

Управляващата техника се е развивала с течение на времето. В миналото хората са били главните действащи лица за управление на средствата за производство и на производствените процеси. В днешно време електрическата енергия е използвана за управление и първоначално се основава на релейно-контактна логика. Релетата позволяват захранването да бъде включено и изключено без механичен превключвател. Развитието на електрониката, компютърната техника и комуникациите води до качествен скок в управляващата техника. Разработването на нискобюджетен компютър доведе до последната революция - програмируемия логически контролер (PLC). Появата на PLC започва през 1970 г. и се превърна в най-разпространеният избор за автоматизирано управление във всички области на индустрията – производство, логистика и др.

Разработването на програмируеми логически контролери (PLCs) е наложено първоначално от изискванията на производителите на автомобили, които непрекъснато променят системите си за управление на производствената линия, за да ги приспособят към новите си модели автомобили. В миналото това е изисквало голямо пренасочване на банките с релета - една много скъпа процедура. През 70-те години с появата на интегрални логически схеми, няколко автомобилни компании предизвикват производителите на управляваща техника да разработят средство за промяна на логиката на управлението без да е необходимо да се аранжира изцяло системата. След това PLC добиват популярност в индустрията и тяхното използване се разширява.

Програмируемите логически контролери са програмно управляеми устройства. Това означава, че при промяна на входен сигнал от цифров или аналогов вход, се изработва отговор – промяна на изходен сигнал от цифрово или аналогово изходно устройство в зависимост от заложените програмни връзки между отделните устройства, реализиращи алгоритъма за управление. В общия случай по време на работа програмните връзки остават непроменени.

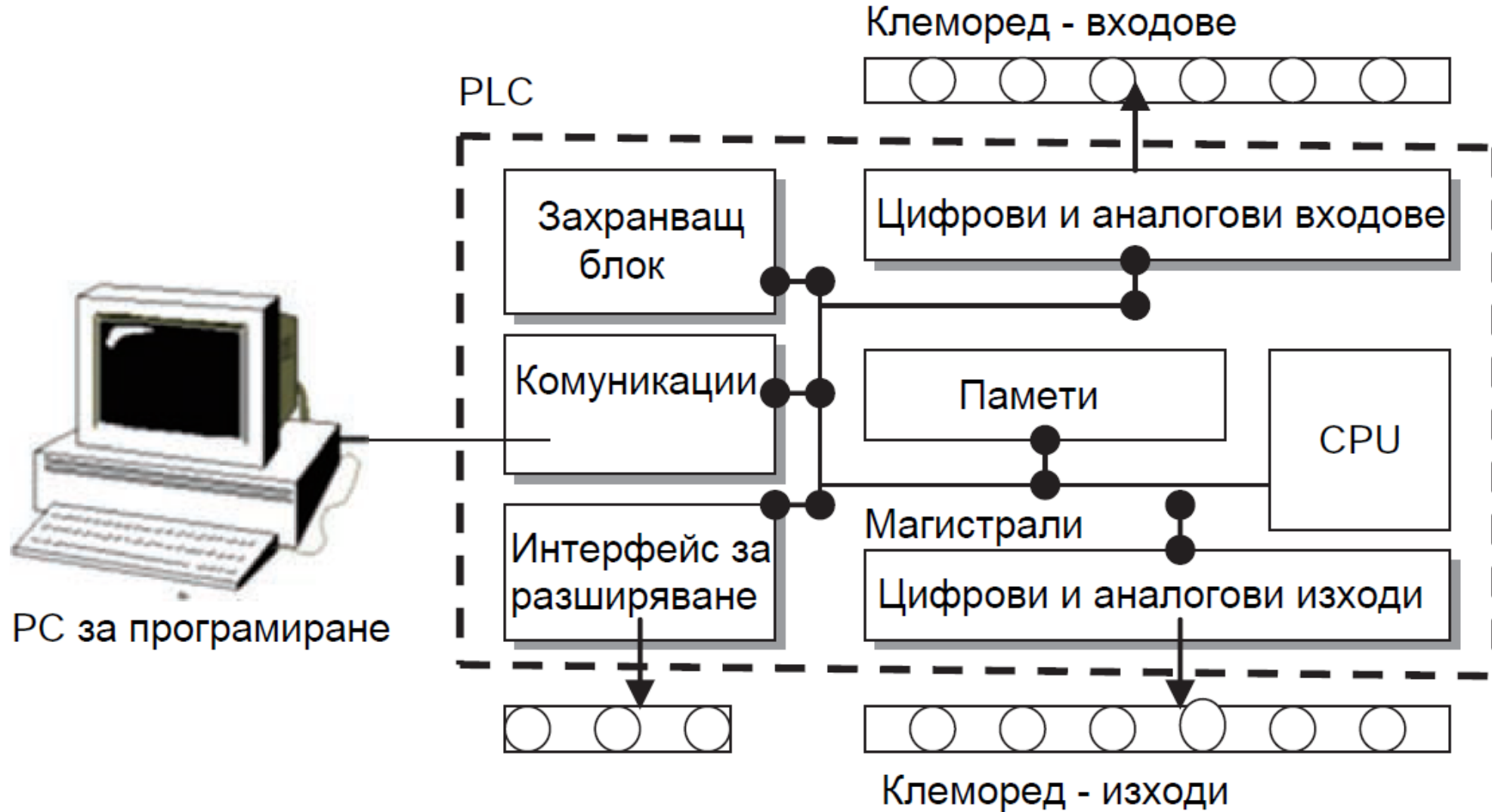
Основната дефиниция е дадена от NEMA (National Electrical Manufacturers Association) през 1978 г.:

„Програмируеми (промишлени) контролери се наричат **програмно управлявани електронни системи**, проектирани за използване в качеството на промишлено оборудване за логическо управление на различни машини, съоръжения и технологични процеси, чрез цифрови или аналогови Входи и Изходи.“

## Основни предимства на програмируемите логически контролери

- Рентабилност при управление на комплексни системи.
- Гъвкавост - може да се използва отново за управление на други системи бързо и лесно.
- Компютърните способности позволяват по-сложно управление.
- Развойните средства за настройка правят програмирането по-лесно и намаляват времето на престой.
- Надеждност при работа в промишлени условия.
- Комуникационни възможности за връзка с компютърни и други системи за управление.
- Възможности за изграждане на разпределени системи за управление, индустриални информационни мрежи и облачни системи.

Обобщена структурна схема



**Централно процесорно устройство (CPU).** Това устройство е основният блок на PLC и определя основните му характеристики като разрядност, бързодействие и др. Тези характеристики са важни при избора на контролер за съответното приложение. Съдържа микропроцесор или микроконтролер с общо предназначение. В първите промишлени контролери са използвани специализирани интегрални схеми като AMD2901, AMD2903 и др. Основният набор инструкции (операционна система за реално време) е програма на високо ниво, инсталирана в постоянна памет (ROM). Програмата за конкретното управление обикновено е съхранявана в постоянна памет EPROM, EEPROM или FLASH. Последните два типа постоянна памет се използват в съвременните устройства и позволяват извършването на следните операции – 1) запис на информация при отпадане на захранването и 2) редактиране или промяна според нуждите на програмата на място. Програмиращото устройство се свързва към процесора, когато операторът трябва да наблюдава, отстранява грешки, редактира или програмира системата, но не е задължително да бъде включено по време на нормалните операции.

**Памети.** Основно паметта е разделена на постоянна и на оперативна. Постоянната памет се изгражда на базата на ROM, EPROM, EEPROM или FLASH. Съдържанието на цялата или на част от постоянната памет може да бъде променяно. Като оперативни памети най-често се използват памети от статичен тип. Нормално част от оперативната памет (а може и цялата) е с резервирано захранване – батерийно или акумулаторно.

Потребителската памет е разделена на блокове със специални функции. Някои части от паметта се използват за съхранение състоянието на входовете и изходите. Всеки вход или изход има един съответстващ бит в паметта. Истинското състояние на даден вход се запамятава като "1" или като "0" в конкретен бит памет. Използват се и други части от паметта за съхраняване на оперативните стойности на променливите, използвани в потребителските програми. Например, текущите стойности на таймерите или на броячите ще се съхраняват в тази част от паметта.

Основните подобласти на паметта са:

*Образ на входния процес - I* (Process Image Inputs). В тази подобласт операционната система записва състоянията на входните точки. Достъпът до информацията от избран вход е например I0.3. Непосредствен достъп до физическия вход се осъществява чрез използване на I0.3:P.

*Образ на изходния процес - Q* (Process Image Outputs). От тази подобласт операционната система копира изчисленията от потребителската програма състояния на изходните точки и ги записва във физическите адреси, например Q1.7. Непосредствен запис във физически изход може да се извърши аналогично на Q1.7:P.

*Вътрешни релета - M* (Bit Memory). Тук се запазват състоянията на т.нар. „оперативни” релета, имащи отношение към управлението на обекта, но които не са свързани към конкретен изход. Обикновено в тази област се запомнят и междинните резултати при работата на програмата с променливи от тип бит.

Тези подобласти са достъпни за всички блокове код.



*Таймери - T (Timers).* В тази подобласт се разполагат атрибутите на вградените програмни таймери. Операционната система на контролера поддържа няколко типа таймери, обикновено с фиксирана база време.

*Броячи - C (Counters).* Подобластта съдържа атрибутите на вградените програмни софтуерни броячи. Нормално се поддържат няколко типа софтуерни броячи.

*Последователностни релета - SRC (Sequence Control Relay).* Тази подобласт се използва за организиране на постъпково изпълнение на потребителската програма (работа на краен автомат).

*Памет на променливите - V (Variable Memory).* Предназначена е за запазване на резултатите от междинни изчисления, извършвани върху числови операнди, както и за числови константи.

*Системна памет / Специални битове - SM (System Memory / Special Bits).* Чрез нея се поддържа комуникацията между операционната система на контролера и логическата програма.

*Аналогови входове* (Analog Inputs). Подобластта е предвидена за адресиране на многовходови аналогово-цифрови преобразуватели, разположени в основния модул или върху допълнителен хардуерен модул. Стойността на аналоговата величина (например температура, ток, напрежение и др.) се съхранява като 16-битова цифрова стойност. Подобластта е позволена само за четене от потребителската програма.

*Аналогови изходи* (Analog Outputs). Подобластта е предвидена за адресиране на цифрово-аналогови преобразуватели, разположени върху допълнителни хардуерни модули. Модулите преобразуват 16-битова цифрова стойност в ток или напрежение. Подобластта е позволена само за запис от потребителската програма.

Най-използваните обхвати на аналоговите величини са  $\pm 10V$ ,  $\pm 5V$ ,  $\pm 2,5V$ , или  $0 - 20mA$ .

*Акумулатори* (Accumulators). Подобластта се използва за предаване на параметри от и към отделните подпрограми, както и за запомняне на междинни резултати от математически изчисления.

**Входни блокове.** Интелигентността и възможностите на дадена автоматизирана система зависят до голяма степен от способността ѝ да приема сигнали от различни видове сензори и входни устройства. Бутони, клавиатури и функционални превключватели са основата на връзката между човека и машината. От друга страна за следене на работата на изпълнителен механизъм, за проверка на налягането или нивото на флуида, има нужда от специални автоматични устройства, като сензори за присъствие, крайни превключватели, фотоелектрически датчици, датчици за нивото и т.н. Входните сигнали на преобразувателите могат да бъдат цифрови (ON/OFF) или аналогови. Обикновено цифровите входове са развързани галванично.

По-малките програмируеми логически контролери обикновено имат само цифрови входове, докато по-големите притежават и аналогови входове чрез специални разширителни блокове, присъединени към тях. Едни от най-често използваните аналогови сигнали са токови в обхвата 4-20 mA и напрежителни в обхвата от 0-10 V. Съществуват и специализирани аналогови модули за обработка на сигнали от определен тип датчици - термодвойки, PT100, тензометрични мостове и др.

**Параметри на входни блокове.** Физическите места, където постъпват входните сигнали в промишления контролер се наричат входни точки (Input Points). При по-малките PLC входовете обикновено са вградени и техните параметри са посочени в спецификацията на контролера. За по-големите PLC входовете се избират като модули или карти с 8 или 16 входове от един и същи тип на всяка карта. Списъкът по-долу показва типичните диапазони на входните напрежения и приблизително следва по реда на масовост на приложението:

12-24 Vdc

100-120 Vac

10-60 Vdc

12-24 Vac/dc

5 Vdc (TTL)

200-240 Vac

48 Vdc

24 Vac

**Изходни блокове.** Системата за индустриално управление не може да изпълнява своите функции без изходни устройства. Някои от най-често използваните изпълнителни устройства са двигатели, соленоиди, релета, индикатори, звукова сигнализация и т.н. Чрез пускането на двигател или реле, PLC може да управлява проста система като система за сортиране на продукти по целия път до сложни системи като сервизна система за позициониране на главата на роботизирана машина. Изходите могат да бъдат от аналогов или цифров тип. Цифровият изходен сигнал има две състояния – чрез него се установяват или прекъсват връзките. Аналогов изход се използва за генериране на аналогов сигнал (например за управление на скоростта на електрически двигател чрез напрежение, чиято стойност е пропорционална на скоростта). Обикновено цифровите изходи са развързани галванично.

**Параметри на изходни блокове.** Физическите места, през които промишленият контролер изпраща изходните сигнали към управляемия обект се наричат изходни точки (Output Points). Изходните елементи включват външните изпълнителни механизми към източник на напрежение. Списъкът по-долу показва типичните диапазони на изходните напрежения и приблизително следва по реда на масовост на приложението:

120 Vac

24 Vdc

12-48 Vac

12-48 Vdc

5Vdc (TTL)

230 Vac

Изходните елементи са релета, биполярни и MOS транзистори, и триаци. Релетата са най-гъвкавите изходни устройства. Те могат да превключват както променливо, така и постоянно напрежение. Но те са по-бавни (около 10ms типично време за превключване), те са по-обемисти, струват повече и имат определен брой цикли. Изходите с релета често се наричат сухи контакти. Транзисторите се използват за постояннотокови изходи, а триаците – за променливотокови. Изходите с транзистори и триаци се наричат комутируеми изходи.

**Захранващ блок.** Захранващият блок осигурява енергия за процесора и другите модули. Най-често използваните вътрешни напрежения са +5V, ±12V и +24V. Допълнително, захранващият блок може да осигури на контролера сигнал за отпадане на входното напрежение (Power Down). Повечето PLC контролери използват като входно напрежение 24 VDC или 220 VAC. При някои PLC контролери захранващият блок е отделен модул. Обикновено това са по-големи PLC контролери, докато малките и средните серии съдържат собствен модул за захранване. Потребителят трябва да определи мощността, която ще се консумира от I/O модула, за да се увери, че електрическото захранване може да я осигури. Различни видове модули имат различна консумация на енергия. Захранващият блок обикновено не се използва за захранване на външните входове и изходи. Потребителят трябва да осигури отделни захранващи източници за входовете и изходите на контролера.

**Архитектура на програмируемите логически контролери.** При избор на контролер за решаване на конкретна задача на автоматизираното управление се взимат предвид някои основни характеристики:

- брой и тип на входните и изходните точки;
- бързодействие – определя се от минималната продължителност на входните сигнали;
- обем и организация на паметта на работната програма.

В зависимост от възможностите на контролерите, тяхната архитектура може да се определи като *компактна* и *модулна*.

Под компактна архитектура обикновено се разбира когато всички блокове на контролера са разположени в едно физическо устройство. То съдържа захранване, процесорна система, определени количества входни и изходни точки, интерфейс за програмиране и блок за режим на работа и индикация. Контролер с компактна архитектура може да управлява сравнително малки обекти – при тях броят на входно-изходните точки е ограничен (обикновено 8 – 24) и няма възможности за разширяване.

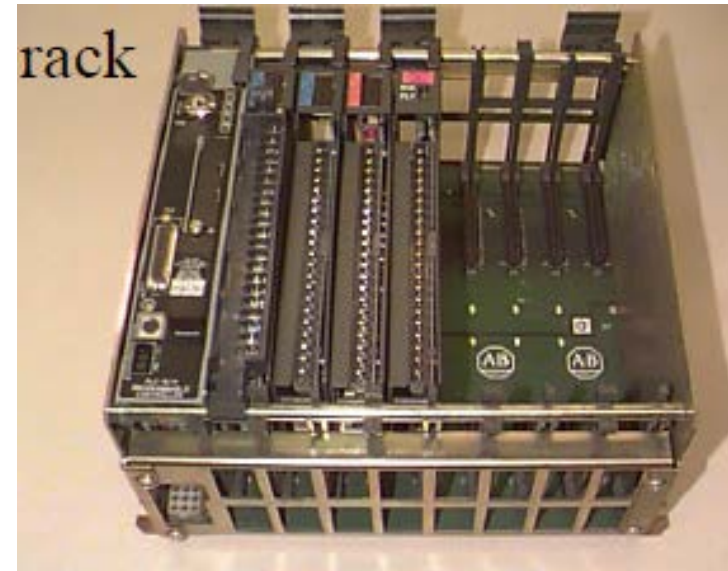


**Архитектура на програмируемите логически контролери.** При модулната архитектура контролер се изгражда от отделни модули, като потребителят решава колко и какви модули да се включат в конфигурацията на контролера, така че да се изпълни задачата за автоматизация на управляемия обект. При някои конфигурации модулите се разполагат в касета (rack), на дъното на която е разположена системна магистрала за връзка между тях. По този принцип се изграждат големите комплексни системи за управление. Производителите на промишлени контролери предлагат широка гама от допълнителни входно-изходни модули, съобразени с най-често срещаните сензори и изпълнителни механизми. Разширителните модули биват *сигнални* (SM – Signal Modules - аналогови и цифрови входове и изходи), *интерфейсни* (IM – Interface Modules - служат за осигуряване на връзка между различни касети с модули), *функционални* (FM – Function Modules – специализирани модули за броене, позициониране, управление с обратна връзка, регулиране и др.), *комуникационни процесори* (CP – Communication Processors - за изграждане на локални мрежи и разпределени системи за управление).

***Архитектура на програмируемите логически контролери.***



Компактен контролер



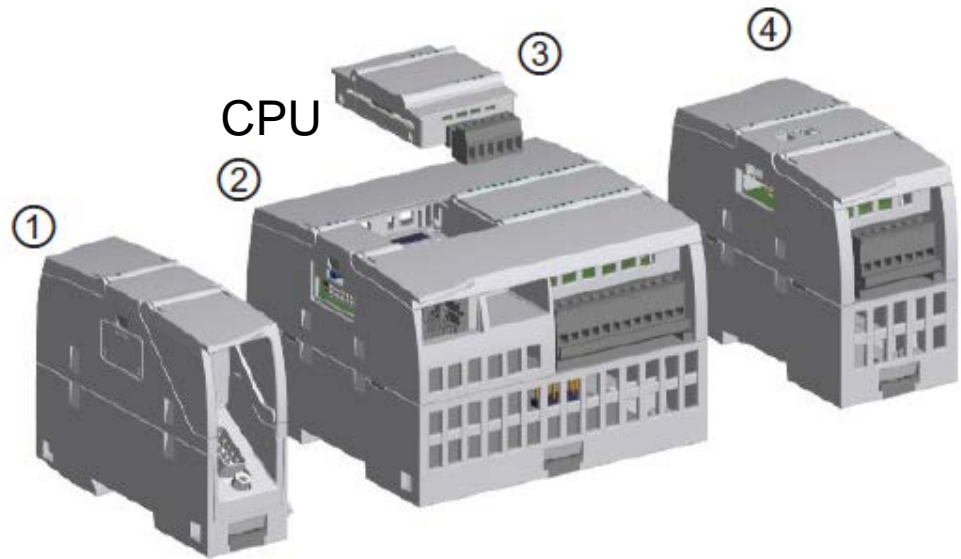
Контролер с модулна архитектура

***Архитектура на програмируемите логически контролери.***

Контролерът S7-1200 на Siemens осигурява гъвкавост и изчислителна мощност за управление на голямо разнообразие от устройства за реализация на проекти от автоматизация на машини и процеси. Компактният дизайн, гъвкавата конфигурация и големият набор от инструкции предлага S7-1200 като идеално решение за управление на голямо разнообразие от приложения.

Централното процесорно устройство (CPU) включва микропроцесор, вграден захранващ източник, входни и изходни схеми, вграден PROFINET, високоскоростен I/O контрол на задвижвания и вградени аналогови входове в компактно устройство за създаване на мощен контролер. След като се въведе програмата, процесорът съдържа логиката, необходима за наблюдение и контрол на устройствата в даденото приложение. Процесорът следи входовете и променя изходите според логиката на потребителската програма, която може да включва булева логика, броячи, синхронизиране, сложни математически операции и комуникации с други интелигентни устройства. Предвидени са допълнителни модули за комуникация през PROFIBUS, GPRS, RS485 или RS232 мрежи.

**Архитектура на програмируемите логически контролери.** За разширяване на възможностите на CPU на S7-1200 се предлага голямо многообразие от допълнителни модули. За разширяване са възможни:



1) Комуникационен модул - CM (Communication module), комуникационен процесор - CP (communication processor), адаптер за отдалечен достъп - TS (TeleService adapter)

3) Сигнални платки - SB (Signal board), комуникационни платки - CB (communication board), или батерии - BB (Battery Board)

4) Сигнални модули - SM (Signal module)

## ***Архитектура на програмируемите логически контролери.***

Цифрови сигнални модули и сигнални платки:

Type	Input only	Output only	Combination In/Out
③ digital SB	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 x 24VDC In, 200 kHz</li> <li>• 4 x 5VDC In, 200 kHz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 x 24VDC Out, 200 kHz</li> <li>• 4 x 5VDC Out, 200 kHz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 x 24VDC In / 2 x 24VDC Out</li> <li>• 2 x 24VDC In / 2 x 24VDC Out, 200 kHz</li> <li>• 2 x 5VDC In / 2 x 5VDC Out, 200 kHz</li> </ul>
④ digital SM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 x 24VDC In</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 x 24VDC Out</li> <li>• 8 x Relay Out</li> <li>• 8 x Relay Out (Changeover)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 x 24VDC In / 8 x 24VDC Out</li> <li>• 8 x 24VDC In / 8 x Relay Out</li> <li>• 8 x 120/230VAC In / 8 x Relay Out</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 16 x 24VDC In</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 16 x 24VDC Out</li> <li>• 16 x Relay Out</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 16 x 24VDC In / 16 x 24VDC Out</li> <li>• 16 x 24VDC In / 16 x Relay Out</li> </ul>

Module	Description
③ Battery board	Plugs into expansion board interface on front of CPU. Provides long term backup of realtime clock

***Архитектура на програмируемите логически контролери.***

Аналогови сигнални модули и сигнални платки:

Type	Input only	Output only	Combination In/Out
③ analog SB	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 x 12 bit Analog In</li> <li>• 1 x 16 bit RTD</li> <li>• 1 x 16 bit Thermocouple</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 x Analog Out</li> </ul>	-
④ analog SM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 x Analog In</li> <li>• 4 x Analog In x 16 bit</li> <li>• 8 x Analog In</li> <li>• Thermocouple:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 x 16 bit TC</li> <li>- 8 x 16 bit TC</li> </ul> </li> <li>• RTD:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 x 16 bit RTD</li> <li>- 8 x 16 bit RTD</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 x Analog Out</li> <li>• 4 x Analog Out</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 x Analog In / 2 x Analog Out</li> </ul>

## ***Архитектура на програмируемите логически контролери.***

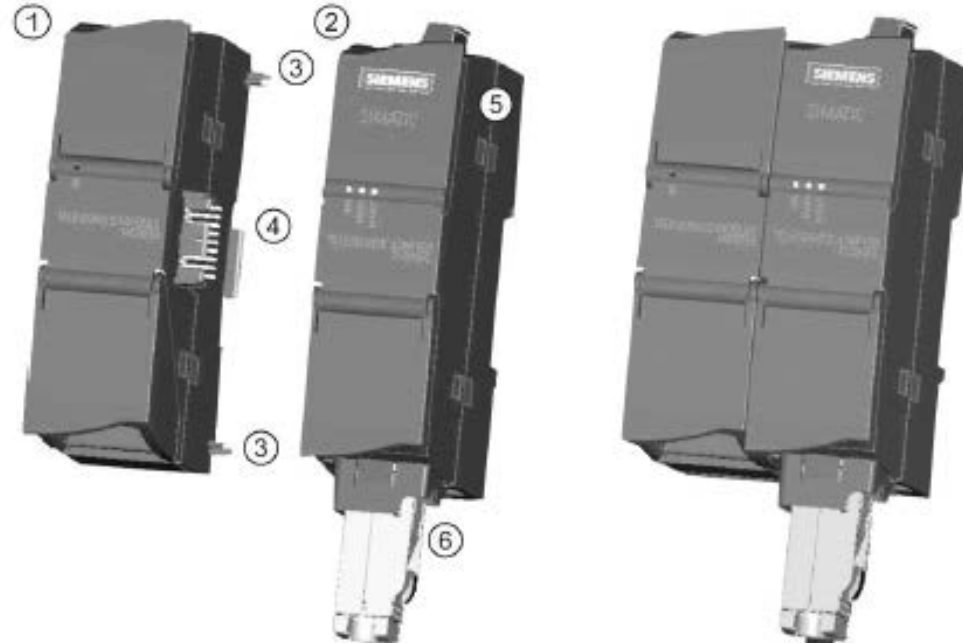
Комуникационни интерфейси:

Module	Type	Description
① Communication module (CM)	RS232	Full-duplex
	RS422/485	Full-duplex (RS422) Half-duplex (RS485)
	PROFIBUS Master	DPV1
	PROFIBUS Slave	DPV1
	AS-i Master (CM 1243-2)	AS-Interface
① Communication processor (CP)	Modem connectivity	GPRS
① Communication board (CB)	RS485	Half-duplex
① TeleService	TS Adapter IE Basic <sup>1</sup>	Connection to CPU
	TS Adapter GSM	GSM/GPRS
	TS Adapter Modem	Modem
	TS Adapter ISDN	ISDN
	TS Adapter RS232	RS232

<sup>1</sup>TS адаптерът позволява свързването на различни комуникационни интерфейси към PROFINET порта на процесора. Той се инсталира от лявата страна на централния процесор и могат да бъдат свързани до 3 комуникационни интерфейсни модула.

**Архитектура на програмируемите логически контролери.**

Използване на TS адаптера за свързването на различни комуникационни интерфейси към PROFINET порта на процесора:



- ① TS module
- ② TS Adapter
- ③ Elements

- ④ Plug connector from the TS module
- ⑤ Cannot be opened
- ⑥ Ethernet port



***Принцип на работа на програмируемите логически контролери.***

Програмируемите логически контролери работят под управлението на операционна система за реално време (ОСРВ), която осигурява циклично изпълнение на логическата програма.

Операционната система управлява последователното изпълнение на няколко основни действия. Тази последователност, както и самото ѝ изпълнение, се нарича оперативен цикъл (operating cycle) на промишления контролер. Основните действия на промишления контролер са 5. Те се изпълняват последователно и се наричат още „фази на оперативния цикъл”. Поредните номера и означенията на фазите са както следва:

- 1 – IN – сканиране на входовете (input scan)
- 2 – PRG – сканиране на програмата (program scan)
- 3 – OUT – сканиране на изходите (output scan)
- 4 – COM – обслужване на комуникацията (service communications)
- 5 – H&O – системни функции (housekeeping and overhead)

***Принцип на работа на програмируемите логически контролери.***



***Принцип на работа на програмируемите логически контролери.***

*Фаза 1* се нарича сканиране на входове (Input Scan). Физическите места, където постъпват входните сигнали в промишления контролер се наричат входни точки (Input Points). За всяка входна точка е определен по един бит в оперативната памет – входен бит (Input Bit). По време на тази фаза се прочитат входните точки и информацията от тях се записва във входните битове. Създава се „образ“ на входните въздействия към дадения момент в областта на входните битове на оперативната памет (Process Image Inputs).

*Фаза 2* е сканиране на програмата (Program Scan). По време на нея се изпълняват всички инструкции от логическата програма по отработване на входните въздействия и формиране на изходните реакции. Програмируемите логически контролери са последователностни устройства, в които при формирането на изходните реакции освен входните променливи участват и вътрешни за контролера променливи (таймери, броячи, компаратори и т.н.). В много ограничени случаи, програмируем логически контролер може да изпълнява само комбинационни логически функции (изходните реакции се определят еднозначно само от входните въздействия). Продължителността на тази фаза зависи от броя и вида на използваните инструкции.

***Принцип на работа на програмируемите логически контролери.***

*Фаза 3* се нарича сканиране на изходите (Output Scan). Физическите места, през които промишленият контролер изпраща изходните сигнали към управлявания обект се наричат изходни точки (Output Points). Както при входните точки, така и за всяка изходна точка е определен по един бит в оперативната памет – изходен бит (Output Bit). В тази област от оперативната памет се създава „образ“ на изходните реакции в дадения момент (Process Image Outputs). По време на тази фаза се извършва прочитане на изходните битове и прехвърлянето на информацията от тях в изходните точки (физическите адреси на изходите).

*Фаза 4* е за обслужване на комуникацията (Service Communication). По време на нея се извършва комуникация с други устройства, например програмиращо устройство, централен компютър, устройство за интерфейс човек-машина (операторски пулт, панел, терминал) и др. В повечето програмируеми логически контролери, комуникацията се обслужва главно от операционната система на контролера, според специални директиви, записани в управляващата програма. Някои контролери позволяват директно управление на комуникацията от потребителската програма чрез съответната системна функция.

***Принцип на работа на програмируемите логически контролери.***

Фаза 5 е за изпълнение на системни функции (Housekeeping and Overhead). По време на нея се извършват разнообразни действия, по-важните от които са за управление на:

- паметта;
- вътрешните регистри на микропроцесора;
- вградените специални апаратно-програмни функции (Firmware Function) като броячни входове, импулсни входове и изходи, допълнителни комуникационни портове и др.;
- вградените логически функции, които имитират работата на хардуерни устройства, използвани за целите на логическото управление като устройства за времезадържане (таймери), устройства за отброяване на външни или вътрешни за контролера събития (броячи) и др.;
- тестване на апаратно-програмните функции на промишления контролер (Self Diagnostic Test).

***Принцип на работа на програмируемите логически контролери.***

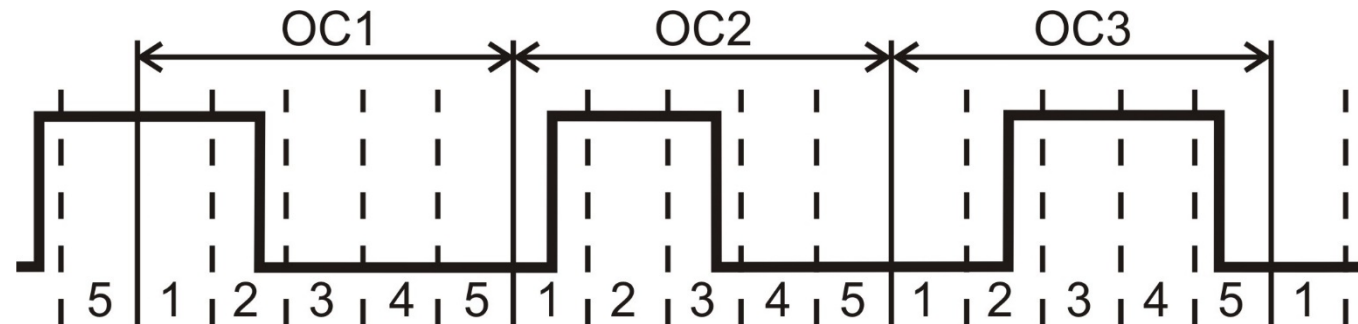
Последователното изпълнение на отделните фази води до някои ограничения, които трябва да се имат предвид при избора на подходящ контролер за дадено приложение. Двете основни ограничения които съществуват са минималната продължителност на входните сигнали и максималното време на реакция.

*Минимална продължителност на входните сигнали* е параметър, който определя избора на контролер и на подходящи алгоритмични и апаратни подходи за правилното четене на входовете. Обстоятелствата, които налагат взимането на подобни решения са:

- асинхронно активиране на входните точки спрямо оперативния цикъл;
- логическата програма няма достъп до физическите адреси на входните точки, а работи с областта от паметта Process Image Inputs;
- операционната система обновява тази област само във фазата Input Scan.

***Принцип на работа на програмируемите логически контролери.***

Показаните входни въздействия са с продължителност, по-малка от максималната продължителност на оперативния цикъл  $T_{OC_{max}}$ . В първия оперативен цикъл, входното въздействие попада във времето на сканирането на фазата IN и ще бъде отчетено. Във втория оперативен цикъл, входното въздействие се променя по време на фазата на сканиране на входовете и може да бъде или да не бъде отчетено, в зависимост от моментът на стробиране на входната информация. В третия оперативен цикъл входното въздействие се променя извън фазата на сканиране на входовете и не може да бъде отчетено.

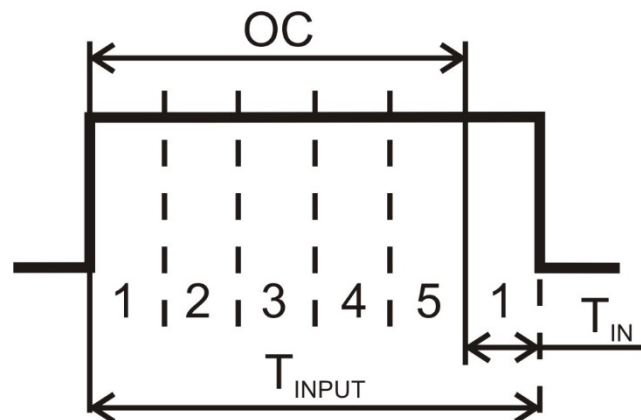


***Принцип на работа на програмируемите логически контролери.***

Анализът на тези три случая показва, че за да попадне дадено въздействие във фазата на сканиране на входовете е необходимо неговата продължителност да бъде по-голяма от максималната продължителност на оперативния цикъл.

За да се гарантира правилното възприемане на входното въздействие е необходимо то да бъде активно през поне една цяла фаза по сканиране на входовете, а това е възможно само ако минималната продължителност на входното въздействие е равна на максималното време на оперативния цикъл плюс максималното време за сканиране на входовете:

$$T_{\text{INPUT}} = T_{\text{OC}_{\text{max}}} + T_{\text{IN}}$$





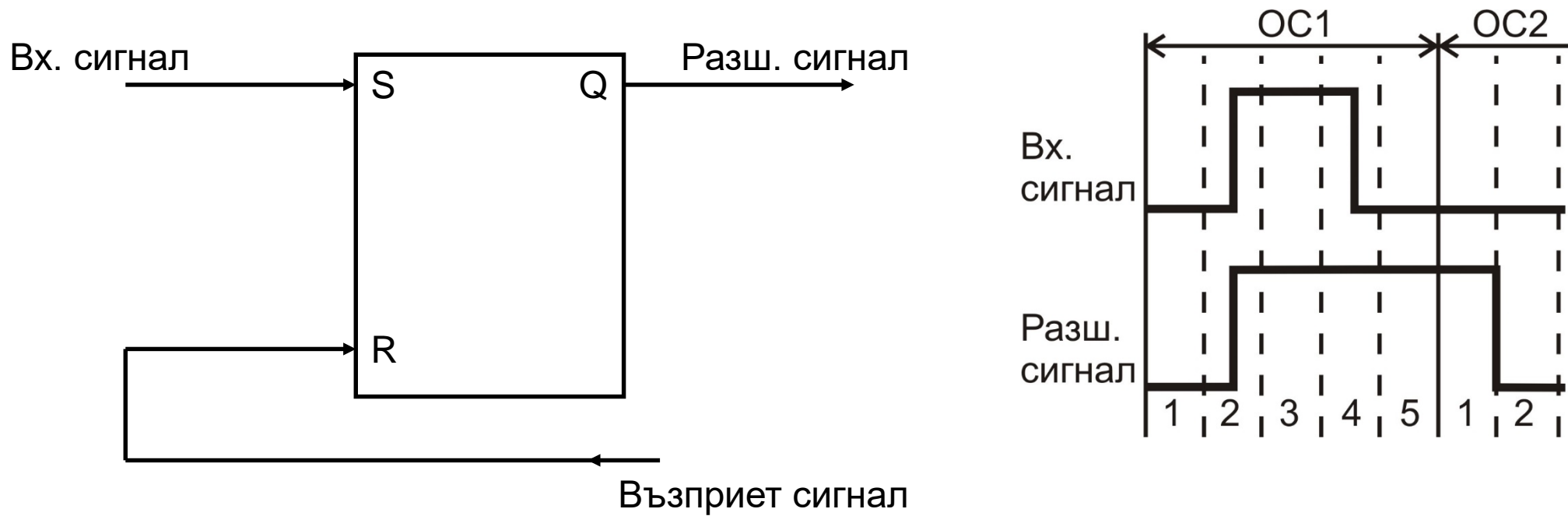
***Принцип на работа на програмируемите логически контролери.***

Следователно входни въздействия с продължителност, по-малка от минималната не могат да бъдат обработени от стандартните средства на операционната система на промишления контролер. За такива случаи се въвеждат специални методи, които най-често се свеждат до два.

Първият е чрез „разтягане на импулса”, което се реализира по апаратно-програмен път. Активният фронт на входното въздействие се запомня в апаратен тригер докато премине фазата на сканиране на входовете. След това тригерът се нулира по програмен начин, само ако е възприето въздействието.

Вторият начин е чрез използване на прекъсвания. Активирането на входния сигнал прекъсва оперативния цикъл, независимо в каква фаза на изпълнение се намира, и се изпълнява програма за обработка на прекъсването. След завършването на нейното действие изпълнението на оперативния цикъл се възстановява от мястото на прекъсването.

***Принцип на работа на програмируемите логически контролери.***

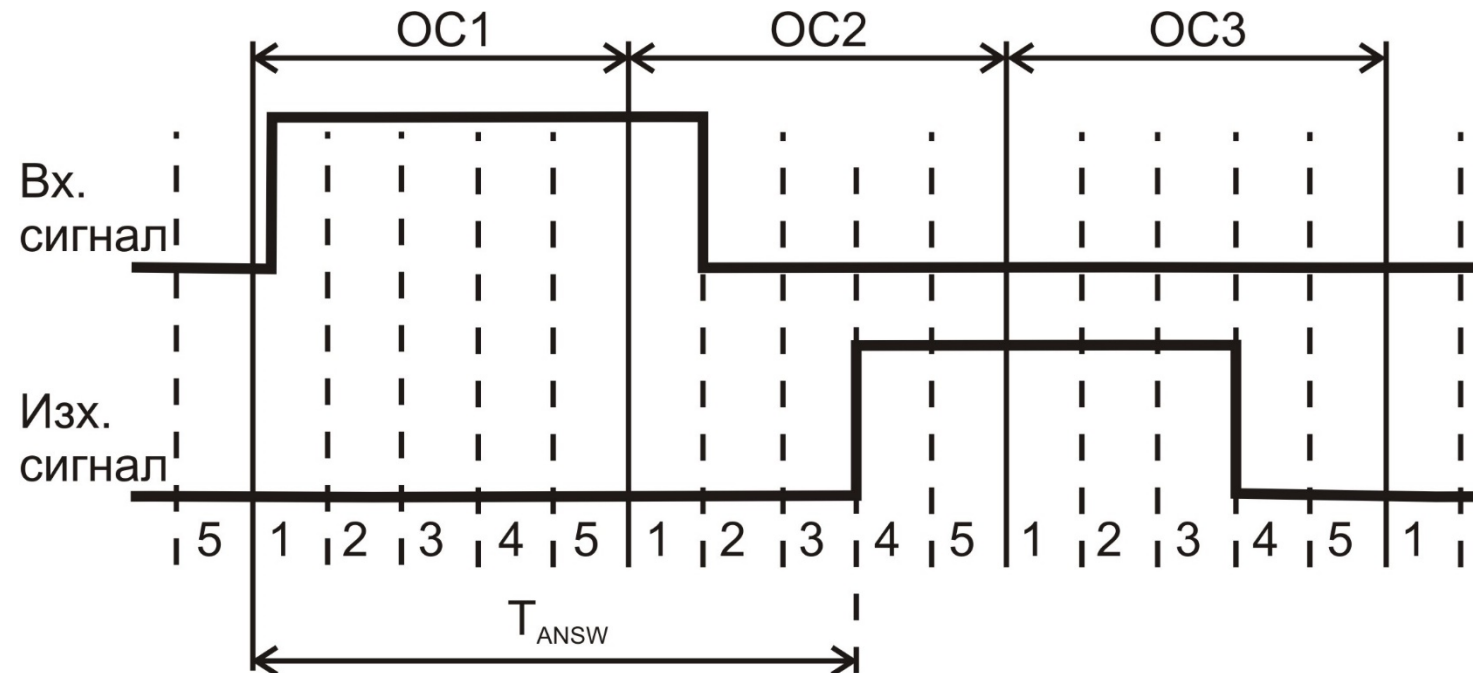


Апаратно – програмно разтягане на импулса

**Принцип на работа на програмируемите логически контролери.**

Друг важен параметър на промишлените контролери е максималното време на реакция. То се определя от момента на постъпване на входното въздействие до изработването на изходна реакция, съгласно алгоритъма за управление на обекта или процеса. От направените по-горе разглеждания за минимална продължителност на входното въздействие следва, че в най-лошия случай активирането на входа ще се отчете във втория оперативен цикъл, т.е. може да се запише:

$$T_{ANSW} = T_{INPUT} + T_{PRG} + T_{OUT} = 2T_{OC} - T_{H\&O} - T_{COM}.$$



Процесорът на контролера S7-1200 поддържа следните видове блокове с код, които позволяват създаването на ефективна структура на потребителската програма:

- Организационните блокове (OB) определят структурата на програмата.

- Функциите (FC) и функционалните блокове (FB) съдържат програмния код, който съответства на специфични задачи или комбинации от параметри. Всеки FC или FB осигурява набор от входни и изходни параметри за споделяне на данни с блока, който ги извиква. FB също използва свързан блок за данни (DB), за да поддържа състоянието на стойностите по време на изпълнението, които може да бъдат използвани от други блокове в програмата. FC или FB може да се извика от OB или от други FC или FB, до следните дълбочини на извикване:

- 16 от програмния цикъл или от стартов OB
- 4 от прекъсване

- Блоковете от данни (DBs) съхраняват данни, които могат да бъдат използвани от програмните блокове.

Организационният блок (ОВ) отговаря за конкретно събитие в CPU и може да прекъсне изпълнението на потребителската програма. По подразбиране за цикличното изпълнение на потребителската програма (ОВ 1) осигурява основната структура на потребителската програма. Ако се включат други ОВ в програмата, тези ОВ прекъсват изпълнението на ОВ 1. Другите ОВ изпълняват специфични функции, като например за задачи в STARTUP режим, за обработка на прекъсвания и грешки, или за изпълнение на специфичен програмен код в определени интервали от време.

Функционален блок (FB) е подпрограма, която се изпълнява при извикване от друг блок с код (ОВ, FB или FC).

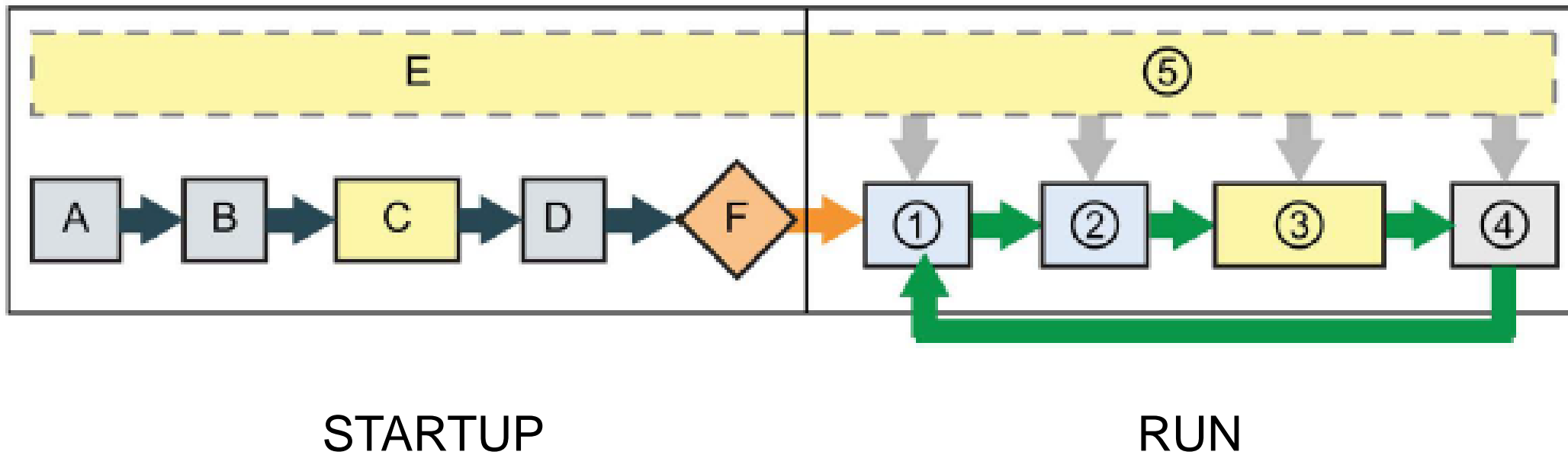
Функцията (FC) е подпрограма, която се изпълнява при извикване от друг блок с код (ОВ, FB или FC). Тя не се асоциира с конкретна DB. Повикващият блок предава параметри към FC. Изходните стойности от FC трябва да бъдат записани на адрес в паметта или в глобална DB.

Процесорният модул на контролера S7-1200 има три режима на работа: режим STOP, режим STARTUP и режим RUN.

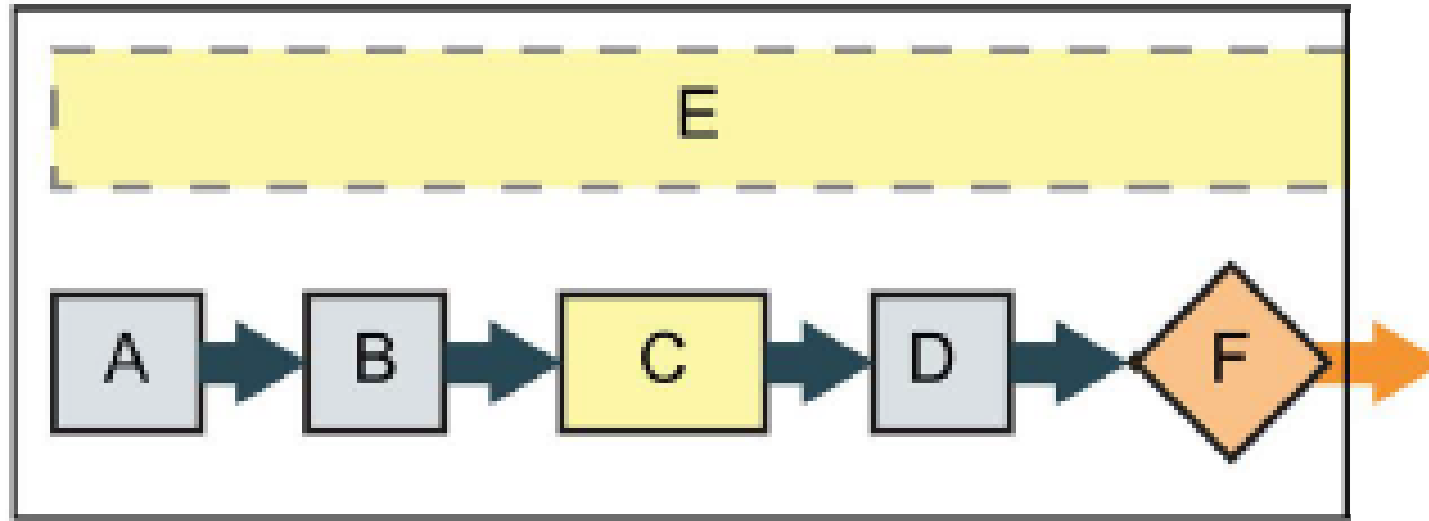
Текущият режим на работа се индицира от светодиоди на лицевия панел.

- В режим STOP процесорът не изпълнява програмата.
- В режим STARTUP стартовите организационни блокове - OBs (ако са налични) се изпълняват веднъж. Прекъсвания не се обработват по време на този режим.
- В режим RUN оперативният цикъл се изпълнява многократно. Прекъсвания се приемат и се обработват във всяка фаза на оперативния цикъл в режим RUN.

Последователност на изпълнението на задачите на модул CPU на контролера S7-1200 в режим STARTUP и в режим RUN



## STARTUP



A – Нулиране на областта I от паметта.

B – Инициализиране областта Q от паметта с нула, последната стойност, или заместващата стойност, както е конфигурирана.

C – Инициализиране областта M от паметта и блоковете данни с тяхната първоначална стойност и разрешение на конфигурираното циклично прекъсване.

Изпълнение на началните ОВ.

D – Копиране състоянието на физическите входове в областта I от паметта.

E – Запазване на всички заявки за прекъсване в опашка за обработка след въвеждане Режим RUN.

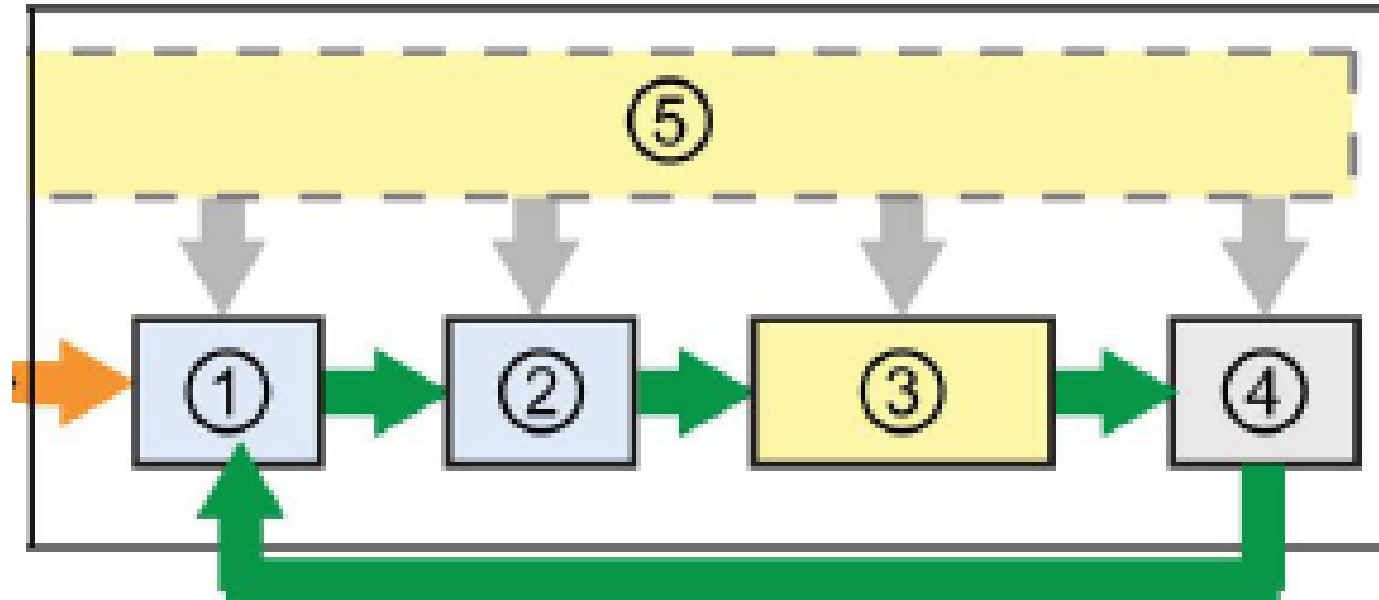
F – Разрешение на копирането от областта Q на паметта във физическите изходи.



Когато режимът на работа се промени от STOP на RUN, процесорът нулира паметта на входните битове и обработва стартовите OBs. Всяко четене на входните битове чрез инструкции в стартовите OBs ще прочете по-скоро нула отколкото текущата физическа стойност. Ето защо, за да се прочете текущото състояние на физически вход по време на стартирането, трябва да се извърши непосредствено четене (immediately read - I\_:P). Стартиращите OBs и всякакви други свързани FC и FB се изпълняват. Ако има повече от един стартиращ OB, те се изпълняват по ред според номера, най-ниският номер се изпълнява първи.

В режим RUN програмния цикъл се изпълнява циклично. Основният блок на програмата е програмен цикъл OB. В него са инструкциите, които управляват програмата и от където се извикват допълнителни потребителски блокове.

## RUN



- 1 – Копиране от областта Q на паметта във физическите изходи.
- 2 – Копиране състоянието на физическите входове в областта I от паметта.
- 3 – Изпълнение на ОВ от програмния цикъл.
- 4 – Изпълнение на процедури за самодиагностика.
- 5 – Обработване на заявките за прекъсване и комуникациите по време на всяка фаза на цикъла.

За всеки цикъл на сканиране (оперативен цикъл), CPU записва изходите, чете входовете, изпълнява потребителската програма, актуализира комуникационните модули и обработва потребителски прекъсвания и заявки за комуникация. Заявките за комуникация се обработват периодично в целия цикъл.

Тези действия (с изключение на потребителски прекъсвания) се обслужват редовно и последователно. Потребителските прекъсвания, които са активирани, се обслужват според приоритета в реда в който се случват. При прекъсване, процесорът чете входовете, изпълнява ОВ и след това записва изходите, като използва съответния дял на образа на процеси (PIP), ако е приложимо.

Системата гарантира, че цикълът на сканиране ще бъде завършен за период, наречен максимално време на цикъла. В противен случай се генерира събитие за грешка във времето.

Времето, което е необходимо на процесора за изпълнение на цикъла се нарича време на оперативния цикъл.

Cycle time	Range (ms)	Default
Maximum scan cycle time <sup>1</sup>	1 to 6000	150 ms
Minimum scan cycle time <sup>2</sup>	1 to maximum scan cycle time	Disabled

CPU модулът непрекъснато следи оперативния цикъл и реагира когато времето е надвишено.

В случаите когато CPU модулът завърши нормалния оперативен цикъл за по-кратко от зададеното време, останалото време се използва за самодиагностика и/или обработка на заявки за комуникации.

За изравняване на времето на оперативния цикъл се използва минималното време на цикъла. Когато то е зададено, CPU модулът изпълнява закъснение след завършване на оперативния цикъл докато изтече минималното зададено време на цикъла.

Всеки цикъл на сканиране започва с извличане на текущите стойности на цифровите и аналоговите изходи от образа на изходните реакции и след това запис във физическите изходи на CPU, SB, и SM модули, конфигурирани за автоматична актуализация - I/O update (конфигурация по подразбиране). Когато физически изход се промени чрез инструкция, стойността му както в образа на изходните реакции, така и на самия физически изход се актуализира.

Цикълът на сканиране продължава с четене на текущите стойности на цифровите и аналоговите входове от CPU, SB и SM, конфигурирани за автоматична актуализация (конфигурация по подразбиране), и след това запис на тези стойности в образа на входните въздействия. При четене на физически вход чрез инструкция, стойността на физическия вход се обработва от инструкцията, но образът на входните въздействия не се актуализира.

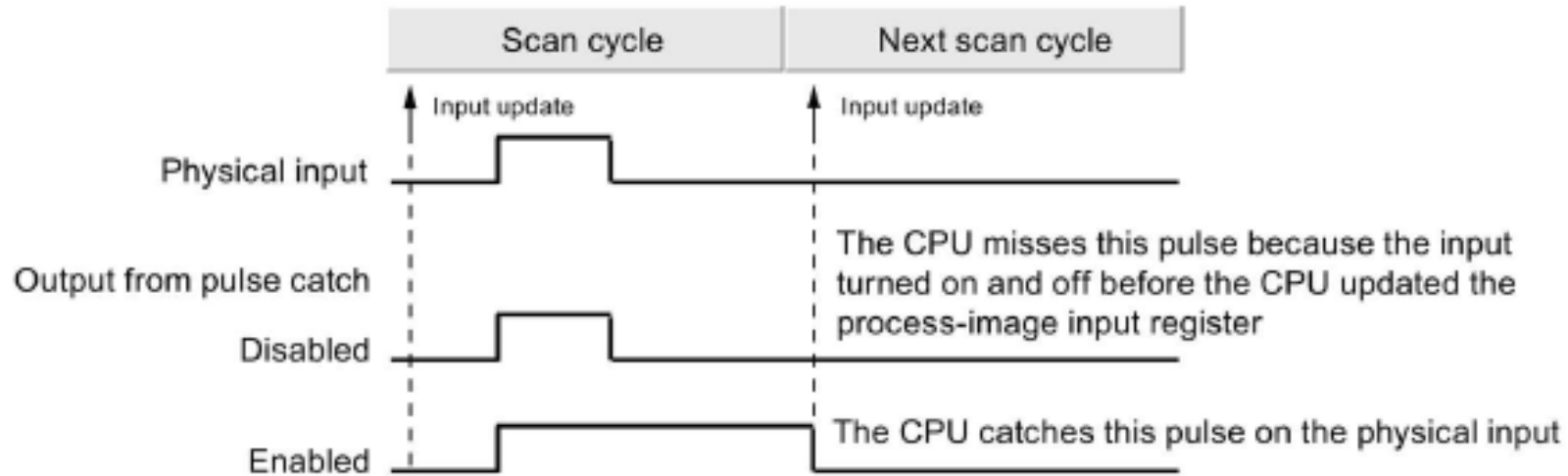
След прочитане на входовете, потребителската програма се изпълнява от първата инструкция до крайната инструкция. Това включва всички организационни блокове (OBs) на програмния цикъл и всичките свързани с тях FC и FB. Организационните блокове на програмния цикъл се изпълняват по реда на техните номера - OB номер с най-ниския номер се изпълнява първи.

Обработката на комуникациите се осъществява периодично по време на цикъла, може и с прекъсване изпълнението на потребителската програма.

Самодиагностиката включва периодични проверки на състоянието на системата и на I/O модули.

Прекъсванията могат да възникнат по време на която и да е част от цикъла на сканиране и са предизвикани от събития. Когато постъпи събитие, процесорът прекъсва цикъла на сканиране и извиква OB, който е конфигуриран да обработва това събитие. След като OB завърши обработката на събитието, процесорът възобновява изпълнението на потребителска програма от точката на прекъсване.

## Програмируеми логически контролери



CPU модулът на S7-1200 има възможност за разширяване на кратки входни импулси, които няма да бъдат регистрирани, ако промяната на сигнала се извършва извън фазата за четене на входовете.

Когато „pulse catch“ опцията за даден цифров вход е разрешена логическото ниво след активният преход на сигнала се запомня и се задържа до следващия оперативен цикъл. Това гарантира, че кратък импулс ще бъде регистриран и задържан докато CPU модулът прочете входовете.