2.2	Funktion oder Funktionsbaustein?	177
5.2.3	Kartei-Karte oder textuelle Baustein-Schnittstelle	178
5.2.4	Variablen – Baustein-Schnittstellen	178
5.2.4.1	Karteikarten-Darstellung	178
5.2.4.2	Textuelle Variablen – Definition (Bausteinkopf)	179
5.2.4.3	Baustein – Anwendung.....	180
5.3	Erstellen von Funktionen.....	181
5.3.1	Funktion mit Datenübergabe – Funktionswert – (textuell)	182
5.3.2	Funktion mit Void – Übergabe durch Ausgang.....	182
5.3.2.1	Funktion mit einem Funktionswert (TYP 1)	182
5.3.2.2	„Void“ mit Ausgängen zur Ergebnissrückgabe (TYP 2).....	184
5.3.3	Datenübergabe über Ausgänge und Funktionswert (TYP 3)	185
5.3.4	Datenübernahme bzw. -übergabe an „globalen Datenbaustein“ (TYP 4).....	186
5.4	Erstellen von Funktionsbausteinen	187
5.4.1	Spezifizierung des Baustein-Interfaces.....	187
5.4.2	Bausteinkopf – „textuell“	188
5.4.3	Einbinden im OB1.....	189
5.5	Funktionen und Funktionsbausteine in Bibliotheken	190
6	Anwendung von Funktionen/Funktionsbausteinen.....	193
6.1	Hersteller – Anweisungen	193
6.2	Bibliotheken	198
7	Komplexere Daten und Datenstrukturen.....	201
7.1	Strukturen.....	202
7.2	PLC-Datentypen (UDT)	204
7.2.1	Anwendung von PLC-Datentypen (UDTs) in FCs, FBs und DBs ...	205
7.2.1.1	Erstellung der Basis – des „Datentyp“	205
7.2.1.2	Anwendung PLC-Datentyp (UDT) im FC	205
7.2.1.3	Anwendung PLC-Datentypen (UDT) im FB.....	206
7.2.1.4	Anwendung PLC-Datentypen (UDT) im DB_Global	206
7.2.1.5	Übergabe der PLC-Datentypen (UDT) an die Projekt-Bibliothek... ..	207
7.2.2	Eingabe der Daten/Datenstruktur (UDT) von Foerderb1_T1.....	208
7.2.3	Array von PLC-Datentypen (UDTs)	208

7.2.4	PLC-Datentypen (UDT) – Bibliotheken	209
7.2.5	PLC-Datentypen (UDT) in die „globalen Bibliotheken“ stellen	209
7.3	Arrays und Strukturen – Vergleich	209
7.4	Arrays von Strukturen sowie PLC-Datentypen (UDT)	210
7.4.1	Programmtechnische Anwendung in einem Funktionsbaustein...	211
7.4.2	Die Anwendung eines Funktionsbausteins mit Array von Strukturen.....	211
7.5	Strukturen – Beispiele	211
7.5.1	Beispiel Käserei	212
7.5.2	Beispiel Abfüllbetrieb	212
7.5.3	Pumpenmanagement	213
7.5.4	Wasserversorgung.....	214
8	Visualisierung.....	217
8.1	Grundbeschreibung des WinCC und der Simulation	218
8.1.1	Start des „RT Simulators“.....	219
8.1.2	PLCSIM im Visualisierungstest.....	219
8.1.3	RT Simulator	220
8.2	Grundaufbau einer Visualisierung – Bilder bzw. Masken.....	220
8.3	Werkzeuge.....	222
8.4	Einige Objekte im Detail.....	223
8.4.1	Rechteck – Kreis zur Bit – Status-Anzeige	223
8.4.2	Elemente	223
8.4.3	Controls	224
8.5	Variablen innerhalb der Bilder (Masken)	225
8.5.1	Aufbau des PLC-Projekts	225
8.5.2	Informationen – Status – Bereichszeiger – Anzeige Bildnummer .	226
8.5.2.1	Bildnummer (Wort 2).....	227
8.5.2.2	Bild-Typ (Wort 1).....	227
8.5.2.3	Feldnummer (Wort 4).....	228
8.6	Anwendung Beleuchtungssteuerung.....	228
8.6.1	Initialisierung von Variablen.....	229
8.6.2	Bildaufbau.....	230
8.6.3	Beleuchtungssteuerung – Test.....	230
8.7	Visualisierung GRAPH	231
8.7.1	Bild mit Steuerung des „GRAPH“.....	233
8.7.2	Realisierung Initialisierung eines „GRAPH“	234
8.7.3	Realisierung Transitionen.....	235
8.7.4	Realisierung Rückkehr Main – Bildumschaltung.....	235

8.7.5	Realisierung Schrittanzeige	236
8.7.6	Realisierung Anzeige Status	237
9	Von der AWL zur SCL.....	239
9.1	Simulation mit der AWL.....	239
9.1.1	Simulation mit der S7-300	240
9.1.2	Simulation mit der S7-1500	240
9.2	Von der S7-200 zur S7-1200.....	242
9.2.1	Basis der S7-200-Beschreibungen	242
9.2.2	Einstellungen zur S7-1200.....	243
9.3	Operanden Symbolisch / Absolut	245
9.3.1	Die Operanden der S7-200.....	245
9.3.2	Symboltabelle (im TIA Portal „PLC-Variablen“).	246
9.3.3	Akkumulatoren (Rechenspeicher des Prozessors)	247
9.3.4	Variablenspeicher	248
9.4	TIA Portal (V15, V16)	248
9.5	Zuweisungen/Programmiersprache	249
9.5.1	Einfache Zuweisungen der S7-200	250
9.5.1.1	FUP	250
9.5.1.2	KOP	250
9.5.1.3	AWL	251
9.5.1.4	Beispiel in SCL der S7-1200	252
9.5.1.5	Grenzen der Umschaltbarkeit	252
9.5.2	Lesen einer Anweisungsfolge	253
9.5.3	Kontrollstrukturen – Steueranweisungen	253
9.5.3.1	FOR...NEXT mit S7-200	254
9.5.3.2	IF...THEN mit S7-200.....	254
9.5.3.3	CASE mit S7-200	255
9.5.3.4	WHILE-Anweisung.....	255
9.5.3.5	JMP- / LBL-Befehl	256
9.5.3.6	Arbeiten mit Unterprogrammen:	256
9.5.3.7	Steuerung einer Schrittkette	256
9.5.3.8	Übertragungsbefehle	256
9.5.4	Tabellenbefehle	257
9.5.5	Funktionsbausteine – Unterprogramme.....	258
9.5.6	Datenbausteine	259
9.5.7	Positionieren – S7-200	259
9.6	Was ist neu in der S7-1200?	260
9.7	Zusammenfassung	260

10	Anwendung des SCL in GRAPH.....	261
10.1	Grundstruktur	262
10.2	Begriffe	263
10.3	Unterscheidung Struktur- und Aktionsbereich eines GRAPHen... 263	
10.4	Aktionen und Transitionen	264
10.5	Schritte – Arten.....	264
10.5.1	Komponenten der Schritte – Abfragemöglichkeiten.....	264
10.5.2	Transitionen	266
10.5.3	Komponenten einer Transition	267
10.6	Der Schritt.....	268
10.6.1	Initial-Schritt	268
10.6.2	Allgemeiner Schritt	268
10.7	Verzweigungen	269
10.7.1	Alternativ-Verzweigung	269
10.7.2	Simultan-Verzweigung	270
10.8	Aktionen im Detail.....	271
10.8.1	Basis der Aktionen	271
10.8.2	Interlock	271
10.8.3	Supervision.....	271
10.8.4	Ereignis	271
10.8.5	Kennung	272
10.8.6	Aktion	272
10.9	Zuweisungen von Operanden	273
10.9.1	Bedingungen und Steuerung von Aktionen	273
10.9.2	Aufruf von Funktionen/Funktionsbausteinen	273
10.9.3	Absolute Zuweisung.....	273
10.9.4	Beispiele – Aktionen	274
10.10	CALL – Aufruf von Bausteinen.....	275
10.11	Der Baustein „Ablaufsprache“.....	275
11	Übungen Anwendungen.....	277
11.1	Übung BCD-Schalter	277
11.1.1	BCD – Einfach	277
11.1.1.1	Bausteinkopf (Variablen Deklaration) in Tabellenform	278
11.1.1.2	Erstellen der Funktion.....	278
11.1.1.3	Aufruf der Funktion [FC_BCD] im OB1	279
11.1.2	BCD – Mit Verriegelung	280
11.1.3	BCD und 7-Segment-Anzeige mit dem Touch-Panel.....	282
11.1.4	Anwendung der Simulation.....	282

11.2	Übung Tastatur	283
11.2.1	Definition des Bausteins	285
11.2.1.1	Grafik	285
11.2.1.2	Baustein definieren.	286
11.2.1.3	Festlegung der Variablen	287
11.2.2	Programmierung des Bausteins	288
11.2.3	Aufruf des fertigen Bausteins in SCL – Anwendung	290
11.3	Übung Ampel.	291
11.3.1	Ablaufbeschreibung der Ampel-Funktion	292
11.3.2	Funktionsbaustein in KOP	293
11.3.3	Die Variablendeklaration	293
11.3.4	Ampelsteuerung – Programm im TIA Portal.	294
11.3.5	Lösungsansatz – CASE	295
Begriffe		299
Stichwortverzeichnis		301