

GIOVANNI PIRRAGLIA

# LABORATORIO DI PLC

Teoria ed esercizi con i linguaggi Grafcet,  
Ladder e SLC per S7-1200/1500 e HMI



HOEPLI  
TECNICA  
PER LA SCUOLA

EDIZIONE **OPENSCHOOL**

1 **LIBRO DI TESTO**

2 **E-BOOK +**

3 **RISORSE ONLINE**

4 **PIATTAFORMA**

# HOEPLI

**GIOVANNI PIRRAGLIA**

# **LABORATORIO DI PLC**

**Teoria ed esercizi con i linguaggi  
Grafcet, Ladder e SCL per S7-1200/1500 e HMI**



**EDITORE ULRICO HOEPLI MILANO**

**Copyright © Ulrico Hoepli Editore S.p.A. 2021**

via Hoepli 5, 20121 Milano (Italy)

tel. +39 02 864871 – fax +39 02 8052886

e-mail [hoepli@hoepli.it](mailto:hoepli@hoepli.it)

**[www.hoepliscuola.it](http://www.hoepliscuola.it)**

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

È vietata la riproduzione, anche parziale o a uso interno didattico, con qualsiasi mezzo, non autorizzata.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633.

Le fotocopie effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi, Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali, corso di Porta Romana 108, 20122 Milano, e-mail [autorizzazioni@clearedi.org](mailto:autorizzazioni@clearedi.org) e sito web [www.clearedi.org](http://www.clearedi.org).

Nel volume e nei materiali digitali collegati (testi, immagini e video) possono essere riprodotti articoli tutt'oggi in commercio e citati marchi di aziende attualmente presenti nel mercato. Ciò risponde a un'esigenza didattica da non interpretarsi in nessun caso come una scelta di merito dell'Editore né come un invito al consumo di determinati prodotti. I marchi sono di proprietà delle rispettive società anche quando non sono seguiti dal simbolo ©.

Per i passi antologici, per le citazioni, per le riproduzioni grafiche, cartografiche e fotografiche appartenenti alla proprietà di terzi, inseriti in quest'opera, l'editore è a disposizione degli aventi diritto non potuti reperire nonché per eventuali non volute omissioni e/o errori di attribuzione nei riferimenti.

Ristampa:

4 3 2 1 0

2021 2022 2023 2024 2025

Progetto grafico e impaginazione: Edigeo srl, Milano

Copertina realizzata da Federico Gerli - Design Evolution

Stampa: L.E.G.O. S.p.A., stabilimento di Lavis (TN)

Printed in Italy

# INDICE

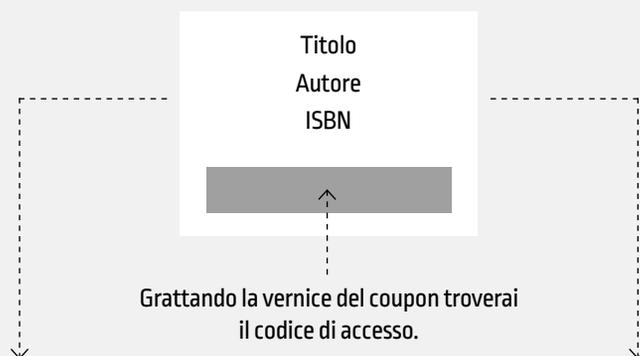
<b>Presentazione</b>	<b>IX</b>
<b>Modulo A – I PLC S7-1200/1500 e il software</b>	<b>1</b>
<b>U.D.1 Il controllore a logica programmata</b>	<b>3</b>
A.1.1 Introduzione	3
A.1.2 CPU, ingressi, uscite, alimentazioni	4
A.1.3 Le CPU S7-1200	7
A.1.4 Ampliamento delle funzionalità della CPU	8
A.1.5 Le CPU S7-1500 modulari	9
A.1.6 I moduli I/O e di comunicazione per S7-1500	11
A.1.7 Elementi di comando e visualizzazione della CPU 1516-3 PN/DP e del display della CPU	12
A.1.8 CPU compatte: SIMATIC S7-1511C/12C	13
<b>U.D.2 La logica programmata</b>	<b>15</b>
A.2.1 Logica di funzionamento: elaborazione del ciclo di scansione	15
A.2.2 Come viene elaborato il programma nei PLC S7-1200/1500?	16
A.2.3 Stati di funzionamento delle CPU S7-1200/1500	18
A.2.4 Commutazione stati di funzionamento CPU S7-1200/1500	19
A.2.5 Stato di funzionamento “Avviamento”	21
A.2.6 Stato di funzionamento “Stato”	22
A.2.7 Stato di funzionamento “Alt”	23
A.2.8 Stato di funzionamento “Run”: elaborazione del programma utente	23
A.2.9 Esecuzione del programma utente (ciclo di scansione in “Run”)	24
A.2.10 Strutturazione del programma utente	26
<b>U.D.3 Caratteristiche generali dei registri</b>	<b>27</b>
A.3.1 Ingressi e uscite del PLC	27
A.3.2 I merker	29
A.3.3 Aree di memoria	29
A.3.4 Accesso ai dati	33
A.3.5 Accesso ai dati delle aree di memoria della CPU	34
A.3.6 Tipi di dati	35
<b>U.D.4 Il software TIA Portal</b>	<b>37</b>
A.4.1 Struttura dell'interfaccia utente	37
A.4.2 Il progetto con TIA Portal: inserimento della CPU S7-1200	39
A.4.3 Inserimento di moduli nella configurazione per S7-1200	40
A.4.4 Inserimento della CPU S7-1500 modulare	41
A.4.5 Inserimento della CPU S7-1500 compatta	42
A.4.6 Lezioni sulle reti Ethernet	42
A.4.7 Comunicazione PC-PLC con inserimento di una nuova CPU	43
A.4.8 Modifica dell'indirizzo IP e caricamento hardware	48
A.4.9 Caricamento hardware	48
A.4.10 Compilare un dispositivo	51
A.4.11 Caricare il progetto nel PLC	51

A.4.12	Test del programma con visualizzazione dello stato	53
A.4.13	Recupero del programma memorizzato nella CPU del PLC	54
	Video	58
<b>Modulo B – I linguaggi Grafcet, Ladder e SCL</b>		<b>59</b>
<b>U.D.1 Il linguaggio Ladder dei PLC S7-1200/1500 in TIA Portal STEP 7</b>		<b>61</b>
B.1.1	Il linguaggio Ladder	61
B.1.2	Azionamento per circuiti elementari	63
B.1.3	Applicazioni “AND” e “OR” (la logica booleana nei circuiti elettrici)	66
B.1.4	Variabili e costanti per i PLC S7-1200/1500	68
B.1.5	Inserimento di contatti e bobine in TIA Portal STEP 7	70
B.1.6	La prima istruzione con TIA Portal: contatto-bobina	73
B.1.7	Operazioni di SET e RESET	74
B.1.8	I merker	76
B.1.9	Transizioni “P” e “N”	77
B.1.10	Esercizio: Martello antiripetizione	79
B.1.11	Istruzioni di confronto	81
B.1.12	Operatori di conversione	82
B.1.13	Operazioni su registri: “MOVE” e “ADD”	83
B.1.14	L’istruzione “CALCULATE”	85
	Video	88
<b>U.D.2 La struttura del programma in TIA Portal</b>		<b>89</b>
B.2.1	I blocchi OB	90
B.2.2	OB1 – OB di ciclo	92
B.2.3	OB di Startup	93
B.2.4	OB di interrupt di processo, di schedulazione orologio e di allarme orologio	93
B.2.5	Merker di sistema e di clock	95
B.2.6	Programmazione lineare e strutturata con FC e FB	97
B.2.7	Le funzioni (FC)	98
B.2.8	I blocchi funzionali (FB) e i blocchi dati di istanza	98
B.2.9	I blocchi dati (DB)	101
	Video	104
<b>U.D.3 Il linguaggio S7-SCL per S7-1200/1500</b>		<b>105</b>
B.3.1	Elementi del linguaggio	105
B.3.2	Struttura del programma	106
B.3.3	Le istruzioni “IF” e “CASE..OF”	107
B.3.4	Conversione Ladder-SCL	108
B.3.5	Le istruzioni “P” e “N”	110
B.3.6	Merker di sistema e di clock	111
B.3.7	La struttura del programma in SCL	112
<b>U.D.4 Gli elementi fondamentali del linguaggio Grafcet</b>		<b>115</b>
B.4.1	Introduzione	115
B.4.2	Lo standard IEC 61131-1	115
B.4.3	Il software per disegnare e simulare il Grafcet	116

B.4.4	Il linguaggio SFC	118
B.4.5	Elementi fondamentali del linguaggio SFC	120
B.4.6	Regole di base	121
B.4.7	La transizione	122
	<b>Esercizi</b>	<b>125</b>
	<b>Esercizi senza soluzione</b>	<b>137</b>
 <b>Modulo C – Grafcet e tecnica batch per Ladder e SCL</b>		 <b>139</b>
 <b>U.D.1 Conversione del Grafcet in linguaggio Ladder o SCL</b>		 <b>141</b>
C.1.1	Gli OB di ciclo nella sequenza Grafcet	141
C.1.2	Comando a sequenza di passi	141
C.1.3	Tecnica batch: sequenze di passi e transizioni (Ladder)	142
C.1.4	Schema generale di un Grafcet a sequenza singola (Ladder)	144
C.1.5	I moduli della tecnica batch con merker delle fasi (Ladder)	145
C.1.6	Vantaggi nell'uso delle sequenze di passi	149
C.1.7	1 <sup>a</sup> modifica per la tecnica batch standard: utilizzo di un array per le fasi (Ladder) in sostituzione dei merker di fase	150
C.1.8	2 <sup>a</sup> modifica per la tecnica batch standard: istruzione di "MOVE" in sostituzione di SET/RESET (Ladder)	154
C.1.9	Le sequenze divergenti (SET/RESET o "MOVE")	155
C.1.10	Le sequenze convergenti	157
C.1.11	I moduli della tecnica batch in SCL (2 soluzioni)	158
	<b>Esercizi</b>	<b>161</b>
	<b>Esercizi senza soluzione – Batch</b>	<b>189</b>
	<b>Esercizi con soluzione – Elettropneumatica</b>	<b>190</b>
 <b>Modulo D – I temporizzatori e i blocchi dati</b>		 <b>215</b>
 <b>U.D.1 I temporizzatori e i blocchi dati</b>		 <b>217</b>
D.1.1	I temporizzatori	217
D.1.2	Inserimento dei temporizzatori	217
D.1.3	Operazioni di temporizzazione	218
D.1.4	Inserimento del temporizzatore in TIA Portal (Ladder)	223
D.1.5	Inserimento del temporizzatore in TIA Portal (SCL)	228
	Video	229
 <b>U.D.2 Inserimento dei temporizzatori nel Grafcet</b>		 <b>231</b>
D.2.1	Tecnica batch: inserimento dei temporizzatori nel Grafcet, nel Ladder e in SCL	231
D.2.1.1	Temporizzatore: soluzioni Ladder per Ciclo automatico	231
D.2.1.2	Temporizzatore: soluzioni Ladder per Comandi	232
D.2.1.3	Temporizzatore: soluzioni SCL per Ciclo automatico	233
D.2.1.4	Temporizzatore: soluzioni SCL per Comandi	233
D.2.2	Temporizzatore: soluzioni Ladder con istruzione "MOVE"	233
D.2.3	Esempio: Avvio in successione di tre motori (Ladder)	234
 <b>U.D.3 I contatori</b>		 <b>239</b>
D.3.1	Introduzione	239

D.3.2	Contatori per S7-1200/1500	239
D.3.3	Operazioni di conteggio con il PLC S7-1200/1500	240
D.3.4	Indirizzamento area di memoria dei contatori S7-1200/1500	243
	Video	244
<b>U.D.4 Inserimento dei contatori nel Grafcet</b>		<b>245</b>
D.4.1	Introduzione	245
	<b>Esercizi – Temporizzatori</b>	<b>248</b>
	<b>Esercizi – Contatori, temporizzatori, elettropneumatica</b>	<b>272</b>
<b>Modulo E – Programmazione con FC-FB</b>		<b>305</b>
<b>U.D.1 Programmazione strutturata con FC-FB</b>		<b>307</b>
E.1.1	Programmazione strutturata	307
E.1.2	I blocchi della programmazione strutturata	307
	<b>Esercizi</b>	<b>311</b>
<b>Modulo F – Analogiche</b>		<b>335</b>
<b>U.D.1 Valori analogici per ingressi PLC S7-1200/1500</b>		<b>337</b>
F.1.1	Hardware per ingressi e uscite analogiche del PLC S7-1200/1500	337
F.1.2	Hardware per ingressi e uscite analogiche del PLC S7-1511C	339
F.1.3	Campi di misura delle uscite per tensione e corrente	343
F.1.4	Normalizzazione dei valori analogici	344
F.1.5	La biblioteca global "Scale_current"	346
	<b>Esercizi</b>	<b>350</b>
<b>Modulo G – Orologio HW</b>		<b>371</b>
<b>U.D.1 Gestione orologio hardware dei PLC S7-1200/1500</b>		<b>373</b>
G.1.1	Orologio hardware	373
G.1.2	Istruzioni di data e ora	374
G.1.3	Scrittura e lettura della data dell'orologio hardware	375
G.1.4	Configurazione dell'area per la lettura e l'impostazione dell'ora	379
	<b>Esercizi</b>	<b>380</b>
<b>Modulo H – HMI</b>		<b>401</b>
<b>U.D.1 I pannelli operatori (HMI)</b>		<b>403</b>
H.1.1	Descrizione del sistema	403
H.1.2	Struttura di una pagina	403
H.1.3	Hardware del pannello operatore (HMI)	404
H.1.4	Inserimento del pannello (HMI) nel progetto	408
H.1.5	Progettazione degli elementi delle pagine HMI	413
	<b>Esercizi</b>	<b>422</b>
<b>Modulo I – Tracce ministeriali</b>		<b>437</b>

- Il coupon che trovi nella pagina a fianco (terza di copertina) ti consente di:
- scaricare gratuitamente la versione digitale del libro (eBook+);
  - accedere a tutti i materiali digitali integrativi (risorse online) riservati a questo volume presenti sul sito [www.hoepliscuola.it](http://www.hoepliscuola.it) alla pagina web del testo.



**E-BOOK +**

## COME UTILIZZARE IL COUPON PER SCARICARE LA VERSIONE DIGITALE DEL LIBRO (E-BOOK+)

Il coupon riportato nella pagina a fianco (terza di copertina) è utilizzabile una sola volta per accedere alla versione digitale del libro, scaricabile seguendo le istruzioni riportate alla pagina web:

[www.hoepliscuola.it/libri\\_digitali](http://www.hoepliscuola.it/libri_digitali)

**La versione digitale del libro (eBook+) è disponibile a partire da settembre 2021.**

**ATTENZIONE:** l'accesso alla versione digitale del libro (eBook+), utilizzabile su tablet, LIM e computer è a titolo gratuito ed è riservato all'utente registrato che ha accettato le relative condizioni generali di licenza d'uso e ha inserito il codice di attivazione. Tale codice può essere attivato una sola volta e la relativa utenza e la connessa licenza di utilizzo hanno durata temporalmente illimitata e non sono trasferibili a terzi. Per le condizioni di licenza d'uso, vedi [www.hoepliscuola.it](http://www.hoepliscuola.it).



**RISORSE ONLINE**

## COME UTILIZZARE IL COUPON PER SCARICARE I CONTENUTI DIGITALI INTEGRATIVI (RISORSE ONLINE)

Il coupon riportato nella pagina a fianco (terza di copertina) ti consente di accedere a un'area riservata all'interno del sito dell'editore, dove troverai MyBookBox, il contenitore virtuale con risorse e contenuti digitali integrativi. Segui questi passaggi.

1. Registrati al sito [www.hoepliscuola.it](http://www.hoepliscuola.it) utilizzando un indirizzo email valido.
2. Accedi alla pagina dedicata a questo volume.
3. Nello spazio bianco accanto al logo MyBookBox inserisci il codice coupon riportato nella pagina a fianco (terza di copertina) e nascosto sotto la vernice grattabile; avrai così accesso a tutte le risorse digitali del tuo volume.

**ATTENZIONE:** l'accesso gratuito ai contenuti digitali integrativi in MyBookBox (risorse online) è riservato all'utente registrato che ha inserito il codice di attivazione e accettato le condizioni generali d'uso presenti su [www.hoepliscuola.it](http://www.hoepliscuola.it).

**Linguaggi proposti** (molto diversi tra loro):

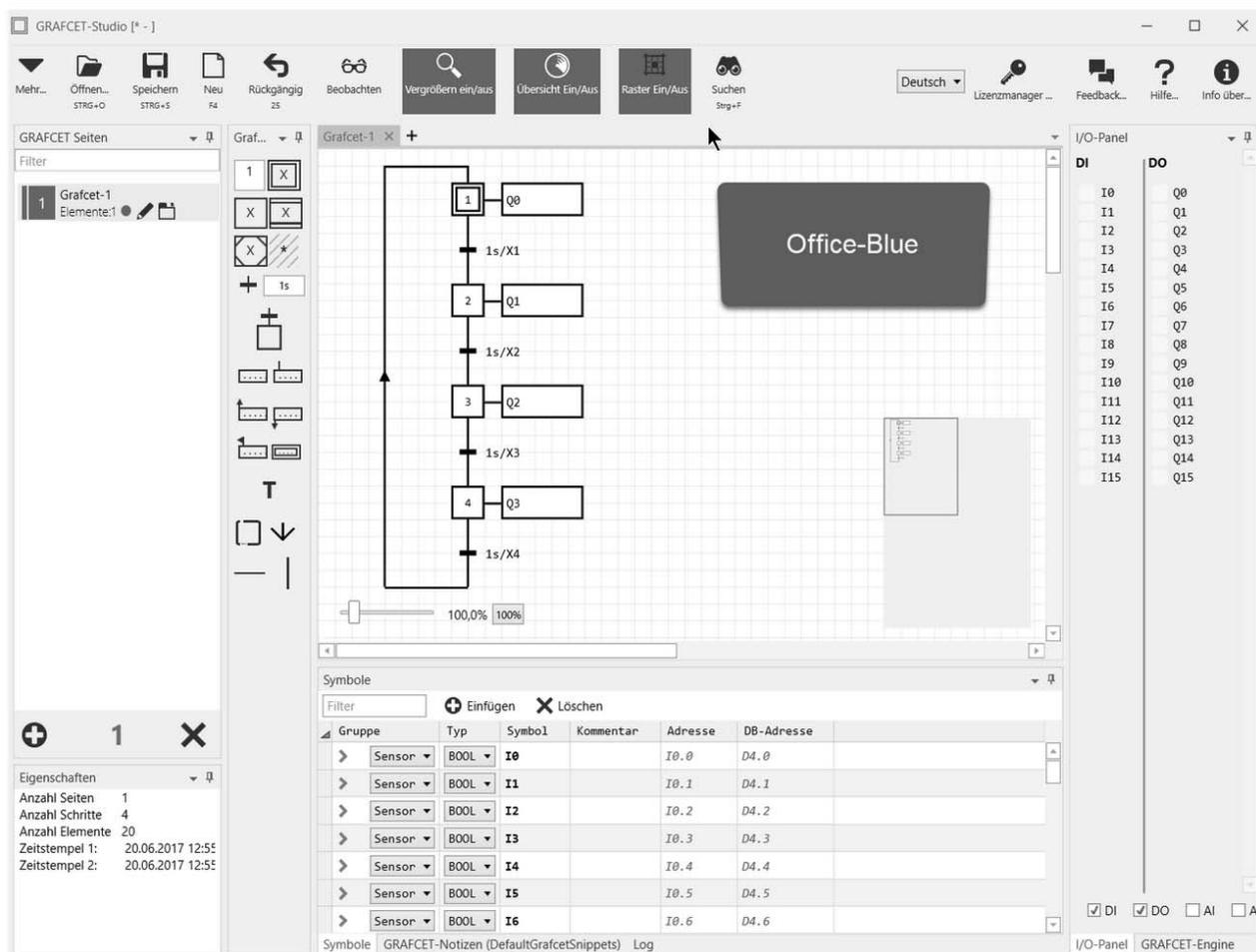
- ✓ Grafici: SFC, LD, FBD.
- ✓ Testuali: ST, IL.

Tra i diversi linguaggi proposti nella norma ve ne è uno (SFC) che mostra:

- ✓ elevata potenza espressiva;
- ✓ elevata semplicità e leggibilità (potenziale; necessario corretto utilizzo);
- ✓ scarso legame con l'implementazione (solo in alcuni punti non fondamentali);
- ✓ adatto per la rappresentazione funzionale del controllo di sequenze.

### B.4.3 IL SOFTWARE PER DISEGNARE E SIMULARE IL GRAFCET

**IL SOFTWARE GRAFCET STUDIO** [<https://www.mhj-wiki.de/en/mhj/manuals/>]



Grafcet Studio è uno strumento software che può essere utilizzato per creare/progettare un diagramma di flusso Grafcet secondo lo standard DIN EN 60848. Questo può quindi essere simulato su un PC.

Inoltre, il Grafcet che è stato creato può quindi essere trasferito a un dispositivo (cioè un PLC) con il semplice tocco di un pulsante. Il diagramma di flusso Grafcet diventa quindi un linguaggio di programmazione Grafcet multiplatforma attraverso Grafcet Studio!

Il nuovo Grafcet Engine è stato migrato a Python V3, il che significa che supporta tutti i dispositivi hardware in grado di eseguire Python! D'ora in poi Grafcet Studio comunica con Grafcet Engine tramite il protocollo MQTT, quindi i controller possono essere programmati sia localmente che tramite Internet.

Ecco un elenco completo dei dispositivi ora supportati da Grafcet Studio:

- ✓ PLC Siemens S7-300 e S7-400
  - ✓ PLC Siemens S7-1200 e S7-1500
  - ✓ Tutti i controller basati su CODESYS V3
  - ✓ Arduino Due
  - ✓ Raspberry Pi
  - ✓ Revolution Pi (controller industriale di KUNBUS)
  - ✓ Siemens IOT2000 (IOT2020 e IOT2040)
- e qualsiasi altro dispositivo che può utilizzare il linguaggio di programmazione Python.

## IL SOFTWARE PLC-LAB

PLC-Lab è una simulazione di processo 2D. Con PLC-Lab è possibile creare ambienti o sistemi di test virtuali e quindi utilizzarli per testare programmi PLC o Grafcet. Gli oggetti in PLC-Lab offrono ampie opzioni di progettazione e impostazione, quindi la varietà di tipi di progetto che possono essere implementati con PLC-Lab è molto alta. Agli oggetti possono essere assegnate proprietà fisiche che poi influenzano il comportamento degli oggetti durante la simulazione. Per esempio, gli oggetti possono dipendere dalla gravità ed essere magnetici. Inoltre, è possibile impostare parametri come densità, attrito superficiale ed elasticità. Un motore fisico integrato garantisce la simulazione realistica degli oggetti. L'interfaccia utente e l'area di disegno di PLC-Lab sono interamente orientate al vettore. Ciò significa che gli oggetti in PLC-Lab possono essere ingranditi o ridotti di dimensione senza alcuna perdita di qualità. L'interfaccia utente viene visualizzata in modo nitido anche su schermi ad alta risoluzione (per es. 4 K).

