

از مجموعه کتابهای مثلث نارنجی

مرجع کامل

# PLC

کنترل کننده‌های منطقی برنامه پذیر

نویسنده: مهندس فرید قابوسی

CD همراه شامل:

◀ بسته نرم‌افزاری Step 5 for Windows

◀ پاسخ تمرینات موجود در کتاب

◀ مثالها و برنامه‌های کاربردی

◀ نسخه الکترونیکی کتاب



بهار ۱۳۸۲

تقديم به

پدر و مادر عزیزم



## دیباچه نویسنده

امروزه با پدیدار شدن ریزپردازنده‌ها<sup>۱</sup> و پیشرفت فن‌آوری حالت جامد<sup>۲</sup> در عرصه علم و تکنولوژی که بی‌شک آن را می‌توان بزرگترین پدیده در علوم الکترونیک دانست چهره محیط‌های صنعتی به کلی دگرگون شده است.

این مهم که به موازات تحول در عرصه کامپیوتر پا به دنیای الکترونیک گذاشت در نقش پلی بین این دو علم یعنی الکترونیک و کامپیوتر قرار گرفت و برای اولین بار به راحتی امکان تلفیق سخت‌افزار توسط مهندسين هر دو فن را ممکن نمود. بدین ترتیب در یک کاربرد خاص به جای به کارگیری اجزائی متشکل از مدارهای منطقی با سخت‌افزارهای تقریباً ثابت و تلفیق آن با پدیده مهم نرم‌افزار، امکان طراحی و ساخت هزاران پروژه کاربردی ممکن گردید. یکی از مهمترین خصوصیات این مدارها در صورت لزوم، انجام تغییر و تصحیح در نرم‌افزار و برنامه کاربر مورد نظر است که کمتر لزوم تغییر مدارها و سخت‌افزار را در آن می‌طلبد.

خواص نامبرده و سهولت دستیابی به ریزپردازنده‌ها و اجزای جانبی مربوطه در بازارهای جهانی، این پدیده را به عنوان اهرم بسیار مهمی جهت رشد و شکوفایی در صنایع الکترونیک قرار داد. چرا که غیر از ساخت این نوع مدارهای مجتمع<sup>۳</sup> که کماکان تکنولوژی پیشرفته‌ای را می‌طلبد، قادر خواهیم بود سایر مراحل انجام یک پروژه کاربردی را خود به انجام برسانیم. این مراحل شامل طراحی و ساخت سخت‌افزار، تدوین نرم‌افزار مربوطه، تلفیق این دو قسمت و تست و رفع عیب می‌باشد که کلاً از عهده ما برمی‌آید و در واقع فکر و ایده و تخصص را همراه با قوه ابتکار به کار می‌گیرد. لذا جهت پرمودن خلاء به وجود آمده علمی – فنی بین دول پیشرفته و کشورهای جهان سوم می‌بایست در جهت آموزش و به کارگیری این فن که راه مهمی برای نجات وابستگی تکنولوژیک صرف در مجموعه الکترونیک و کامپیوتر می‌باشد سعی و تلاش پیش گیریم.

"PLC" نیز مولود این پدیده یعنی ظهور ریزپردازنده‌هاست و مخفف عبارت "Programmable Logic Controller" می‌باشد. این سیستم وسیله‌ای است که متناسب با برنامه‌ای که دریافت می‌کند وظیفه‌ای را انجام می‌دهد. به عبارت دیگر PLC نوعی کامپیوتر است که برنامه‌ای خاص را اجرا می‌کند. با ظهور PLC تجهیزات

---

<sup>1</sup> Microprocessors

<sup>2</sup> Solid State

<sup>3</sup> Very Large Scale Integration

و قطعات استفاده شده در کنترل فرآیندهای صنعتی و خطوط تولید تغییر نموده و مدارهای رله کنتاکتوری و سخت‌افزاری حالت جامد کم‌کم جای خود را به کنترل‌کننده‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی یعنی PLC ها دادند. امروزه در طراحی مدارهای کنترل‌کننده خطوط تولید و فرآیندهای صنعتی استفاده از مدارهای رله کنتاکتوری منسوخ گردیده و در اکثر کارخانه‌ها و مراکز صنعتی از سیستم‌های PLC استفاده می‌شود. عدم وجود منبع و مأخذی جامع و کامل که پاسخگوی سؤالات بی‌شمار دانشجویان، تکنسین‌ها و متخصصینی باشد که در مراکز صنعتی با کمبود اطلاعات در زمینه سیستم‌های PLC دست به گریبان هستند، نگارنده را بر آن داشت تا به جمع‌آوری چنین مجموعه‌ای بپردازد. آنچه که در پیش رو دارید مجموعه‌ای است که حاصل سال‌ها تلاش، تجربه، تحقیق و مطالعه در زمینه انواع سیستم‌های PLC می‌باشد. نحوه ارائه مطالب در این کتاب به گونه‌ای است که برای علاقمندان مبتدی و پیشرفته قابل استفاده باشد. جهت استفاده از این کتاب نیازی به اطلاعات پیچیده و جامع نبوده، داشتن اطلاعات مختصری در مورد مدارهای منطقی و سیستم‌های ریزپردازنده کافی است. در تألیف این کتاب سعی شده مطالب به گونه‌ای عنوان شود که حاوی اطلاعات پایه و کاربردی نیز باشد. بنابراین کارفرمایان محترم می‌توانند از آن جهت آموزش پرسنل خود در محیط‌های صنعتی بهره گیرند. این کتاب می‌تواند به عنوان منبعی درسی برای مقاطع دانشگاهی (کارشناسی و کارشناسی ارشد) نیز مورد استفاده قرار گیرد. در پایان لازم است از راهنمایی‌های استاد گرانقدر خود آقای مهندس کریم بهنام نیکو که مشوق نگارنده در به چاپ رساندن این کتاب بوده و تصحیح این مجموعه را نیز بر عهده داشته‌اند سپاسگزاری نمایم.

**فربد قابوسی**

**آبان ۱۳۷۸**

## پیشگفتار چاپ چهارم

پروردگار مهربان را سپاس فراوان که به نگارنده این کتاب توفیق آن را عنایت فرمود تا به جامعه علمی کشور به‌ویژه دانشجویان، صنعتگران و محققین علوم الکترونیک، کنترل و اتوماسیون خدمتی ناچیز ارائه نماید. بدون تردید PLC مهمترین و پرکاربردترین وسیله اتوماسیون در صنایع مدرن امروزی است. در ماشین‌ها و خطوط تولید جدید، کمتر موردی را می‌توان یافت که از کنترل‌کننده‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی استفاده نشده باشد. در حقیقت این وسیله بسیار قابل انعطاف که خود یک کنترل‌کننده کامل است به‌عنوان قطعه‌ای برنامه‌پذیر در صنایع گوناگون، کاربرد وسیعی یافته است به‌گونه‌ای که با پیشرفت تکنولوژی و حضور اتوماسیون در عرصه صنعت در طراحی کنترل‌کننده‌ها و مدارهای فرمان خطوط تولید و فرآیندهای صنعتی، استفاده از مدارهای فرمان قدیمی منسوخ گردیده و در اکثر مراکز صنعتی از کنترل‌کننده‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی استفاده می‌گردد.

پس از برگزاری دوره‌های آموزشی PLC در مراکز صنعتی و دانشگاه‌های سراسر کشور دریافتیم که اکثر داوطلبین این دوره‌ها، مهندسين، متخصصين و کارشناسان شاغل در شرکت‌ها و کارخانه‌های دولتی و خصوصی بوده و اغلب آنها به یک سیستم PLC جهت برنامه‌نویسی، آزمایش و اجرای برنامه نوشته خود دسترسی دارد. اما تعداد اندکی از داوطلبین شرکت در دوره‌های مذکور که اغلب آنها دانشجویان مستعد و علاقمند به فراگیری این سیستم بودند، فاقد امکانات و منابع برنامه‌نویسی بوده و دستیابی به سیستم PLC برای آنها میسر نبود. زیرا PLC شامل یک سیستم سخت‌افزاری است و اغلب کاربران نیز از عهده خرید یک دستگاه PLC آموزشی نیز برنمی‌آیند.

پس از عزیمت به خارج از کشور جهت ادامه تحصیل و حضور در دانشگاه‌ها و مراکز صنعتی و دستیابی به چند نرم‌افزار خاص و کاربردی تصمیم گرفتم که این مجموعه را با ویرایشی جدید به چاپ برسانم. به همراه چاپ چهارم این کتاب یک لوح فشرده نیز ارائه می‌گردد. این لوح حاوی نرم‌افزار شبیه‌ساز یک سیستم PLC زیمنس است. در متن و مطالب اصلی این کتاب تغییر خاصی اعمال نشده است. اما پاسخ تمامی تمرینات و مثالهای موجود در این کتاب در لوح فشرده مذکور ذخیره شده است. روش نصب و استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز

PLC در ضمیمه ۶ آموزش داده شده است. این بسته نرم‌افزاری، سیستم PLC را شبیه‌سازی کرده و به کاربر اجازه می‌دهد تا با نصب این نرم‌افزار از رایانه شخصی خود به جای یک دستگاه PLC استفاده نماید. شایان ذکر است که این نرم‌افزار تحت نسخه 3.1 Windows بوده، اما در تمامی سیستم‌های عامل XP و Windows 98 نیز قابل استفاده است. نحوه نصب این نرم‌افزار و روش برنامه‌نویسی آن در ضمیمه ۶ به‌طور کامل توضیح داده شده است.

با در اختیار داشتن این نرم‌افزار هریک از کاربران به راحتی می‌توانند برنامه‌های خود را به هر یک از سه روش STL، CSF و LAD نوشته و آنها را بروی یک دستگاه رایانه شخصی اجرا کنند. با وجود چنین نرم‌افزاری، برنامه‌نویسی و فراگیری PLC بسیار ساده و لذت‌بخش خواهد بود.

پیشرفت روزافزون سیستم‌های کنترل و اتوماسیون از جمله PLC و SCADA در عرصه صنعت و همچنین کاربرد این کتاب در مراکز دانشگاهی و صنعتی و استقبال کم‌نظیر کاربران این سیستم‌ها موجب ترغیب و تشویق نویسنده این اثر به نگارش مجموعه‌های دیگری از این دست شده است که در آینده‌ای نه چندان دور شاهد چاپ این کتب خواهیم بود.

با توجه به همکاری نزدیک اینجانب با شرکت بین‌المللی National Instruments و دسترسی بسیار آسان به منابع و نرم‌افزارهای مربوط به سیستم‌های کنترل و اتوماسیون، علاقمندان به این گونه نرم‌افزارها می‌توانند با ارسال درخواست خود به آدرس الکترونیکی [farbod\\_ghaboosi@yahoo.com](mailto:farbod_ghaboosi@yahoo.com) مطالب و برنامه‌های دیگری را تقاضا کنند.

از خوانندگان عزیز تقاضا می‌گردد نظرات و پیشنهادها را جهت بهبود مطالب این کتاب در چاپ‌های بعدی به آدرس الکترونیکی [plc\\_tips@yahoo.com](mailto:plc_tips@yahoo.com) ارسال فرمایند.

**فربد قابوسی**

**زمستان ۱۳۸۱**

**ایالت نیوجرسی**

## ۱- فصل اول - مفاهیم منطقی

|    |                                                      |
|----|------------------------------------------------------|
| ۲  | ..... ۱-۱ مبناهای عددی                               |
| ۲  | ..... ۱-۱-۱ مبنای دو یا باینری (Binary)              |
| ۵  | ..... ۱-۲-۱ مبنای هشت یا اکتال (Octal)               |
| ۶  | ..... ۱-۳-۱ مبنای شانزده یا هگزادسیمال (Hexadecimal) |
| ۸  | ..... ۱-۴-۱ مبنای BCD (Binary Coded Decimal)         |
| ۹  | ..... ۲-۱ منطق دودویی                                |
| ۱۰ | ..... ۱-۲-۱ تعریف منطق دودویی                        |
| ۱۱ | ..... ۲-۲-۱ سایر عملگرهای منطقی                      |
| ۱۳ | ..... ۳-۱ مدارات ترتیبی و فلیپ‌فلاپ‌ها               |
| ۱۳ | ..... ۴-۱ اجزای حافظه و انواع آن                     |
| ۱۴ | ..... ۱-۴-۱ گذرگاه یا مسیر عمومی (Bus)               |
| ۱۵ | ..... ۲-۴-۱ حافظه (Memory)                           |
| ۱۵ | ..... ۳-۴-۱ حافظه‌های با دسترسی تصادفی (RAM)         |
| ۱۸ | ..... ۵-۱ سیستم‌های کنترل                            |
| ۲۱ | ..... ۱-۵-۱ ساختار سیستم‌های کنترل                   |
| ۲۳ | ..... ۶-۱ انواع سیستم‌های کنترل                      |
| ۲۳ | ..... ۱-۶-۱ سیستم‌های کنترل سخت‌افزاری               |
| ۲۳ | ..... ۲-۶-۱ سیستم‌های کنترل نرم‌افزاری               |

## ۲- فصل دوم - ساختار PLC

|    |                                                |
|----|------------------------------------------------|
| ۲۵ | ..... PLC ۱-۲                                  |
| ۲۷ | ..... ۲-۲ تفاوت PLC با کامپیوتر                |
| ۳۰ | ..... ۳-۲ کاربرد PLC در صنایع مختلف            |
| ۳۱ | ..... ۴-۲ ساخت افزار PLC                       |
| ۳۱ | ..... ۱-۴-۲ مدول منبع تغذیه (PS)               |
| ۳۲ | ..... ۲-۴-۲ واحد پردازش مرکزی (CPU)            |
| ۳۲ | ..... ۳-۴-۲ حافظه (Memory)                     |
| ۳۳ | ..... ۴-۴-۲ ترمینال ورودی (Input Module)       |
| ۳۴ | ..... ۵-۴-۲ ترمینال خروجی (Output Module)      |
| ۳۵ | ..... ۶-۴-۲ مدول ارتباط پروسسوری (CP)          |
| ۳۵ | ..... ۷-۴-۲ مدول رابط (IM)                     |
| ۳۶ | ..... ۵-۲ تصویر ورودی ها (PII)                 |
| ۳۷ | ..... ۶-۲ تصویر خروجی ها (PIO)                 |
| ۳۷ | ..... ۷-۲ فلگ ها، تایمرها و شمارنده ها         |
| ۳۸ | ..... ۸-۲ انبارک یا آکومولاتور (ACCUM)         |
| ۳۸ | ..... ۹-۲ گذرگاه عمومی ورودی / خروجی (I/O bus) |
| ۳۹ | ..... ۱۰-۲ روش های مختلف آدرس دهی              |
| ۳۹ | ..... ۱۱-۲ نرم افزار PLC                       |
| ۴۰ | ..... ۱۲-۲ واحد برنامه نویسی (PG)              |

## ۳- فصل سوم - مقدمه ای بر زبان STEP 5

|    |                                       |
|----|---------------------------------------|
| ۴۳ | ..... ۱-۳ اشکال مختلف نمایش برنامه ها |
|----|---------------------------------------|

|    |                                                              |
|----|--------------------------------------------------------------|
| ۴۴ | ..... ۱-۱-۳ روش نمایش نردبانی (LAD)                          |
| ۴۴ | ..... ۲-۱-۳ روش نمایش فلوچارتی (CSF)                         |
| ۴۶ | ..... ۳-۱-۳ روش نمایش عبارتی (STL)                           |
| ۴۹ | ..... ۲-۳ سیکل زمانی اجرای برنامه (Cycle Time)               |
| ۵۰ | ..... ۳-۳ برنامه‌نویسی سازمان یافته (Structured Programming) |
| ۵۱ | ..... ۱-۳-۳ بلوک‌های برنامه (PB)                             |
| ۵۱ | ..... ۲-۳-۳ بلوک‌های ترتیبی (SB)                             |
| ۵۱ | ..... ۳-۳-۳ بلوک‌های تابع ساز (FB)                           |
| ۵۲ | ..... ۴-۳-۳ بلوک‌های اطلاعاتی (DB)                           |
| ۵۳ | ..... ۵-۳-۳ بلوک‌های سازماندهی (OB)                          |
| ۵۴ | ..... ۴-۳ عملوندهای مورد استفاده در زبان S5 (Operand Area)   |
| ۵۴ | ..... ۵-۳ دستورالعمل‌های زبان S5                             |
| ۵۵ | ..... ۱-۵-۳ دستورالعمل‌های اصلی (Basic)                      |
| ۵۵ | ..... ۲-۵-۳ دستورالعمل‌های تکمیلی (Supplementary)            |
| ۵۵ | ..... ۳-۵-۳ دستورالعمل‌های سیستم (System)                    |
| ۵۶ | ..... ۶-۳ خواندن صفر (Scanning for Zero)                     |
| ۵۶ | ..... ۷-۳ کنتاکت در حالت عادی باز (NO)                       |
| ۵۶ | ..... ۸-۳ کنتاکت در حالت عادی بسته (NC)                      |
| ۶۳ | ..... ۹-۳ کاربرد پرانترها در برنامه‌نویسی به روش (STL)       |
| ۶۷ | ..... ۱۰-۳ فلگ یا پرچم (Flag)                                |
| ۶۹ | ..... ۱۱-۳ بیت RLO                                           |
| ۶۹ | ..... ۱۲-۳ ست و ریست در فلگ‌ها و خروجی‌ها                    |

|     |                                                                    |
|-----|--------------------------------------------------------------------|
| ۷۳  | ..... ۱۳-۳ دستور NOP 0                                             |
| ۸۰  | ..... ۱۴-۳ کانکتور (Connector)                                     |
| ۸۱  | ..... ۱۵-۳ برنامه‌نویسی یک تشخیص دهنده لبه پالس (Edge Detector)    |
| ۸۹  | ..... ۱۶-۳ دستور پرش غیرشرطی (JU)                                  |
| ۸۹  | ..... ۱۷-۳ دستور پرش شرطی (JC)                                     |
| ۹۱  | ..... ۱۸-۳ دستورهای بارگذاری و انتقال                              |
| ۹۲  | ..... ۱-۱۸-۳ دستور L (Load)                                        |
| ۹۳  | ..... ۲-۱۸-۳ دستور T (Transfer)                                    |
| ۹۶  | ..... ۱۹-۳ نکاتی در مورد انتقال و بارگذاری اطلاعات به صورت کلمه‌ای |
| ۹۸  | ..... ۲۰-۳ موارد استفاده انبارها                                   |
| ۹۸  | ..... ۱-۲۰-۳ دستور جمع دو عدد (F+)                                 |
| ۱۰۱ | ..... ۲-۲۰-۳ دستور تفریق دو عدد (F-)                               |
| ۱۰۵ | ..... ۲۱-۳ مقایسه‌کننده‌ها (Comparators)                           |
| ۱۱۲ | ..... ۲۲-۳ شمارنده‌ها (Counters)                                   |
| ۱۲۰ | ..... ۲۳-۳ تایمرها (Timers)                                        |
| ۱۲۵ | ..... ۱-۲۳-۳ تایمر پله‌ای (SP)                                     |
| ۱۲۷ | ..... ۲-۲۳-۳ تایمر پله‌ای گسترده (SE)                              |
| ۱۲۸ | ..... ۳-۲۳-۳ تایمر با تأخیر روشن (SD)                              |
| ۱۳۰ | ..... ۴-۲۳-۳ تایمر با تأخیر خاموش (SF)                             |
| ۱۳۱ | ..... ۵-۲۳-۳ تایمر تأخیر ماندگاری (SS)                             |
| ۱۳۶ | ..... ۲۴-۳ دستورهای اعلام پایان برنامه                             |

## ۴- فصل چهارم - برنامه‌نویسی به زبان STEP 5

|     |                                           |
|-----|-------------------------------------------|
| ۱۴۱ | ..... ۱-۴- روش برنامه‌نویسی               |
| ۱۵۳ | ..... ۲-۴- بلوک‌های اطلاعاتی (DB)         |
| ۱۶۹ | ..... ۳-۴- بلوک‌های تابع‌ساز              |
| ۱۷۷ | ..... ۴-۴- دستورات تکمیلی (Supplementary) |
| ۱۷۷ | ..... ۱-۴-۴ دستور AW                      |
| ۱۷۹ | ..... ۲-۴-۴ کاربرد عملی دستور AW          |
| ۱۸۱ | ..... ۳-۴-۴ دستور OW                      |
| ۱۸۱ | ..... ۴-۴-۴ دستور XOW                     |
| ۱۸۲ | ..... ۵-۴-۴ دستور CFW                     |
| ۱۸۳ | ..... ۶-۴-۴ دستور CSW                     |
| ۱۸۴ | ..... ۷-۴-۴ دستور SLW                     |
| ۱۸۶ | ..... ۸-۴-۴ دستور SRW                     |
| ۱۸۸ | ..... ۹-۴-۴ دستور I                       |
| ۱۸۹ | ..... ۱۰-۴-۴ دستور D                      |
| ۱۹۰ | ..... ۱۱-۴-۴ دستور ADD                    |
| ۱۹۱ | ..... ۱۲-۴-۴ دستور JZ                     |
| ۱۹۲ | ..... ۱۳-۴-۴ دستور JN                     |
| ۱۹۴ | ..... ۱۴-۴-۴ دستور JP                     |
| ۱۹۵ | ..... ۱۵-۴-۴ دستور JM                     |

## ۵- فصل پنجم - شیوه‌های کنترل فرآیند

|     |                           |
|-----|---------------------------|
| ۲۰۱ | ..... ۱-۵- کنترل فرآیندها |
|-----|---------------------------|

|     |                                                     |
|-----|-----------------------------------------------------|
| ۲۰۱ | ..... ۱-۱-۵ برنامه‌های ترکیبی (Combinational Logic) |
| ۲۰۱ | ..... ۲-۱-۵ برنامه‌های ترتیبی (Sequential Logic)    |
| ۲۱۰ | ..... ۲-۵ دستور DO                                  |
| ۲۱۷ | ..... ۳-۵ ارسال پیام‌های خطا بر روی صفحه نمایش      |
| ۲۲۷ | ..... ۴-۵ ساختار برنامه‌های ترتیبی                  |
| ۲۴۲ | ..... ۵-۵ نقطه شروع یا حالت اولیه (Initial State)   |

## ع- فصل ششم - رفع اشکال نرم‌افزاری

|     |                                                                            |
|-----|----------------------------------------------------------------------------|
| ۲۵۷ | ..... ۱-۶ تشخیص اشکالات برنامه‌نویسی                                       |
| ۲۵۹ | ..... ۲-۶ تبدیل کد ماشین به دستورات STEP 5                                 |
| ۲۶۶ | ..... ۳-۶ دستیابی به دستورالعمل نادرست با استفاده از ISTACK                |
| ۲۶۷ | ..... ۴-۶ روشی دیگر برای دستیابی به دستورالعمل نادرست با استفاده از ISTACK |
| ۲۷۰ | ..... ۵-۶ دستیابی به دستورالعمل نادرست با استفاده از BSTACK                |

## ۷- فصل هفتم - برنامه‌نویسی به زبان CSTL

|     |                                                              |
|-----|--------------------------------------------------------------|
| ۲۷۲ | ..... ۱-۷ تایمرها                                            |
| ۲۷۵ | ..... ۲-۷ آدرس‌دهی غیرمستقیم (Indirect Addressing)           |
| ۲۷۷ | ..... ۳-۷ قابلیت استفاده از دستورهای تکمیلی در تمامی بلوک‌ها |
| ۲۷۸ | ..... ۴-۷ PLC 500                                            |
| ۲۷۹ | ..... ۱-۴-۷ کارت پردازشگر مرکزی (P16 A)                      |
| ۲۸۰ | ..... ۲-۴-۷ کارت ورودی دیجیتال (DI 321)                      |
| ۲۸۱ | ..... ۳-۴-۷ کارت خروجی دیجیتال (DO 321)                      |
| ۲۸۲ | ..... ۴-۴-۷ کارت ورودی آنالوگ (AI 16)                        |
| ۲۸۳ | ..... ۵-۴-۷ کارت خروجی آنالوگ (AO 8)                         |

|     |                                 |
|-----|---------------------------------|
| ۲۸۴ | ..... کارت منبع تغذیه (SUP 151) |
| ۲۸۵ | ..... کارت کنترل مکان (PC 210)  |
| ۲۸۶ | ..... کارت گسترش (EP 100)       |
| ۲۸۷ | ..... کارت شبکه (CPI 600)       |

## ۸- فصل هشتم - برنامه‌نویسی به روش GRAPH 5

|     |                                                               |
|-----|---------------------------------------------------------------|
| ۲۹۰ | ..... ۱-۸ GRAPH 5 چیست؟                                       |
| ۲۹۰ | ..... ۲-۸ قابلیت‌های روش GRAPH 5                              |
| ۲۹۰ | ..... ۱-۲-۸ OVERVIEW LEVEL                                    |
| ۲۹۱ | ..... ۲-۲-۸ ZOOM-IN LEVEL                                     |
| ۲۹۲ | ..... ۳-۸ روش برنامه‌نویسی GRAPH 5                            |
| ۲۹۲ | ..... ۴-۸ المان‌ها و عناصر موجود در روش GRAPH 5               |
| ۲۹۶ | ..... ۵-۸ برنامه‌نویسی در بخش ZOOM-IN                         |
| ۲۹۶ | ..... ۶-۸ برنامه‌نویسی مراحل مختلف برنامه (PROGRAMMING STEPS) |
| ۲۹۶ | ..... ۷-۸ برنامه‌نویسی شرایط گذار (PROGRAMMING TRANSITIONS)   |
| ۲۹۷ | ..... ۸-۸ در نظر گرفتن WAITING TIME و MONITORING TIME         |
| ۲۹۷ | ..... ۱-۸-۸ زمان مراقبت یا نظارت TM (MONITORING TIME)         |
| ۲۹۷ | ..... ۲-۸-۸ زمان انتظار TW (WAITING TIME)                     |
| ۲۹۷ | ..... ۹-۸ ارائه توضیحات در روش GRAPH 5 (COMMENTS)             |
| ۲۹۷ | ..... ۱۰-۸ ساختار برنامه در روش GRAPH 5                       |
| ۲۹۹ | ..... ۱۱-۸ لیست بلوک‌های لازم در برنامه‌نویسی به روش GRAPH 5  |

## ضمائم

|     |                                                            |
|-----|------------------------------------------------------------|
| ۳۱۱ | .....ضمیمه ۱ - قطعات زوج نوری (Optical Coupler)            |
| ۳۱۳ | .....ضمیمه ۲ - فهرست دستورات زبان STEP 5                   |
| ۳۲۷ | .....ضمیمه ۳ - فهرست کدهای ماشین در PLC های زیمنس          |
| ۳۳۱ | .....ضمیمه ۴ - فهرست خطاهای موجود در صفحه نمایش ISTACK     |
| ۳۳۵ | .....ضمیمه ۵ - فهرست دستورهای زبان CSTL                    |
| ۳۴۱ | .....ضمیمه ۶ - روش نصب و راه اندازی نرم افزار شبیه ساز PLC |
| ۳۶۵ | .....منابع و مراجع                                         |