

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Индустријски инжењеринг

Предмет: Производни системи

Број индекса: 91/2016

Игор М. Србљак

Примена PLC система у производним предузећима завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Доц др Александар Ђорђевић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да проучи литературу и анализира PLC системе у производним предузећима и исте опише. Након описа, кандидат треба на конкретном примеру да покаже улогу ових система у производним предузећима. Кандидат треба да спроведе самосталан рад и користи одговарајућу методологију и референтну литературу. Такође, кандидат треба да спроведе и практично прикупљање података у производним организацијама које послују у Србији. Мотивација за реализацију рада се огледа кроз чињеницу да се кроз адекватно прикупљање и анализу података могу предложити различите могуће примене PLC система у производним предузећима.

Препоручена литература:

- [1] Matic, N. (2001). Introduction to plc controllers. Belgrade, Serbia: mikroElektronika. Available via <http://www.mikroelektronika.co.yu/english/product/books/PLCbook/plcbook.htm> [Accessed October 28, 2004].
- [2] Bryan, L. A., & Bryan, E. A. (1997). Programmable controllers: theory and implementation. Industrial Text Company.
- [3] Ljungkrantz, O., Åkesson, K., & Fabian, M. (2010). Practice of industrial control logic programming using library components. In Programmable Logic Controller. IntechOpen.

Крагујевац, јул 2019.

Ментор:
Доц др Александар Ђорђевић

РЕЗИМЕ

У овом раду је описан PLC (Programmable Logic Controller) који је микроелектронски систем у коме су хардвер и софтвер специјално адаптирани одређеном индустријском окружењу. Дефинисане су теоријске основе и домен примене, затим је детаљно описан поступак имплементације и упоређени су предности и недостаци PLC система. Са намером да се системи управљања засновани на релејној логици упросте, крејем 60-их година настају PLC системи који отклањају главне мане релејне логике, као што су скупо одржавање, пад поузданости са сложенијим шемама, ограничен век трајања итд.

Технологија производње трпи свакодневне промене и својим напредовањем мења трендове и потражњу на тржишту. Савремена индустријска производња мора се брзо прилагодити свим тим захтевима и променама, односно мора исплатити брзу промену производног програма, смањено време за пројектовање, олакшану дијагностику, смањење застоја извођење и надоградњу постојећих система без компликованих измена концепција. У том случају дизајн система за аутоматизацију производње има велики значај. Немогуће је замислити индустријски процес без примене рачунара и рачунарских технологија. Основу аутоматизације било ког индустријског постројења представљају програмабилни логички контролери.

Кључне речи: Аутоматизација, програмабилни логички контролери, примена, рачунари, систем, контролер.

ABSTRACT

This paper describes a PLC (Programmable Logic Controller), which is a microelectronic system in hardware and software specifically tailored to the industrial environment department. It is defined on a theoretical basis and domain of application, and it is described in detail to apply the application and to apply the consistency and unavailability of the PLC system. With the intention of making the management system reuse the logic of utilization, the 60s teaching PLC systems are removed, and the main flaws are reduced to logic, which complies with state requirements, and then published with more complex schemes, and life span is limited.

Manufacturing technology is undergoing day-to-day changes and its advancement is pushing ahead with trends and bringing it to market. Modern industrial production must quickly adapt to all these interventions and changes, unilaterally morally correct the rapid extension of the production program, reduced design time, solve diagnostic problems, reduce implementation performance and upgrade such potentials. In this case, we design a production automation system and it has great characters. It is impossible to imagine an industrial process without the use of computers and computer technologies. Basic automation of all industrial products is built with the introduction of software logic controllers.

Key words: automation, programmable logic controller, application, computers, system, controller.

САДРЖАЈ

1	УВОД	4
2	Теоријске основе и домене примене	8
3	Историјат PLC-а	11
4	Поступак имплементације	11
5	Меморија	13
6	Напајање	14
7	Улази PLC контролера	15
7.1	Интерфејс за подешавање улаза	17
7.1.1	CPU и PM	19
8	Излаз PLC регулатора	20
8.1.1	Излазни ON/OFF уређаји	23
8.1.2	Излазни аналогни уређаји	23
8.2	Интерфејс за подешавање излаза	23
8.3	Продужне линије	23
9	Програмирање PLC регулатора	24
10	Ladder program	27
10.1	Лествичаста дијаграм (Ladder diagram)-LD	27
10.2	Ледер програмирање – Бит наредбе за дефинисање и постављање услова	30
10.3	Пример управљања гаражним вратима	31
10.4	Тестирање програма – симулација стварних стања	34
11	Предности и недостаци	34
11.1	Предности	34
11.1.1	Флексибилност	34
11.1.2	Лака промена програма и корекција грешака	34
11.1.3	Велики број контакта	35
11.1.4	Ниска цена	35
11.1.5	Могућност пробног рада	35
11.1.6	Могућност визуелног праћења рада	36
11.1.7	Брзина рада	36
11.1.8	Једноставност наручивања компоненти управљачког система	36

11.1.8	Једноставност наручивања компоненти управљачког система.....	36
11.1.9	Документација.....	37
11.1.10	Безбедност.....	37
11.2	Недостаци PLC-а	37
11.2.1	Нова технологија.....	37
11.2.2	Апликације са фиксим програмом	37
11.2.3	Услови рада	37
11.2.4	Безбедност у раду.....	37
12	Конструкција PLC-а.....	38
12.1	Компактни PLC.....	38
12.2	Модуларни.....	39
13	Закључак	40

1 УВОД

Индустрија је почела да препознаје потребу за побољшањем квалитета и повећањем продуктивности у шездесетим и седамдесетим годинама. Флексибилност је такође постала главна брига (способност промене процеса постала је веома важна да би се задовољиле потребе потрошача).

Уколико се разматра аутоматизована индустријска производна линија шездесетих и седамдесетих година може се уочити да су увек постојале огромне електричне плоче за контролу система, а неретко је покривала цео зид. Унутар ове плоче био је велики број међусобно повезаних електромеханичких релеја како би читав систем функционисао. Под речју "спојено" се подразумевало да електричар све релеје мора да споји ручно користећи жице. Инжењер би дизајнирао логику за систем, а електричари би добили шематски приказ логики коју су морали имплементирати помоћу релеја. Те релејне шеме често су садржавале стотине релеја.

На дијаграмима, које означавају шему где су приказани сви прекидачи, сензори, мотори, вентили, релеји итд. који се налазе у систему. Посао електричара био је да их све заједно повеже. Један од проблема ове врсте управљања је био што се она заснива на механичким релејима. Механички инструменти су обично били најслабија веза у систему због покретних делова који су се могли истрошити. Ако би један релеј престао да ради, електричар би морао да испита цео систем (систем би био искључен док се не нађе и отклони узрок проблема).

Други проблем са овом врстом управљања био је у прекиду система када је систем морао бити искључен, тако да је могуће повезати на електричној плочи. Ако би се нека фирма одлучила променити редослед пословања (извршити чак и малу промену), испоставило би се да је то велики трошак и губитак времена производње све док систем поново не буде функционалан.

Није тешко замислити инжењера који направи неколико малих грешака током свог пројекта. Такође је могуће да је електричар направио неколико грешака у повезивању система. На крају, можете и замислити да имате неколико лоших компоненти. Једини начин да се види да ли је све у реду је покретање система. Како системи обично нису савршени при првом покушају, проналажење грешака био је тежак процес.

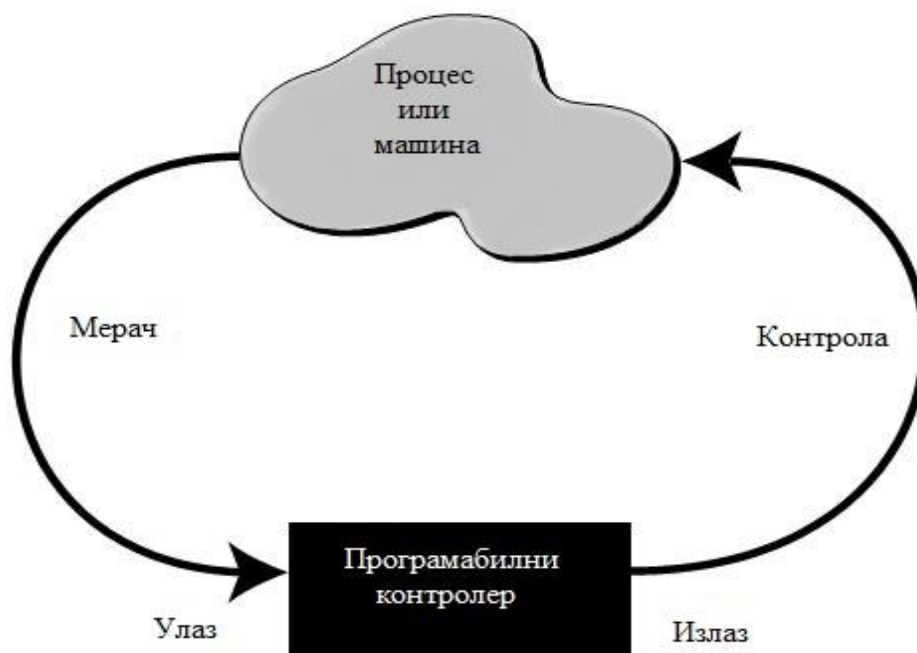
Такође потребно је да имате на уму да производ не може бити направљен током ових корекција и промена веза. Систем је морао бити буквално онемогућен пре него што су се извршиле промене. То је значило да је целокупно производно особље у тој линији производње остало без посла док систем не буде поправљен поново. Тек када је електричар елиминисао грешке и поправио систем, систем је био спреман за производњу. Издаци за овакав посао су били превелики чак и за добро предузеће. Зато своју примену налазе нова решења у виду PLC, PLC-и се обично користе у масовној производњи, на пример за координацију робота и машина. Животни циклуси многих масовно произведених производа, укључујући аутомобилске производе, значајно су се смањили током последњих година, због променљивих потреба тржишта и повећане конкуренције. Ово је поставило нове захтеве за PLC програме, који морају бити лако модификовани и

брзо у потпуности бити функционални, како би се смањило време застоја и радно време производног система.



Слика 1. *Изглед типичног PLC контролера[4].*

Програмибилни логички контролери, који се називају и програмирљиви контролери или PLC-ови, спадају у породицу рачунара, који користе интегрисане склопове уместо електромеханичких уређаја за имплементацију управљачких функција. Они су способни да чувају упутства, као што су секвенцирање, одбројавање времена, бројање, аритметика, манипулација подацима и комуникација, за контролу индустријских машина и процеса. Слика 1.1 илустрира концептуални дијаграм PLC апликације.

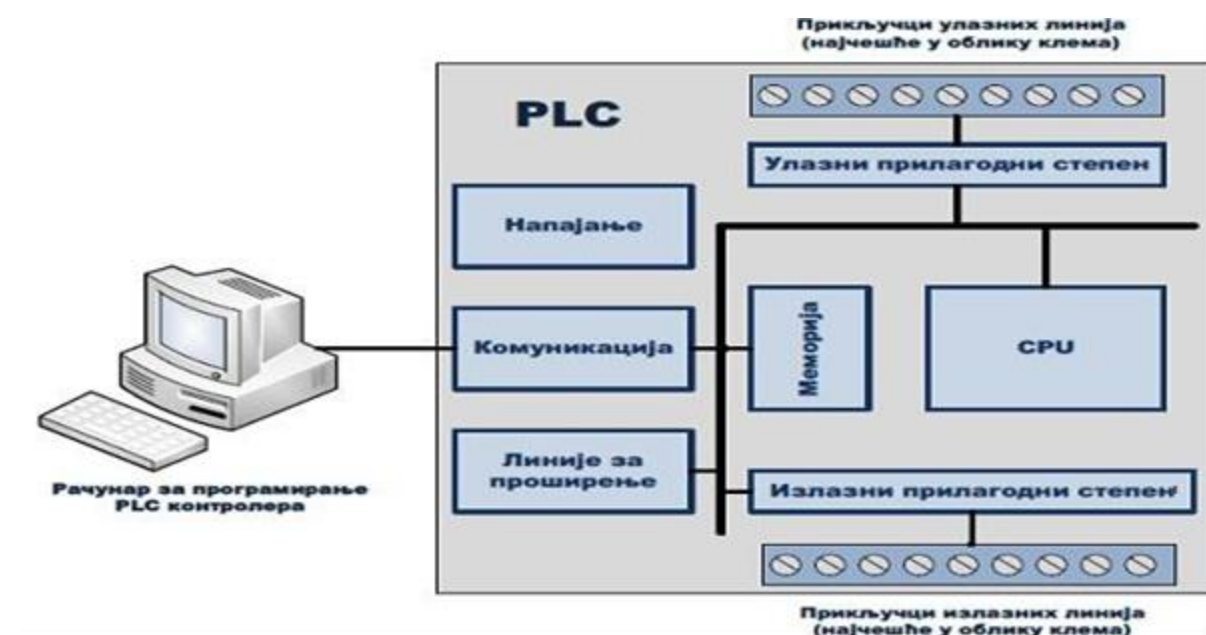


Слика 1.1 *PLC концептуални дијаграм примене*[4].

PLC је дефинисан као: Дигитални електронски уређај који користи програмабилну меморију за памћење наредби којима се захтева извођење специфичних функција у циљу управљања различитим машинама и процесима.

PLC представља рачунар који се састоји од меморије, процесора, улаза и излаза. Они најчешће представљају разноразне типке, прекидаче, сензоре итд... Користи се за аутоматско управљање електромеханичких процеса. PLC се разликује од персоналног рачунара јер је предвиђен за индустријско окружење и примену. Такође је отпорнији на хабање, вибрацију, промене температуре, електричне сметње, ударна оптерећења.

PLC је настао као специјалоизован рачунарски уређај који обавља низ логичких или секвенцијалних елемената који се налазе у неком релејном уређају. Временом се проширио обим операција које PLC обавља, односно укључене су сложеније функције за директно дигитално управљање неким системом. Уједно се водило рачуна и о томе да он треба да ради у крајње неповољним климотехничким условима који владају у индустријском окружењу, као и о његовој флексибилности у смислу прилагођавања различитим изменама на процесу.



Слика 1.2 Конструкција PLC[5].

Систем за управљање PLC се састоји од:

- Прекидача, тастера, сензора итд. – (улазни уређаји)
- Део PLC контролера – (улазни модул). Преко модула се примају сигнали са улазних уређаја.
- Процесор који представља главни део PLC контролера, састоји се од централне процесорске јединице и меморије. У њему су сви подаци за управљање целим системом.
- Излазног модула. Њиме се задају бинарни сигнали појединим излазним уређајима.
- Излазних уређаја, релеи, светиљке, стартери мотора, вентили итд.



Слика 1.3 Основни елементи PLC[4].

Кључ за успех са новим уређајем је то што за његово програмирање није потребно научити нови програмски језик. Програмиран је тако да се користио исти дијаграм - лествице познат техничарима. Електричари и техничари би врло лако могли разумети ове нове уређаје јер је логика изгледала слично старој логици с којом су били навикли да раде. Стога нису морали да уче нови програмски језик који се (очито) показао као добар потез. PLC контролери су у почетку названи РС контролери (програмибилни контролери). То је изазвало малу збрку када су се појавили Персонални Рачунари. Да не би дошло до забуне, ознака је почела да се користи за персоналне рачунаре, а програмибилни контролери постали су програмирљиви логички контролери. Први PLC контролери били су једноставни уређаји. Повезали су улазе попут склопки, дигиталних сензора итд., а на основу интерне логике укључивали или искључивали излазне уређаје. Када су се први пут појавили, нису били баш погодни за компликоване контроле попут температуре, положаја, притиска итд. Међутим, током година, произвођачи PLC регулатора додавали су бројне карактеристике и побољшања. Данашњи PLC контролер може поднети веома сложене задатке као што су контрола положаја, различити прописи и друге сложене апликације. Побољшана је и брзина рада и лакоћа програмирања. Такође су развијени модули за посебне намене, попут комуникацијских модула за повезивање више PLC регулатора на мрежу. Данас је тешко замислити задатак који PLC не може да реши.

2 Теоријске основе и домене примене

Инжењери General Motors-а. су први развили програмабилни логички контролер. Прва појава PLC-а, контроле и остали електронски процеси су били управљани великим бројем релеја. Надоградња таквог система и одржавање је било јако скупо такође је одузимало много времена. Из тих разлога GM Hydramatic, одељење General Motors-а за управљање и аутоматске преноснике је 1968. захтевао замену сложених релејних кола и система. Нови контролни систем морао је да обезбеди:

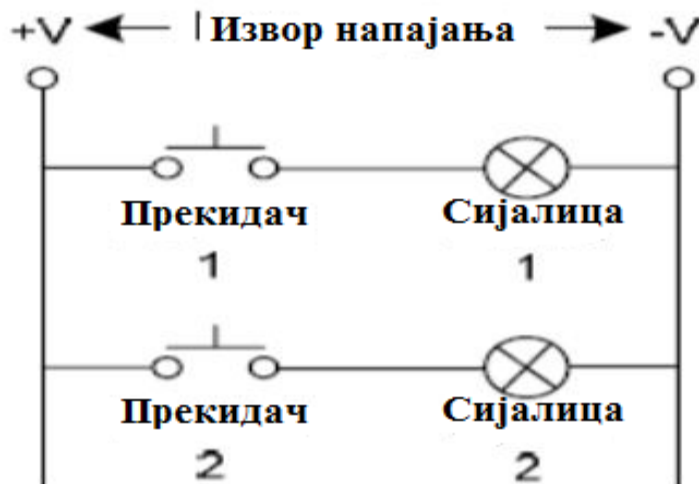
- Лакше једноставније програмирање,
- Програмске измене (без већих системских интервенција и веза),
- Јефтиније компоненте,
- Јефтиније одржавање.

Најбоља понуда дошла је из Бедфорда. То је био први PLC икад направљен, означен је бројем 084 под називом modular digital controller (Modicon). На тржишту се задржао чак 20 година. Настанком првог PLC-а омогућено је једноставније повезивање бинарних сигнала, а ти услови под којим су ови сигнали требали бити повезани одређени су у контролном програму. Такође појава PLC система омогућила је исцртавање система на екрану и чување истих у виду датотеке у електронску меморију. Били су програмирани у „степеничној логици“ која је била најсличнија шематским дијаграмима код релејних логичких кола и због тога није било потребе за већом обуком стручног особља које је радило са релејним колима.

Ови системи првобитно нису имали одговарајуће програмске интервале за графички приказ логичког кола на екрану, уместо тога логика је исписавана као серија логичких израза Boolean алгебром. Како су се програмски терминали развијали омогућено је коришћење ladder дијаграма. Временом су развијени разни напредни програмски језици управо за програмирање софтвера, али нису били толико популарни као ladder дијаграми. Ови дијаграми омогућују кориснику да тачно види и предвиди у ком делу кола ће доћи до грешке, с обзиром на то да PLC решава логичке проблеме предвидивом, унапред одређеном и поновљивом петљом.

Први PLC контролери су били једноставни уређаје за on/off управљање и превасходно су се користили за замену релејне технике. Међутим, такви контролери нису могли да обезбеде сложеније управљање као што је управљање температуром, притиском, позицијом. Временом произвођачи су уградили бројна побољшања и функционална унапређења

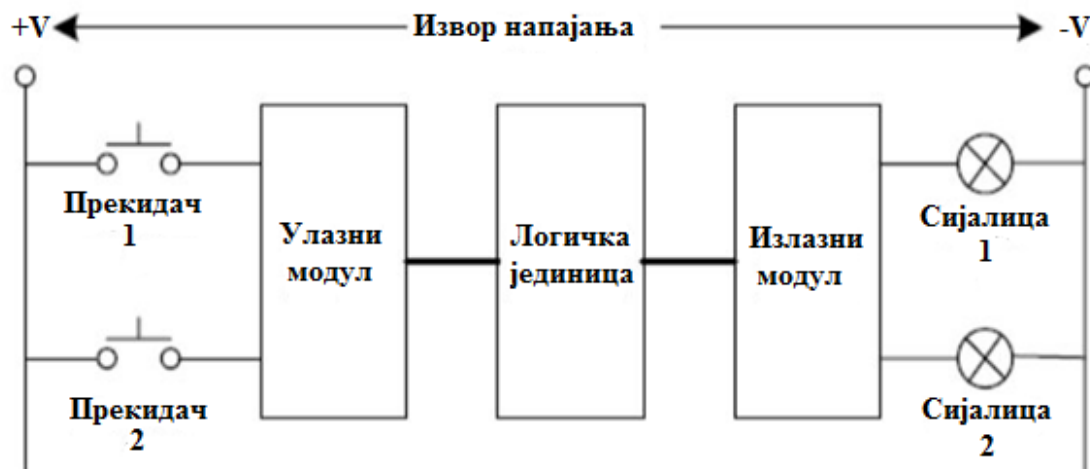
Нови PLC контролери могу обављати изузетно сложене задатаке како што су управљање прецизним позиционирањем и сложеним технолошким процесима. Брзина рада контролера је повећан и програмирање је лакше. Развијени су бројни модули за примену као што је визија, радио комуникација или чак препознавање говорних команди.



Слика 2. Релејни систем[4].

Целокупну управљачку логику, сложеност и више стотина релеја могуће је земнити једним компактним електронским уређајем- PLC контролера. Да би се реализовала функција са Сlike 2., логичка јединица треба бити тако програмирана да генерише побуду за сијалицу 1 за све време док је прекидач један затворен и у исто време генерише побуду за сијалицу 2 за све време док је прекидач 2 затворен.

У меморију логичке јединице уноси се програм по коме логичка јединица ради, помоћу тастатуре или на неки други начин. Тај програм остаје запамћен све док се не унесе неки нови.



Слика 2.1 Систем управљан PLC контролером [4].

На слици 2.1 видимо да нису прекидачи директно повезани са сијалицама. Уместо тога, прекидачи су повезани на улазни, а сијалице на излазни модул. Такође видимо да улазни и излазни модул нису директно повезани већ посебно преко логичке јединице која сходно програму управљања укључује или искључује сијалице у зависности од текућег стања прекидача.

На слици 2.1 види се да логичка јединица прима сигнал од улазног модула када је прекидач један затворен и шаље сигнал излазном модулу под условима који су одређени програмом. Програм даље усмерава сигнал на излазни прикључак на коме сијалица 1 је повезана увек када од улазног модула прими сигнал да је на прикључку на коме је повезан прекидач 1 детектован напон. Типично кашњење од тренутка активирања прекидача до тренутка активирања сијалице је реда 5 до 10ms слична активност се одвија и када се прекидач 2 активира, али се сада сигнал усмерава на прикључак на коме је повезана сијалица 2.

Дакле, код система који користе релејну технику струја тече од напонског извора кроз прекидач до сијалице, ако је прекидач затворен. Када је прекидач отворен струјно коло је раскинуто, што прекида напајање сијалице. Код система који се управљају PLC контролером, струја којом се напаја из извора напајања тече кроз прекидач у улазни модул, где се детектује присуство напона и шаље сигнал мале снаге логичкој јединици. Напон на прекидачу и напонски сигнали који улазни модул шаље су изоловани, зато што микро процесори раде при малим напонима и струјама. Изолација се типично остварује помоћу опто-каплера.

Примена PLC контролера у почетку била је ограничена на релативно велике управљачке системе због високе цене. Код већих управљачких система број управљачких релеја покривао је цену PLC контролера. Данас је цена приступачнија, тако да PLC контролери представљају економично решење за највећи број практичних примена[2].

3 Историјат PLC-а

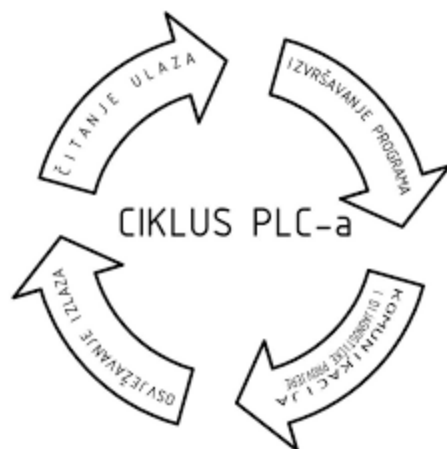
Први PLC контролери су били једноставни уређаји за on/off управљање и превасходно су се користили за замену застареле релејне технике. Међутим, такви PLC контролери нису могли да обезбеде сложеније управљање, као што је управљање температуром, притиском, позицијом. У међувремену, произвођачи PLC контролера развили су уградили у PLC контролере бројна побољшања и функционална унапређења. Савремени PLC контролери имају могућност обављање изузетно сложених задатака као што је управљање прецизним позиционирањем и управљање сложеним технолошким процесима. Такође, брзина рада PLC контролера је значајно повећана, као и лакоћа програмирања.

Историјат PLC-а:

- Настали касних 60' и раних 70' године прошлог века.
- Првобитна примена у аутомобилској индустрији (у фабрикама аутомобила)
 - Тежна да се смањи време застоја приликом промене производног процеса (нови модел аутомобила).
- Први PLC -ови су се програмирали као конвенционали рачунари тог времена - превише сложено за индустријске инжењере тог времена.
- Увођење микропроцесора 80' год. - прекретница у развоју и експанзија у ширењу PLC -ова.
- Праћено напретком у начину програмирања (олакшано програмирање и коришћење).
- Ширење области примене:
 - Не само ON/OFF управљање већ и сложеније функције;
 - Специјализација за поједине захтевне задатке управљања;
 - Могућност комуникације са другим PLC -овима или рачунарима.

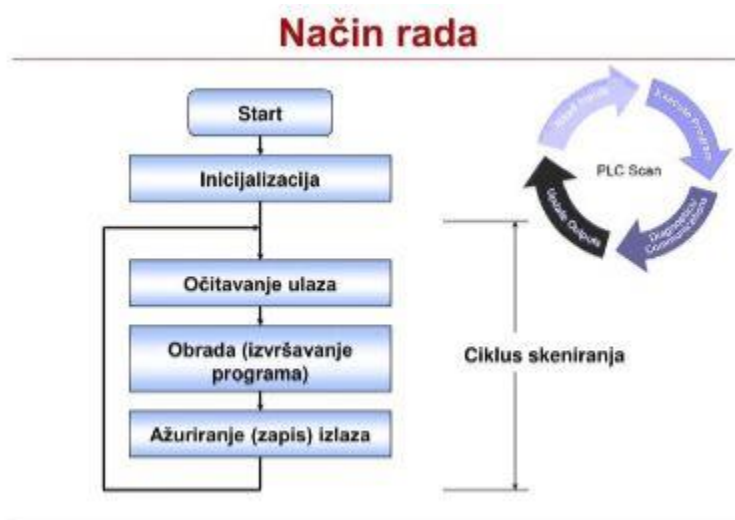
4 Поступак имплементације

Програмабилни логички контролер већину жичаних веза елеминише, које би биле потребне да се ради о релејним логичким системима. Развој PLC-а је омогућио: велику брзину одзива, једноставно програмирање, лако отклањање грешака и тестирање, мрежну компатибилност, управљање позиционирањем при великим брзинама, управљање процесима који раде са „PID“ (proporcionalno-integrisano-diferencijalno) управљање алгоритмом.



Слика 3. Циклус PLC-а[8].

PLC нису исплативи за неке мале системе, који се могу реализовати са веома малим бројем релеја. Такође, системи који не захтевају репрограмирање са временом, а врло се лако решавају са релејном логиком. Када бих упоредили релејну логику са PLC, PLC је прилично осетљив на радно окружење као што су вибрације, електричне сметње, високе температуре. Сви безбедносни захтеви се могу решити програмабилним контролерима као код система са релејима, али је потребна уградња безбедносних релеја и у случају рада са PLC. У ситуацијама када би отказали PLC контролери, добро је имати стоп тастер који не би били повезани са на улазима, већ на излазима PLC-а.



Слика 3.1 Начин рада PLC-а[8].

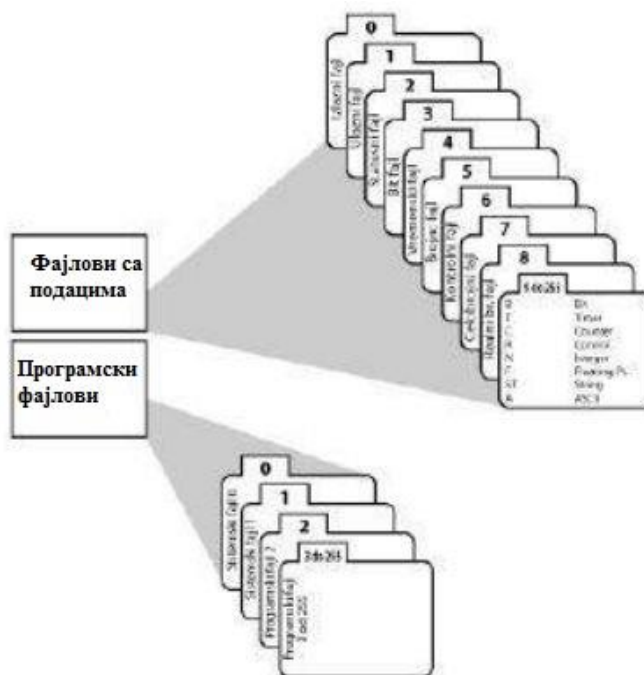
Програмабилни контролери пружају велику флексибилност. Програм који је написан, може се мењати и лако прилагодити новим захтевима. Трошкови у неким случајевима коришћењем управљачких релеја могу да превазиђу трошкове употребе програмабилних контролера. Могућност коришћења и тестирања дијагностичких алата смањује трошкове, поузданост система се повећава и одржавање је лакше. Такође, елеминише грешке у логици система које су настале погрешним означавањем.

Програмабилни контролери има могућност да комуницира са другим контролерима или другом рачунарском опремом ради обављања одређених функција као на пример: надзирање система, праћење уређаја и процеса.

5 Меморија

Системска меморија (данас се углавном имплементира у FLASH технологији) користи PLC за систем управљања процесима. Поред овог оперативног система, он садржи и кориснички програм преведен са лествичног дијаграма у бинарни облик. Садржај FLASH меморије може се мењати само у случају када се мења кориснички програм. PLC контролери коришћени су раније уместо FLASH меморије и имали су EPROM меморију уместо FLASH меморије коју је требало обрисати UV лампом и програмирати на програматорима. Употребом FLASH технологије овај процес је значајно скраћен.

Репрограмирање програмске меморије врши се серијским каблом у програму за развој апликација. Корисничка меморија је подељена на блокове који имају посебне функције. Неки делови меморије користе се за чување улаза и излаза. Стварни статус улаза смешта се или као "1" или као "0" у одређени меморијски бит. Сваки улаз или излаз има један одговарајући бит у меморији. Остали делови меморије користе се за чување променљивих садржаја за променљиве које се користе у корисничком програму. На пример, вредност тајмера или бројач ће се сачувати у овом делу меморије.



Слика 4. Организација меморије PLC контролера[8].

Како постоје инструкције и програми који морају трајно бити сачувани у меморији, тако

постоје и подаци који су подложни променама. Према томе, постоје различите врсте меморије на које се подаци спремају:

- **ROM** (*Read – Only Memory*) је меморија на коју се подаци трајно спремају, без могућности мењања. Имуни су на промене током нестанка струје. PLC уређаји ретко употребљавају ROM меморију.
- **RAM** (*Random – Access Memory*) је меморија која је дизајнирана на начин да се информације на њу могу записивати и читати. Не задржава податке уколико остане без извора напајања. RAM меморија у PLC уређају обично је подржана батеријом како се по нестанку напајање подаци не би изгубили.
- **PROM** (*Programmable read – only memory*) је посебна врста ROM меморије која се може програмирати само једном. Ретко је у употреби код PLC уређаја.
- **EPROM** (*Erasable programmable read– Only memory*) је посебна врста PROM меморије која се може избрисати у целости када је изложена UV светлу те се поновно програмирати.
- **EAROM** (*Electreically alterable read– only memory*) је меморија слична EPROM меморији, само се подаци уместо УВ светлом бришу електричним путем.
- **EEPROM** (*Electreically epasable programmable read –only memory*) је врста меморије за трајну похрану података. Подаци се могу брисати и поновно програмирати електричним путем. Дакле, нуди трајну похрану података који се једноставно могу променити програматором. EEPROM меморија се користи у PLC уређајима.

6 Напајање

Снабдевање електричном енергијом користи се за довођење електричне енергије у централну процесну јединицу. Већина PLC контролера ради или на 24 VDC или 220 VAC. На неким PLC контролерима наћи ћете напајање електричном енергијом као посебан модул. То су обично већи PLC контролери, док мале и средње серије већ садрже модул за напајање. Корисник мора одредити колико струје треба узети из I/O модула како би се осигурало да електрично напајање даје одговарајућу количину струје. Различите врсте модула користе различите количине електричне струје.

Ово електрично напајање се обично не користи за покретање спољних улаза или излаза. Корисник мора осигурати одвојене залихе при покретању улаза или излаза PLC регулатора, јер тада можете осигурати такозвано "чисто" напајање за PLC контролер. Под чистим снабдевањем подразумевамо снабдевање тамо где индустријско окружење не може да утиче штетно.



Слика 5. Уређај за напајање[4].

Неки мањи контролери PLC-а своје улазе напајају напоном из малог извора напајања који је већ уграђен у PLC. Уређај намењен напајању PLC-ова једносмерним напоном приказан је на слици 5.

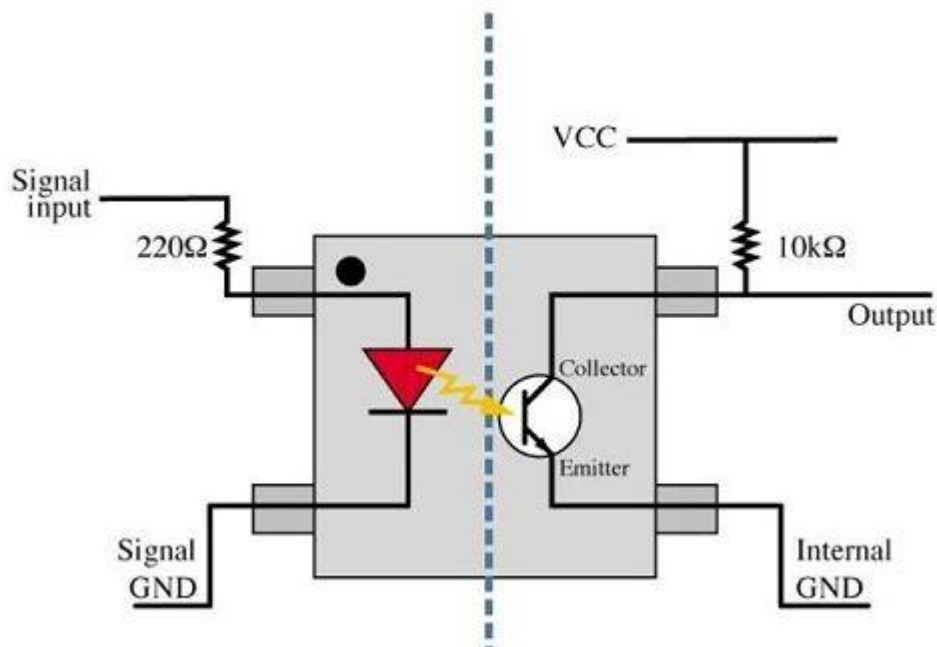
7 Улази PLC контролера

Ефективност и самосталност неког аутоматизованог система у великој мери зависи од могућности самог PLC-а да чита и обрађује сигнале са различитих врста сензора и улазних уређаја. Комуникација између руковаоца и машине се остварује путем тастера, тастатуре, прекидача или дисплеја осетљивих на додир. Са друге стране, за детекцију радног комада, механизма у кретању, притиска, температуре или нивоа течности, потребни су специфични уређаји као што су на пример сензори брзине, нивоа, температуре, фотоелектрични сензори итд., зато улазни сигнали могу бити логички, аналогни и дигитални. Углавном мањи контролери имају само дигиталне улазне линије али зато већи могу прихватити и аналогне улазе преко посебних јединица које се прикључују на PLC. Вредности аналогних сигнала су најчешће реда неколико милиампера за струјни сигнал и неколико милivolти за напонски, које генеришу разни сензори. PLC улази имају два основна задатка: да штите логичку јединицу и да прихватају улазне сигнале.

Између улазних линија и CPU се налази прилагодни степен који се често назива „интерфејс“. Улога наведеног степена је да штити CPU од несразмерних сигнала који се доводе на улаз у PLC. Улазни прилагодни степен претвара ниво логике тог сигнала на

ниво логике сигнала који одговара PLC. Ово се обавља углавном помоћу електронске компоненте која се зове оптокаплер (опто-изолатор).

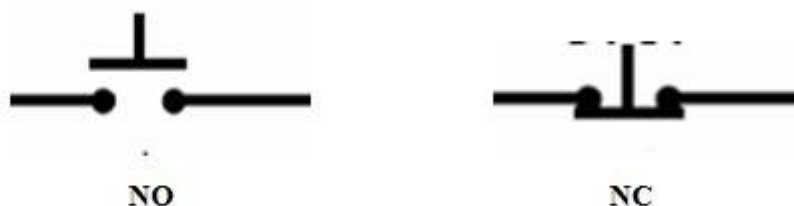
Оптокаплер је уствари вид опто-изолације, код које нема електричне везе између спољашњег света и CPU, већ се сигнал преноси светлошћу, оптички. Спољни сигнал који је доведен на улаз укључује ЛЕ диоду у оптокаплеру чија светлост побуђује фото-транзистор који се налази у истом кућишту. Када транзистор проведе, CPU ће то регистровати као логичку нулу, а по престанку деловања улазног сигнала ЛЕ диода се гаси, транзистор не проводи, напон на колектору расте и CPU то види као логичку јединицу. Шема степена за прилагођавање приказана је на слици 6.



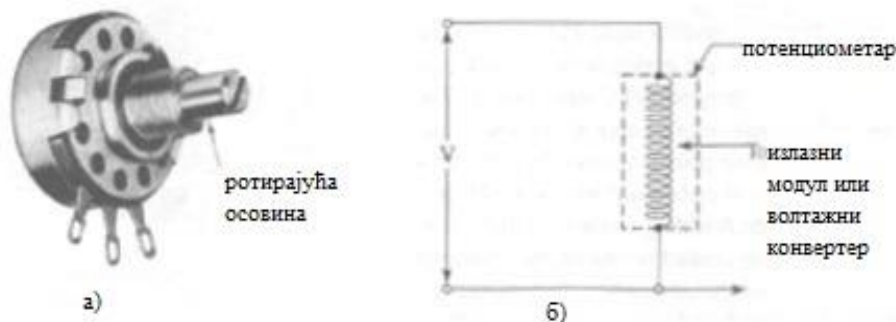
Слика 6. Степен за прилагођавањ улазних уређаја[4].

Различити улазни уређаји су механичке компоненте које имају контакте. При одређеном отварању или затварању контакта, електрични спој се не раскида, односно не успоставља тренутно, већ јавља се прелазни режим у току кога се спој више пута успостави и прекине пре него што достигне коначно стање. Поменута појава зове се треперење контакта и може имати врло озбиљне нежељене последице уколико се не елиминише, с обзиром да логичка јединица сваки трептај може протумачити као нову активацију улазног сигнала. Ово се решава колом за елиминацију треперења улазног сигнала које се уграђује у прилагодни степен.

Интелигенција аутоматизованог система у великој мери зависи од способности PLC регулатора да чита сигнале са различитих врста сензора и улазних уређаја. Тастери, тастатура и функционални прекидачи су основа за однос човека према машини. С друге стране, да би се открио радни команд, прегледали механизам у покрету, проверили притисак или ниво течности, потребни су вам одређени аутоматски уређаји попут сензора близине, маргиналних прекидача, фотоелектричних сензора, сензора нивоа итд. Дакле, улазни сигнали могу бити логички (on / off) или аналогни.



Слика 6.1. Контакт нормално отворен (NO) и нормално затворен (NC) контакт.



Слика 6.2. Улазни аналогни уређаји а) угљени; б) жичани[4].

Мањи PLC контролери обично имају само дигиталне улазне линије, док већи такође прихватају аналогне улазе кроз посебне јединице прикључене на PLC регулатор. Један од најчешћих аналогних сигнала су струјни сигнал од 4 до 20 mA и милivolт напонски сигнал који генеришу разни сензори. Сензори се обично користе као улази за ПЛЦ-ове. Можете добити сензоре за различите сврхе. Могу да осете присуство неких делова, мере температуру, притисак или неку другу физичку димензију итд. (Нпр. Индуктивни сензори могу да региструју металне предмете).

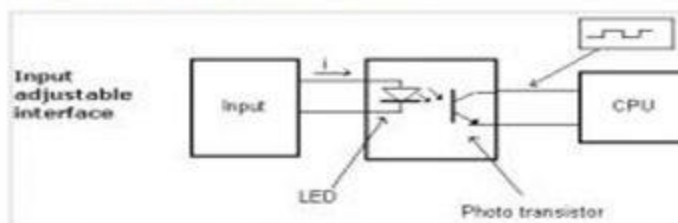
Остали уређаји такође могу послужити као улази у PLC регулатор. Интелигентни уређаји попут робота, видео система итд. Често су способни да шаљу сигнале на улазне модуле PLC регулатора (робот, на пример, може да пошаље сигнал на улаз PLC контролера као информацију када заврши премештање објекта са једног места на друго.)

7.1 Интерфејс за подешавање улаза

Интерфејс за подешавање улаза постављен је између улазних линија и CPU јединице. Сврха интерфејса за прилагођавање је заштитити CPU од несразмерних сигнала из спољашњег света. Модул за подешавање улаза претвара ниво реалне логике у ниво који одговара CPU јединици (нпр. Улаз сензора који ради на 24 VDC мора бити претворен у сигнал од 5 VDC да би CPU могао да га обрађује). Ово се обично врши опто-изолацијом, а ову функцију можете видети на следећој слици.

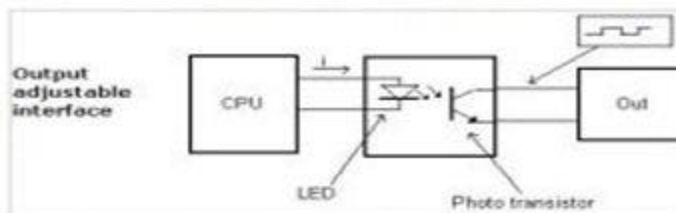
Дигитални улази/излази

Дигитални улази (одвојени)



Ово су дигитални улази (тастери, прекидачи, тастатуре) али постоје и аналогни

Дигитални излази (одвојени и појачани)



Управљају контакторима, моторима, релејима, LED диодама

Слика 8. Дигитални улази и излази[4].

Опто-изолација значи да нема електричне везе између спољног света и CPU јединице. Они су „оптички“ одвојени, или другим речима, сигнал се преноси светлошћу. Начин на који ово делује је једноставан. Спољни уређај доноси сигнал који укључује LED, чије светло заузврат подстиче фото транзистор који заузврат почиње да се води, а CPU то види као логичку нулу (дистрибуција између колектора и предајника пада испод 1V). Кад се улазни сигнал заустави, LED диода се искључи, транзистор се зауставља, напон колектора се повећава, а CPU прима логичку 1 као информацију.

7.1.1 CPU и PM



Слика 9. CPU и PM[4].

CPU-ово је мозак PLC-а. Сам CPU је најчешће неки од микроконтролера, раније су то били 8-битни микроконтролери попут 8051, (слика 10) а данас су то 16-то и 32-битни микроконтролери. CPU се такође брине о комуникацији, међусобној повезаности осталих делова CPU-а, извршавању програма, управљању меморијом, надгледањем улаза и управљањем излаза. CPU јединица врши велики број провера самог PLC-а како би се на време уочиле евентуалне грешке.



Слика 10. Микроконтролер intel 8051[4].

микроконтролери се састоје од:

- Конектори за повезивање са **PM** и другим PLC-овима.
- *backup* батерија
 - Кључ:
 - **OFF** - систем није оперативан нити се може програмирати
 - **RUN** - систем ради (радија), али се не може и програмирати.

- **DISABLE** - Искључује све излазе, тј. поставите их у неактивно стање.
- **MONITOR** - укључује екран на коме ће приказивати тренутне оперативне информације.
- **RUN / PROGRAM** - Систем је оперативан, а допуњена је модификација програма. Овај начин рада мора да се опрезно користи, јер се свака модификација програма тренутно манифестује у раду система.
- **PROGRAM** - систем не ради, али може и програмирати или репрорамирати.



Слика 10.1. PM Progremator/monitor[4].

На Слици 10.1. је приказан типичан програматор/монитор (PM) са CRT екраном. Типичан ручни терминал приказан је на слици десно, PM са слике видимо да може пружити потпунији увид у рад и тренутни статус PLC-а, али зато је ручни терминал преносив.

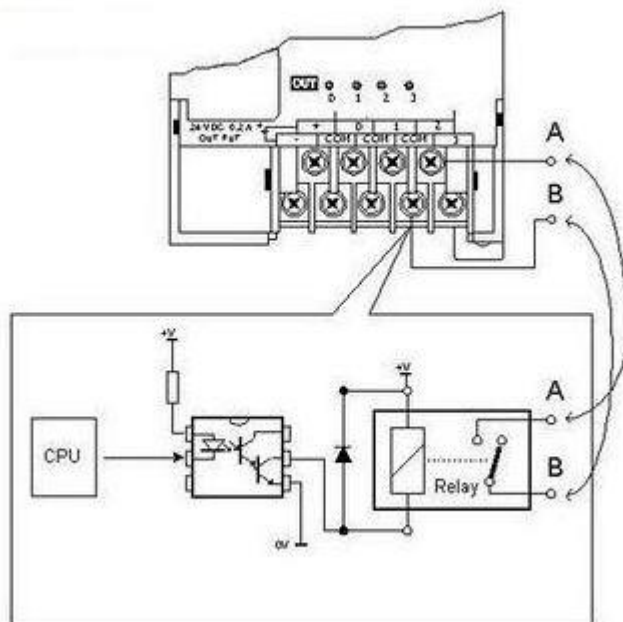
PM се повезује са CPU-ом помоћу одговарајућег кабла. Након што је CPU програмиран, PM није више неопходан и веза са ЦПУ-ом се може раскинути, исти PM се може користити за програмирање свих PLC-ова у једном производном погону.

8 Излаз PLC регулатора

PLC регулатрои служе за повезивање контролера са излазним уређајима којима се управља. То су најчешће мотори, соленоиди, релеи, звучна и светлосна сигнализација и слично. Могу бити аналогног или дигиталног типа.

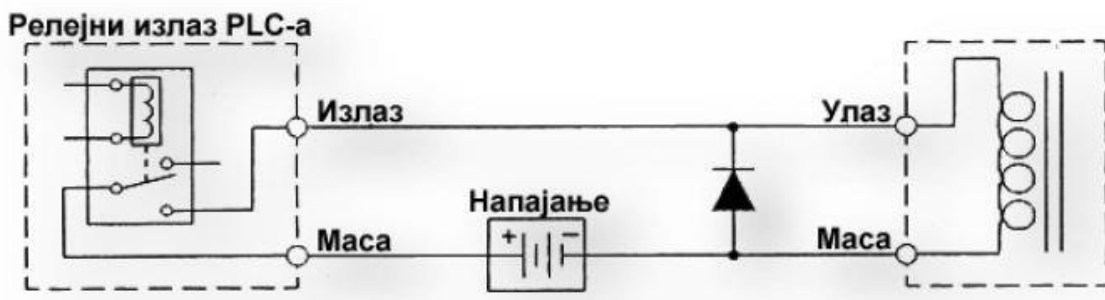
Излазни интерфејс (слика 16) је сличан улазном. У овом случају CPU шаље сигнал на LE диоду која својом светлошћу побуђује фото-транзистор који почиње да проводи, чиме напон између његовог колектора и емитера пада на 0.7 што уређај прикључен на излаз види као логичку нулу. Када нема сигнала на LE диоди, транзистор је закочен и на излазу постоји логичка јединица. Фото-транзистор није директно везан за излаз PLC-а, већ

се између њега и излаза обично налази релеје или јачи транзистор способан да врши прекиде јачих сигнала.



Слика 11. Степен за подешавање излазних сигнала[4].

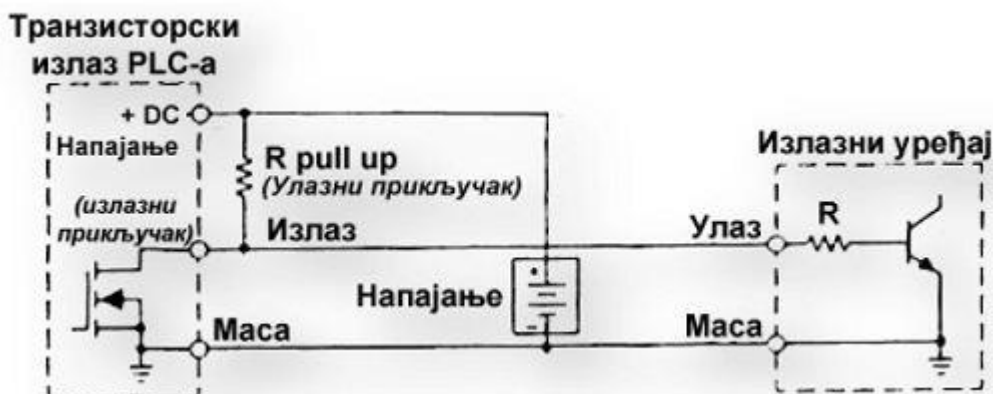
У случајевима када се на релејни излаз повезује индуктивно оптерећење, потребно је да се излаз заштити диодом, како би се продужио радни век контакта релеја. Приликом укључивања и искључивања излаза долази до појаве напонских пикова на крајевима индуктивног оптерећења који могу изазвати варничења контакта излазног релеа. Уградњом диоде ови пикови се елиминишу.



Слика 11.1. Спрега индуктивног оптерећења на релејни излаз PLC-а[8].

Још један карактеристичан случај повезивања је када се на транзисторски излаз PLC-а повезује уређај чији је улаз транзистор NPN или PNP типа. Транзисторски излаз је отворени дрејн, што значи да у случају побуде уређаја PNP типа мора бити постављен екстерни pull-up отпорник како би се обезбедила струја побуде када је излазни транзистор закочен. Веома је битно да се правилно димензионише овај отпорник, јер ако је претерано

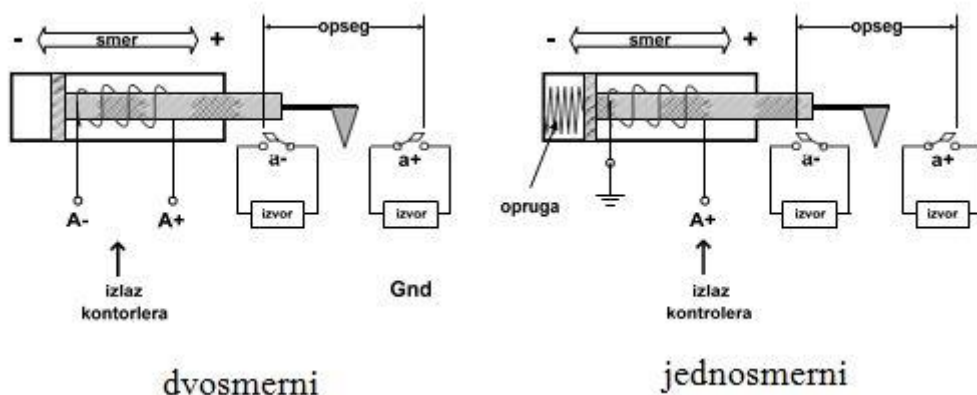
велике отпорности биће недовољна струја побуде, а у случају да је премала отпорност биће велика дисипација на отпорнику када је излазни транзистор проводан.



Слика 11.2 Спрега транзисторског излаза PLC-а и излазног уређаја NPN[8].

Битан параметар излаза PLC-а је максимална излазна струја, која се углавном наводи као максимална излазна струја целокупног контролера и максимална струја по једном излазу, при чему је обично максимална струја мања од збира максималних струја појединачних излаза.

Аутоматизовани систем је непотпун ако није повезан са неким излазним уређајима. Неки од најчешће коришћених уређаја су мотори, соленоиди, релеји, индикатори, звучна сигнализација и слично. Покретањем мотора или релеја, PLC може управљати или контролисати једноставан систем као што је систем за сортирање производа све до сложених система као што је сервисни систем за позиционирање главе CNC машине. Излаз може бити аналогног или дигиталног типа.



Слика 11.3. Излазни уређаји[4].

Дигитални излазни сигнал ради као прекидач; он повезује и искључује линију. Аналогни излаз користи се за генерисање аналогног сигнала (нпр. Мотор чија брзина се регулише напоном који одговара жељеној брзини).

8.1.1 Излазни ON/OFF уређаји

Излазни ON/OFF уређаји се састоје од:

- Стартер мотора
 - Струја која пробија кроз калем ствара магнетно поље које прилаже котву и затвара (или отвара) контакт, који управљају другим уратима.отором
 - Реле обично има, само један, више контаката од оних са неким NO а други NC тип.
 - Контактирајте релеа су електрично изоловани од PLC модула
 - Кроз контакт реклама може протицати већу струју, а контакт може прекидати више напоне према договору излазног модула.
- Детекција преоптерећена и аутоматско искључење мотора;
- Дуални стартери мотори – напред / назад”;
- За једносмерне, наизменичне, трофазне (синхроне) моторе;

8.1.2 Излазни аналогни уређаји

Излазни аналогни уређаји се састоје од:

- Аналогни актуатори управљају континуирано, користећи аналогни (променљиви) напон или струју.
- Серво мотор: брзина ротирања се стално регулише, користећи посебне врсте аналогног излазног PLC модула
- Серво вентилација: отворена вентилација може бити фино, стално регулистати
- По правилу поседују додатне уређаје за индикацију тренутних позиција (енкодери).

8.2 Интерфејс за подешавање излаза

Излазни интерфејс је сличан улазном интерфејсу. CPU доноси сигнал на LED диоду и укључује га. Светлост подстиче фото транзистор који почиње да води струју, па напон између колектора и емитера пада на 0,7 V, а уређај прикључен на овај излаз ово види као логичку нулу. Обрнуто то значи да сигнал на излазу постоји и тумачи се као логички. Фото транзистор није директно повезан са излазом PLC контролера. Између фото-транзистора и излаза обично постоји релеј или јачи транзистор који може прекинути јаче сигнале

8.3 Продужне линије

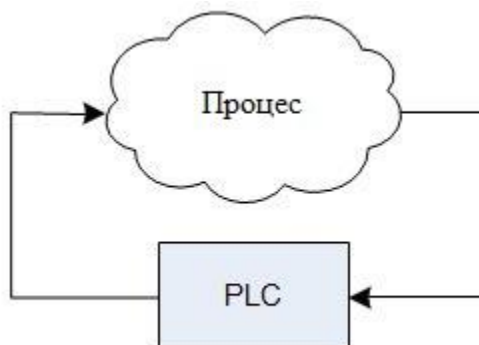
Сваки PLC контролер има ограничен број улазно / излазних линија. Ако је потребно, овај број се може повећати помоћу одређених додатних модула додавањем система кроз проширење линија. Сваки модул може садржавати проширење и улазних и излазних линија. Такође, продужни модули могу имати улазе и излазе другачије природе од оних на PLC контролеру (нпр. Ако су релејни излази на контролеру, транзисторски излази могу бити на продужном модулу).

9 Програмирање PLC регулатора

PLC контролер може се репрограмирати преко рачунара (уобичајен начин), али и преко ручних програмера (конзола). То практично значи да сваки PLC контролер може програмирати преко рачунара ако имате софтвер потребан за програмирање. Данашњи рачунари за пренос су идеални за репрограмирање PLC регулатора у самој фабрици. Ово је од велике важности за индустрију. Једном када је систем исправљен, важно је поново прочитати прави програм у PLC. Такође је добро повремено проверити да ли се програм у PLC није променио. Ово помаже да се избегну опасне ситуације у фабричким просторијама (неки произвођачи аутомобила имају успостављене комуникационе мреже које редовно провере програме у PLC контролерима како би се осигурало извршење само добрих програма).

Програмирање PLC-а и његове особине:

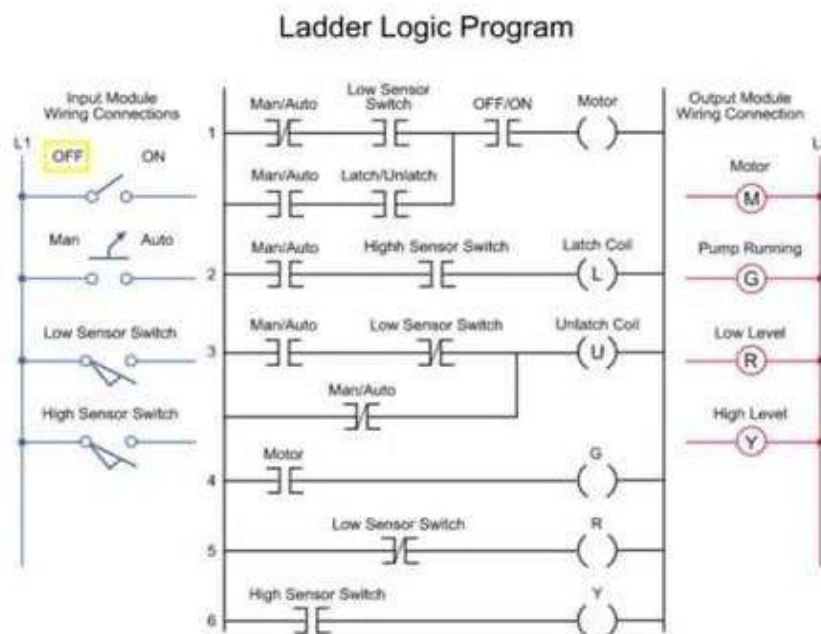
- PLC - (*programmable*) - могућност програмирања.
 - Програм рада се не припрема и пушта у сталну меморију PLC контролера.
 - PLC програм развија се на лествичасти (*ladder*) дијаграму, који се појављује у погледу на тзв. релејне шеме.
- PLC- (*Logic*) - главна особина PLC контрола је могућност обављања логичких (булових) функција.
 - Генерише дискретне (дигиталне) излазне сигнале у функцији (логичке) дискретних улазних сигнала
 - Карактеристично за првобитне типове PLC контролере.
 - Савремени PLC-ови, поред логичких могу да се изврше: аритметичке операције, одмерне временске интервале, пребројавају догађаје, прихватају и генеришу, поред дискретних и аналогних сигнала.
- PLC - (*Controller*) - Главна примена у индустрији (производна) где се користи као управљачка јединица за аутоматско управљање процесима
 - Процес подешавања параметара ширине (посреднички прикључени сензор и давача, и сходно меморисан програм, генерише активирање процеса (посреднички актуатор).



Слика 12. Процес PLC-а[4].

PLC се посматра као микропроцесорски систем, што и јесте, онда би се могло очекивати да се за његово програмирање користе стандардни програмски језици. Међутим, ако се пође од чињенице да је PLC пројектован као наменски микропроцесорски систем за управљање и надзор рада неког процеса, и да у складу са тим има посебан оперативни систем који обезбеђује периодично понављање циклуса, онда је логично очекивати да је за његово програмирање развијен и посебан програмски језик. Као што је већ раније истакнуто, PLC је почетно развијен са идејом да замени релејне системе, што значи да се очекивало да он реализује одређену временску секвенцу различитих логичких операција. Осим тога, успешна примена PLC-а у пракси, захтевала је и да се његово програмирање прилагоди техници која је свим корисницима релејних система врло добро позната. Због свих ових разлога, за пројектовање PLC-ова развијен је програмски језик заснован на лидер (лествичастим) дијаграмима – лидер програмски језик. Сваки ранг лидер дијаграма састоји се из два дела. На левој страни ранга налази се услов изражен у форми контактне (прекидачке) логике, док на десној се страни ранга налази акција која би требала да се изврши уколико је услов испуњен (true-истинит).

Услов – У основи, графички симболи на левој страни ранга односе се или на стања сигнала који представљају физичке улазе PLC-а, и чије су вредности током улазног дела скен циклуса смештене у input image fail, или на стања интерних променљивих, чије су вредности смештене у одговарајућим датотекама. Сваки симбол представља једну унарну бинарну операцију којој је придружена одговарајућа таблица истинитости. Графички симбол се назначава и адреса променљиве која представља операнд. При испитивању истинитости услова сматра се да се над свим симболима у једној линији обавља логичка “I” операција. Ово би значило да је услов истинит уколико је сваки појединачни исказ истинит. На левој страни ранга који је приказан дозвољена су и грађања (паралелене везе). Након испитивања истинитости услова паралелене везе третирају се као логичка “ILI” операција. Тако да то значи да ће исказ представљен низом паралелних грана бити истинит, ако једна од грана има истинит исказ. Поред тога је потребно да се истакне да лева страна може бити формирана тако да на њој нема ни једног симбола. У том случају сматра се дауслов који се на тај начин дефинише тако да је истинит.



Слика 12.1 Ледер логички програм[4].

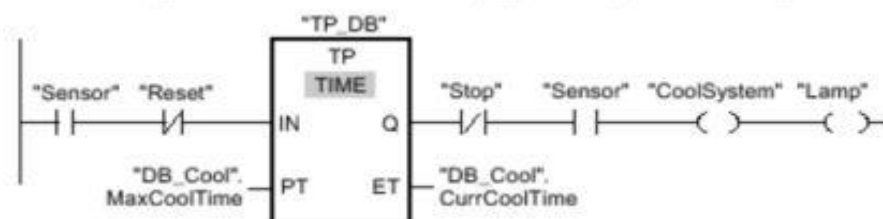
Акција – Графички симболи на десној страни ранга односе се или на физички излаз (променљиве смештене у output image file, које ће бити пренете на излазе контролера у току излазног дела скен циклуса) или на интерне променљиве, чије су вредности смештене у одговарајућим датотекама. Сваки симбол представља једну наредбу која се извршава ако је услов на десној страни истинит. Уз симбол се назначавача и адреса променљиве чија се вредност мења током извршавања наредбе, или која било који други начин учествује у реализацији наредбе. Серијска веза на десној страни ранга није дозвољена, док паралелна веза означава да се више различитих наредби извршавају као резултат испитивња истинитости једног истог услова.

У литератури је уобичајено да се и симболи који означавају услов и симболи који означавају акцију означавају као наредбе. Отуда је неопходно да се истакне суштинска разлика између наредби услова и наредби акције. Наиме, извршавање наредби услова обавља се тако што се у зависности од вредности операнда, према придруженој табlici истинитости, наредби додељује вредност (0 или 1). Дакле, наредбе услова се извршавају у сваком скен циклуса и резултат њиховог извођења је вредност наредбе. За разлику од тога наредбама акције се или додељује вредност некој променљивој или извршава нека друга активност. Ове наредбе се извршавају само ако је услов који им претходи истинит (додељена му је вредност 1). При томе се самим наредбама акције не додељује никаква вредност.

10 Ladder program

LAD едитор представља програм као графички приказ сличан електричним шемама. Ледер програм емулира ток електричне струје од извора напајања, кроз низ улазних логичких услова, који на крају резултирају стањима излаза.

Лева страна LAD дијаграма се напаја, затворени контакти омогућавају пролаз енергије, а отворени контакти прекидају ток. Логика је подељена у нивое - *network*, и програм се извршава један по један ниво, се лева на десно, и од врха ка дну. Такав изглед подсећа на лествице, и по томе је овај приказ и добио име. Различите инструкције су представљене графичким симболима и укључују три основне форме. Контакти представљају стања логичких улаза као што су прекидачи, тастери, или унутрашњи услови. Калем обично представља логичке излазе као што су лампе, мотори, стартери, релеји, или стања логичких излаза. Блок представља додатне инструкције, као што су тајмери, бројачи или математичке функције.



Слика 12.2 Пример програма у LAD едитору[12].

Калем обично представља логичке излазе као што су лампе, мотори, стартери, релеји, или стања логичких излаза. Блок представља додатне инструкције, као што су тајмери, бројачи или математичке функције.

10.1 Основне инструкције лествичастог дијаграма

Сет инструкција развијен у СИЕМЕНС-у за програмирање PLC-ова из фамилије S7- 1200 је јако широк. Као што је већ речено инструкције су представљене графичким симболима и укључују три основне форме: контакте, калемове, и блокове. Према својој функцији могу се поделити на неколико група: генералне или основне инструкције, бит логичке инструкције, инструкције тајмера, инструкције бројача, инструкције поређења, математичке инструкције, претварачке инструкције, инструкције логичких операција, итд. На слици је приказани основни сетови инструкција, који се, притиском на стрелицу, разлажу на појединачне инструкције сваког сета.



Слика12.3 Основни сетови инструкција[12].

Пре него што се пређе на конкретне инструкције, биће објашњене основне конвенције везане за програмирање S7-1200.

EN (Enable IN) - укључен улаз - представља Булов улаз за блокове у LAD дијаграмима. Да би блок инструкција била извршена потребано је да на улазу постоји ток струје.

ENO (Enable OUT) - укључен излаз - представља Булов излаз за блокове у LAD дијаграмима. Ако блок има ток струје на EN улазу, и блок инструкција буде извршена без грешке, ENO излаз прослеђује ток струје следећем елементу. Ако се открије грешка приликом извршавања блок инструкције, ток струје је прекинут у блоку који је генерисао грешку.

Условни/безусловни улази - у LAD дијаграмима, блок, или калем који је завистан од тока струје представљен је са везом на неки елемент на левој страни. Блок, или калем који је независтан од тока струје представљен је директним везивањем на леву шину извора напајања.

Инструкције поређења - извршавају се без обзира на стање тока струје. Ако нема тока струје (*false*), нема ни излаза (*output is false*). Ако постоји ток струје, излаз зависи од резултата поређења. Инструкције поређења се представљају као блокови, иако се операције обављају како контакт.

Лествичасте дијаграми настали су на бази струјних управљачких шема. У употреби су од самих почетака PLC уређаја. Могућност програмирања лествичастим дијаграмима један је од главних разлога успеха PLC уређаја. Сличности међу начином програмирања PLC уређаја лествичастим дијаграмима и релејном лествичастом логиком каква се пре користила у управљању производним погонима, олакшала је сами прелазак с релејног система управљања ка системима управљаним PLC уређајима. Успоредјујући струјне шеме са лествичастим дијаграмима PLC програмског језика видимо многе сличности. На слици је приказана шема једноставног START – STOP струјног управљачког круга. Рад

управљаног уређаја, у овом случају мотора, зависи од позиције тастера, односно помоћног контакта.



Слика 12.4 Поређење струјног и логичког пута[11].

Лествичаста дијаграм је врло сличан дијаграму кола. Шема симболи представљају стварне уређаје и њихово ожичење, док су за мердевине дијаграми представљају команде у програму. Такође је приказан дијаграм кола стање контакта (otvoreno/zatvoreno), док се у дијаграму мердевина логично испитује да ли нека наредба истина (true) која представља логички '1' или нетачно (false) представљање логично '0'.

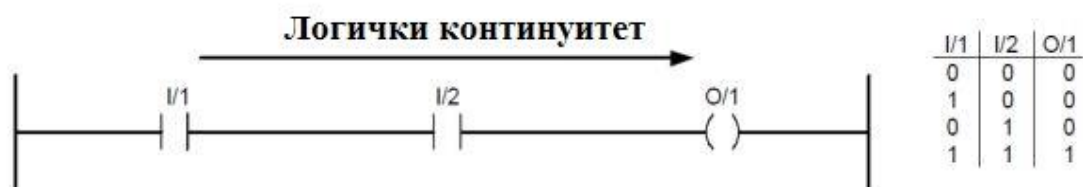
Сваки логички пут у лествичастом дијаграму има најмање једну излазну наредбу и да ако је испунила бар један или више услова, мора бити испуњено. Услови су сигнали које испоручује PLC уређај обрађује са улаза. Десно од логичког пута налази се наредба за излаз која има статус ON/OFF, у зависности од статуса стања. На следећој слици коју видимо пример логичког пута у дијаграму мердевина који приказује зависност излаза од улаза.



Слика 12.5 Пример лествичастог дијаграма[11].

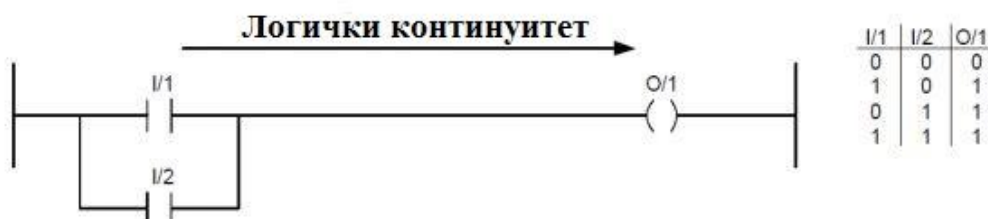
Програмирање лествичних дијаграма може се свести на две основне комбинације логичке команде 'I' и 'IL' и њихове деривације.

Следећа слика приказује пример две серијски повезане логичке команде 'I'. Да би изашли активирани, морају бити испуњена оба логична услова. Ако је само један од два логичка услова у стању '0', логички континуитет је прекинут и излаз се неће активирати.



Слика12.6 Лествичасти дијаграм логичке операције 'I'[11].

Ако су две команде повезане паралелно, добићемо 'IL' логичну операцију. Изаћи ће активирајте ако је испуњен један од два услова. Када ниједан од ова два услова није испуњено, логички континуитет је изгубљен и излаз се неће активирати, као што је приказано на следећој слици:



Слика12.7 Лествичасти приказ логичке операције 'IL'[11] '.

Комбиновањем основних логичких операција можемо извући целу Боолеову алгебру која пружа нам гомилу опција за програмирање. Програми се углавном састоје од више логички склопови и треба нагласити да програм тече одозго према доље, од прве логичке кружите према последњем.

10.2 Бит логичке инструкције

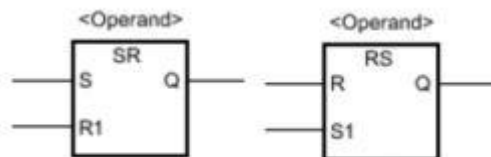
Стандардни контакти могу бити *Нормално отворени* и *Нормално затворени*, а вредности добијају из меморије, или регистра ако је тип податка I или Q. *Нормално отворени контакт* --|/|-- је затворен (укључен - он) када је бит једнак јединици, а *Нормално затворени контакт* --|/|-- је затворен (укључен - он) када је бит једнак нули. *Инструкција Негације* --[NOT]-- мењају статус тока струје улаза, тј. мењају вредности из 1 у 0, или из 0 у 1.



Слика12.8 Бит-логичке инструкције[12].

Контакти *Контролисање силазном ивицом операнда* --|N|-- и *Контролисање узлазном ивицом операнда* --|P|-- контролишу сигнал у тренутка када сигнал мења стање, у првом случају са 1 на 0, а у другом случају са 0 на 1.

Инструкција *Излазни калем* --()-- се сетује појавом сигнала. Инструкције *Излазни калем сетовања* --(S)-- и *Излазни калем ресетовања* --(R)-- сетују (постављају, укључују) или ресетују (искључују) излаз у зависности од стања, логичка јединица или логичка нула.



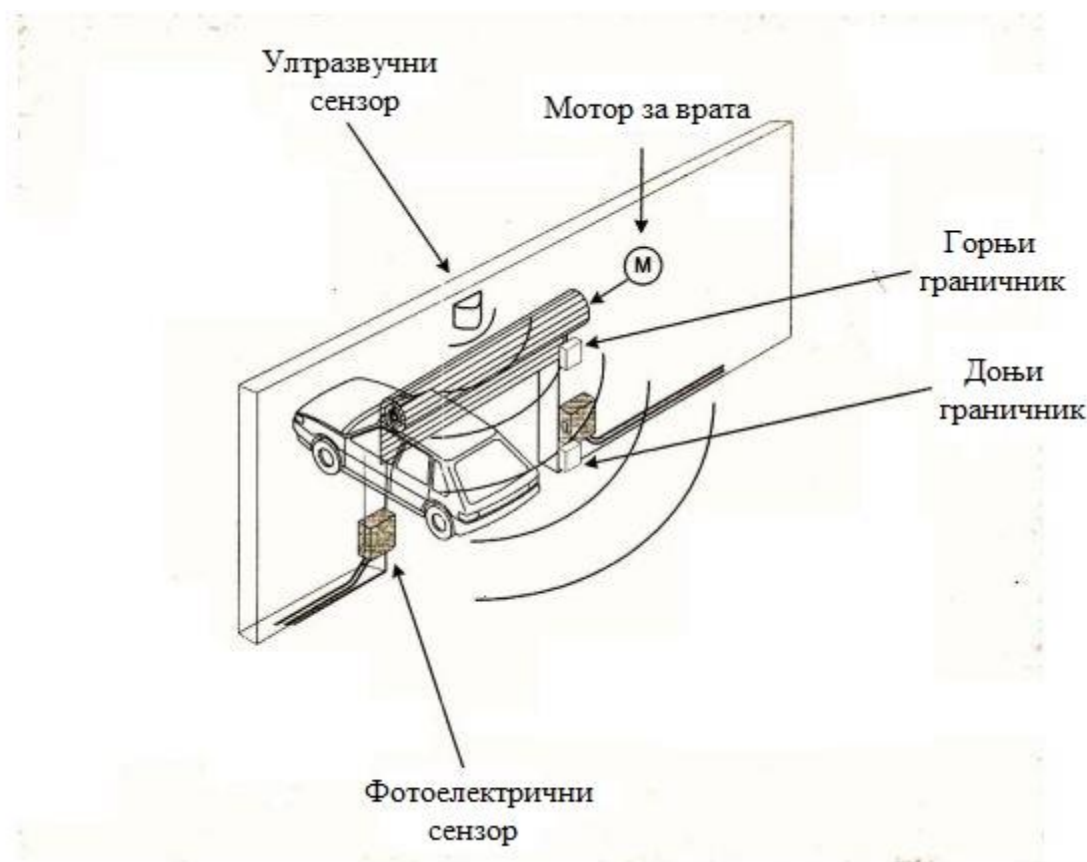
Слика12.8 Set/reset i Reset/set flip-flop[12].

Инструкције доминантног сетовања *Set/reset flip-flop* (SR) и ресетовања *Reset/set flip-flop* (RS) су прекидачка кола са памћењем где је сетовање, односно ресетовање доминантно. Ако су и сигнал сетовања (S) и ресетовања (R1) присутни (тачни), онда је и излаз тачан, односно нетачан, респективно.

10.3 Пример управљања гаражним вратима

Гаражна врата могу се аутоматизовати тако да се не отварају или затварају тако да човек не мора да брине. Циљ овог практичног задатка је дизајнирати аутоматски систем управљања гаражним вратима и његова имплементација.

Принцип рада је следећи: Ултразвучни сензор монтиран изнад гаражних врата открива возило у надлазећем положају, стварајући услов за подизање врата. Пролазећи кроз возило врата, сноп светлости који емитује фотоелектрични сензор прекида се да би се сигнализирао систему да се врата могу сигурно затворити. Врата још увек имају два гранична прекидача; горњи који то сигнализира да су врата потпуно отворена и доња која сигнализирају да су врата потпуно затворена.



Слика 12.9- Шема аутоматског система управљања гаражним вратима[4].

Први корак у програмирању таквог система за аутоматско управљање гаражним вратима био би одредите који су наши улазни сигнали у систем (сензори), који су наши излазни сигнали из система и доделите им имена.

Улази у систем:

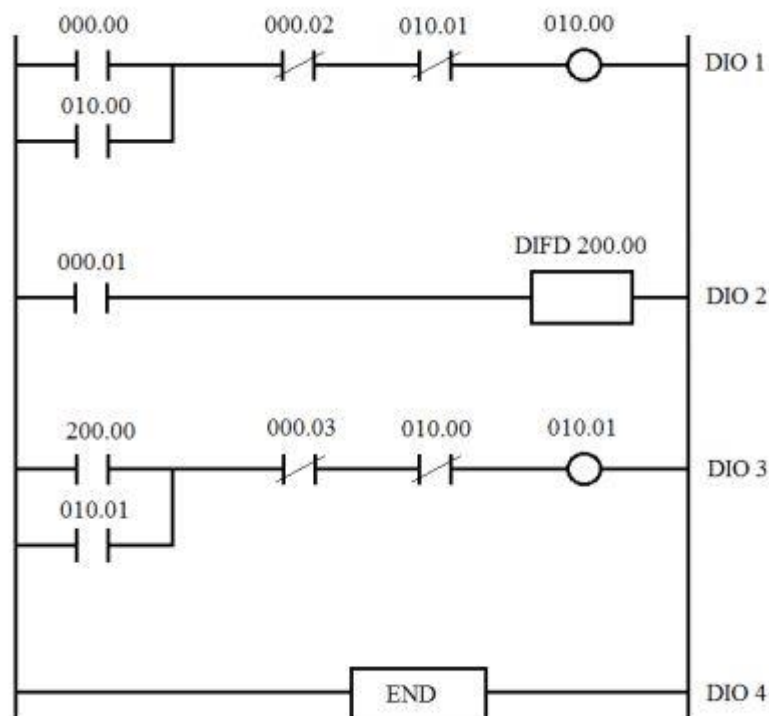
- Ултразвучни сензор - 000.00
- Фотоелектрични сензор - 000.01
- Горња граница - 000.02
- Доња граница - 000.03

Излази из система:

- Мотор за подизање врата - 010.00
- Мотор за спуштање врата - 010.01

У задатку ћемо и даље користити помоћне инструкције DIFD (Differentiate Down) својство за промену излазног стања из 'OFF' у 'ON' током трајања једног циклуса, и поново поставите на „OFF“.

Код дијаграма мердевина за овај проблем изгледа овако:



Слика 12.10- Програмски код – лествичасти дијаграм[11].

У првом делу (ДЕО 1), ултразвучни сензор (000.00) детектује возило и на тај начин активира излаз представљено мотором за подизање врата (010.00). Да би се врата подигла, морају испунити још два услова:

1. Горња граница (000.02) мора се искључити што указује да су врата на другом крају доњи положај,
2. Мотор за спуштање (010.01) мора бити искључен.

Када су сви услови испуњени, врата почињу да се подижу.

Пролазак возила кроз врата (ДЕО 2) прекида сноп светлости који емитује фотоелектрични сензор (000.01). Постављен је помоћни сигнал (200,00).

У трећем делу (ДЕО 3), помоћни сигнал (200.00) служи као улаз и сигнализира да је возило ушло у гаражу и поступак спуштања врата (010.01) може започети. Пре тога морају бити испуњена још два услова:

1. Доња граница (000.03) мора бити искључена, што указује да су врата на другом крају горњи положај,
2. Мотор за подизање врата (010.00) мора бити искључен.

Када се испуне услови, врата се спуштају.

Последњи део (ДЕО 4) кода приказује крај програмског циклуса(Слика12.10).

10.4 Тестирање програма – симулација стварних стања

Како би сам процес програмирања PLC уређаја био успешан, потребно је на неки начин испитати написани програм. Испитивање се врши на начин да се на улазе доведу стања величина које одговарају онима из стварних услова у самом процесу. За такав начин испитивања програма користе се такозвани симулатори стања (states simulators). Симулатор стања је у ствари низ прекидача на улазу помоћу којих се мења стање уколико се ради о дигиталним улазима, односно потенциометар ако се ради о аналогним улазима, те контролних лампица (лед диода) на излазу. Како то функционише? Када нпр. желимо тестирати рад противсмрзавајућег сензора, који преклопи када температура која се мери падне испод нуле(0°C), на његово место поставимо прекидач којег преклопимо и он сада уместо сензора симулира да је температура пала испод нуле. Ако се активира очекивани излаз на којем је спојена контролна лампица и она засветли, значи да се уствари догодио очекивани сценарио и симулација је извршена усебно као и тестирање програма.

Такође, данас се испитивање може вршити и софтверски што је практичније јер нама потребе за израдом симулатора. За програмирање PLC уређаја постоје многи програмски језици. Највише у употреби јест начин програмирања лествичастим или контактним дијаграмима (ladder diagram). Овај начин програмирања датира још од самих почетака PLC уређаја, а темељи се на прилагодби релејних управљачких шема. Уз лествичасте дијаграме, у употреби су још и инструкцијске листе (statement list) које представљају програмирање на нивоу асемблера (текстуални програмски језик) те функцијско блоковски дијаграми (function block diagram) – графичко програмирање који за приказивање логике користе логичке кутије из Боолеове алгебре.

Постоји још и могућност програмирања помоћу BASIC и C програмских језика, но ове методе немају широко заступљеност и све остаје на самој могућности.

11 Предности и недостаци

11.1 Предности

11.1.1 Флексибилност

- У прошлости, свака електрично-управљна машина за производњу захтевала је своју сопствену управљачку јединицу; у погону са 15 машина, постојало је 15 различитих, наменски пројектованих, управљачких јединица. Данас је могуће исти модел PLC-а користити за управљање било којом од 15 машина. Уз то, вероватно неће бити потребе за 15 PLC-ова, јер један PLC лако може да опслужи више различитих машина, тако што ће, конкурентно, за сваку прикључену машину извршавати посебан, наменски програм.

11.1.2 Лака промена програма и корекција грешака

Код традиционалих, релејних панела, свака промена програма захтевала је значајно време за преповезивање панела и уређаја. Са друге стране гледишта, код PLC-а, мењање програма је брза лака. Нови програм који се напише се преко тастатуре или на неки други начин читава у PLC, преповезивање обично је беспотребно, тако да свеобухватна

активност не траје дуже од пар минута. Међутим, уочене неправилности у току рада система, које су последица грешке у програму се могу брзо и лако поправити.

11.1.3 Велики број контакта

PLC можемо замислити као мноштво "виртуелних", неповезаних релеа (контакта), тајмера, бројача и других сложенијих компоненти, које се програмирањем "повезују" на жељени начин.

- Имплементациона моћ зависи искључиво од количине расположиве меморије
- Реле = 1 бит
- Тајмер, бројач = 24 бита
- Меморија типичног PLC је реда више десетина КБ

11.1.4 Ниска цена

Поред мноштва предности контролера, једна од најбитнијих је и ниска цена производње и набавке. Напредак полупроводничке технологије → повећање могућности уз пад цене. Данас је могуће, по цени испод 100\$, набавити PLC са великим бројем интерно расположивих "виртуелних" релеја, тајмера, бројача, секвенцера и других функција (од којих неке немају пандам у "релејном" свету).

11.1.5 Могућност пробног рада

Рад PLC-а може се испитати у лабораторији, пре уградње у производни погон.

- Одређени програм се пише затим тестира, анализира и, ако је потребно, модификује све до тренутка када се процени да су све захтеване функције коректно реализоване.
- Тек тада се програм преноси у PLC који се инсталира (или је већ инсталиран) у производни погон.
- Велика уштеда скупог "фабричког" времена (нема застоја у производњи).
- Супротност томе, тестирање конвенционалних релејних система може се одрадiti само у фабричкој хали, што може бити веома временски нерационално.

11.1.6 Могућност визуелног праћења рада

Рад PLC-а се може директно пратити на екрану монитора као што је приказано на слици 13.



Слика 13. Пример визуелног праћења рада[4].

На погодан начин се у графичком облику приказују стања улаза и излаза PLC-а уз "осветљено" приказивање логичких путања које су тренутно активне и исписивање обавештења о евентуалном неисправном раду система или о настанку неких изузетних ситуација.

11.1.7 Брзина рада

Брзина рада представља време од тренутка када се промени стање улаза PLC-а до тренутка када PLC реагује постављајући своје излазе није дуже од неколико до неколико десетина милисекунди. PLC-ови су бржи од релејних система. Брзина рада одређена периодом скен циклуса PLC-а.

11.1.8 Једноставност наручивања компоненти управљачког система

Једноставност је у томе што:

- PLC је **један** урађај.
- Када наручени PLC стигне у индустријски погон, сви бројачи, релеји, и друге "виртуелне" компоненте "садржане" у PLC -у су такође стигле.
- Релејни систем се склапа од разнородних, физичких компоненти.

11.1.9 Документација

Ледер дијаграми, како графички прикази, су у тој мери само- дескриптивни да обично није неопходна нека додатна документација која би употпуњавала опис рада ПЛЦ-а и начина на који су реализоване његове функције.

Не постоји опасност да документација буде неажурна, што је често случај са дијаграмима и шемама релејних панела (када инжењер након учињене интервенције не унесе измену у релејну шему).

11.1.10 Безбедност

Безбедност PLC -а је у томе што:

- Програм PLC -а се не може променити пре него што је PLC "откључан";
- Брзо репрограмирање;
- Отвара могућност за постизање неке врсте адаптивног производног процеса, где се програм рада мења сходно карактеристикама сваког појединачног производа или честим варијацијама у процесу производње.

11.2 Недостаци PLC-а

11.2.1 Нова технологија

Није лако променити начин размишљања индустријских инжењера са релејне логике на PLC концепт; Једноставна инсталација.

11.2.2 Апликације са фиксим програмом

Поједине апликације засноване су на само једној функцији која се веома ретко или никада не мења.

Замена постојеће опреме PLC -ом не доноси велики добитак, јер се главна особеност PLC -а – могућност репрограмирања – практично не користи. PLC је најбоље решење када су неопходне периодичне промене у начину рада.

11.2.3 Услови рада

PLC није решење за екстремне услове рада, као што могу бити: влажност, висока температура, вибрације, електричне сметње, а који су карактеристични за поједине производне процесе.

11.2.4 Безбедност у раду

Код релејних система увек постоји тзв. STOP прекидач, којим се у било ком моменту може тренутно прекинути рад система (искључењем напајања).

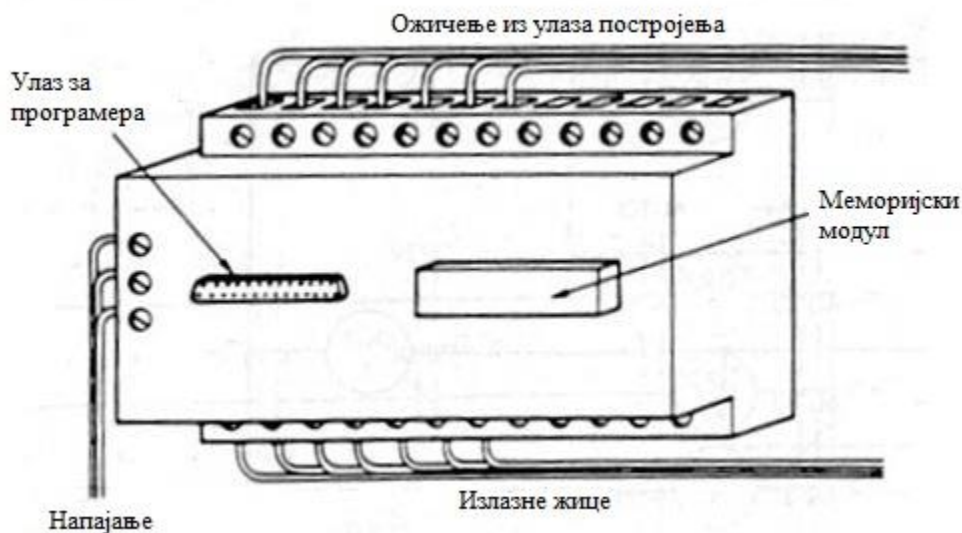
Релејни систем се аутоматски не ресетује када се напајање укључи, већ задржава стање у коме је био када је напајање искључено

STOP прекидач повезан на улаз PLC-а није безбедно решење - шта ако PLC откаже?

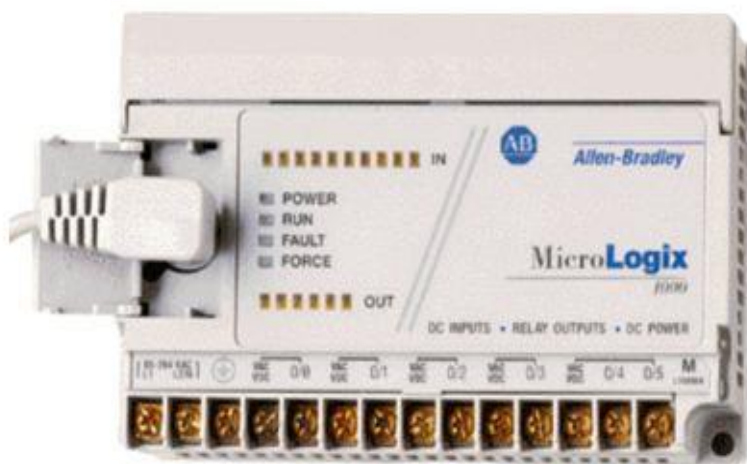
12 Конструкција PLC-а

12.1 Компактни PLC

Ова конструкција представља економично решење, и предвиђено је за управљање системима и процесима веома мале сложености. Сам контролер је независан, затворени уређај који има фиксни број улаза и излаза, без могућности проширења



Слика 14. Компактни PLC. [4]



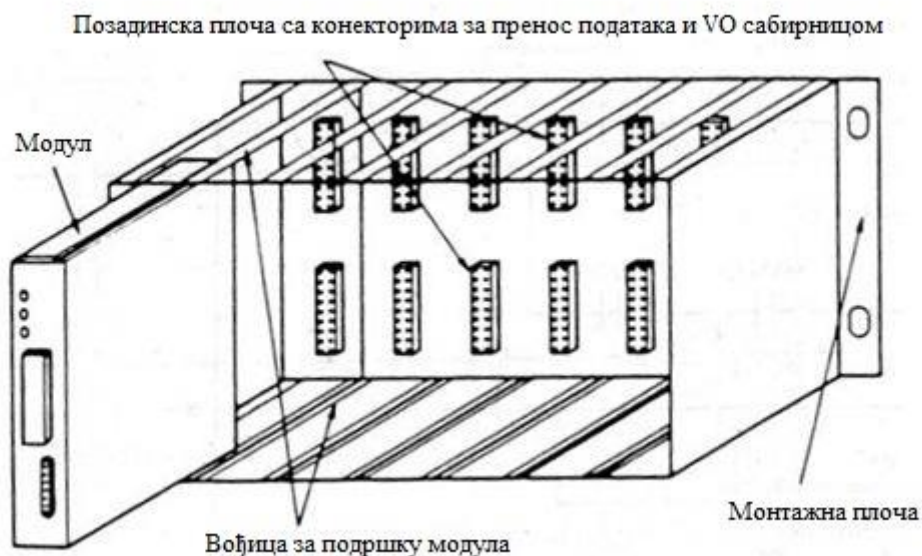
- ❑ Measures 4.72" x 3.15" x 1.57".
- ❑ 32 I/O points
- ❑ Standard RS 232 serial communication port

Слика 14.1. Компактни (mikro PLC) [4].

У једном кућишту, углавном мањих димензија, налазе се извор за напајање, процесорска јединица, меморија, улазни и излазни модули. На овај начин изведени контролер углавном имају до шеснаест улаза и шеснаест излаза и меморију од неколико килобајта.

12.2 Модуларни

Насупрот компактној конструкцији, овакви системи се састоје од више модула смештених унутар шасије, која се зове рек. У реку се налазе слотови за смештање модула, који се састоје од вођица за монтирање модула и конектора на задњој плочи река преко кога се модули прикључују на заједничку магистралу. Први слот резервисан је за модул извора напајања, који претвара мрежни напон у једносмерни напон, потребан је за рад остатка система. Други слот користи се за процесорски модул, који извршава кориснички програм и управља радом свих осталих модула. Други слотови се користе за I/O модуле, меморијске модуле итд. На слици 14.2 је приказан модуларни PLC систем.



Слика 14.2 Модуларни PLC[4].

Овакав начин конструкције омогућава лако проширење система, додавањем потребног модула у рек. Број слотова у једном PLC реку је углавном од четири до шеснаест. Такође ако је потребно, уз помоћ посебних модула за проширење, могуће је повезати два или више река, и једним процесорским модулом управљати великим бројем додатних модула.

13 Закључак

Данашња индустрија је готово немогуће замислити без аутоматизације. PLC уређаји аутоматизацију су подигли на потпуно нови ниво. Они су избацили старе системе релеја какви јесу гломазани и неефикасни. Они су скратили време застоја у производним погонима, што је и настало када су механички релеји постали неефикасни, зато што су се трошили или ломили. Они су смањили потрошњу електричне енергије која је била потребна за системски менаџмент. Због брзине PLC-а, време циклуса на машинама се смањило што резултира већом продуктивношћу.

Овај рад описује све предности увођења таквог система управљања у производне погони. Обухваћене су хардверске компоненте хардвера који чине један PLC уређај. Сваки део је наведен појединачно, те је уз опис речено коју функцију има у целом систему. Објашњен је принцип рада PLC-а кроз неколико карактеристичних фаза. Наведени су програмски језици који се користе у програмирању PLC уређаја и како се ти програми праве и тест. Теоретска сазнања су приказана помоћу практичног примера аутоматске контроле гаражних врата где сам детаљно објаснио како да израдите и направите имплементације програмског кода за тако једноставан аутоматизовани систем.

Литература

- [1] Matić, N. (2001): Uvod u industrijske PLC kontrolere. mikroElektronika, Beograd
- [2] Bryan L.A., Bryan, E.A. (1997): Programmable Controllers, An Industrial Text Company, Atlanta, SAD.
- [3] Bolton, W. (2006): Programmable Logic Controllers, Elsevier Newnes, Burlington, Velika Britanija.
- [4] Automatika, Programabilni logički kontroler (PLC) (11.07.2019.), приступљено: <https://www.automatika.rs/baza-znanja/teorija-upravljanja/programabilni-logicki-kontroler-plc.html>
- [5] Automatika, Konstrukcija PLC-a (11.07.2019.), приступљено: <https://www.automatika.rs/baza-znanja/tutorijali/konstrukcija-plc-a.html>
- [6] ENEL Valjevo, PLC kontroleri, (11.07.2019.), приступљено: <http://www.enelva.rs/category/siemens/plc-kontroleri-1-siemens/>
- [7] Uvod u programabilne logičke kontrolere (11.07.2019.), приступљено: http://www.mikroknjiga.rs/Knjige/PLC/01_PLC.pdf
- [8] Siemens, SIMATIC Control Systems -highly flexible in dynamic applications (11.07.2019.), приступљено: <https://w3.siemens.com/mcms/industrial-automation-systems-simatic/en/plc-control-system/pages/default.aspx>
- [9] http://old.riteh.hr/nast/obrane/strucni_el/rok1_06072016/Filip_Kadum.pdf приступљено (11.07.2019.)
- [10] Upravljanje u realnom vremenu (11.07.2019.) приступљено: http://www.ricum.edu.rs/files/3_7/viser/URV_prirucnik.compressed.pdf
- [11] <https://repository.ffri.uniri.hr/islandora/object/ffri:816/preview> приступљено (28.10.2019.)
- [12] Видоје Луковић, Програмирање и примена PLC контролера Siemens SIMATIC S7-1200, дипломски рад, Машински факултет у Крагујевцу, 2010. приступљено (28.10.2019.)