

Biblioteca Tecnica Hoepli

LUCA BERGAMASCHI

Manuale di programmazione dei PLC

**Con particolare riferimento
alle CPU Siemens S7-200
e al linguaggio Micro Step 7**

HOEPLI

LUCA BERGAMASCHI

MANUALE DI PROGRAMMAZIONE DEI PLC

CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE CPU
SIEMENS S7-200 E AL LINGUAGGIO MICRO STEP 7



Copyright © Ulrico Hoepli Editore S.p.A. 2000
via Hoepli 5, 2012 Milano (Italy)

Tutti i diritti sono riservati a norma di legge
e a norma delle convenzioni internazionali

ISBN 88-203-2786-4

Ristampa:

4	3	2	1	0	2000	2001	2002	2003	2004
---	---	---	---	---	------	------	------	------	------

Copertina realizzata da MN&CG S.r.l., Milano

Composto dallo studio di ingegneria TELERAM, Romano di Lombardia (BG)

Stampato da Legoprint S.p.A., Lavis (TN)

Printed in Italy

Indice

Prefazione

1 Logica programmata	1
1.1 Definizione di Programmable Logic Controller	1
1.2 Evoluzione dei moderni PLC	1
1.3 Vantaggi e svantaggi del PLC	2
1.4 Svantaggi nell'uso del PLC	3
1.5 Affidabilità e sicurezza nei sistemi a logica programmata	4
1.6 Gli algoritmi.....	5
1.7 Storia della parola algoritmo	5
1.8 Diagrammi a blocchi (introduzione).....	6
1.9 Diagramma di flusso (flow-chart)	9
1.10 Esempio del telefono pubblico.....	11
1.11 Conclusioni finali sui diagrammi a blocchi.....	13
1.12 Nota storica: definizione di hardware e di software.....	13
1.13 Domande ed esercizi	13
 2 Hardware	 15
2.1 Componenti di un Programmable Logic Controller.....	15
2.2 Central Processing Unit.....	16
2.3 Programmatore	17
2.4 Moduli di input e di output.....	17
2.5 Controllo I/O remoto	18
2.6 Moduli discreti (digitali) e analogici.....	18
2.7 Stampanti.....	19
2.8 Dispositivi di memorizzazione	19
2.9 Impostazione del baud rate.....	19
2.10 I dispositivi a due stati.....	20
2.11 La CPU (Central Processing Unit).....	21
2.12 Classificazione delle memorie	22
2.13 Capacità delle memorie	23
2.14 Alimentatore	23
2.15 Memorie fisse e volatili	24

2.16	Il microprocessore.....	25
2.17	Ciclo di scansione.....	26
2.18	Moduli di ingresso.....	27
2.19	Moduli di input a 24 Vdc	28
2.20	Moduli di input a 24 Vac/dc	28
2.21	Moduli di input a 120 Vac.....	28
2.22	Moduli di output.....	29
2.23	Modulo di output a 24 Vdc tipo sink.....	29
2.24	Modulo di output a 24 Vdc	29
2.25	Modulo di output con relè.....	30
2.26	Caratteristiche delle CPU Siemens Simatic S7-200	30
2.27	CPU 212.....	30
2.28	CPU 214.....	31
2.29	Area di memoria del controllore programmabile S7-200	34
2.30	Memoria di programma.....	34
2.31	Memoria dati.....	35
2.32	Memoria di parametri.....	35
2.33	Terminologia riepilogativa.....	35
2.34	Domande ed esercizi	37
3	Software di programmazione	39
3.1	Normativa IEC 1131.....	39
3.2	Formato del software di programmazione.....	40
3.3	Come avviare il software STEP 7-Micro/DOS.....	42
3.4	Identificazione di ingressi ed uscite.....	42
3.5	Schema a contatti (KOP) - introduzione	43
3.6	Accedere al modo EDIT del KOP	44
3.7	Salvataggio dello schema a contatti	46
3.8	Tempo di scansione ciclo.....	46
3.9	Avviamento di un PLC S7-200.....	49
3.10	Affidabilità, sicurezza e disponibilità.....	50
3.11	Domande ed esercizi	53
4	Schemi elettromeccanici	55
4.1	I contatti di input.....	55
4.2	Le bobine di output.....	56
4.3	Procedure operative	57
4.4	Avviamento diretto di un motore.....	59
4.5	Marcia e arresto di un motore con autoritenuta	60
4.6	Marcia avanti e indietro con interblocco	61
4.7	Marcia avanti e indietro con interblocco e stop comune.....	62
4.8	Marcia ad impulsi.....	63
4.9	Sistema di allarme	64

4.10	Trapano industriale	66
4.11	Interpretazione del simbolo di contatto.....	71
4.12	Domande ed esercizi	72
5	Diagrammi ladder	75
5.1	Schemi a contatti.....	75
5.2	Fasi per la costruzione di uno schema ladder	78
5.3	Passo 1: definizione del problema.....	79
5.4	Passo 2: realizzazione di un disegno del processo	79
5.5	Passo 3: elenco delle fasi della sequenza delle operazioni.....	80
5.6	Passo 4: aggiunta dei sensori richiesti	80
5.7	Passo 5: controlli manuali.....	82
5.8	Passo 6: sicurezza del personale	82
5.9	Passo 7: stop di sicurezza per l'interruzione di emergenza	82
5.10	Passo 8: costruzione di uno schema logico ladder.....	83
5.11	Passo 9: analisi dei potenziali problemi	84
5.12	Immissione del programma nel PLC	84
5.13	Esercizio: realizzazione di un punto luce deviato ed invertito con il PLC	86
5.14	Soluzione con comando da due punti	87
5.15	Soluzione con comando da tre punti.....	88
5.16	Domande ed esercizi	89
6	Registri ed indirizzi.....	91
6.1	Caratteristiche generali dei registri.....	91
6.2	Descrizione dei registri.....	91
6.3	Memoria di dati S7-200.....	93
6.4	Registri di immagine di processo degli ingressi e delle uscite.....	95
6.5	Controllo diretto degli ingressi e delle uscite.....	96
6.6	Merker interni (flag).....	96
6.7	Merker speciali (di stato).....	96
6.8	Temporizzatori.....	97
6.9	Contatori	97
6.10	Ingressi analogici ed uscite analogiche.....	97
6.11	Accumulatori	97
6.12	Contatori veloci	97
6.13	Accesso alla memoria dati	97
6.14	Accesso ai bit della memoria	98
6.15	Accesso ai byte, alle parole o alle doppie parole della memoria.....	99
6.16	I principali merker speciali di sistema delle CPU S7-200.....	100
6.17	Registro di stato SMB 0.....	101
6.18	Registro di stato SMB 1.....	101
6.19	Registro di ricezione nella comunicazione SMB 2.....	102
6.20	Registro di errore di parità nella comunicazione SMB 3.....	102

6.21	Registro di overflow della coda di attesa SMB 4	102
6.22	Registro di stato di I/O SMB 5.....	103
6.23	Registri di identificazione della CPU SMB 6 ed SMB 7	103
6.24	Registri di errore e di identificazione moduli di I/O da SMB 8 a SMB 21.....	104
6.25	Registri dei tempi di scansione SMW 22, SMW 24, SMW 26.....	105
6.26	Registri dei potenziometri SMB 28, SMB 29.....	105
6.27	Registro della comunicazione liberamente programmabile SMB 30.....	106
6.28	Registri di scrittura nella memoria non volatile SMB31, SMW32.....	106
6.29	Registri di intervallo di tempo per interrupt periodici SMB 34, SMB 35	107
6.30	Registri HSC contatori veloci da SMB 36 ad SMB 65.....	107
6.31	Domande ed esercizi	107
7	Timer.....	109
7.1	La funzione di temporizzazione di base.....	109
7.2	Ritardo all'inserzione di un'azione	110
7.3	Ritardo alla disinserzione di un'azione	110
7.4	Attivazione di un'uscita per un certo intervallo di tempo	110
7.5	Impiego di più timer	112
7.6	Timer impulsivo	113
7.7	Avvio di un timer con l'impulso di un ingresso	113
7.8	Cicli di pausa-lavoro	114
7.9	Timer in cascata	114
7.10	Timer per l'esecuzione di manovre all'accensione delle macchine	116
7.11	Operazioni di temporizzazione con le CPU S7-200.....	116
7.12	Box TON.....	117
7.13	Box TONR	117
7.14	Esempio industriale: macchina per processo di tempra.....	119
7.15	Avviamento stella/triangolo per un motore trifase.....	123
7.16	Controllo di un semaforo pedonale scolastico.....	128
7.17	Comando antinfortunistico	132
7.18	Esercizio: lampeggio (lettura analogica)	133
7.19	Operazioni di imposta (SET) e resetta (RESET).....	134
7.20	Esercizio: controllo ventilazione.....	135
7.21	Approfondimento sui temporizzatori dell'S7-200	136
7.22	Aggiornamento del valore attuale	138
7.23	Domande ed esercizi	139
8	Contatori.....	143
8.1	La funzione base del contatore	143
8.2	Semplice contatore di processo industriale.....	144
8.3	Somma di due contatori	144
8.4	Numero totale di pezzi su un nastro.....	146
8.5	Abbinare contatori e timer.....	147

8.6	Operazioni di conteggio con S7-200.....	149
8.7	Linea per il confezionamento automatico di prodotti	150
8.8	Domande ed esercizi	153
9	Rappresentazione dei numeri.....	155
9.1	Rappresentazione dei numeri in base binaria	155
9.2	Sistema BCD (Binary Coded Decimal).....	158
9.3	Numeri in formato esadecimale	160
9.4	Codice Gray, ASCII ed EBCDIC	162
9.5	Operazioni di conversione con S7-200	168
9.6	Esempi di conversione con le istruzioni dell'S7-200.....	170
9.7	Domande ed esercizi	172
10	Funzioni aritmetiche.....	173
10.1	Addizione	173
10.2	Sottrazione	175
10.3	Clock ciclico	176
10.4	Costruzione di range di valori.....	177
10.5	Moltiplicazione	178
10.6	Elevamento al quadrato.....	179
10.7	Divisione.....	179
10.8	Radice quadrata	179
10.9	Doppia precisione	179
10.10	Operazioni matematiche S7-200.....	180
10.11	Esempi con le operazioni aritmetiche delle CPU S7-200.....	182
10.12	Risoluzione di un algoritmo.....	184
10.13	Inversione del segno di un numero	186
10.14	Domande ed esercizi	187
11	Funzioni di confronto	189
11.1	Confronto di numeri.....	189
11.2	Rappresentazione generale delle funzioni di confronto.....	190
11.3	Esempi con le funzioni di confronto.....	190
11.4	Operazioni di confronto con S7-200.....	194
11.5	Esercizio: linea spedizioni.....	196
11.6	Domande ed esercizi	199
12	Sottoprogrammi.....	201
12.1	Scomposizione di programmi in sottoprogrammi	201
12.2	Progetto di programmi	203

12.3	Metodologia del progetto passo-passo	203
12.4	Modularità	203
12.5	Valutazione dei programmi	204
12.6	Programmazione dell'S7-200	204
12.7	Operazioni di salto e operazioni per sottoprogrammi	206
12.8	Progettazione passo-passo	208
12.9	Esempio completo di progettazione passo-passo	217
13	Trasferimento di dati.....	225
13.1	La funzione MOVE.....	225
13.2	Trasferimento di blocchi di dati	228
13.3	Trasferimento in più registri	229
13.4	Operazioni di trasferimento con le CPU S7-200	229
13.5	Operazioni con blocchi dati con S7-200	231
13.6	Conversione di un numero intero a 8 bit in un numero a 16 bit.....	233
13.7	Domande ed esercizi	234
14	Operazioni di scorrimento.....	237
14.1	Operazioni sui bit	237
14.2	Esempio di applicazione delle operazioni set/reset	239
14.3	Shift register (registro a scorrimento).....	240
14.4	Scorrimento a destra	240
14.5	Scorrimento a sinistra.....	241
14.6	Rotazione.....	242
14.7	Scorrimento multiplo.....	242
14.8	Applicazioni dei registri a scorrimento.....	243
14.9	Operazioni di scorrimento con le CPU S7-200	247
14.10	Operazioni di registro di scorrimento bit delle CPU S7-200	250
14.11	Esempio del bobinatore	253
14.12	Gestione degli scarti in una linea di produzione sincronizzata.....	268
14.13	Domande ed esercizi	270
15	Logica digitale.....	271
15.1	Relazioni tra l'elettronica digitale e la programmazione a contatti	271
15.2	Algebra di Boole	274
15.3	Esempi di realizzazione di schemi digitali e a contatti.....	275
15.4	Esempi di conversione da schema a contatti a schema digitale	277
15.5	Esempi di conversione da schema digitale a schema a contatti	279
15.6	Teorema di De Morgan.....	280
15.7	Teorema del consenso.....	281
15.8	Inserimento a ponte.....	282

15.9	Operazioni logiche combinatorie con le CPU S7-200.....	282
15.10	Domande ed esercizi	285
16	Fronti di salita e di discesa	287
16.1	Rilevamento del cambio di stato di un segnale	287
16.2	Operazioni speciali di rilevamento a contatti dell'S7-200	288
16.3	Apricancello elettrico	290
16.4	Stazione di punzonatura (con mascheratura degli ingressi).....	294
17	Tecnica drum	301
17.1	Le funzioni sequenziali e tabellari	301
17.2	Funzione di sequenza tabellare	303
17.3	Operazioni tabellari con le CPU S7-200	307
17.4	Operazioni di ricerca con le CPU S7-200	310
17.5	Operazioni di incremento/decremento/inversione con le CPU S7-200	312
17.6	Modi di indirizzamento con le CPU S7-200.....	314
17.7	Controllare un robot a due assi con un PLC.....	315
17.8	Esempio di realizzazione del robot con la CPU S7-200.....	320
17.9	Domande ed esercizi	327
18	Interrupt.....	331
18.1	La gestione degli interrupt.....	331
18.2	Operazioni di interrupt con S7-200.....	332
18.3	Supporto di sistema per gli interrupt.....	333
18.4	Interrupt dall'interfaccia di comunicazione	335
18.5	Trasmissione/ricezione	335
18.6	Interrupt I/Q	335
18.7	Interrupt periodici	336
18.8	Operazioni di trasferimento seriale dei dati con le CPU S7-200.....	340
18.9	L'uso delle operazioni di interrupt per la ricezione dei dati	343
18.10	Esempio di comunicazione computer-PLC	344
19	Grafcet.....	349
19.1	Linguaggio grafico per sistemi di controllo	349
19.2	Sistema di controllo e sistema controllante	350
19.3	Struttura di un diagramma funzionale	351
19.4	Passi	352
19.5	Azioni e comandi associati ai passi	352
19.6	Transizioni	354
19.7	Linee orientate	358

19.8	Evoluzione del ciclo	361
19.9	Qualificazione dei comandi e delle azioni associati ai passi.....	366
19.10	Livelli di rappresentazione.....	369
19.11	Relè di controllo sequenziale con le CPU S7-200	373
19.12	Esempi di suddivisione in passi SCR.....	374
19.13	Controllo di divergenza.....	375
19.14	Controllo di convergenza	377
19.15	Codice di identificazione dei sensori e degli attuatori	378
20	Tecnica batch.....	383
20.1	Schemi funzionali sequenziali e programmazione.....	383
20.2	Modulo predisposizioni.....	384
20.3	Modulo per la gestione del ciclo automatico.....	384
20.4	Modulo dei comandi	385
20.5	Diagnostica ed allarmi	385
20.6	Nastro con timbratrice.....	386
20.7	Apricancello elettrico (esempio paragrafo 16.3).....	392
20.8	Ciclo automatico per nastri trasportatori.....	398
20.9	Modifiche ad un programma.....	407
20.10	Regole per la realizzazione di un programma.....	408
21	Linguaggio AWL	411
21.1	Linguaggio a lista di istruzioni.....	411
21.2	Operazione LD	413
21.3	Operazioni A, O, ALD, OLD e di assegnamento (=).....	413
21.4	Operazioni di stack: LPS, LRD, LPP.....	415
21.5	Operazioni di stack. NOT, EU, ED	415
21.6	Confronto tra linguaggio AWL e KOP	416
21.7	Principali istruzioni AWL	417
21.8	Esempi con le istruzioni di base	421
	Bibliografia.....	425
	Indice analitico	427

Prefazione

Questo volume si rivolge agli operatori impegnati nel campo dell'automazione industriale intenzionati ad approfondire le proprie conoscenze ed a sviluppare le proprie capacità di programmazione dei PLC. Il testo, preparato per gli studenti dei centri di formazione professionale, risulta particolarmente utile anche in ambiti extra-scolastici a quanti volessero affrontare con sistematicità e completezza le tematiche della programmazione. Il libro è utile a tutti gli operatori del settore elettromeccanico come progettisti, installatori, manutentori.

Nella stessa misura in cui è frustrante ed improduttivo accostarsi ad una lingua straniera studiandone sistematicamente il vocabolario, risulta improponibile un approccio alla programmazione dei PLC basato sulla semplice consultazione del manuale del costruttore. Da qui lo scopo del volume che introduce progressivamente le nozioni e le tecniche fondamentali attivando un processo d'apprendimento naturale ed efficace, sostenuto e guidato in tutte le fasi da un insieme organico di esempi. Ogni capitolo sollecita la continua applicazione di quanto appreso ed in questo modo il lettore non perde interesse perché le sue motivazioni, stimolate da problemi concreti, sono sempre operanti.

La prima parte del libro presenta le tecniche di programmazione tradizionali derivate dall'elettromeccanica classica, nella seconda parte sono illustrate alcune tecniche innovative di tipo informatico. Queste nuove tecniche presentano al lettore una metodologia di approccio ai problemi industriali che molto spesso è totalmente diversa da quanto suggerirebbe l'esperienza dei classici circuiti a relè. Non è possibile scrivere seri programmi di automazione se non si è in grado di affrontare in modo metodico la progettazione del software. L'impiego di opportune tecniche di programmazione semplifica la progettazione dei sistemi di controllo a microprocessore.

Nel libro vengono descritte ed impiegate le nuove CPU Siemens S7-200 e il linguaggio Micro Step 7. Il volume non insegna su quali pulsanti dell'ambiente di sviluppo Siemens fare clic. Quello che insegna è come sfruttare il linguaggio Micro Step 7 per scrivere il miglior programma per la risoluzione dei problemi di automazione nelle diverse applicazioni industriali che si possono incontrare.

Milano, marzo 2000

LUCA BERGAMASCHI

Nell'ambito dell'automazione industriale, il software dei sistemi di controllo a microprocessore riveste un'importanza sempre maggiore. L'impiego di opportune tecniche di programmazione consente di affrontare in modo metodico la progettazione del software. Concetti quali la strutturazione, la leggibilità, il riutilizzo, l'affidabilità, la portabilità e la facilità di manutenzione del software sono alla base del successo di un'applicazione. Questo volume si rivolge agli operatori impegnati nel campo dell'automazione industriale intenzionati ad approfondire le proprie conoscenze ed a sviluppare le proprie capacità di programmazione dei PLC.

La prima parte del libro presenta le tecniche di programmazione tradizionali derivate dall'elettromeccanica classica, mentre la seconda illustra alcune tecniche innovative di tipo informatico. Ogni capitolo sollecita la continua applicazione di quanto appreso e la trattazione è sempre affiancata da esempi concreti.

Particolare attenzione viene dedicata alle nuove CPU Siemens S7-200 e al linguaggio Micro Step 7.

Indice. Logica programmata - Hardware - Software di programmazione - Schemi elettromeccanici - Diagrammi ladder - Registri ed indirizzi - Timer - Contatori - Rappresentazione dei numeri - Funzioni aritmetiche - Funzioni di confronto - Sottoprogrammi - Trasferimento di dati - Operazioni di scorrimento - Logica digitale - Fronti di salita e di discesa - Tecnica drum - Interrupt - Grafcet - Tecnica batch - Linguaggio AWL - Bibliografia - Indice analitico.

Luca Bergamaschi, laureato in ingegneria elettronica al Politecnico di Milano, è consulente e progettista di software per sistemi di controllo. È docente a contratto per l'automazione industriale nei corsi di formazione professionale. Nella propria attività si occupa di programmazione dei PLC, di supervisione degli impianti industriali mediante personal computer e di impiego dei microcontrollori a 8 bit in sistemi automatici dedicati.