AMK
Control your Motion.

Лекции
Компютърни системи за управление (КСУ)

Летен семестър 2007

Любомир Борисов
Системен програмист
Симеон Трифонов
Ръководител отдел “Развитие”
Мариян Няголов
Инженер приложни проекти

“АМК – Задвижваща и управляваща техника”

Control your Motion.

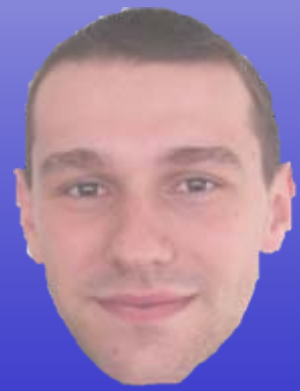
Лектори:

- ***Любомир Борисов***
  - ***АМК ЕООД***
  - ***ул. “Генерал Николов” №1***
  - ***Телефон 066 819112***
  - ***Email: lyubomir.borisov@amk-drives.bg***

- *Симеон Трифонов*
  - ***АМК ЕООД***
  - ***ул. “Генерал Николов” №1***
  - ***Телефон 066 819125***
  - ***Email: simeon.trifonov@amk-drives.bg***

Ръководител на лабораторните упражнения:

- *Мариян Няголов*
  - ***АМК ЕООД***
  - ***ул. “Генерал Николов” №1***
  - ***Телефон 066 819 119***
  - ***Email: mariyan.nyagolov@amk-drives.bg***



Катедра “Автоматика, информационна и управляваща техника”

AMK
Control your Motion.

Разпис на занятията:

Седмица	Понеделник	Вторник	Сряда	Четвъртък	Петък
28.01 – 01.02	14-18 3315	14-18 3315	14-18 3315	14-18 3315	14-18 3315
04.02 – 08.02		14-18 3315	14-18 3315	14-18 3315	14-18 3315
11.02 – 15.02	14-18 3315	14-18 3315	14-18 3315	14-18 3315	14-18 3315
18.02 – 22.02	13-17 3315	13-18 3315	14-18 3315		

AMK
Control your Motion.

Изпит:

- ***Писмен изпит***
- ***Продължителност 2 часа***
- ***23.02.2008г зала 3315***
- ***Възможност за ползване на помощни материали (с изключение на комуникация от всякакъв род)***
- ***Заключително събеседване за прецизиране на оценката***

AMK
Control your Motion.

Помощни средства:

- **Копие на използваните слайдове в Интернет**
- **Техническа документация на продуктите на AMK**
- **Друга препоръчвана по време на лекциите литература**

AMK
Control your Motion.

Съдържание на учебния материал:

А. ЛЕКЦИИ

Модул I. Съставни елементи на електрозадвижващите системи:

- **Електрически двигатели. Основни конструкции и принципи.**
- **Обратни връзки по позиция.**
- **Честотни инвертори и сервозадвижвания.**
- **Полево ориентиран контрол на променливотокови двигатели.**
- **Режими на работа на сервозадвижване.**

Модул II. Промишлени интерфейси:

- **Понятие за промишлен комуникационен интерфейс. Особености.**
- **Point-to-point комуникация.**
- **Modbus.**
- **CANopen.**
- **ProfiBus, SERCOS.**
- **Real-time Ethernet базирани протоколи.**

Модул III. Индустриални системи за управлеие:

- **Основни понятия и принципи.**
- **Видове програмни единици.**
- **Езици за програмиране.**
- **Библиотеки с готови компоненти.**
- **Визуализации.**

AMK
Control your Motion.

Съдържание на учебния материал:

В. ЛАБОРАТОРНИ УПРАЖНЕНИЯ

Към Модул I: Съставни елементи на електрозадвижващите системи:

- **Базово параметризиране на сервозадвижване.**
- **Режими на работа и настройка на сервозадвижване**
- **Настройка и параметризиране на регулатор на позиция.**

Към Модул II: Промишлени интерфейси:

- **Конфигуриране на CANopen мрежа.**
- **Реализация на цифрово куплиране на серво-оси.**
- **Използване на промишлените интерфейси за зареждане на програмното осигуряване на индустриалните системи за управление.**

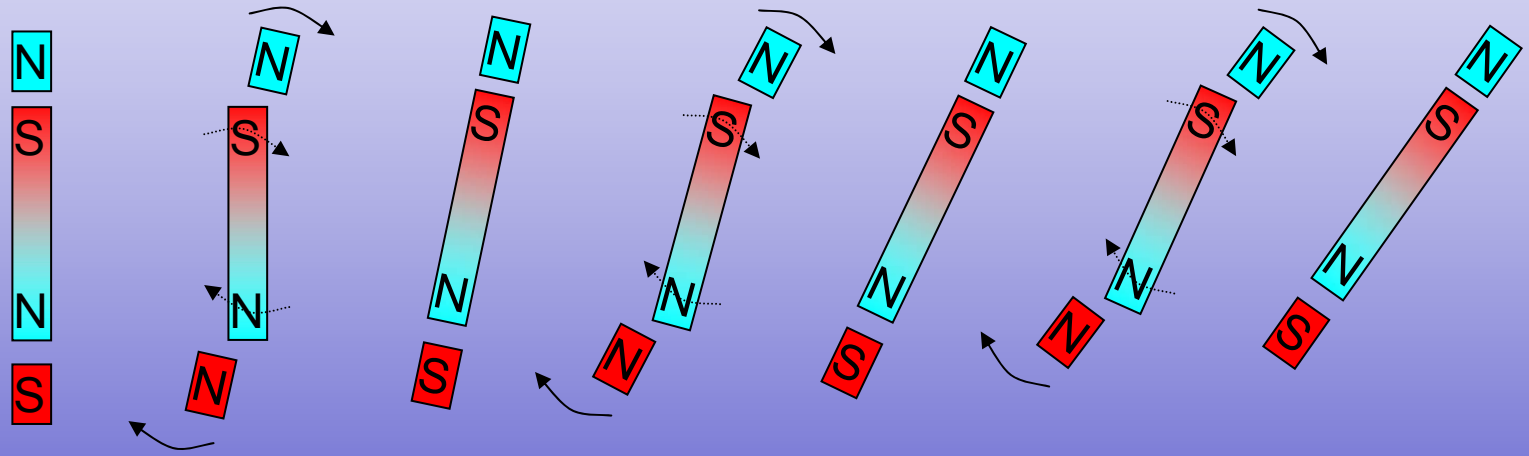
Към Модул III: Индустриални системи за управлеие:

- **Запознаване със средата за програмиране CoDeSys.**
- **Използване на вътрешни и външни библиотечни модули.**
- **Настройка, трасиране и отстраняване на грешки в потребителски програми.**

AMK
Control your Motion.

Електрически двигатели. Основни конструкции и принципи.

Принцип на работа на въртящата се електрическа машина:

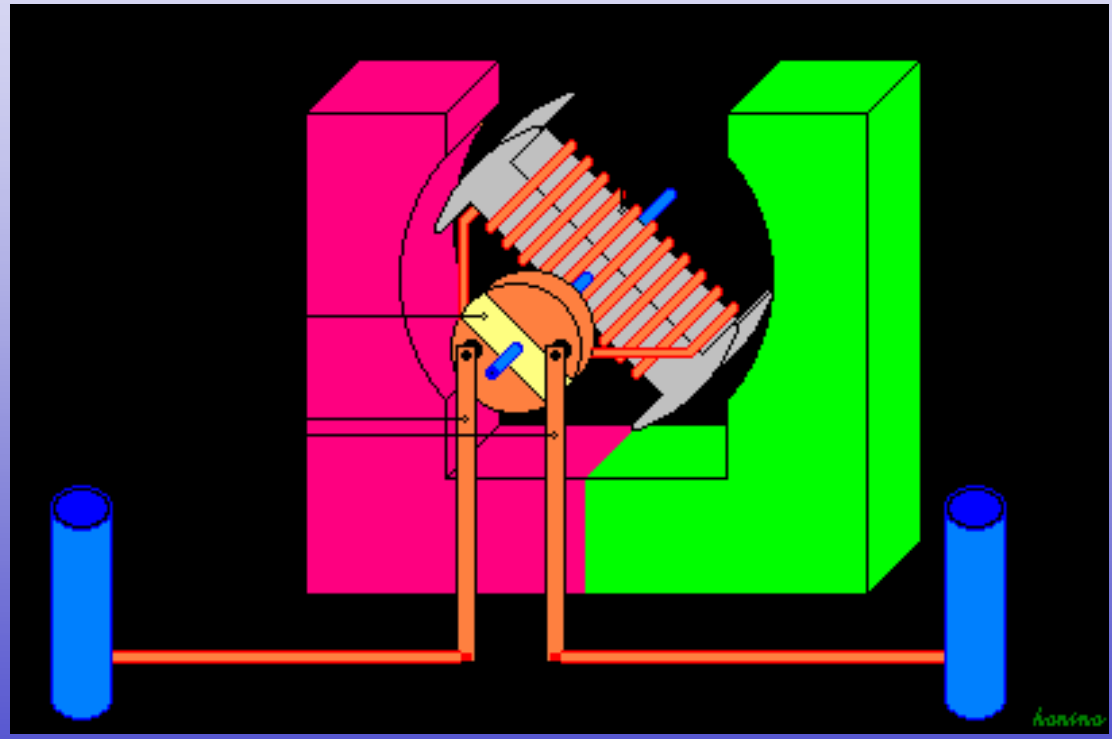


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Електрически двигатели. Основни конструкции и принципи.

Постояннотоков електродвигател с постоянно възбуждане:

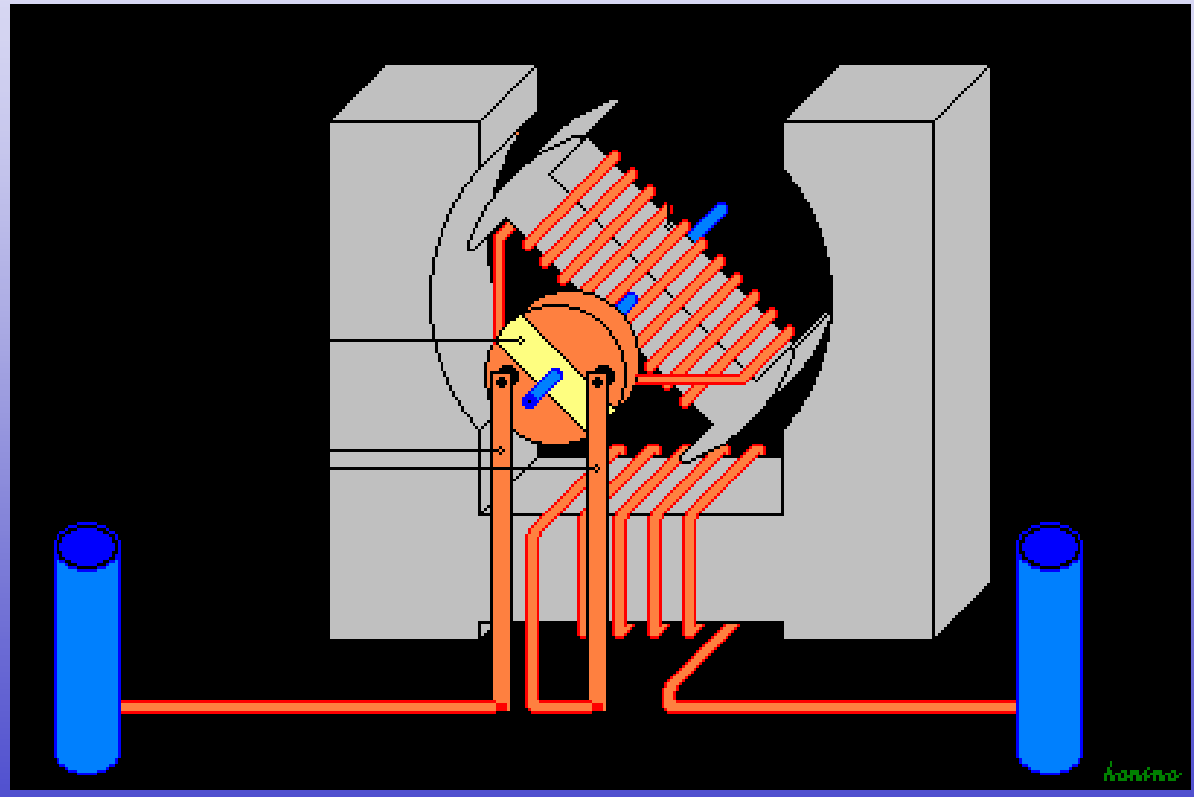


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Електрически двигатели. Основни конструкции и принципи.

Постояннотоков електродвигател с последователно възбуждане:

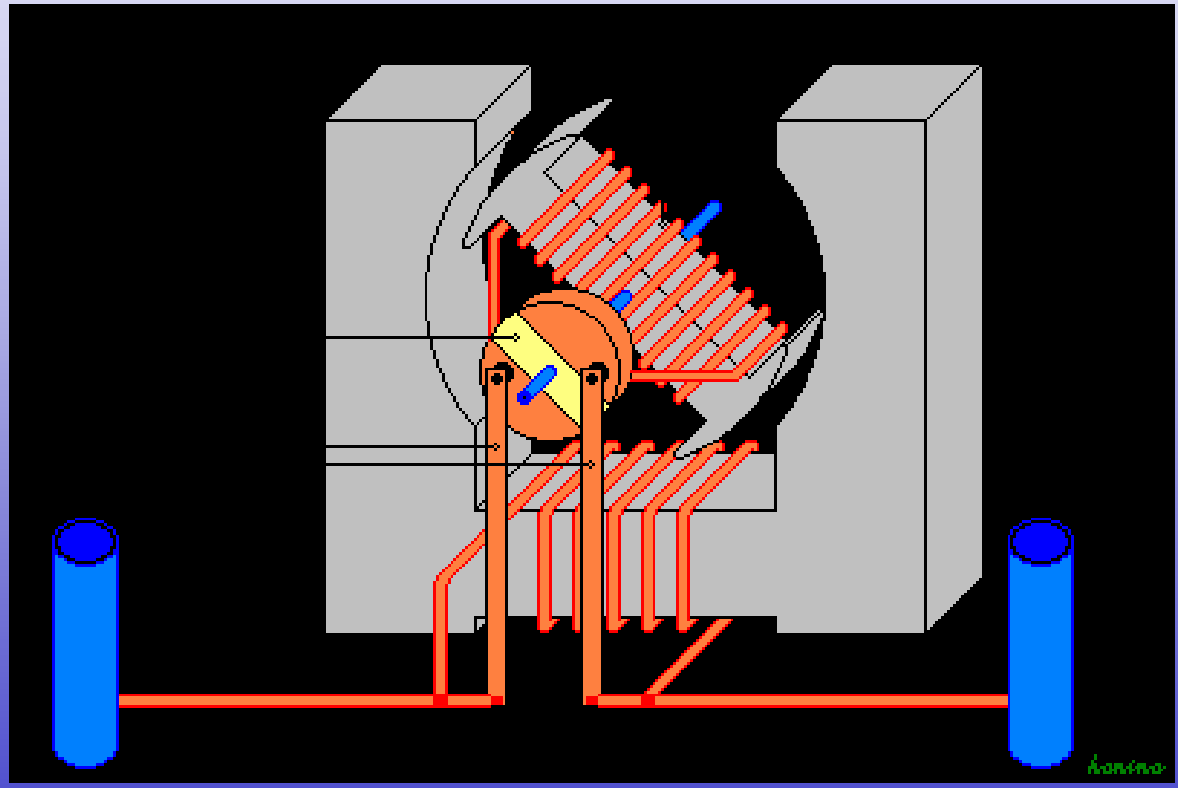


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Електрически двигатели. Основни конструкции и принципи.

Постояннотоков електродвигател с паралелно възбуждане:

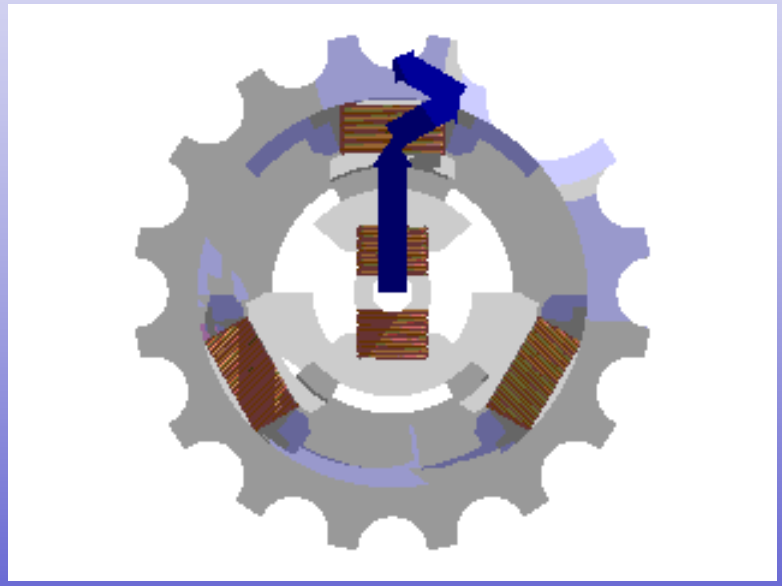


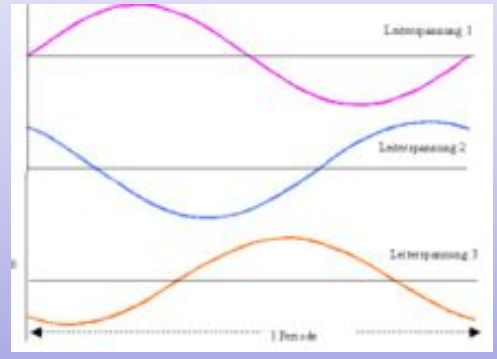
Любомир Борисов

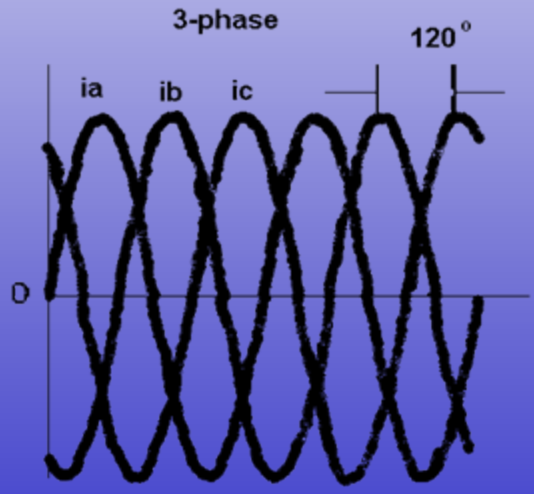
AMK
Control your Motion.

Електрически двигатели. Основни конструкции и принципи.

Променливотокови електродвигатели:





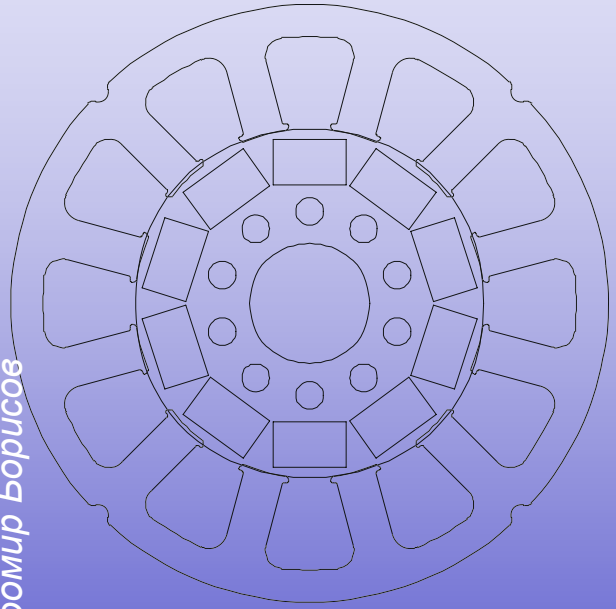


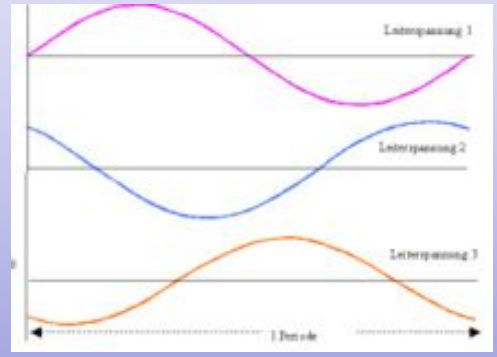
Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

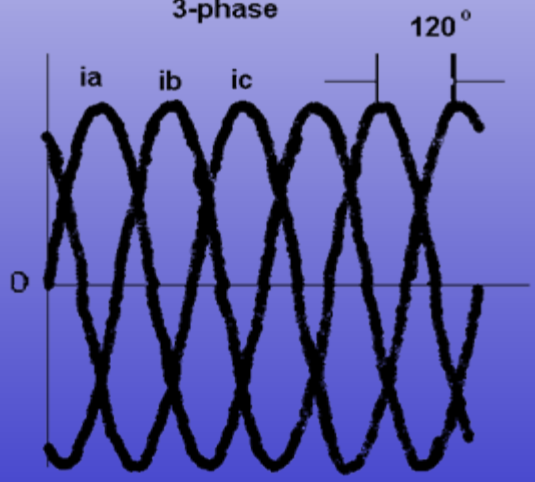
Електрически двигатели. Основни конструкции и принципи.

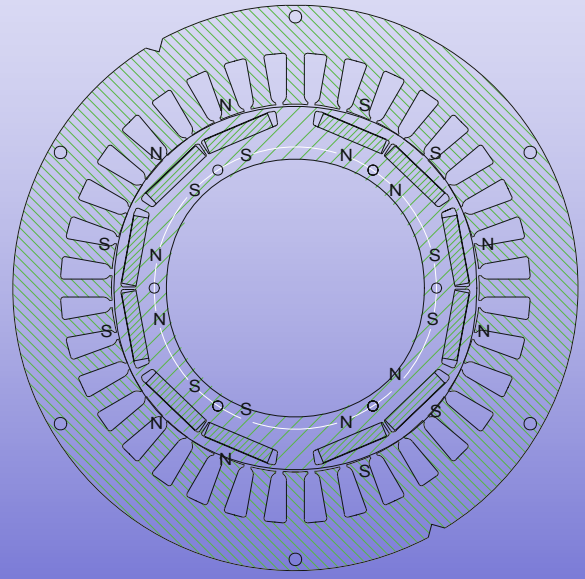
Синхронен електродвигател с постоянни магнити:





3-phase





Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Свойства на СМПМ:

Предимства:

-Висок въртящ момент, граничещ с този на постояннотоковите мотори

-Отлични възможности за претоварване

-Добри регулировъчни свойства при използване на подходящи методи за управление

-Лесна поддръжка

Недостатък:

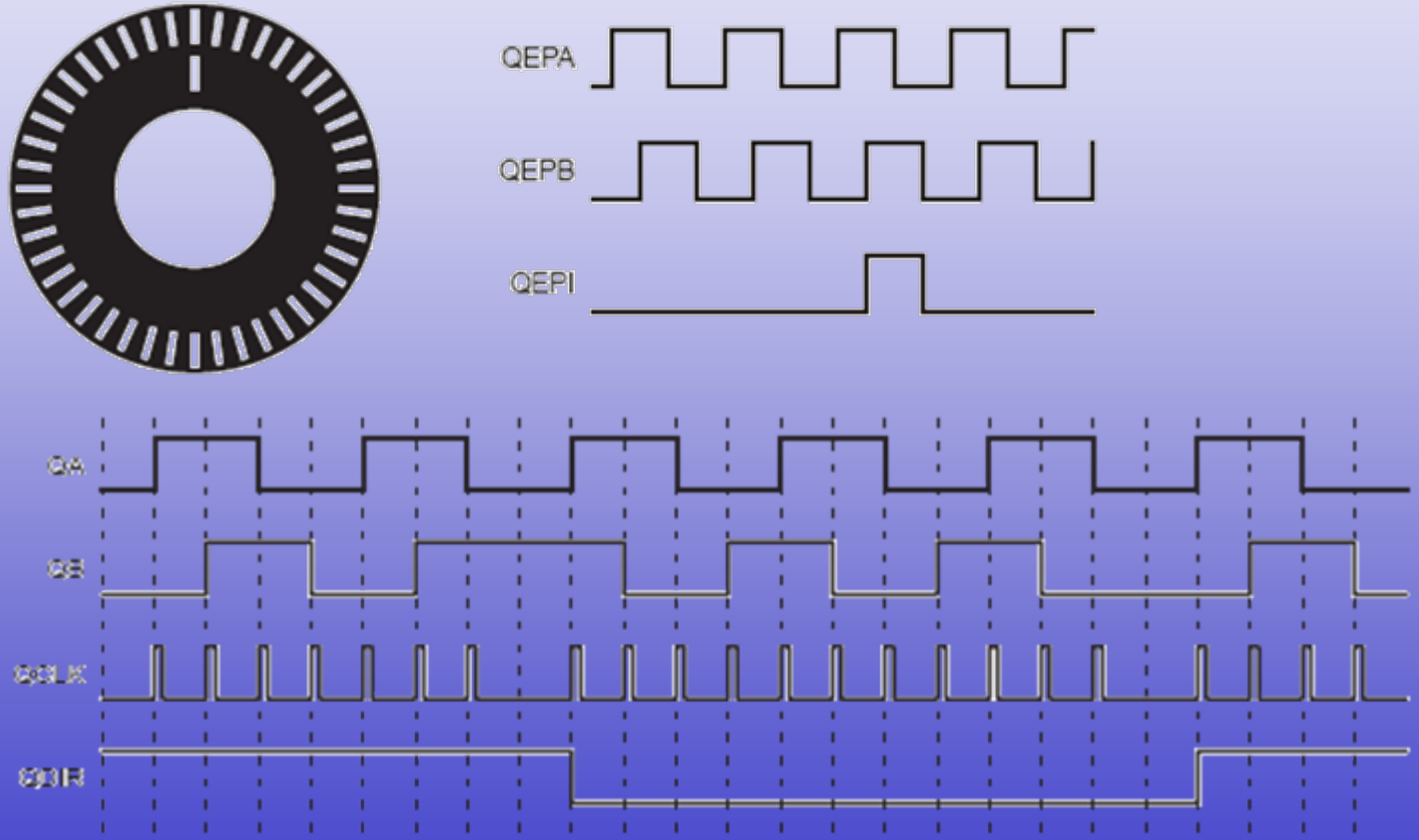
-„Coggigng“ (EN), „Rastmoment“ (DE) – увеличаване на съпротивителния момент при преминаване под полюс.

Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Обратни връзки по позиция.

Фоторастерови и фотокодови преобразуватели - ФРП (QEP Encoders) и ФКП:

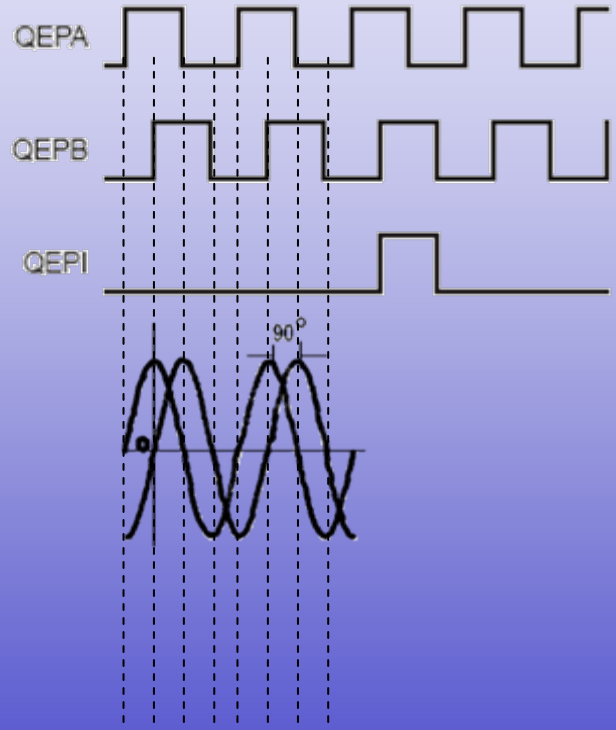


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Обратни връзки по позиция.

Синусоидални енкодери:

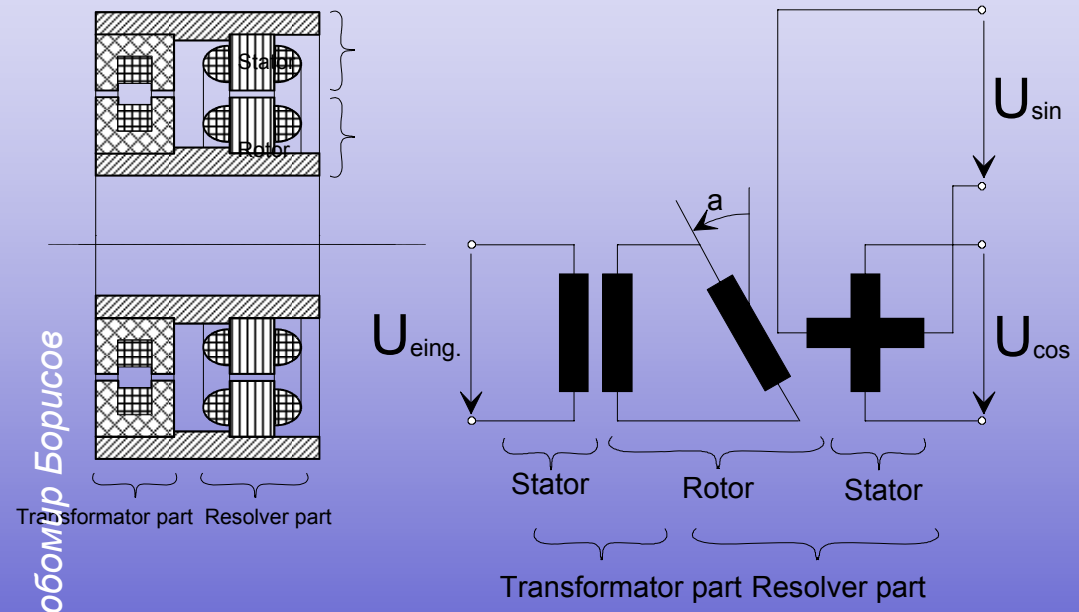


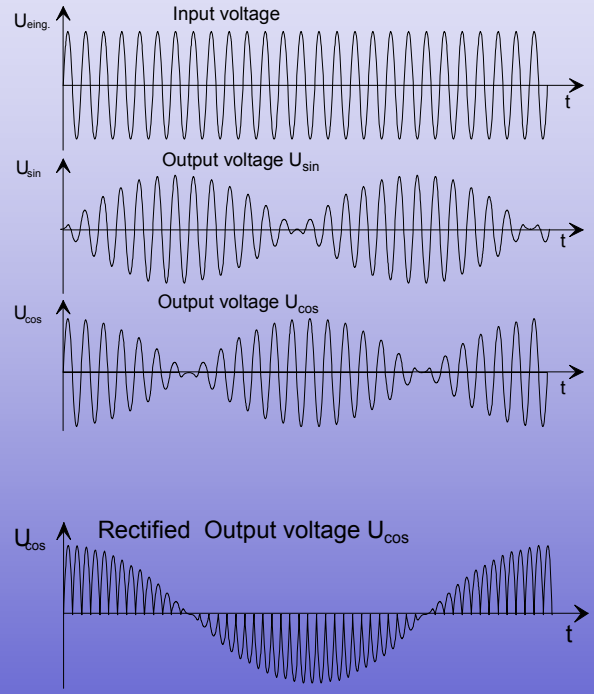
Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Обратни връзки по позиция.

Резолвери:



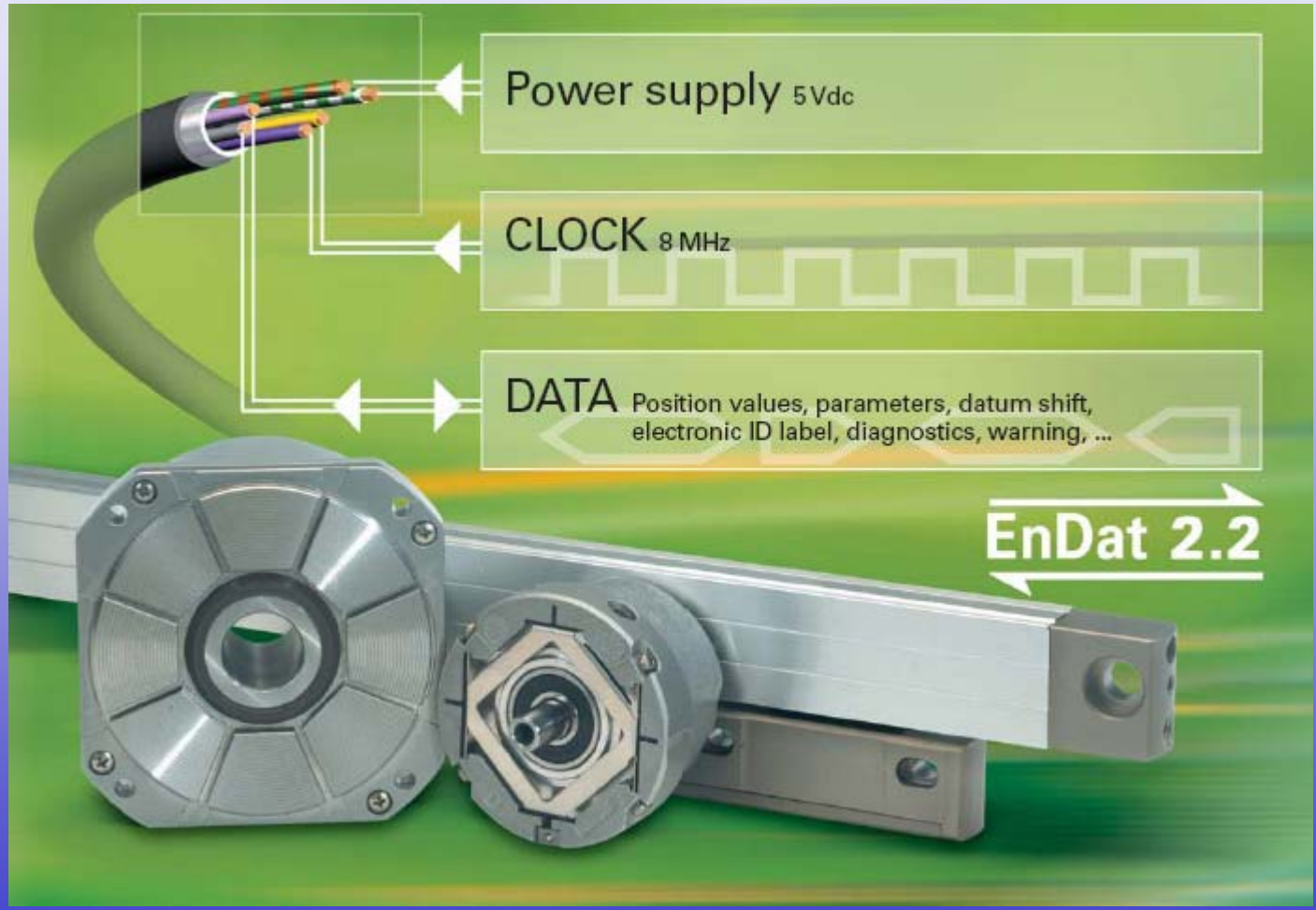


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Обратни връзки по позиция.

Енкодери с цифров сериен интерфейс:



Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Обратни връзки по позиция.

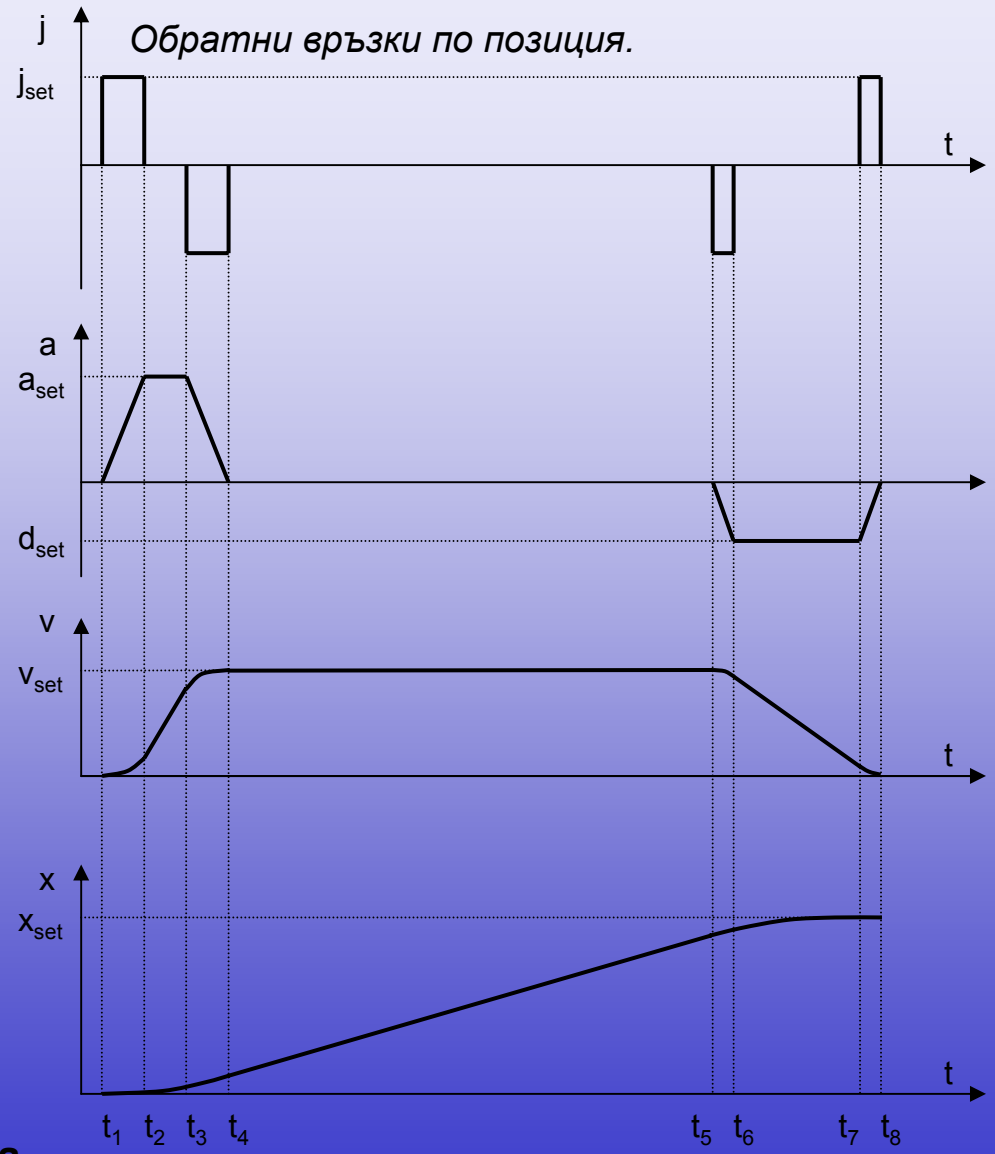
Енкодери – сравнителна характеристика:

	Точност	Разрешаваща способност	Бързина на преобразуване	Изисквания към ап. част	цена
ФРП	~2 ‘ или по-лоша	До 10 000 [ipr]	Много висока - до $15*10^7$ [cps]	Ниски	Средна
ФКП	~5 ‘ или по-лоша	До 4 096 [ipr]	Много висока - до $15*10^7$ [cps]	Високи	Висока
Резолвери	~7 ‘ или по-лоша	До 65 536 [ipr]	Обикновено 8-16 * 10^3 [cps]	Високи	Ниска
Син. Енкодери	Достига ~2,5 “	До 1 280 000 [ipr]	Обикновено 8-16 * 10^3 [cps]	Средни	Много висока
Енкодери с цифров сериен интерфейс	Достига ~0.08 ‘’	До 2^{24} [ipr]	Рядко над $8*10^3$ [cps]	Ниски	Средна - до много висока
Прецизни Капацитивни	Достига 50 [pm]	5 [pm]	Ниска	Високи	Много висока

Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Обратни връзки по позиция.



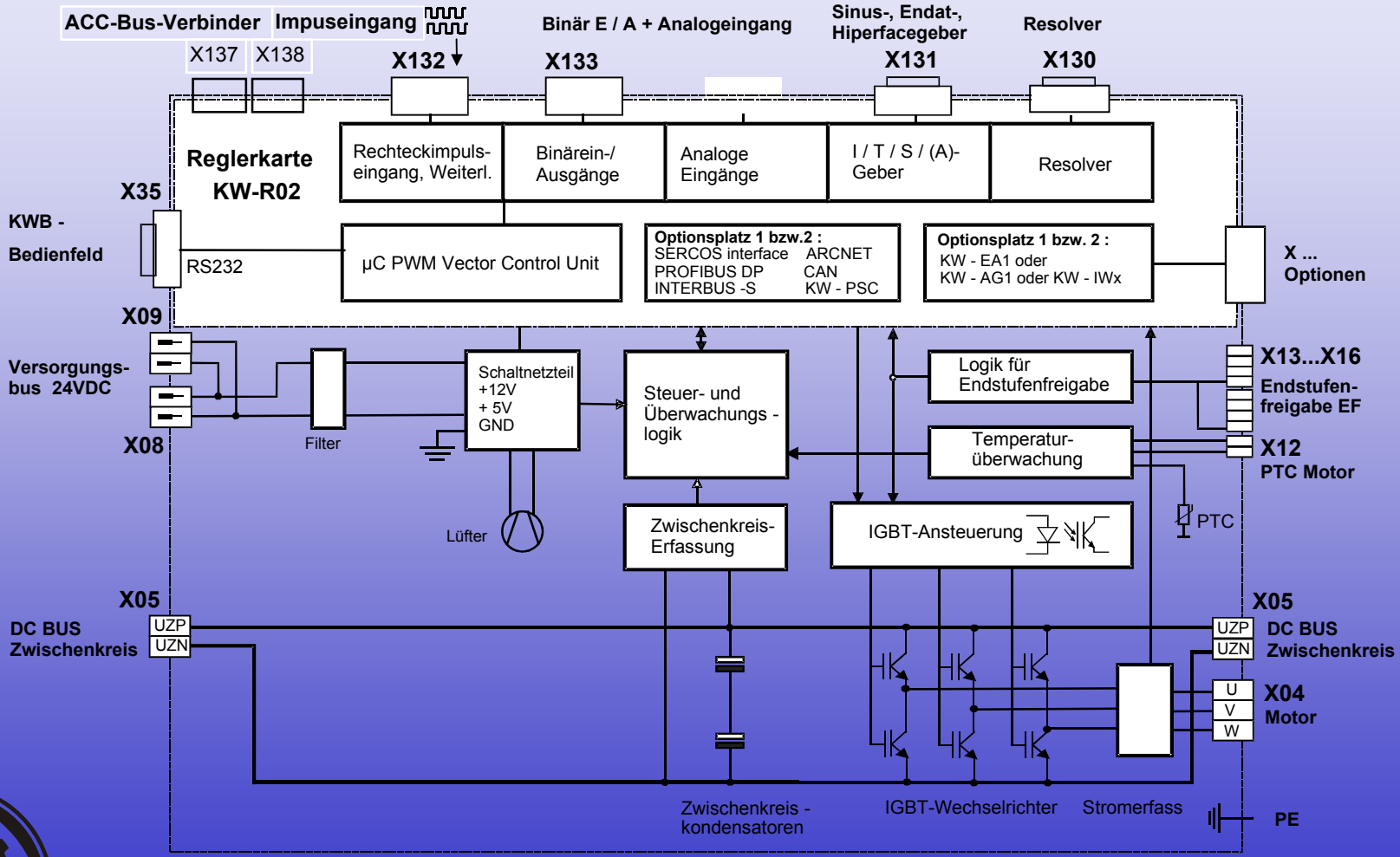
Извличане на информация за други параметри на движението от ОВ по позиция

Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Честотни инвертори и серво-задвижвания

Серво

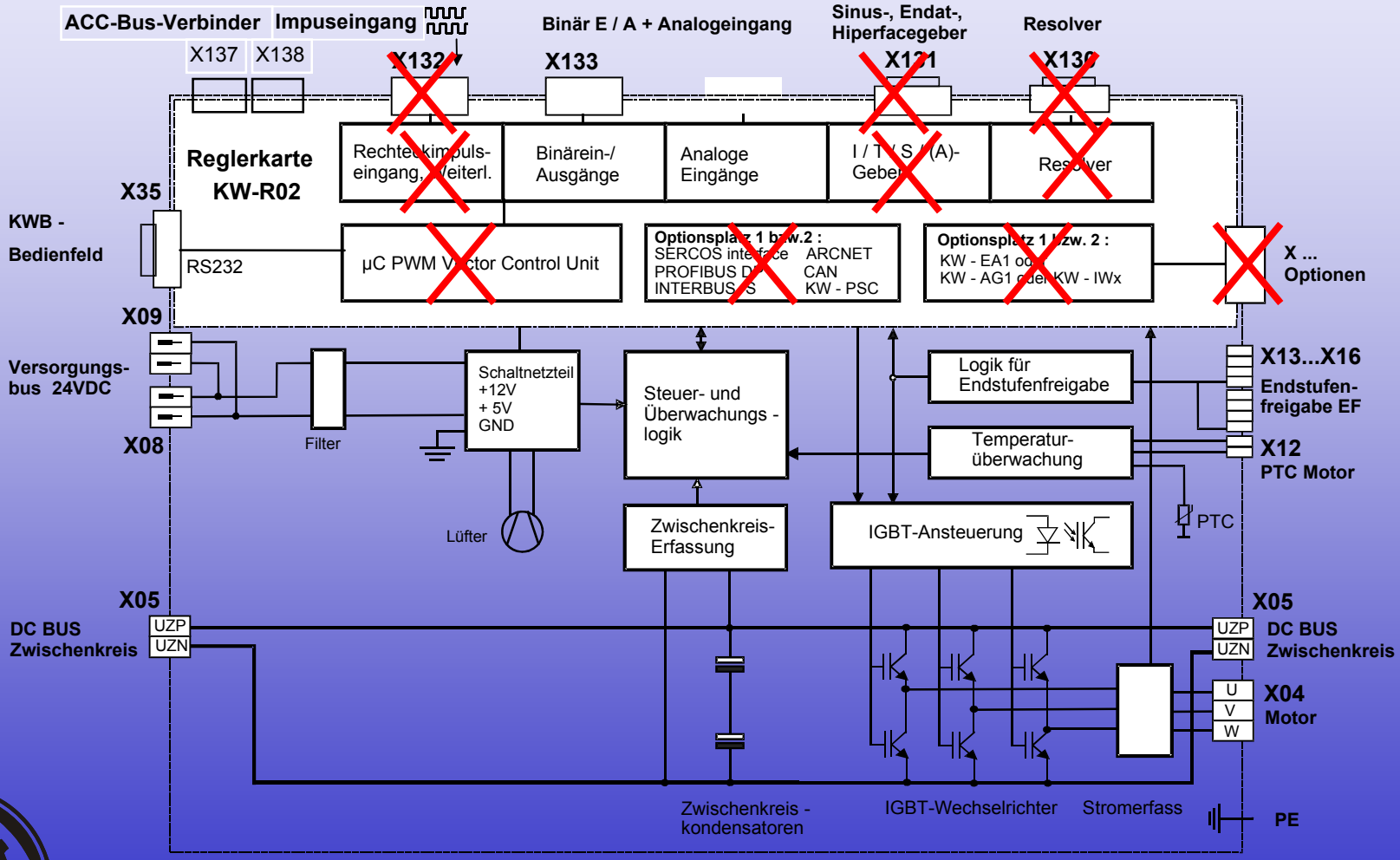


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Честотни инвертори и серво-задвижвания

Честотно задвижване

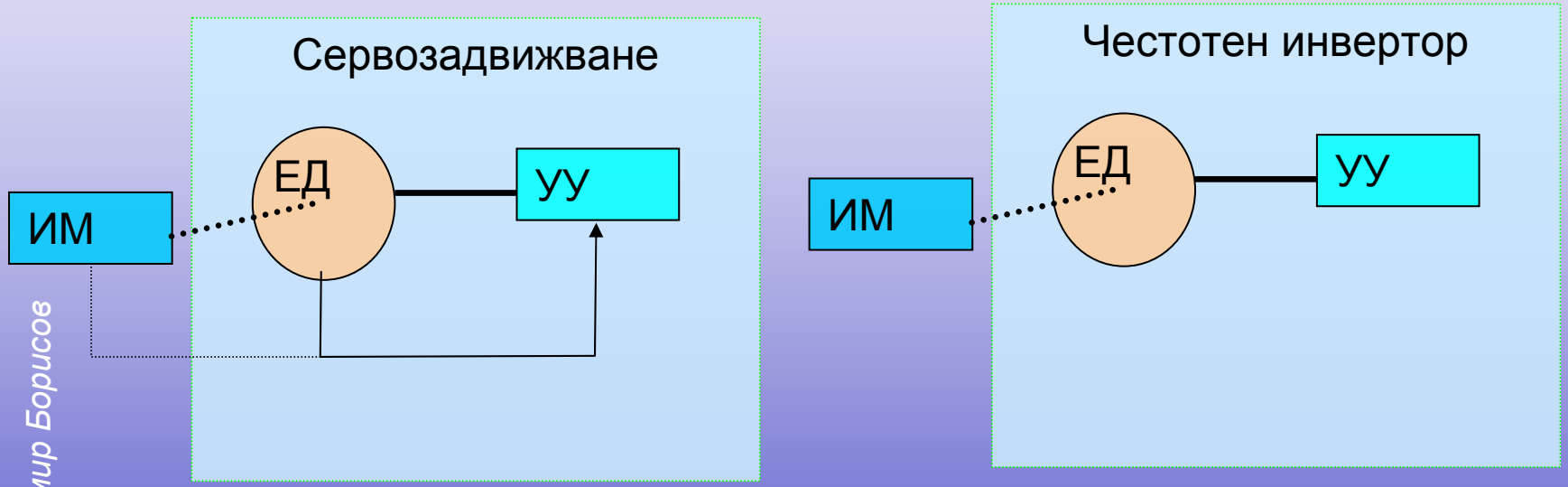


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Честотни инвертори и серво-задвижвания

Разлика между обикновен честотен инвертор и сервозадвижване

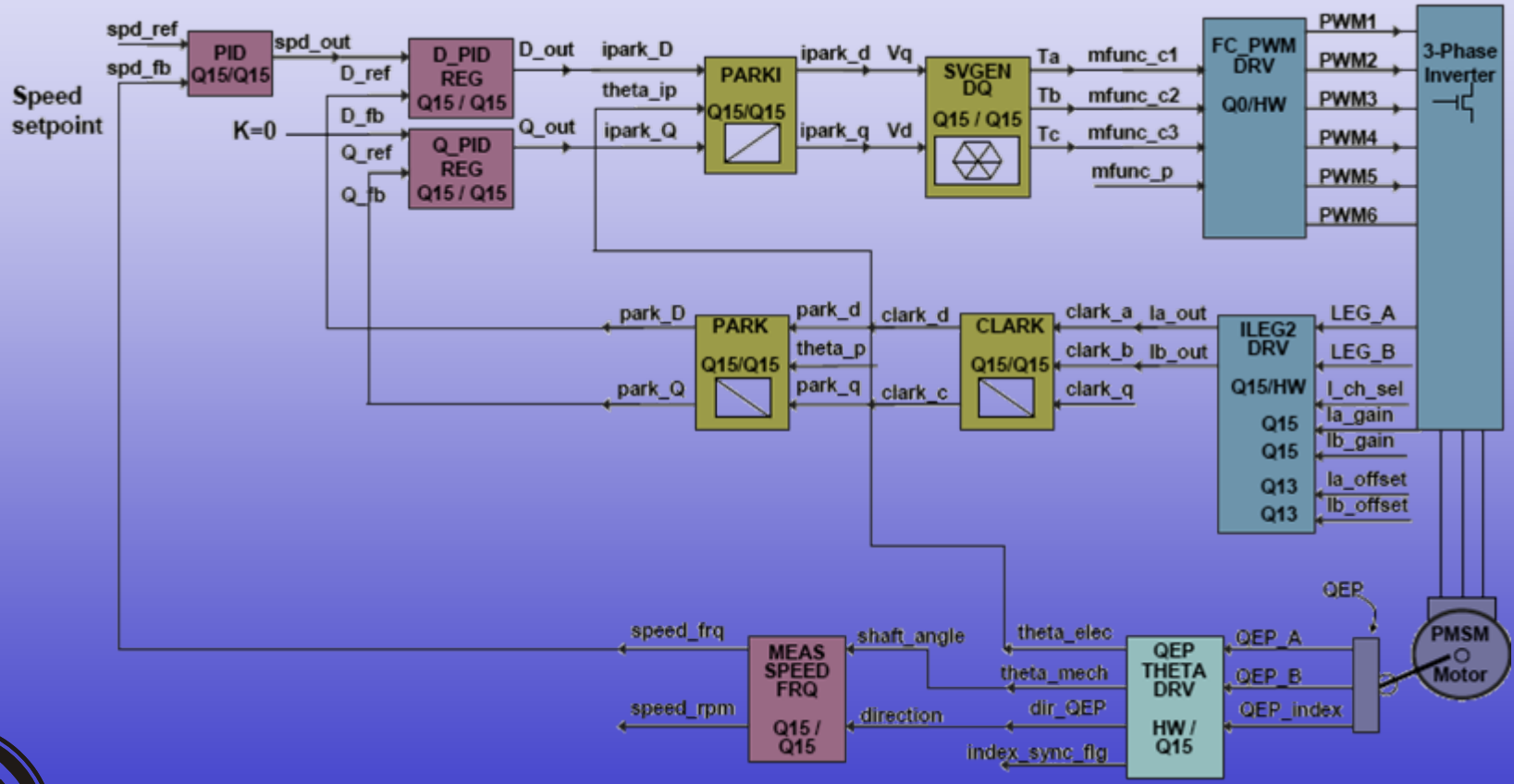


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Честотни инвертори и серво-задвижвания

Управление на СМПМ чрез ориентация на магнит-ното поле и пространствено-векторна модулация

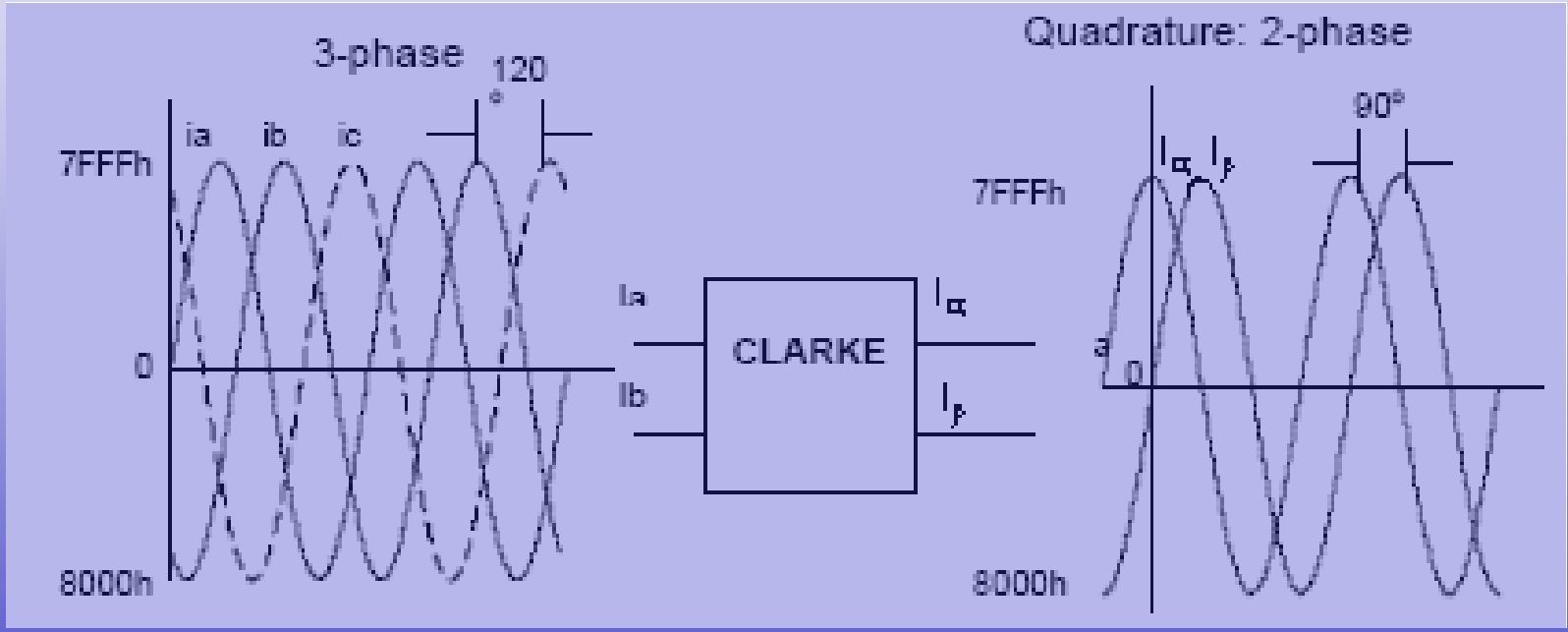


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Clark-Трансформация

Преобразува симетрична трифазна система (токове) в симетрична двуфазна квадратична система

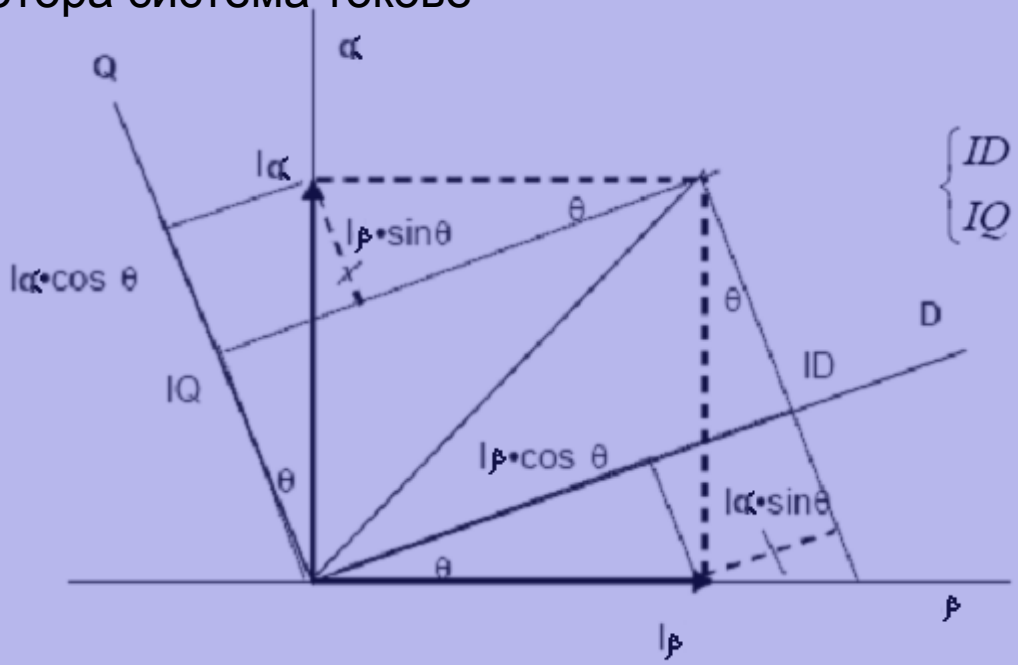


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Трансформация на Park-Горев

Преобразува токовите вектори от неподвижната правоъгълна двуфазна координатна система на статора във въртяща се спрямо ротора система токове



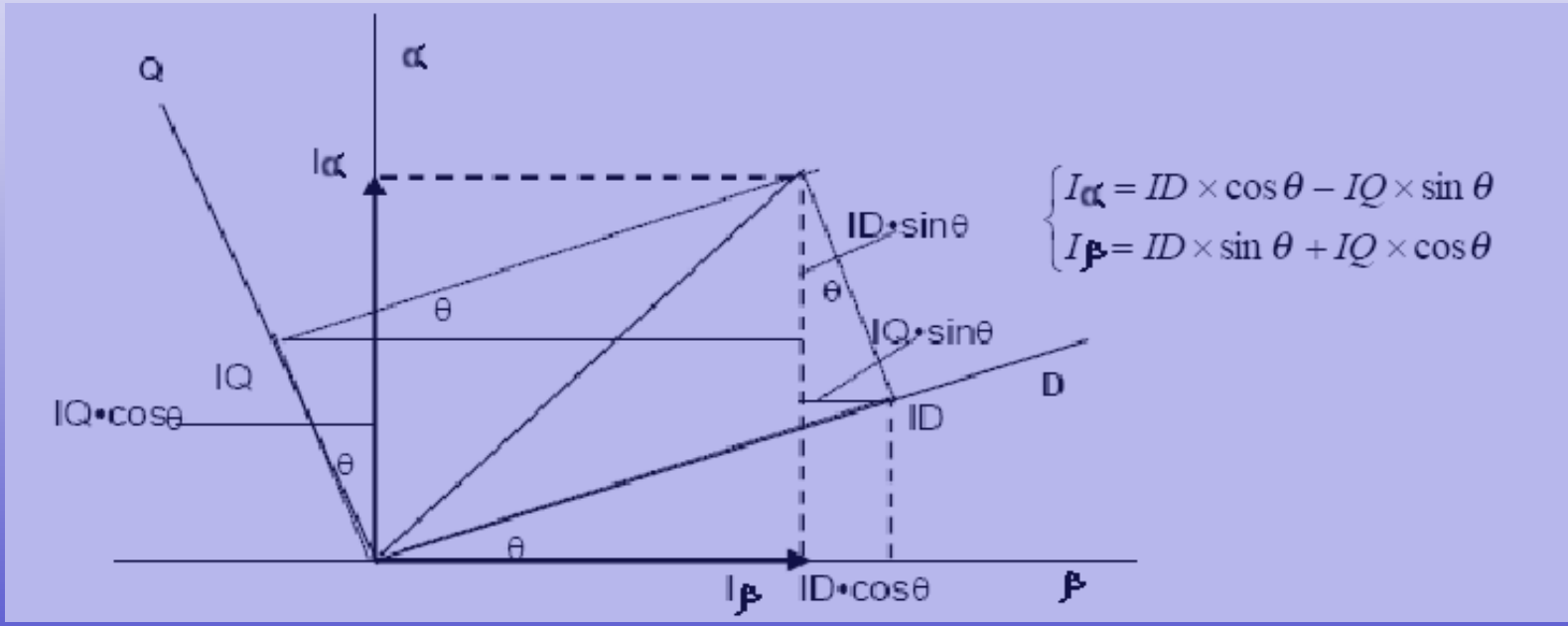
$$\begin{cases} ID = I_\beta \times \cos\theta + I\alpha \times \sin\theta \\ IQ = -I_\beta \times \sin\theta + I\alpha \times \cos\theta \end{cases}$$

Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Инверсна Park-Трансформация

Проектира системата роторни токове обратно в ортогонална за статора координатна система



$$\begin{cases} I_\alpha = ID \times \cos\theta - IQ \times \sin\theta \\ I_\beta = ID \times \sin\theta + IQ \times \cos\theta \end{cases}$$

Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Важни параметри при избор на електрозадвижваща система:

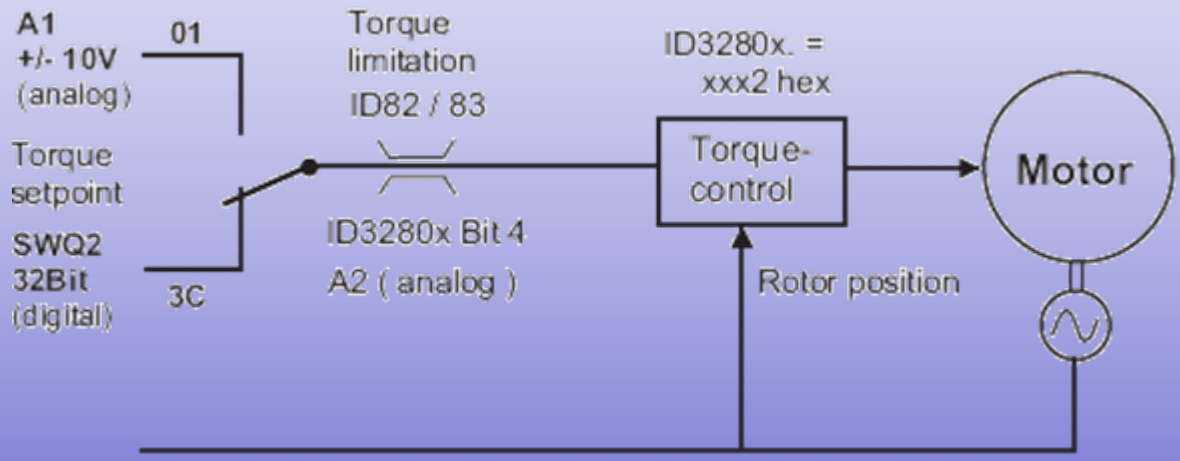
- Номинален и максимален въртящ момент, необходимост от претоварване
- Номинална и максимална скорост
- Точност на поддържане на скоростта и позицията
- Разрешаваща способност на енкодера
- Степен на защита (IP) на мотора, енкодера и управляващото устройство
- Разсейвана мощност
- Категория на безопасност
- Начин на охлаждане
- други

Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Режими на работа на сервозадвижване

Контрол по въртящ момент

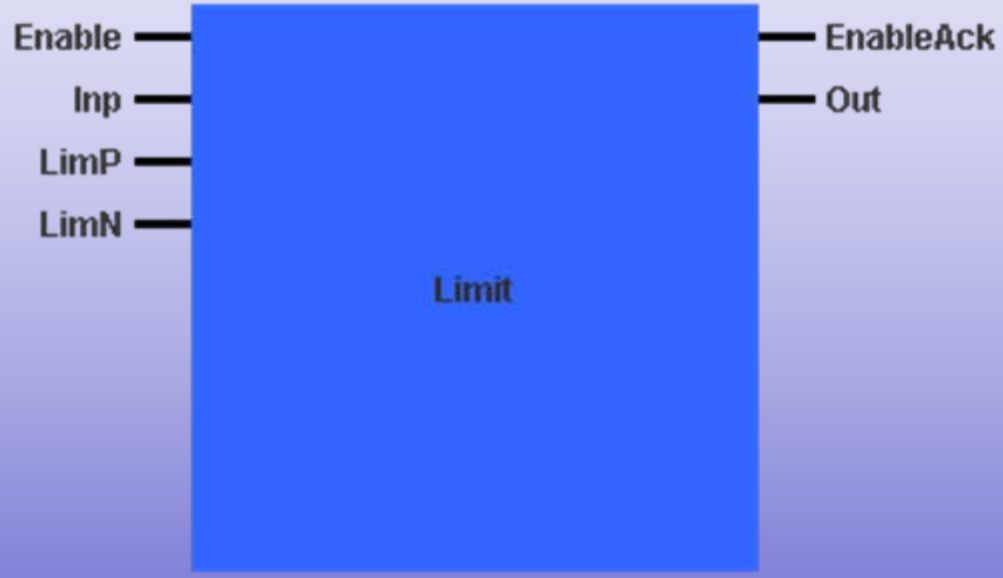


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Режими на работа на сервозадвижване

Ограничител



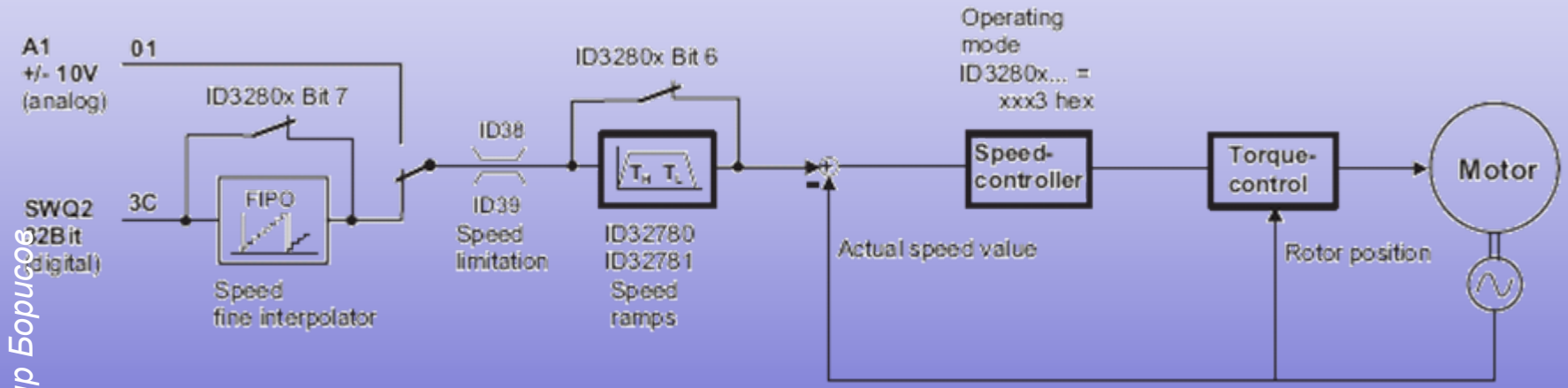
Out = Inp	LimP>Inp>LimN
Out = LimN	LimN≥Inp
Out = LimP	LimP≤Inp

Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Режими на работа на сервозадвижване

Контрол по скорост

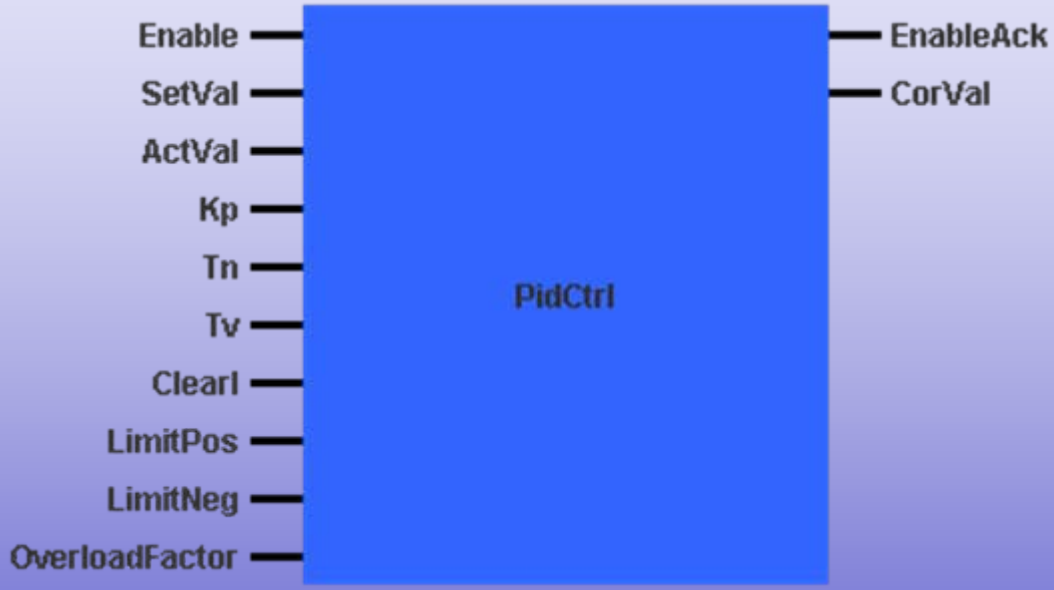


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Режими на работа на сервозадвижване

PID с Anti-WindUp



$$\varepsilon(t) = SetVal(t) - ActVal(t)$$

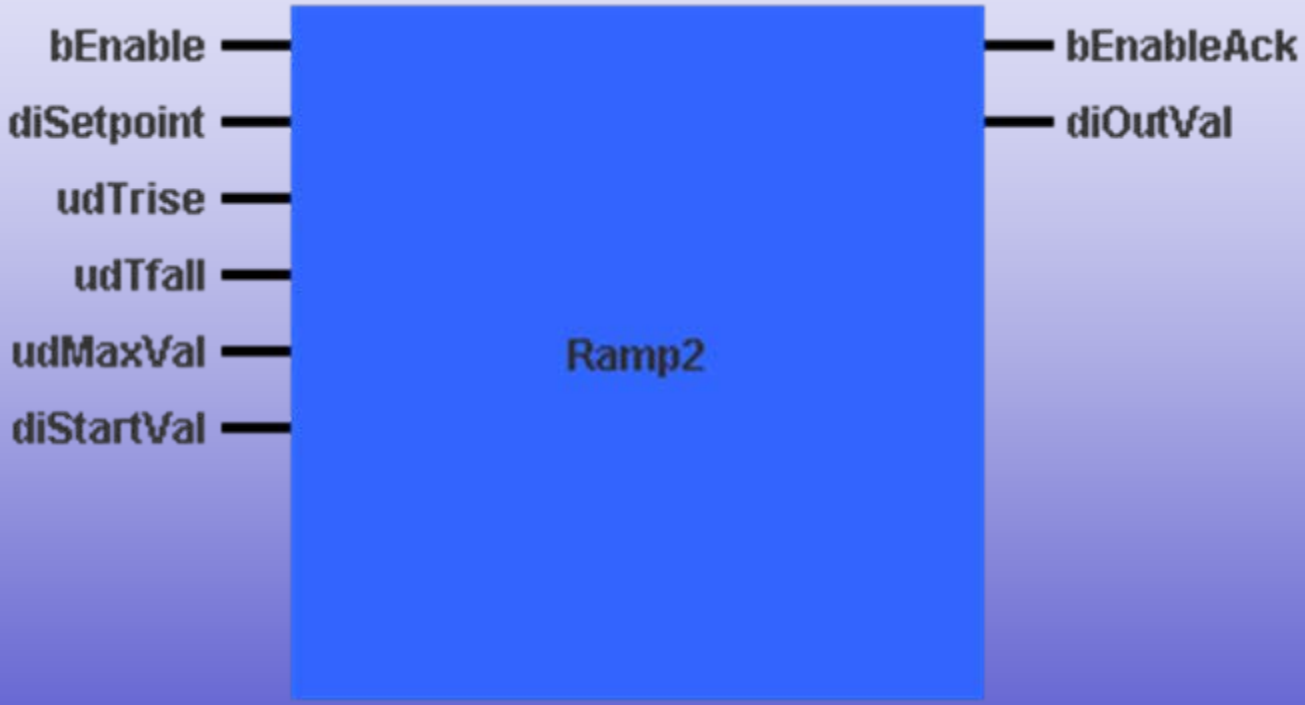
$$CorVal(t) = Kp * \varepsilon(t) + \frac{Kp}{Tn}\sum_{n=1}^{t}\varepsilon(n) + KpTv\left[\varepsilon(t) - \varepsilon(t-1)\right]$$

Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Режими на работа на сервозадвижване

Рампи

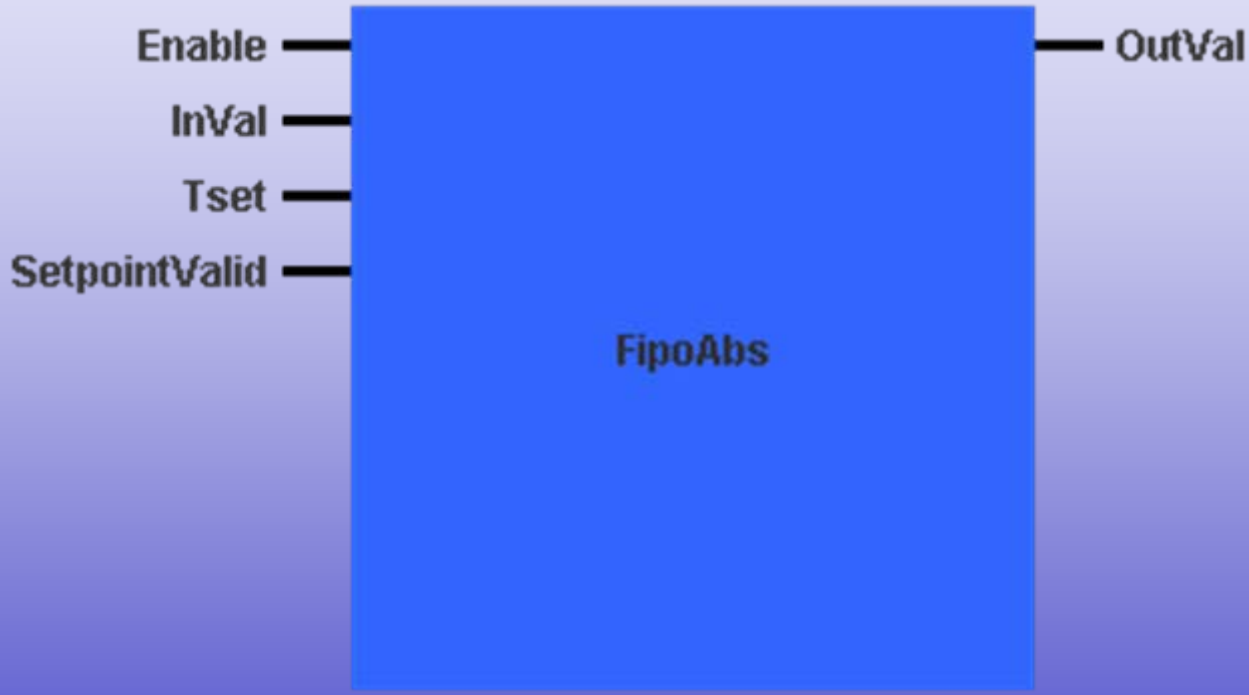


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Режими на работа на сервозадвижване

Фин интерполатор

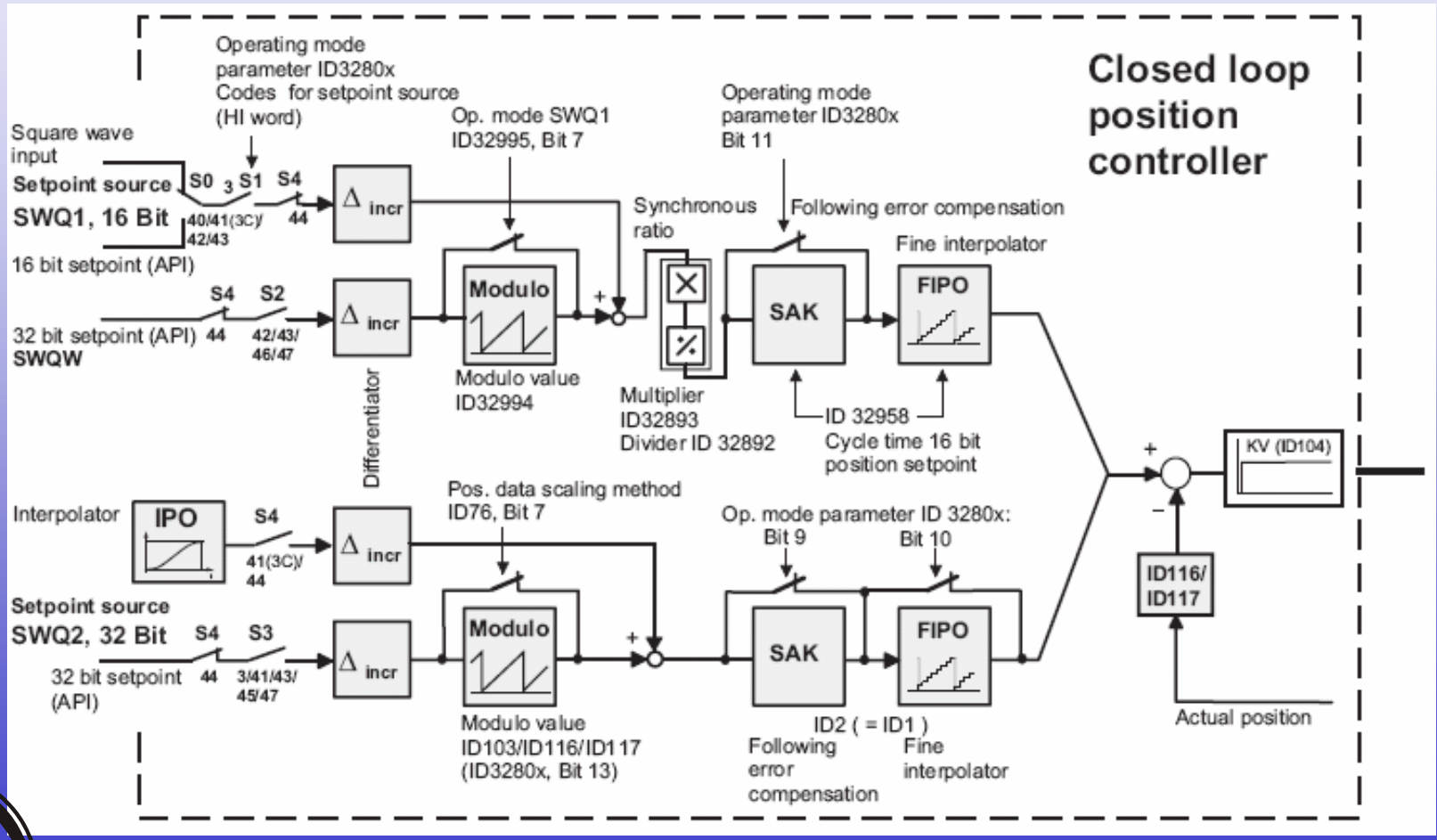


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Режими на работа на сервозадвижване

Контрол по позиция



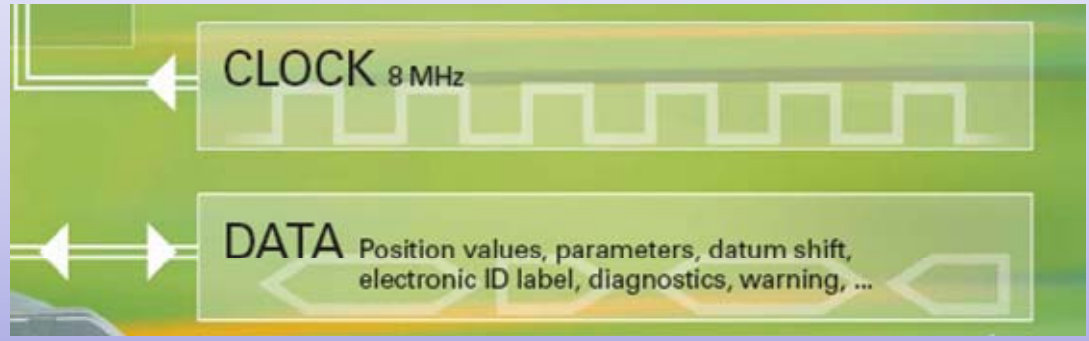
Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Основни понятия. Серийна комуникация

- **Синхронна**

Няма фиксирана дължина на бит, моментът на актуалност на състоянието се определя от фронт на тактовата поредица



- **Асинхронна**

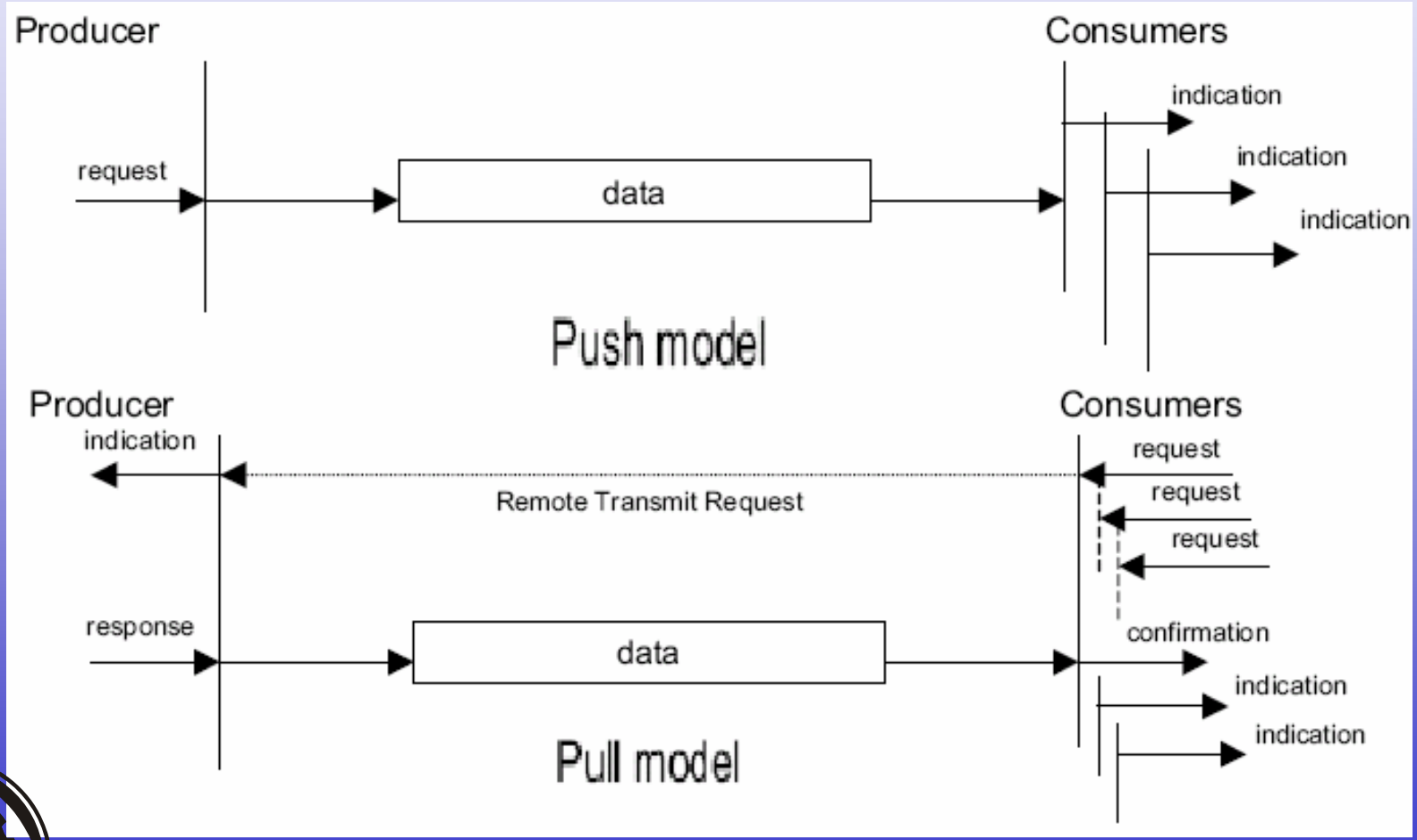
Няма тактова поредица. Благодарение фиксираната дължина на бит, моментът на актуалност на състоянието е ясно детерминиран.

Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Основни понятия. Модели отношения между участниците.

Продуцент-консуматор

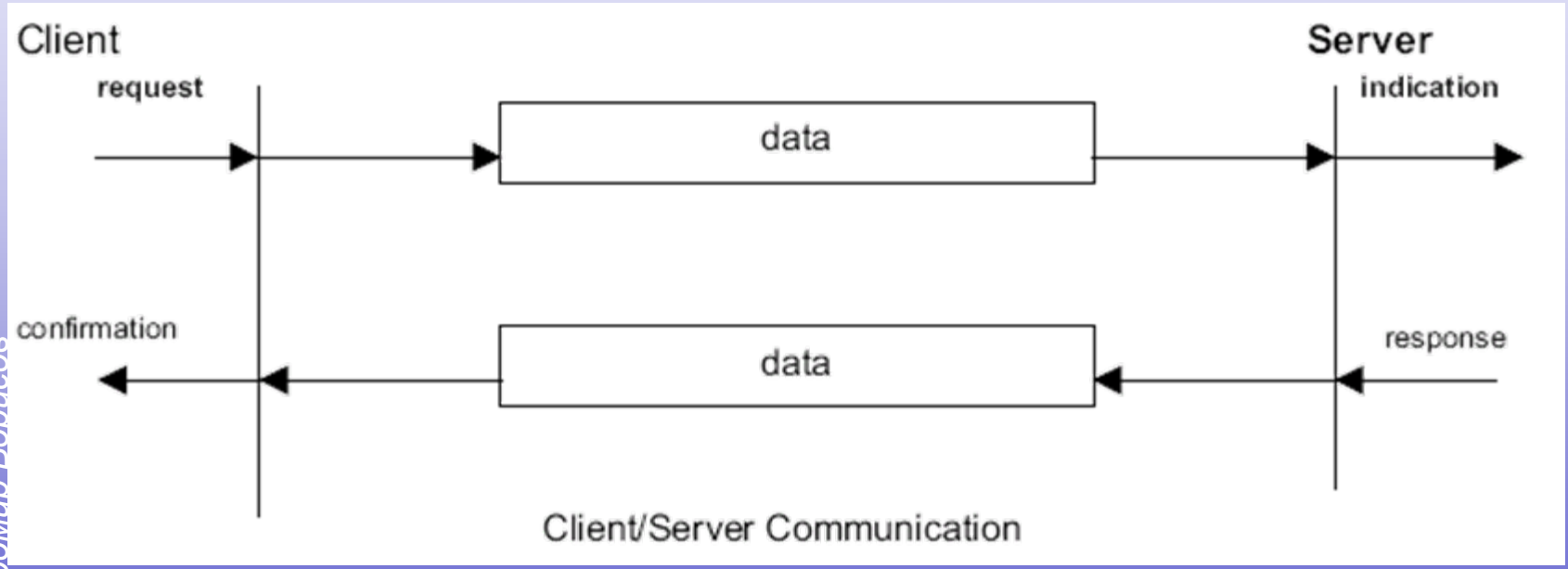


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Основни понятия. Модели отношения между участниците.

Client-Server

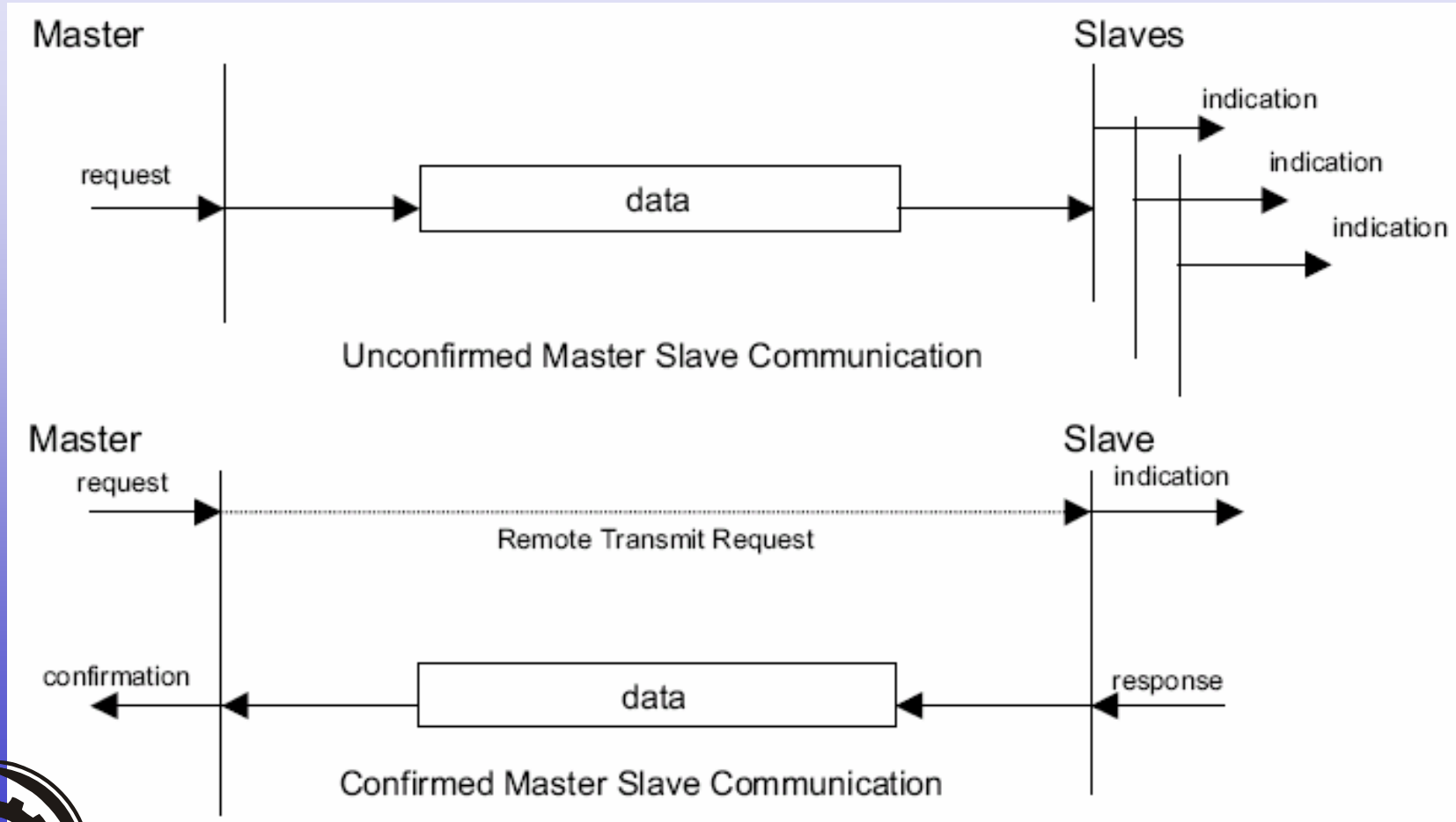


Любомир Борисов

Control your Motion.

Основни понятия. Модели отношения между участниците.

Master-Slave

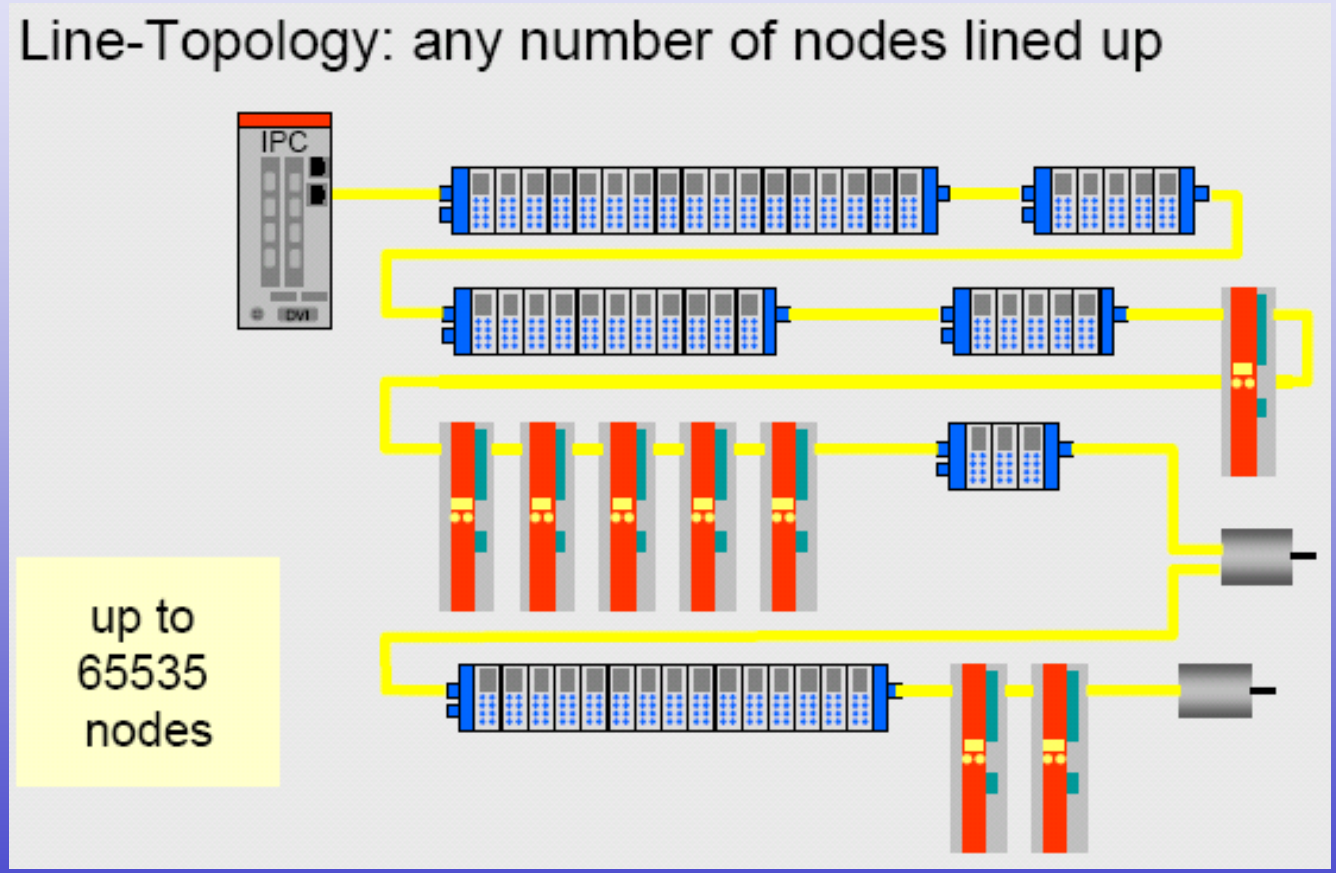


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Основни понятия. Топология

Линейна

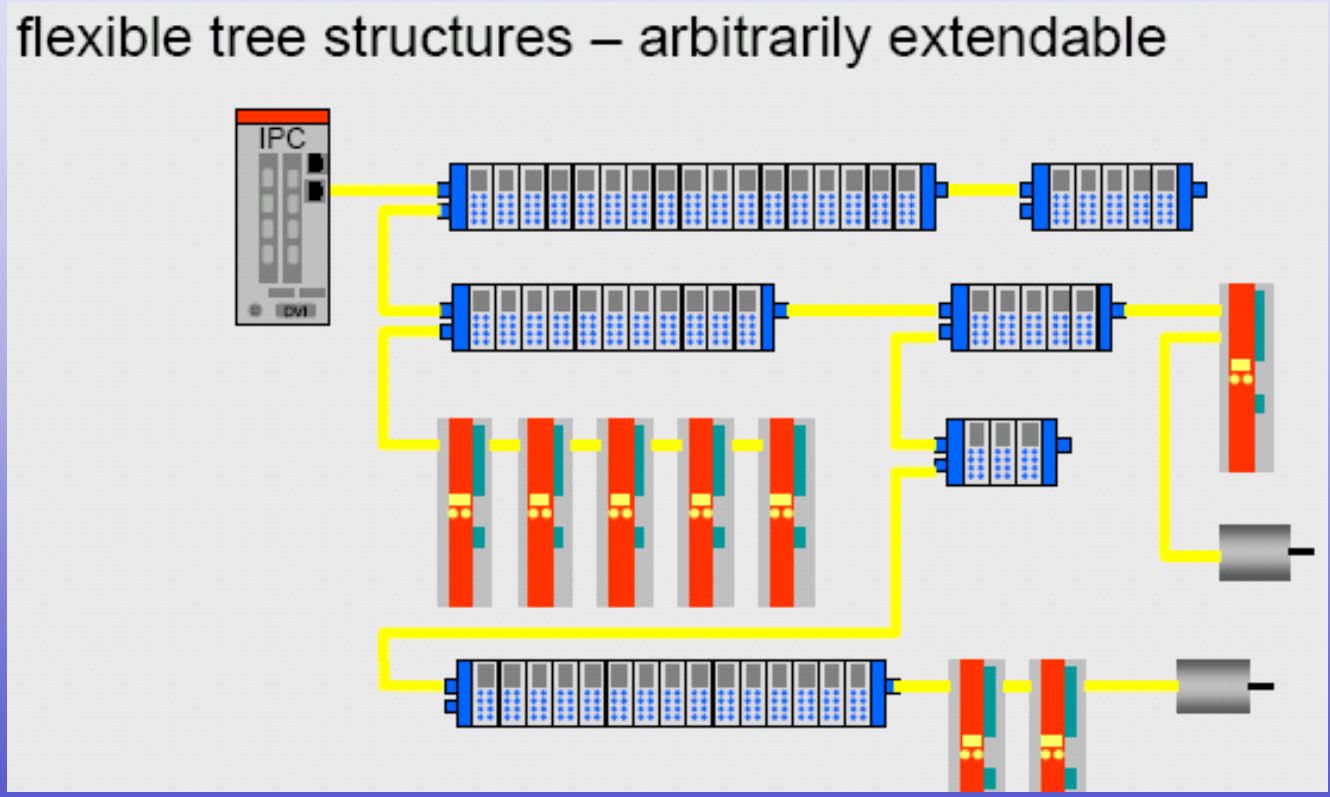


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Основни понятия. Топология

Дървовидна



Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Физическа среда

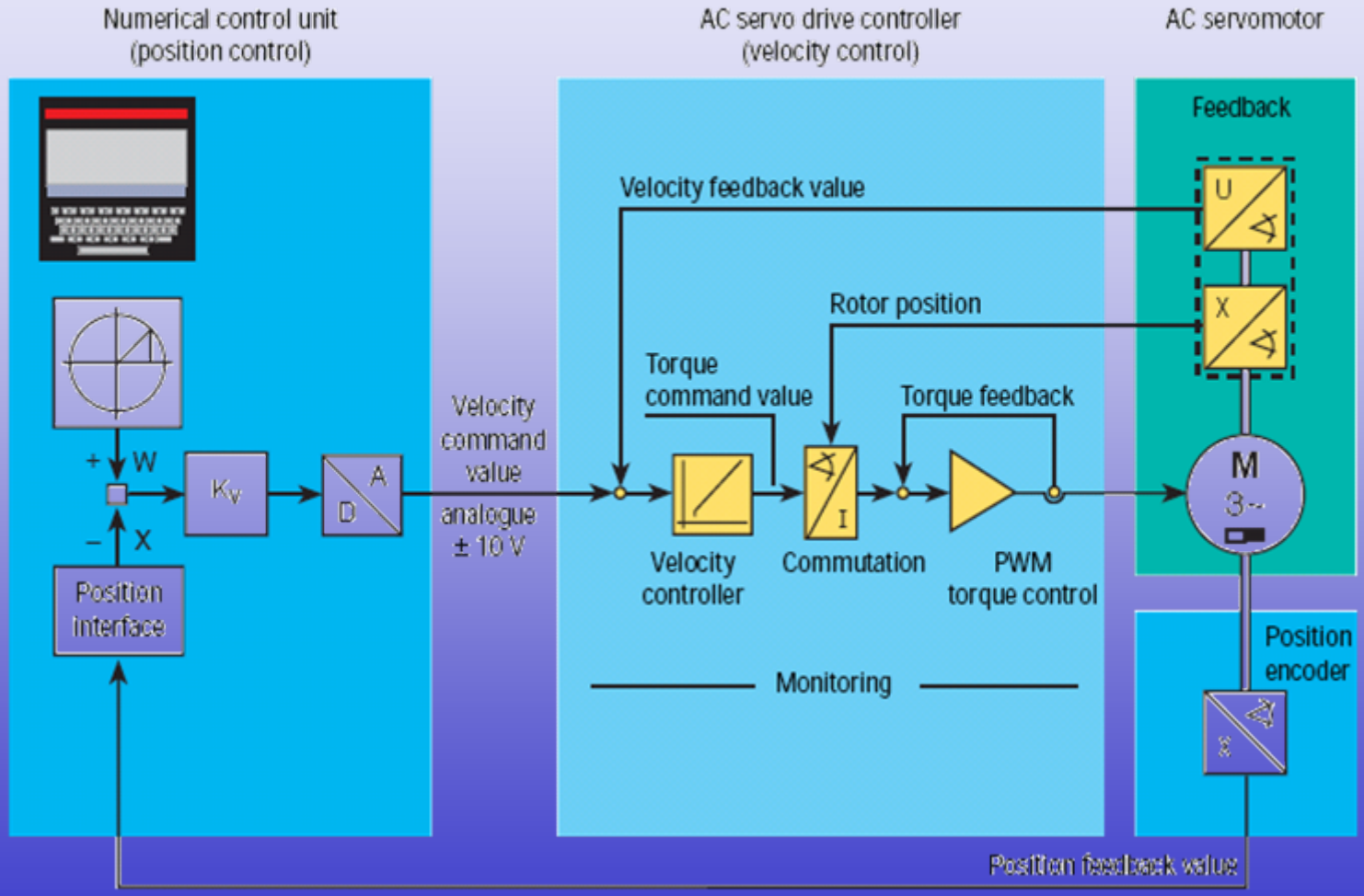
- RS485 – 5V диференциален сигнал – до 12 Mbps
- Оптични влакна – до 100 Mbps
- 10/100BASETX – до 100 Mbps
- LVDS – Low Voltage Differential Signal – 10Gigabit Ethernet.

Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Conventional NC drive technology

Основни понятия

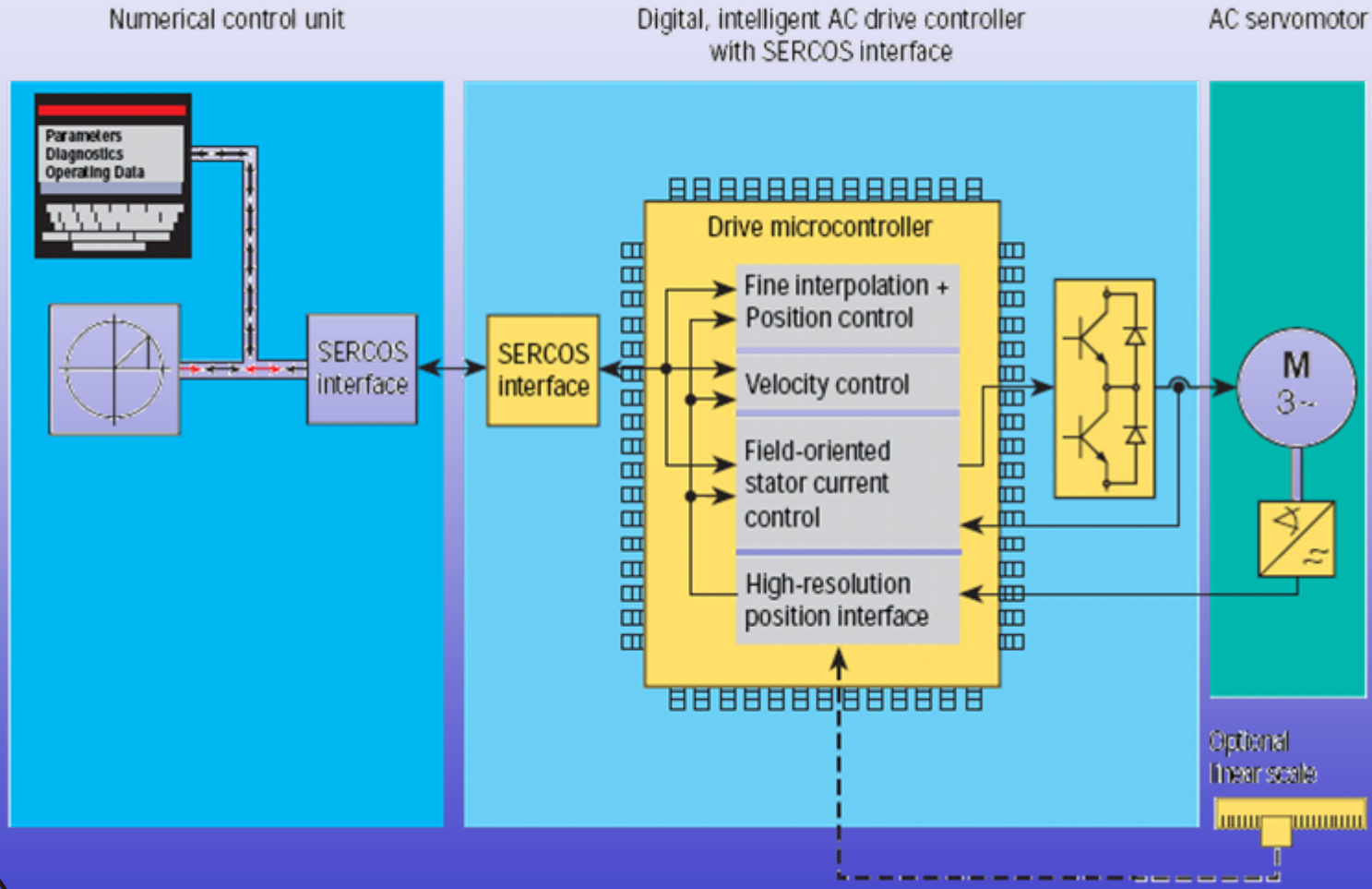


Любомир Борисов

AMK Digital, intelligent NC drive technology

Control your Motion.

Основни понятия



Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

PtP интерфейси

Типични представители

- RS422 – 5V диференциален сигнал – до 12 Mbps
- RS232

Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

SERCOS

Свойства

• Осигурява цифрово предаване на заданията към задвижването и на обратните връзки в рамките на конкретен цикъл във всички устройства по мрежата. Продължителност на цикъла 62 μs, 125 μs, 250 μs и всички кратни на 250 μs до 65 ms;

• Синхронизация – за да се движат всички задвижвания синхронно трябва измерването на актуалната позиция да става едновременно с точност до микросекунда във всички устройства, а заданията да постъпват в един и същи цикъл;

• Параметризация и управление от контролни терминали;

• Скорост на предаване на данните 2, 4, 6, 8 или 16 Mbps при оптична среда на разпространение;

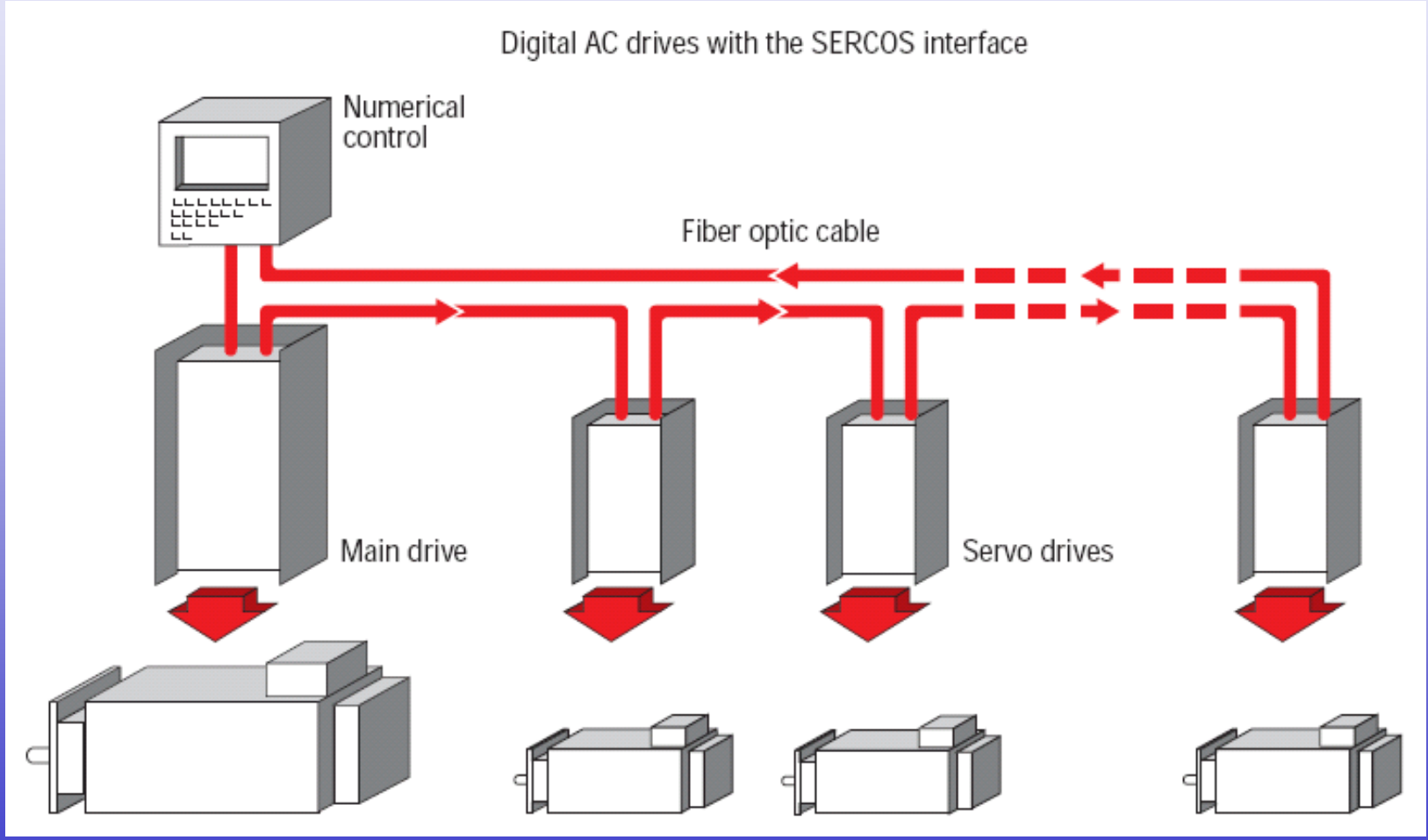
• До 254 участника в един оптичен кръг.

Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

SERCOS

Топология

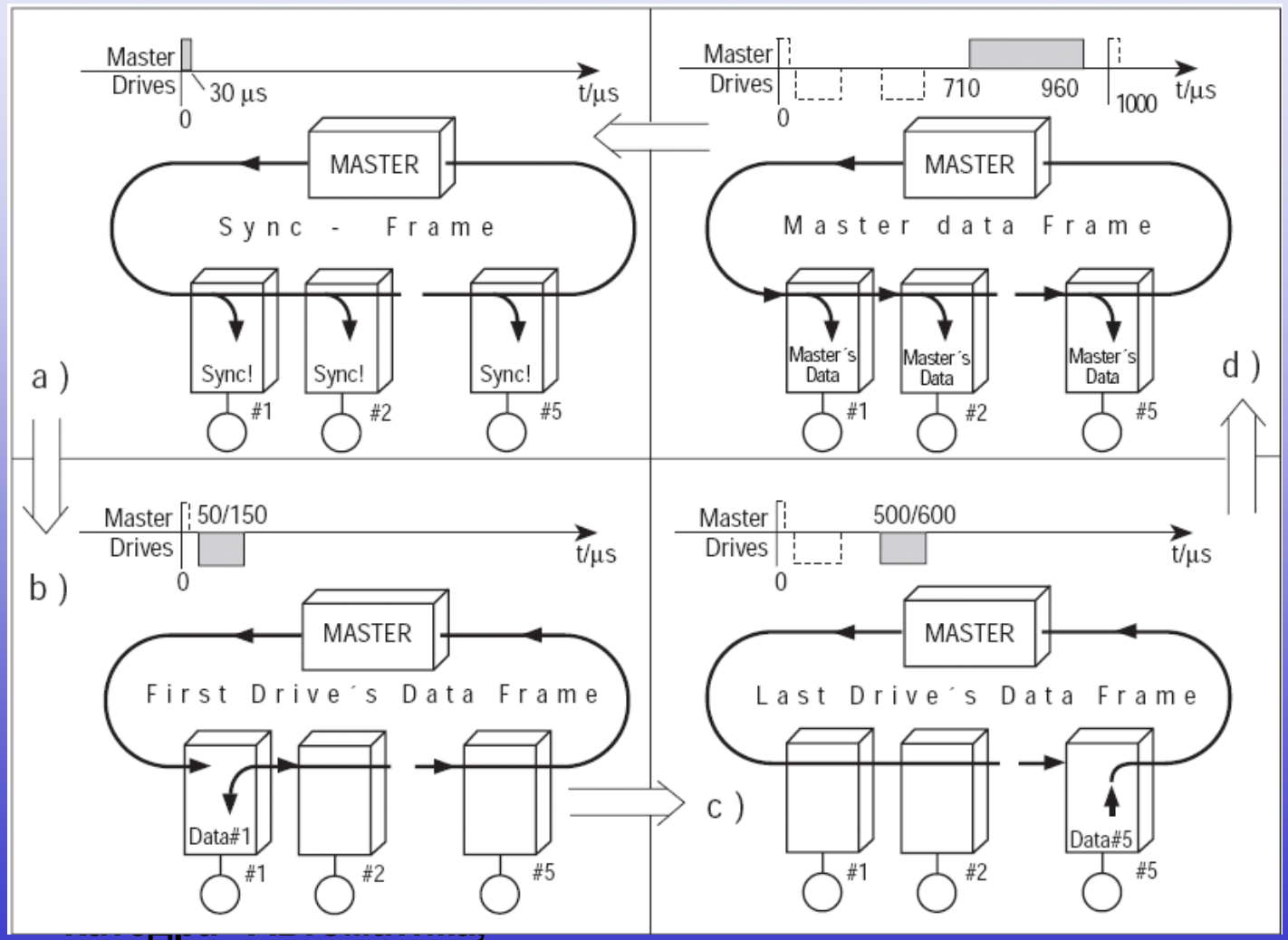


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

SERCOS

Структура на комуникацията

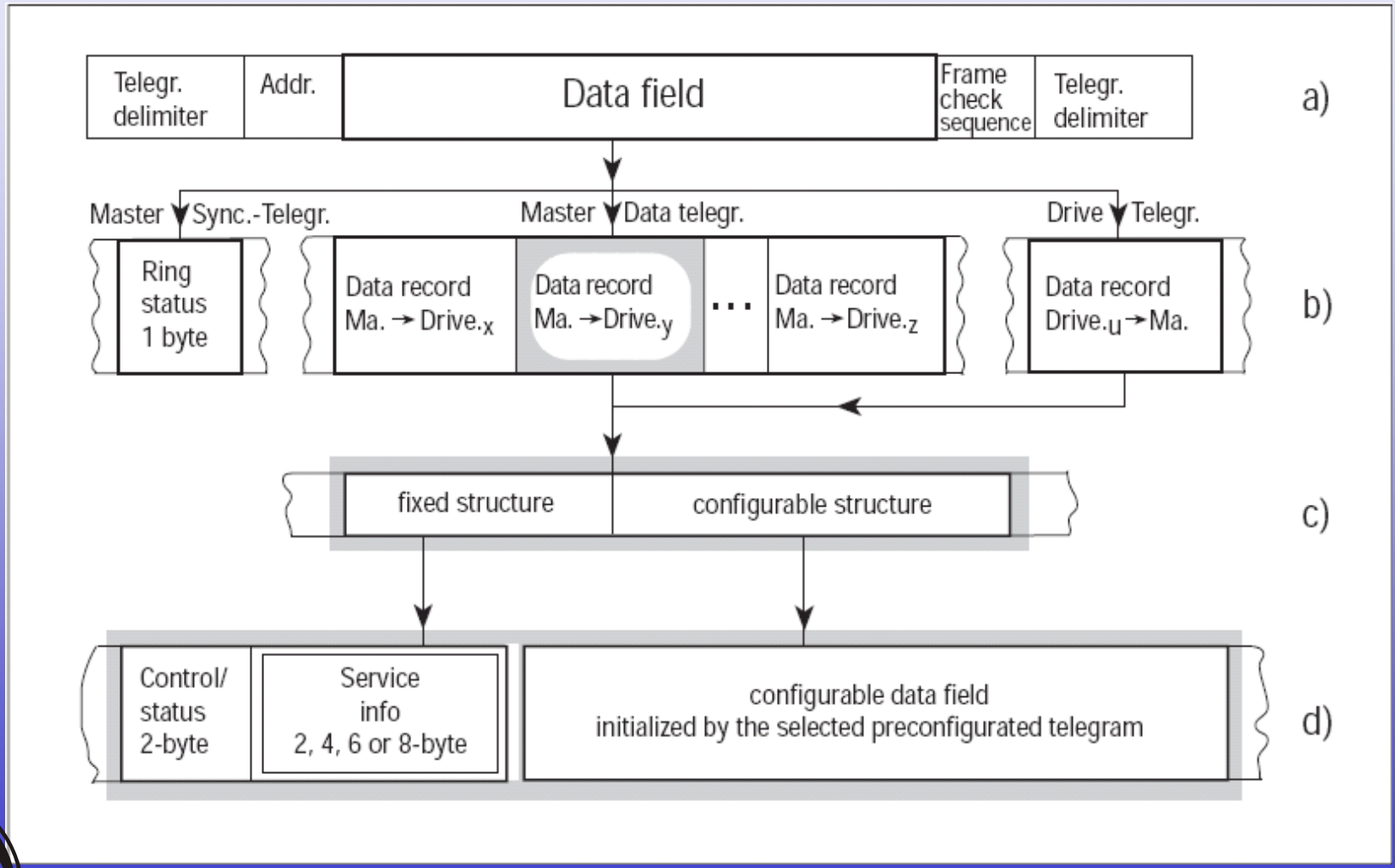


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

SERCOS

Структура на телеграмата



Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

SERCOS

Трансфер на параметри

Excerpt from drive and control adaptation parameters			
Controller-specific applications parameters		Machine-specific applications parameters	
IDN:	Function:	IDN:	Function:
S-0-0032	Primary mode of operation	S-0-0041	Homing velocity
S-0-0033	Secondary operation mode 1	S-0-0042	Homing acceleration
S-0-0034	Secondary operation mode 2	S-0-0049	Positive position limit value
S-0-0035	Secondary operation mode 3	S-0-0050	Negative position limit value
S-0-0044	Scaling of velocity data	S-0-0054	Actual position feedback 2
S-0-0076	Position data scaling type	S-0-0115	Position feedback type parameter
S-0-0079	Rotational position resolution	S-0-0116	Resolution of rotational feedback 1
S-0-0086	Scaling type for torque force data	S-0-0118	Resolution of the linear feedback
S-0-0160	Scaling type for acceleration data	S-0-0121	Input revolutions of load gear
		S-0-0122	Output revolutions of load gear
		S-0-0123	Feed constant
		S-0-0147	Homing parameter
		S-0-0151	Reference offset 2
		S-0-0165	Distance coded reference dimension 1
		S-0-0166	Distance coded reference dimension 2

AMK
Control your Motion.

Profibus

PROFIBUS
IEC 61158 и IEC 61784

Варианти

•PROFIBUS-FMS (Fieldbus Message Specification) (1987)

Сложен и комплексен протокол

•PROFIBUS-DP (Decentralized Peripherals) (1993)

По-просто организиран и значително по-бърз протокол (DP-V0)

•PROFIBUS-PA (Process Automation)

Изискванията на процесната автоматизация включват механизми за увеличаване на сигурността

Физическа среда

- RS485
- RS485-IS – посреща изискванията за сигурност на екстлоатацията
- MBP - "**M**anchester Codding**(M)**", (**B**us **P**owering, **BP**)
- Оптични влакна

AMK
Control your Motion.

	MBP	RS485	RS485-IS	Fiber Optic / LWL
Среда за пренос	Цифров, Код на Манчестър	Цифров, диференциални сигнали RS485	Цифров, диференциални сигнали RS485	Оптичен, цифров
Скорост	31,25 KBit/s	9,6 до 12000 KBit/s	9,6 до 1500 KBit/s	9,6 до 12000 KBit/s
Сигурност на данните	Preamble, Защитен с/у грешки Старт/Стоп разделител	Parity bit, Start- и End-Delimiter	Paritybit, Start- и End-Delimiter	Paritybit, Start- и End-Delimiter
кабел	Усукана двойка	Усукана двойка	Усукана двойка	Стъклени или пластмасови влакна
Електрозахранване	Възможност за захранване по сигналните проводници	Възможно само по допълнителни проводници	Възможно само по допълнителни проводници	Възможно при използване на хибриден кабел
Огнеустойчивост	да	не	да	не
Топология	Линейна или дървовидна, комбинирана, с терминация	Линейна с терминация	Линейна с терминация	Звезда или кръг са типични, линейна е възможна
Брой на комуникационните възли	до 32 участника в сегмент; общо max. 126 за мрежата	до 32 участника в сегмент; общо max. 126 за мрежата с усилватели	до 32 участника в сегмент; общо max. 126 за мрежата	max. 126 за мрежата

Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Profibus

Архитектура

Master-Slave архитектура.

Устройствата образуват „Tocken-Ring“. Устройството, в което се намира “Tocken”-а играе ролята на Master и инициира Комуникацията

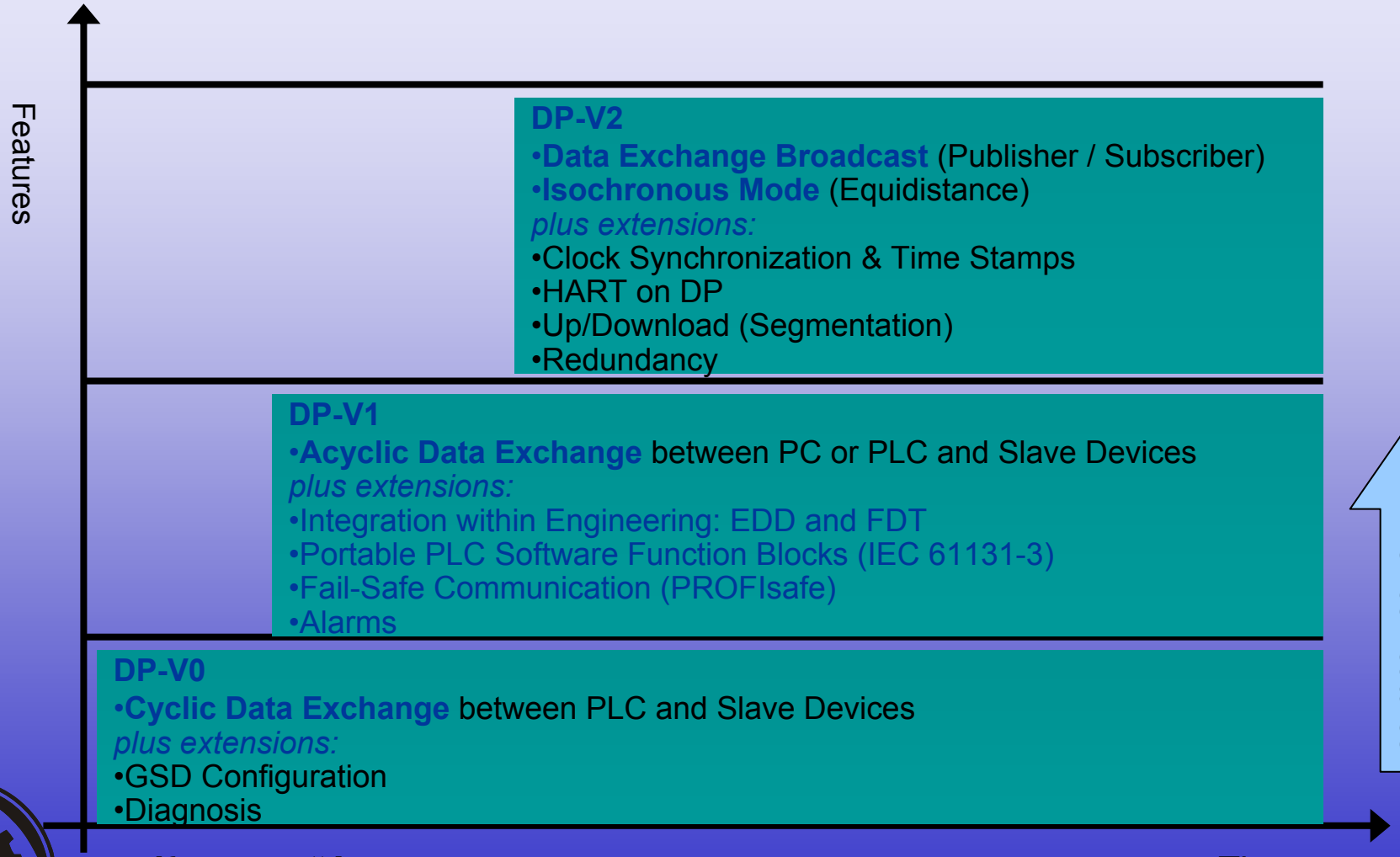
Multi-Master система

Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Profibus

Развитие на DP интерфейса

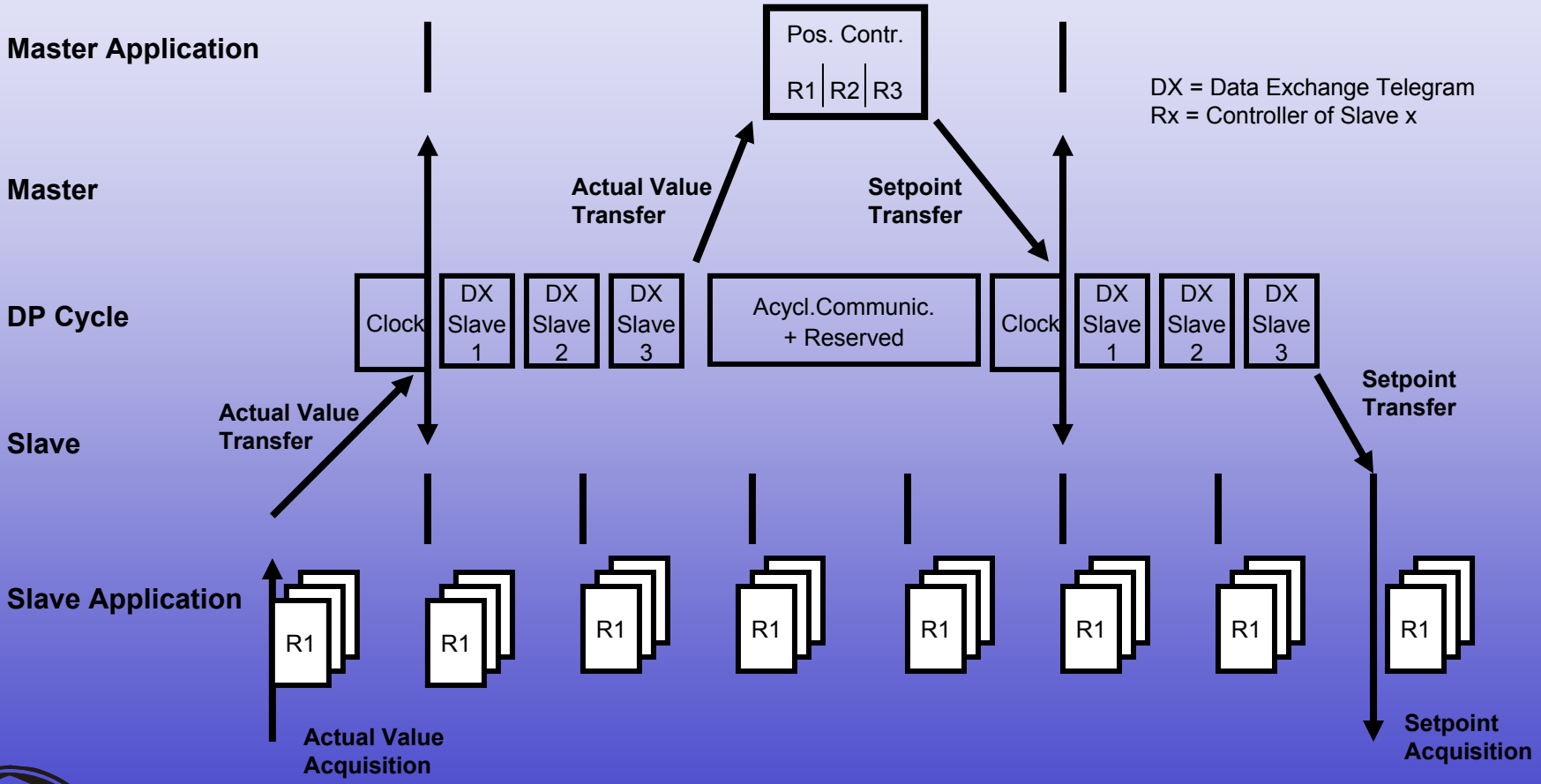


Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Структура на комуникацията

Profibus



Любомир Борисов

AMK
Control your Motion.

Modbus:

Сериен комуникационен протокол създаден от Modicon през 1979г., с основно предназначение – комуникация между програмируеми логически контролери (PLC).

Предимства:

• отворен (безплатен) – спецификацията му е достъпна за всеки;

• Master/Slave – запитване/отговор;

• пренася данни без значение какви са;

• голяма популярност – може би е един от най-използваните протоколи в света.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Разновидности на Modbus:

• Modbus RTU: Най-разпространеният вариант. Използва интерфейс RS-232 или RS-485. Данните са в шестнадесетичен формат. Допуска само един Master.
• Modbus ASCII: Също използва RS-232 или RS-485. Данните са в ASCII формат. Допуска само един Master.
• Modbus TCP: Интерфейсът е Ethernet. Данните са в шестнадесетичен формат и се пренасят чрез TCP/IP протокол. Може да има повече от един Master.
• Modbus Plus: Използва специален хардуер. Може да има повече от един Master. Използва се основно от Modicon.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Modbus RTU и Modbus TCP:

Modbus RTU:
- Интерфейс RS-232 или RS-485.
- Устройствата се адресират чрез уникален номер.

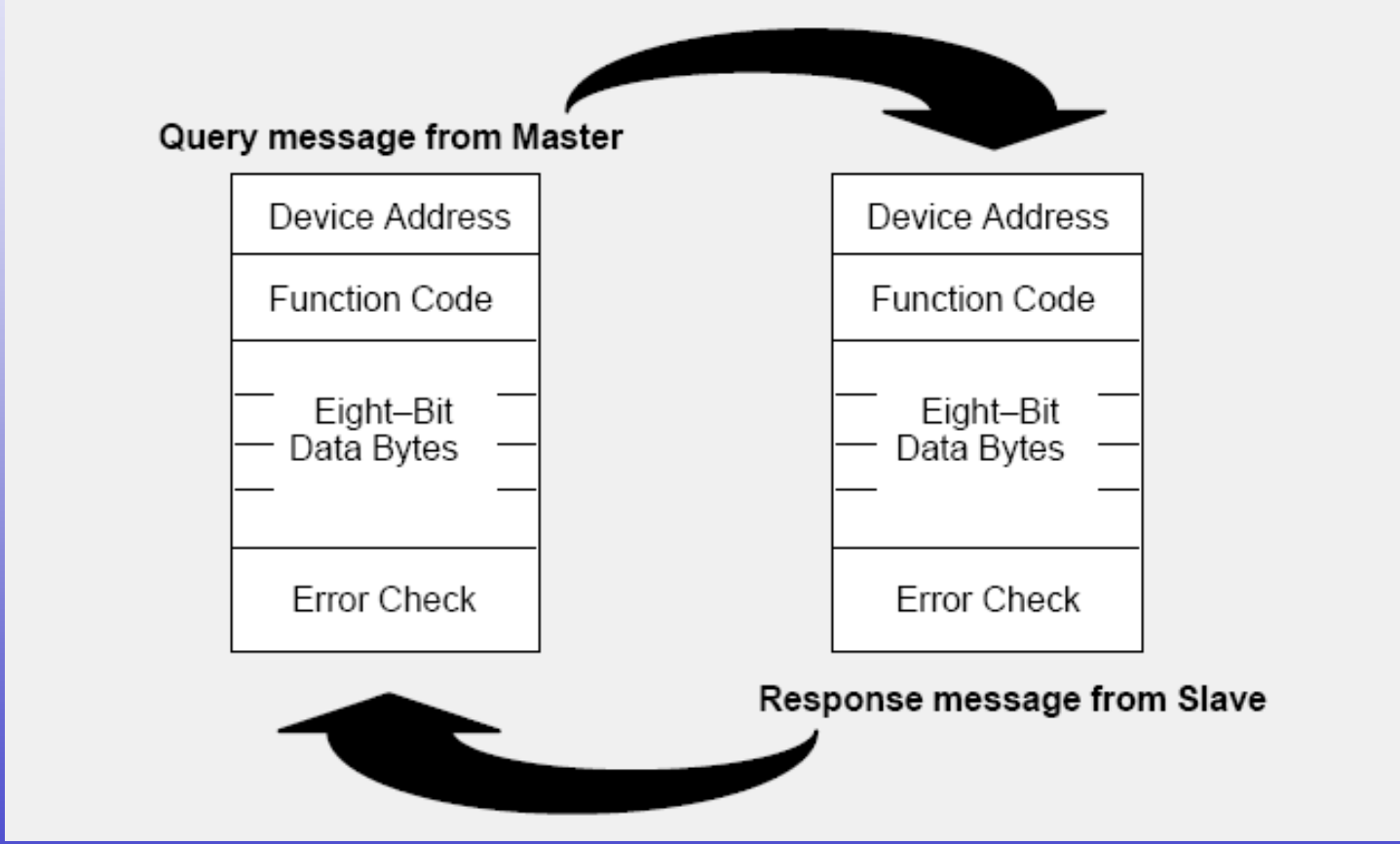
Modbus TCP:
- Ethernet.
- Modbus RTU + TCP/IP Layer = Modbus TCP.
- Устройствата се адресират чрез IP адрес и номер на устройството.

TCP/IP	Modbus RTU TCP/IP	TCP/IP

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

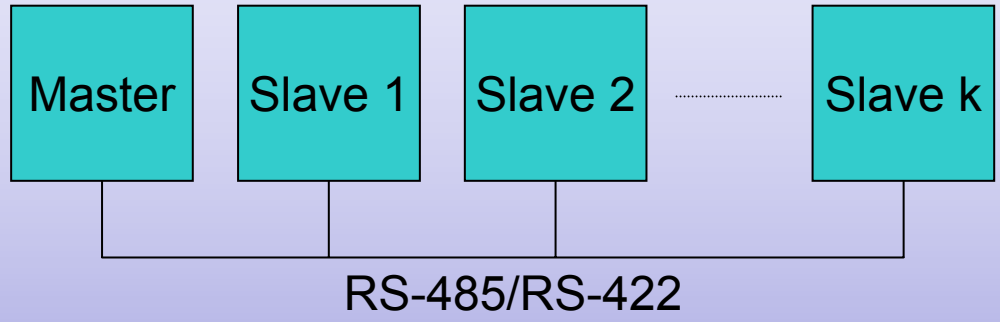
Modbus – запитване/отговор:



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Modbus RTU:



Master/Slave протокол с 1 Master и до 31 Slave-устройства

Формат на телеграмите: номер на устройството (1 байт), код на функцията (1 байт), данни (x байта), CRC16 (2 байта)

Основни функции:
- четене и запис на n думи (0 < n < 100);
- четене и запис на n бита (0 < n < 255);
- запис на 1 дума;
- запис на 1 бит.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Modbus RTU - телеграми:

Четене на n бита (0 < n < 255), FCT = 01H или 02H:

Запитване:

SLAVE	FCT	ADH	ADL	NB OF BITS	CRCH	CRCL

Отговор:

SLAVE	FCT	NBYTE	…DATA…	CRCH	CRCL

Четене на n думи (0 < n < 100), FCT = 03H или 04H:

Запитване:

SLAVE	FCT	ADH	ADL	NB OF WORD	CRCH	CRCL

Отговор:

SLAVE	FCT	NBYTE	…DATA…	CRCH	CRCL

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Modbus RTU - телеграми:

Запис на 1 бит, FCT = 05H:

Запитване:

SLAVE	FCT	ADH	ADL	DATA	DATA	CRCH	CRCL

Отговор:

SLAVE	FCT	ADH	ADL	DATA	DATA	CRCH	CRCL

Запис на 1 дума, FCT = 06H:

Запитване:

SLAVE	FCT	ADH	ADL	DATA	DATA	CRCH	CRCL

Отговор:

SLAVE	FCT	ADH	ADL	DATA	DATA	CRCH	CRCL

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Modbus RTU - телеграми:

Запис на n бита (0 < n < 255), FCT = 0FH:

Запитване:

SLAVE	FCT	ADH	ADL	NB OF BITS	NBYTE
				…DATA…	CRCH	CRCL

Отговор:

SLAVE	FCT	ADH	ADL	NB OF BITS	CRCH	CRCL

Запис на n думи (0 < n < 100), FCT = 10H:

Запитване:

SLAVE	FCT	ADH	ADL	NB OF WORD	NBYTE
				…DATA…	CRCH	CRCL

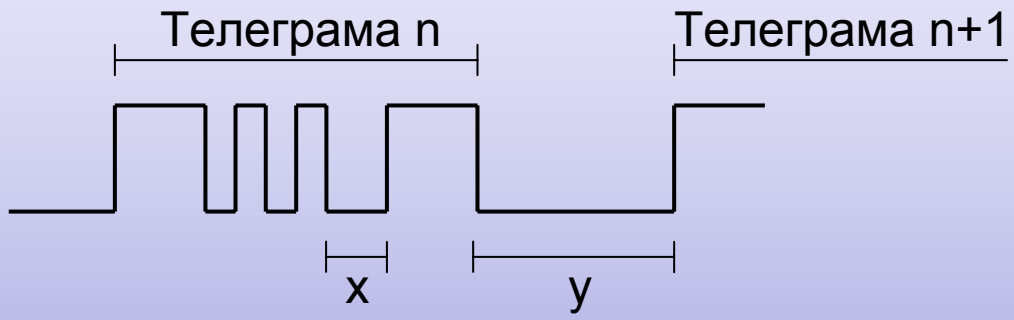
Отговор:

SLAVE	FCT	ADH	ADL	NB OF WORD	CRCH	CRCL

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Modbus RTU - тайминг:



Baud rate	Време (ms)
19200	4
9600	5,5
4800	11

Краят на телеграмите се определя по време. Ако за време по-голямо от y по интерфейса не преминават данни, то предходната телеграма е приключена.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

CAN bus:

CAN bus е промишлен сериен интерфейс, използващ за пренос на данни 2 проводника (усукана двойка), подобен на RS-485. Разработен е през 1980г. от Bosch за нуждите на автомобилостроенето. По-късно се стандартизира и получава широко разпространение във всякакъв вид промишлени приложения.

Протоколи от високо ниво:
- DeviceNet;
- CANopen;
- специфични за потребителя протоколи.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

CANopen:

- **Standard Can in Automation CAN 2.0B:**
  - 11Bit-ов идентификатор.

- **CANopen Standard CiA DS 301 Version 4.01:**
  - NMT (**N**etwork **M**anagemen**T**) - контрол на състоянието;
  - Node Guarding - наблюдение на Slave-устройствата;
  - Life Guarding - наблюдение на Master-устройството;
  - Изтращане / приемане на PDO (**P**rocess **D**ata **O**bject) – пренос на специфични за потребителя данни;
  - Client / Server SDO´s (**S**ervice **D**ata **O**bject) – пренос на служебни данни;
  - Emergency Object - съобщения за грешка;
  - Синхронизационен обект.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

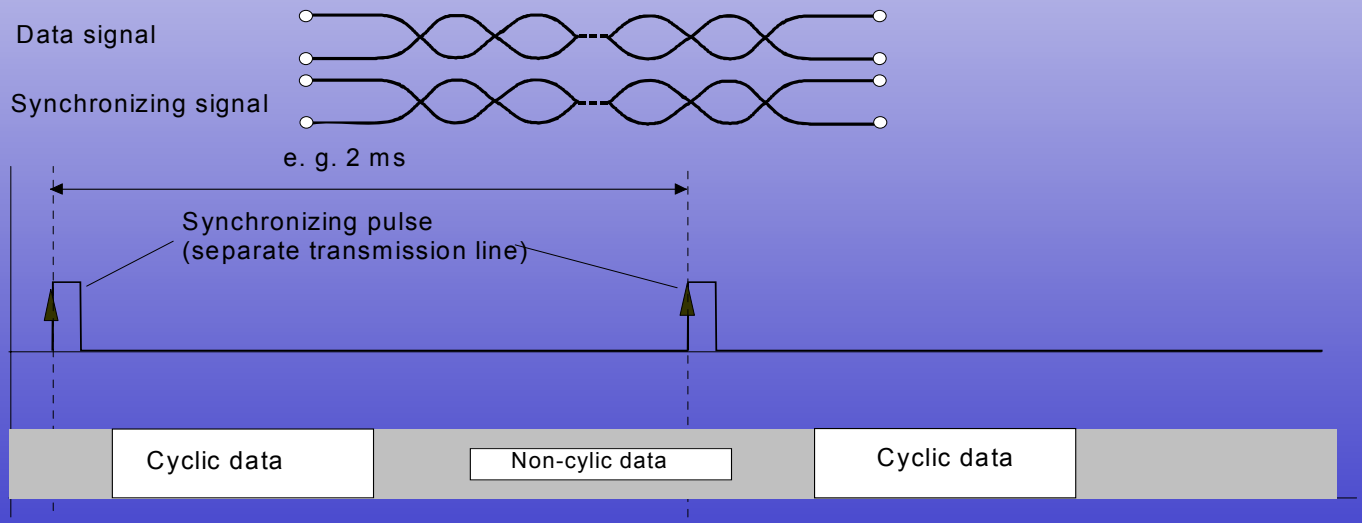
ACC

ACC (**A**MK **C**AN **C**ommunication) = CANopen + AMK разширения

Хардуерна синхронизация:

- Slave-устройствата се синхронизират по външен импулс;
- грешка при синхронизацията < 1μs.

Прецизна синхронизация на съобщенията с позиционния контролер.



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

PDO (Process Data Object):

- “Real-time” комуникация
- “Multi master” комуникация
- До 8 байта данни на PDO
- SYNC-PDO (синхронно предаване на данни, например зададена позиция, актуална позиция или скорост,...)
- EVENT PDO (асинхронно предаване на данни, например четене и установяване на цифрово входове и изходи)
- “Broadcast” – съобщение (приема се от много устройства едновременно)
- PDO се конфигурират чрез следните параметри:
  - COB-ID (**C**ommunication **OB**ject **ID**entifier) – идентификатор на обекта
  - тип (например синхронни или асинхронни);
  - “mapping” – местонахождение на предаваните/приеманите данни.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

PDO “mapping”:

Application Interface (API) - област от паметта на серво-задвижването, която дава възможност за достъп до неговите ресурси (diMainSetpoint, diActPosition, byErrSys, wRealTimeBits...)

- **Управление на серво-задвижването директно чрез API-променливи:**
  - например diMainSetpoint може да задава момент, скорост или позиция в зависимост от режима на работа на устройството;
  - няма нужда от PLC.

- **Управление посредством PLC – обработва данните и управлява серво-задвижването:**
  - Long word: lwInX, lwOutX lwSyncInX, lwSyncOutX
  - Double word: dwInX, dwOutX dwSyncInX, dwSyncOutX
  - Word: wInX, wOutX wSyncInX, wSyncOutX
  - Byte: byInX, wOutX bySyncInx, bySyncOutX

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

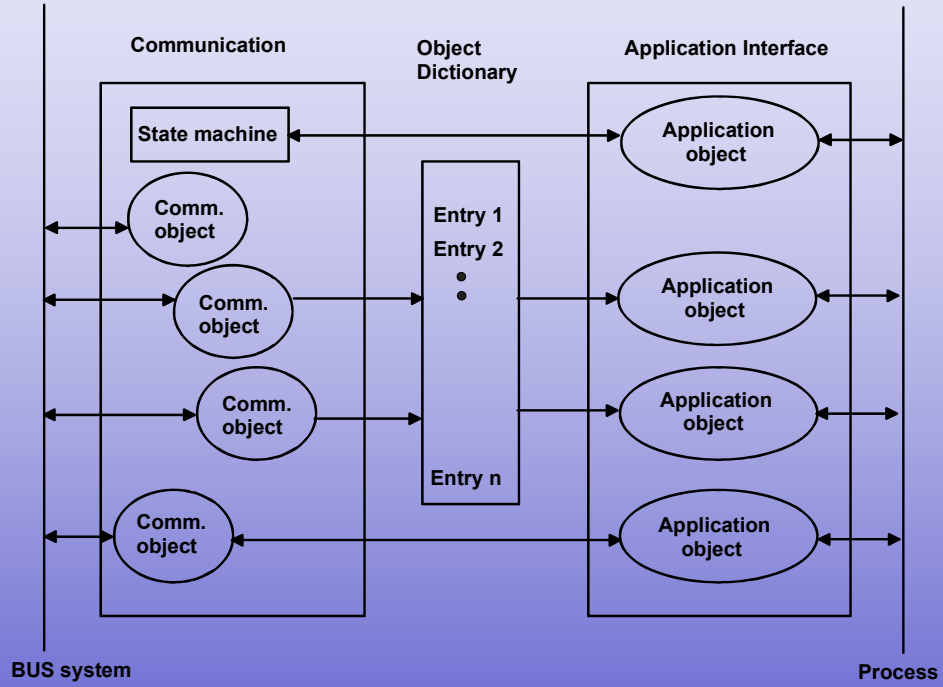
SDO (Service Data Object):

- **Асинхронна комуникация**
- **Специфична за AMK SDO функционалност:**
  - Master-устройството има достъп до всички Slave-устройства в мрежата;
  - диагностика (Master-устройствово може да прочете съобщенията за грешки на Slave-устройствата);
  - четене и запис на параметрите на устройствата;
  - управление на устройствата;
  - четене на състоянието на устройствата.
- **SDO за четене и запис на параметри в речника на обектите:**
  - специфични за устройството данни (име, тип, версия...);
  - “Guarding” (“guard time”, “life time factor”);
  - Server / Client SDO параметри;
  - конфигурация на PDO и настройка на комуникационни параметри.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

CANopen (ACC) – модел на устройствата:



Комуникационни обекти
PDO, SDO, SYNC, Emergency (EMCY) , Network Management (NMT)

Речник с обекти
Интерфейс между комуникационни и „application“ - обекти

“Application” - обекти
API, PLC-променливи

Характеристиките на CAN-устройството се описват чез EDS-файл (**E**lectronic **D**ata **S**heet).

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

CANopen (ACC) – речника с обекти:

- **Област за комуникационния профил (индекси 1000h - 1FFFh)**
  Обекти за обмен на данно между CAN устройствата:
  - индекси за PDO и SDO трансфер;
  - индекси за Guard Time, Life Time Factor;
  - съобщения за грешки...
- **Област за профил, специфичен за производителя (индекси 2000h - 5FFFh)**
  Дефиниции на специфични обекти:
  - PLC I/O (входни- изходни данни);
  - Application Interface (API).
- **Област за стандартен профил (индекси 6000h - 9FFFh)**
  - обекти, дефинирани в DS-301.
- **Типове данни (0001h-0009h)**

Речникът съдържа различни профили, които притежават обекти. Всеки обект се адресира чрез 16-битов индекс и 8-битов субиндекс.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

CANopen (ACC) – надеждност на мрежата:

- Node Guarding (специфично за Master-устройствата):
  - Master-устройството циклично изпраща запитване към всяко Slave-устройство;
  - Slave-устройствата трябва да отговорят в рамките на определеното време.
- Life Guarding (специфично за Slave-устройствата):
  - Slave-устройствата чакат запитване от Master-устройството в рамките на определено време.

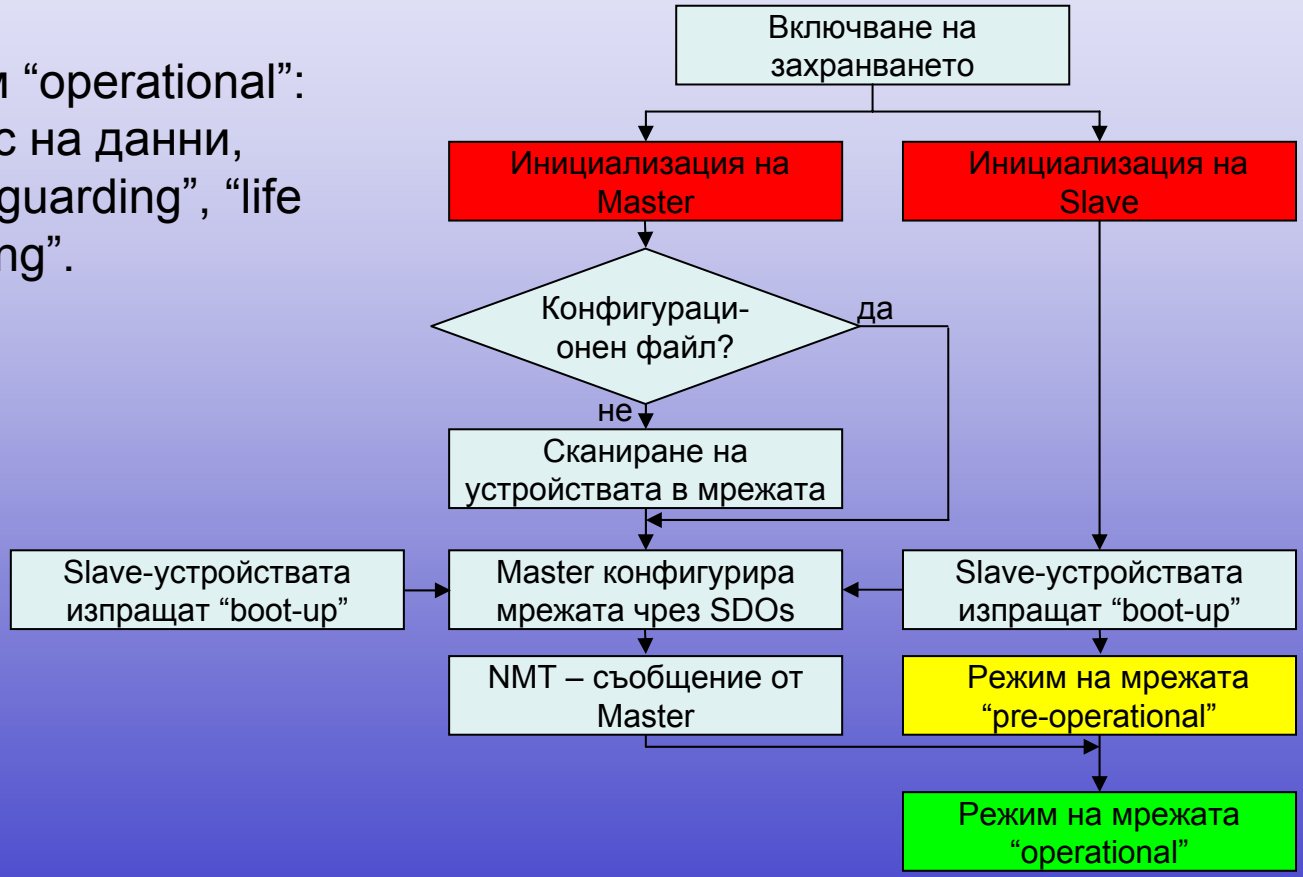
Ако възникне “guarding” или някакъв вид CAN грешка, CAN Master-устройството получава “Emergency”-съобщение и показва грешката.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

CANopen (ACC) – стартиране и режими на работа:

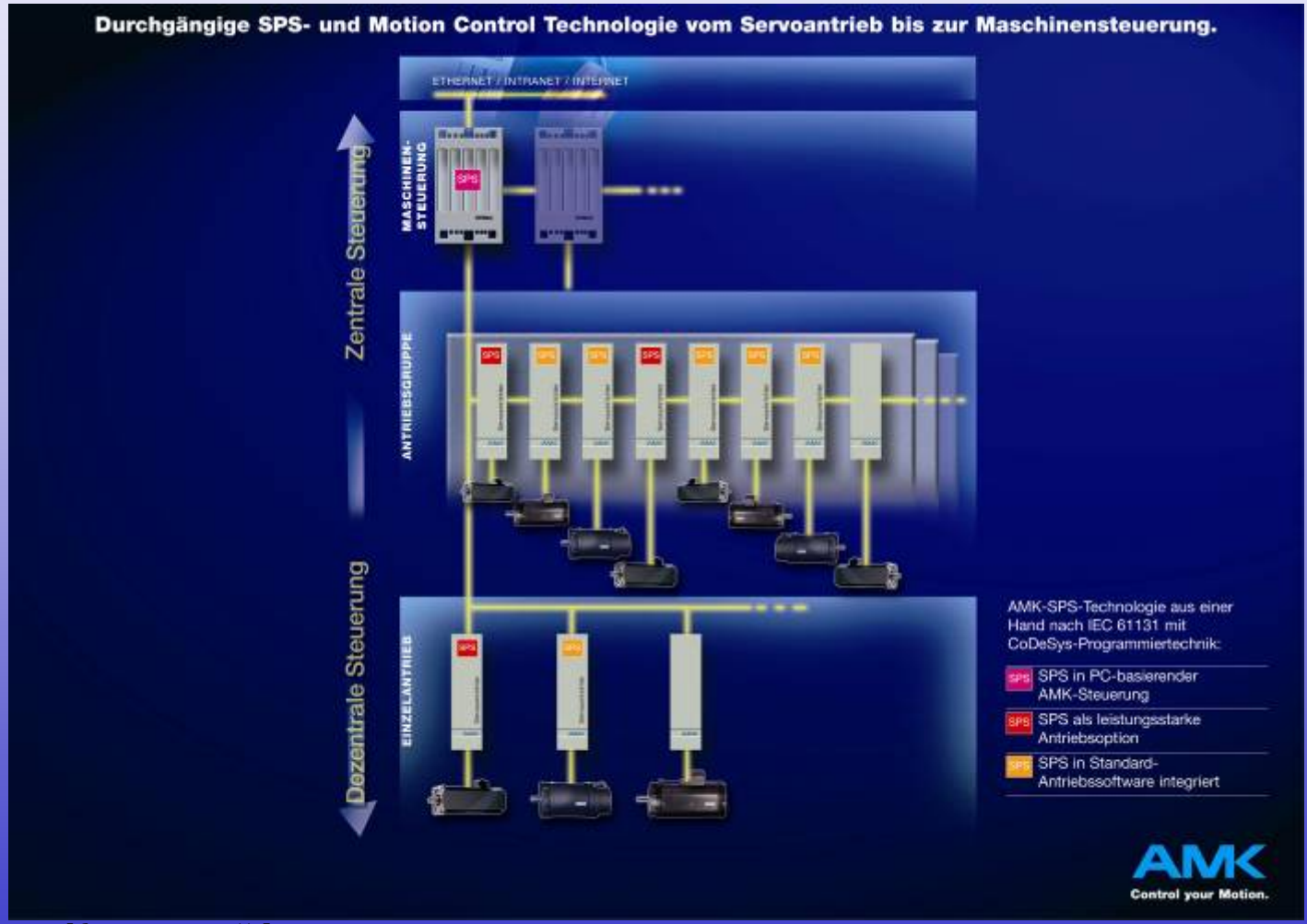
Режим “operational”: пренос на данни, “node guarding”, “life guarding”.



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Комплексни системи за автоматизация:



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Централизирано управление чрез мощен PLC:

Симеон Трифонов

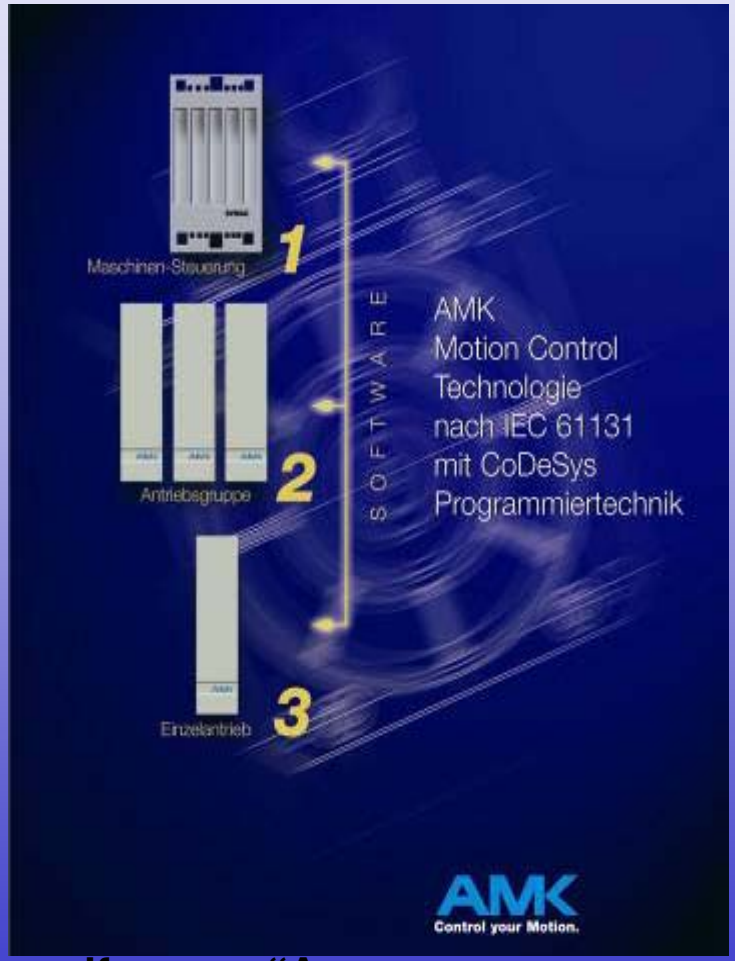
AMK
Control your Motion.

Децентрализирано управление чрез вградени в серво-задвижванията PLC:

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Унифицирана PLC технология:

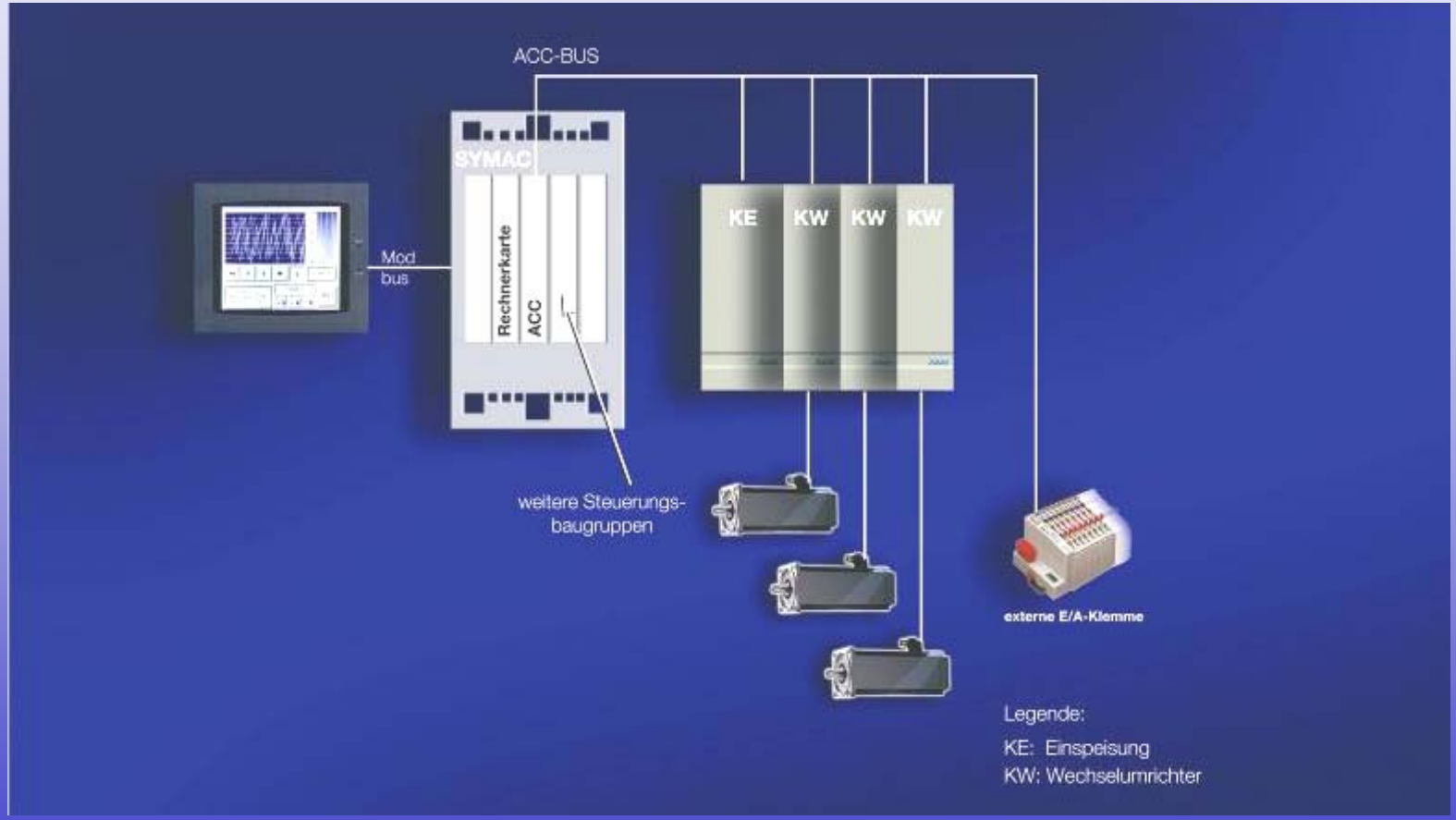


- Унифицирано програмиране и обработка на данните
- Намаляване на инженерния труд и съответно цената
- Програмиране с CoDeSys
- Производителя на PLC предлага специализирани библиотеки за лесно и бързо решаване на специфични проблеми

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

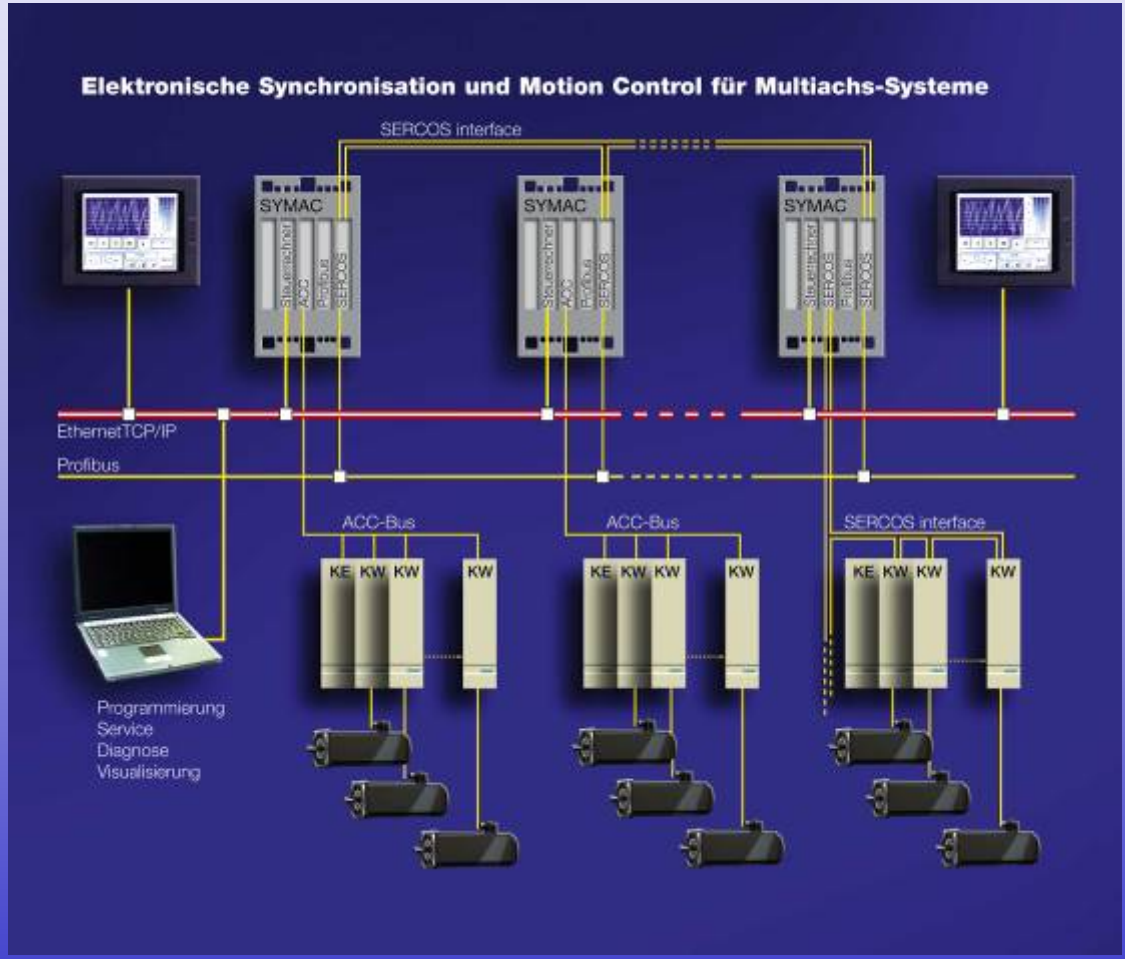
Комуникация в реално време:



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Отворена система:



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Библиотеки, специфични за производителя:

- Позициониране
- Електронна предавка
- Регулатор
- Виртуален Master
- Функционален интерполатор
- Регулиране по печатен маркер
- Електронен CAM-контактор
- Навиване/развиване
- Измервателни функции
- Четене/запис на параметри
- Комуникация

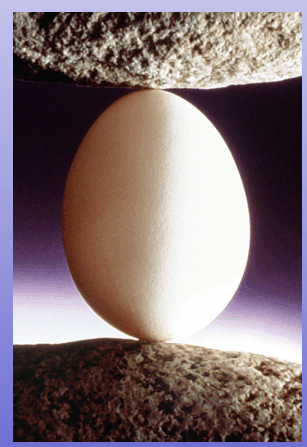
Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Какво е CoDeSys:

CoDeSys (**CO**ntroller **DE**velopment **SYS**tem) е среда за разработване на PLC програми на немската фирма 3S GmbH.

Възможности:
- създаване на PLC програми на програмни езици;
- тестване създадените програми;
- “дебъгване” на създадените програми;
- създаване на специфични визуализации и свързване с програмите;
- документиране.



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Какво е IEC61131-3:

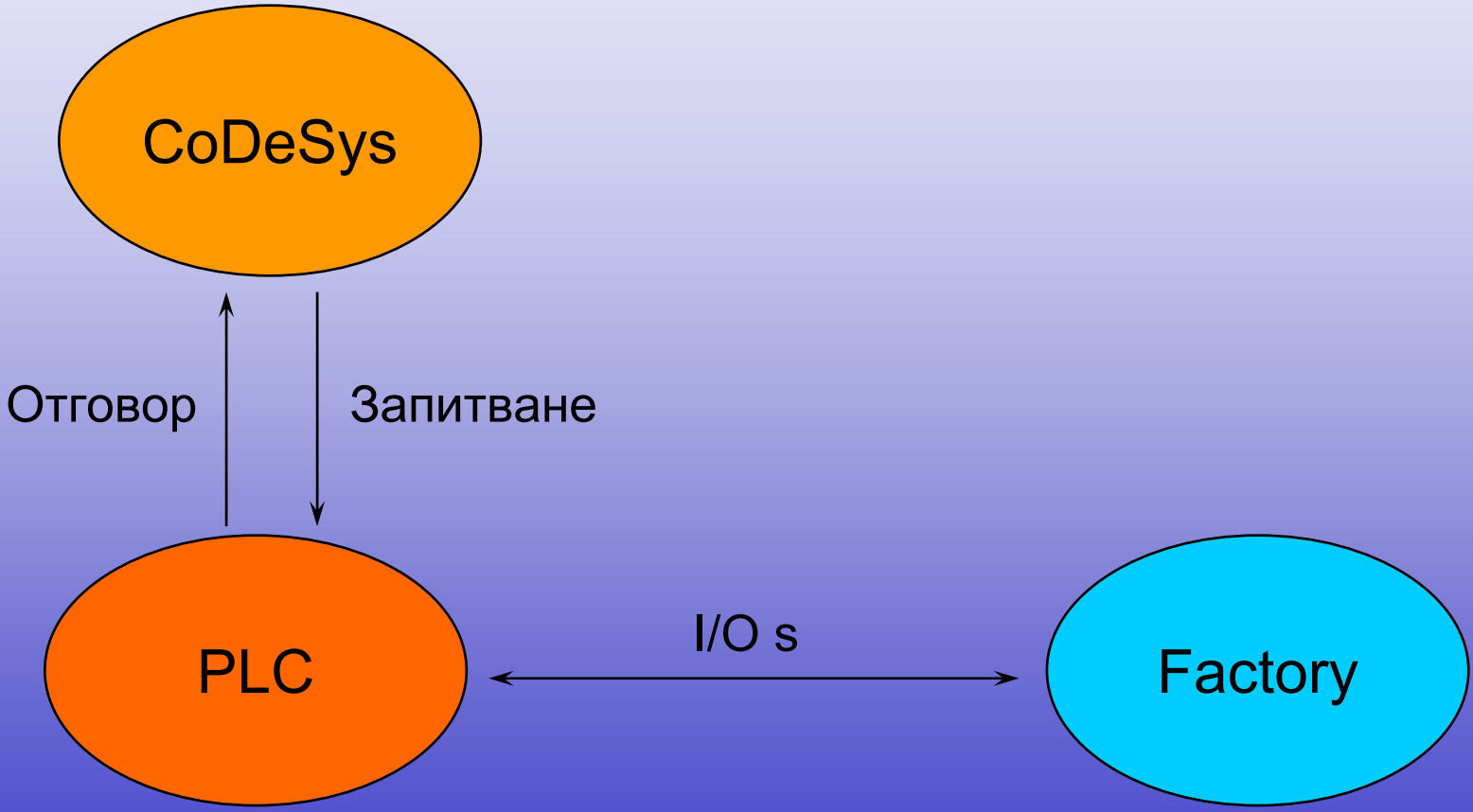
IEC61131-3 е интернационален стандарт, който засяга програмирането на PLC.

IEC61131-3 дефинира:
- типовете данни;
- структурата на програмите;
- синтаксисът и семантиката на 5 различни езика за програмиране.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

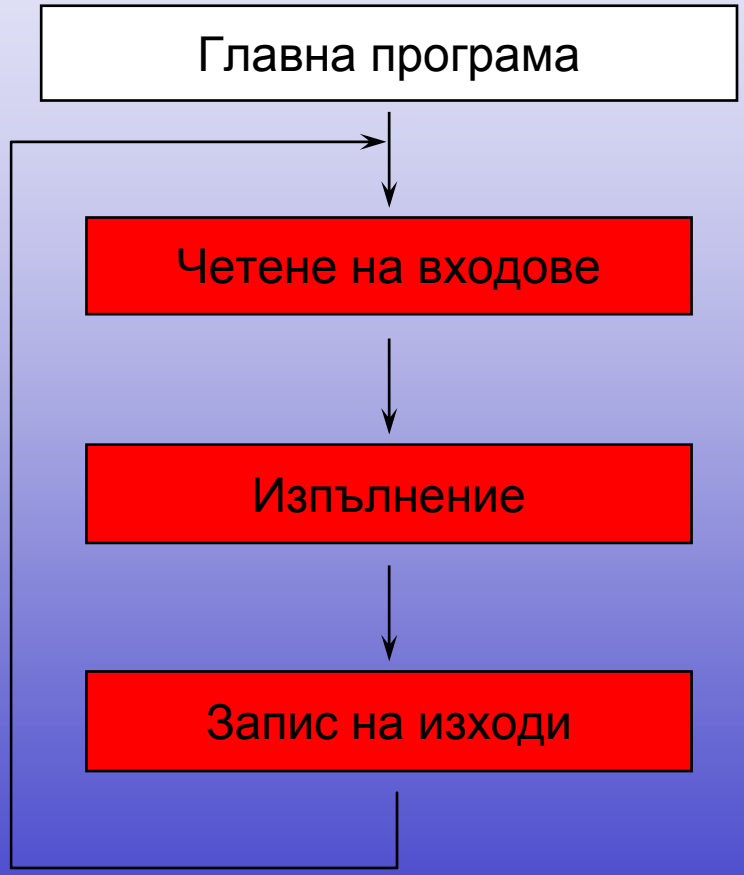
Връзка между CoDeSys и PLC:



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Изпълнение на PLC програмите:

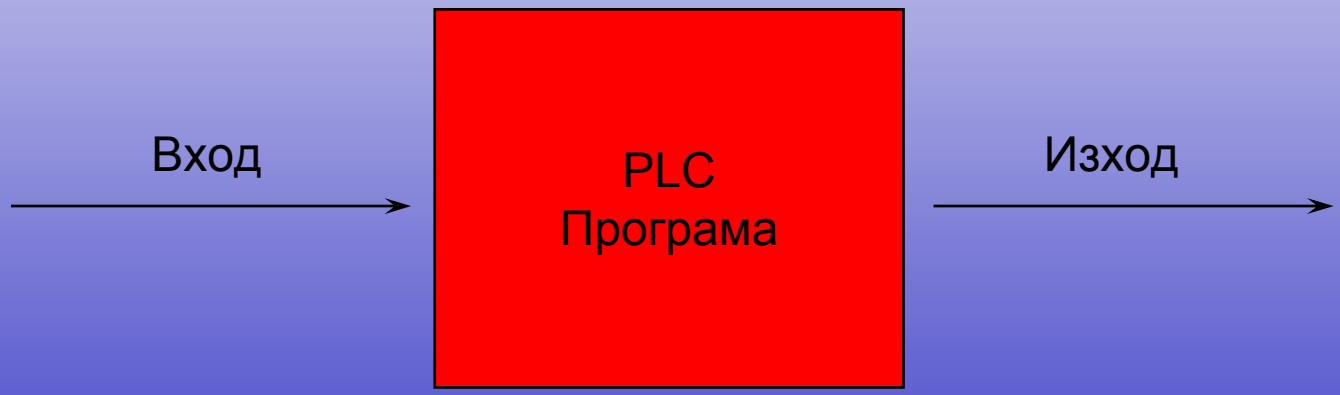


Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Правила при PLC програмирането:

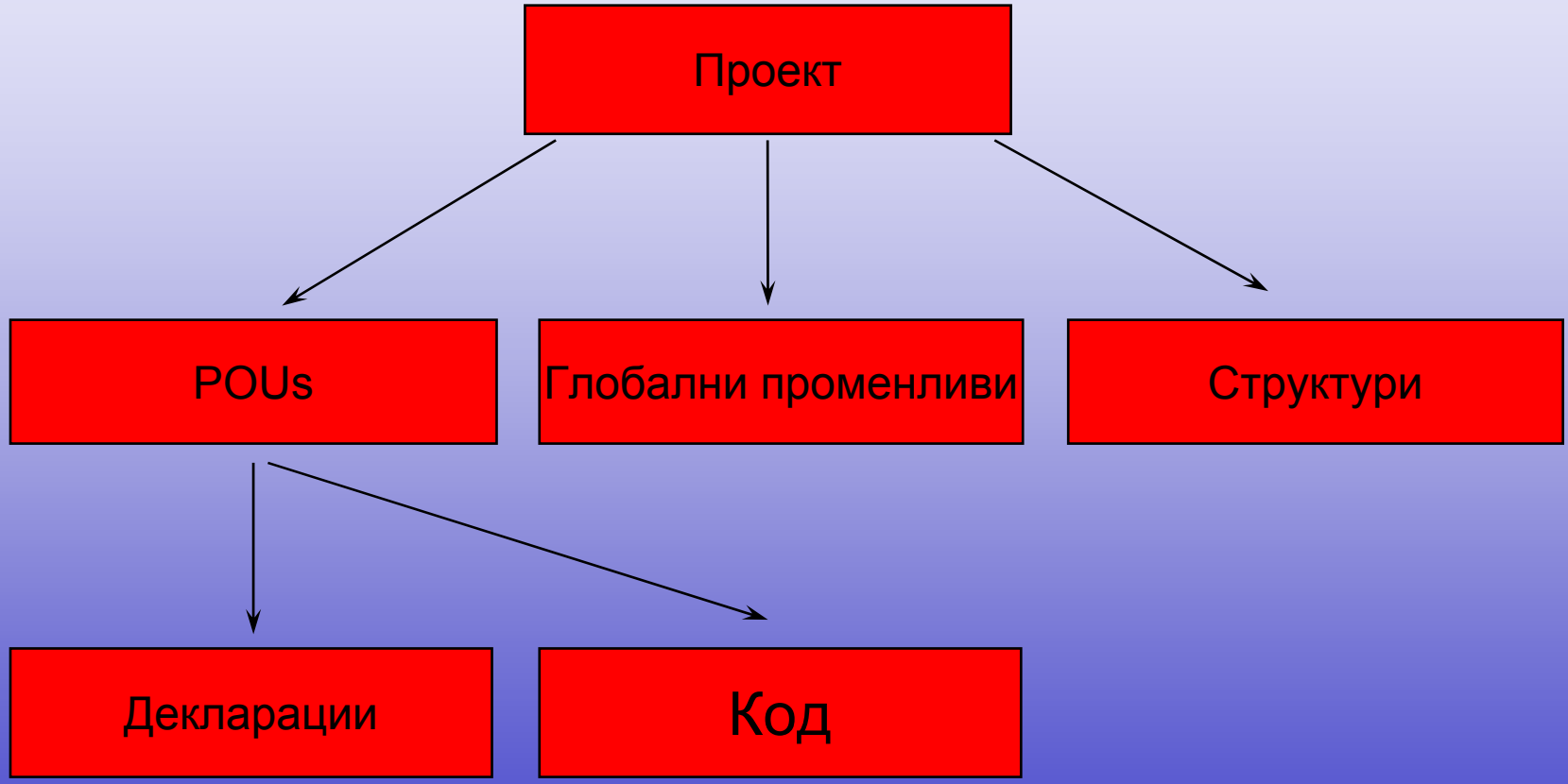
- Връщане към извикващата функция
- Повишено внимание при използване на цикли (да се държи сметка за времето за изпълнение
- Повишено внимание при използване на индекси на масиви и указатели



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Структура на PLC програмата:



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Какво е POU?

POU (**P**rogram **O**rganization **U**nit) е програмна единица, съдържаща код, която може да се извиква от друга програмна единица.

В CoDeSys съществува една ресервирана програмна единица, наречена PLC_PRG, която се извиква от системата (аналогично на main функцията при програмиране на C.

Съществуват три типа POU, които ще бъдат обяснени по-късно.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Данни и адреси:

Валидност:

локални *(1 POU)* или глобални *(всички POU)*

CoDeSys поддържа 3 метода на деклариране:

текстово, таблично и автоматично

Типове променливи, фиксирани към адреси:

към входна област, към изходна област, към област за маркери

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Синтаксис на променливите, фиксирани към адреси:

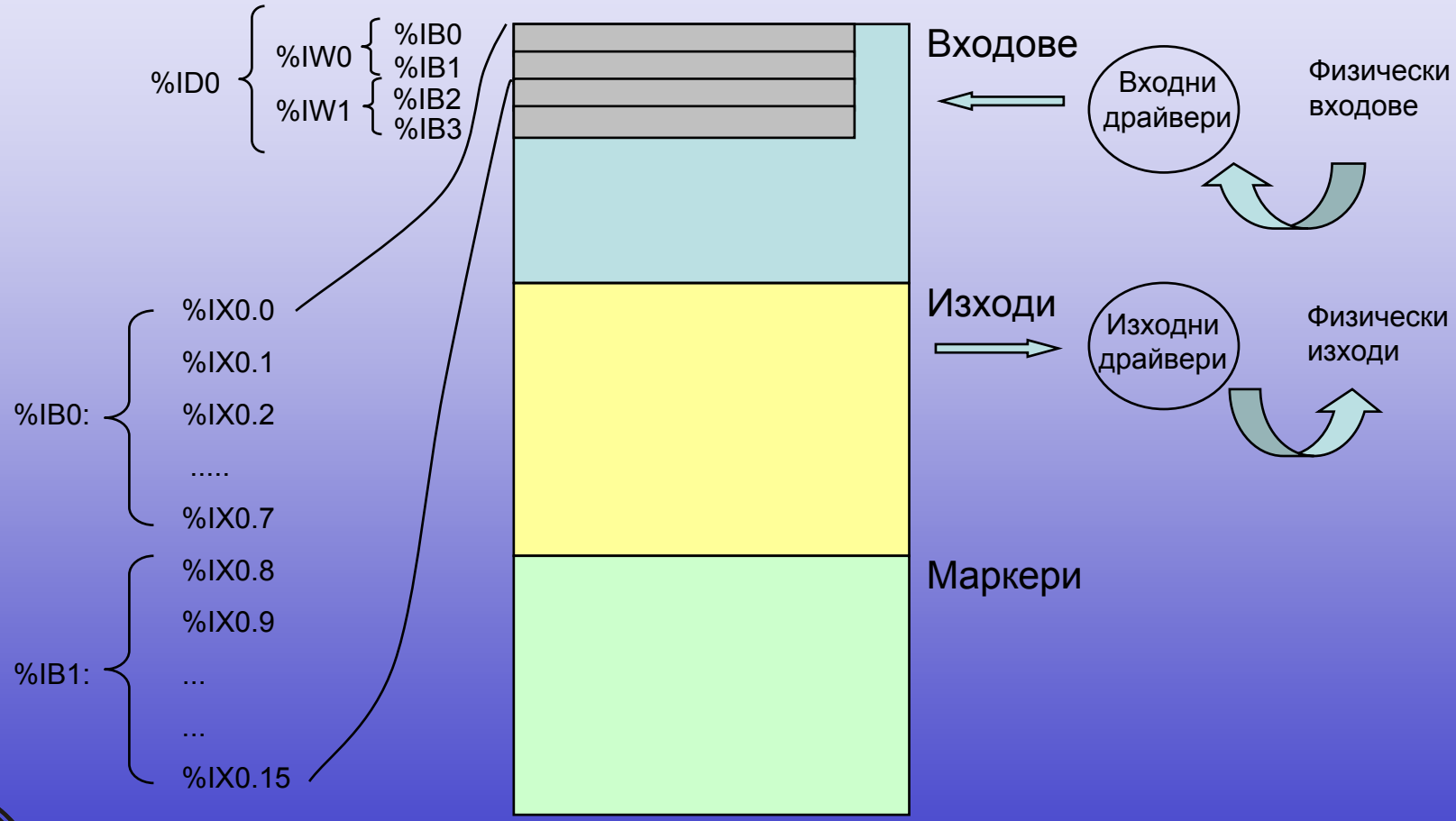
- Означават се с ‘%’
- Префикс за областта:
  - I – вход
  - Q – изход
  - M – маркер
- Размер:
  - X – единичен бит
  - B – байт (8 бита)
  - W – дума (16 бита)
  - D – двойна дума (32 бита)

- Примери:
  - %IW215
  - %QX1.1
  - %MD48

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

"Process image" – изображение на процеса:



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Стандартни типове данни:

Типовете данни, които се използват при създаването на PLC програми са стардартизирани в IEC61131-3:

- BOOL – булева променлива (8 бита, стойности: TRUE, FALSE);
- SINT – **S**hort **INT**eger (8 бита, стойноси: -128 ÷ 127);
- INT – **INT**eger (16 бита, стойноси: -32768 ÷ 32767);
- DINT – **D**ouble **INT**eger (32 бита, стойноси: -2147483648 ÷ 2147483647);
- USINT – **U**nsigned **S**hort **INT**eger (8 бита, стойност: 0 ÷ 255);
- UINT – **U**nsigned **INT**eger (16 бита, стойноси: 0 ÷ 65535);
- UDINT – **U**nsigned **D**ouble **INT**eger (32 бита, стойноси: 0 ÷ 4294967295);
- BYTE – байт (8 бита, битово адресируема, стойност: 0 ÷ 255);
- WORD – дума (16 бита, битово адресируема, стойноси: 0 ÷ 65535);
- DWORD – двойна дума (32 бита, битово адресируема, стойноси: 0 ÷ 4294967295);

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Стандартни типове данни:

- REAL- числа с плаваща запетая (32 бита, стойност: 1.175494351e-38 ÷ 3.402823466e+38;
- LREAL – **L**ong **REAL**, числа с плаваща запетая (64 бита, стойност: 2.2250738585072014e-308 ÷ 1.79769313486231 58e+308);
- STRING – текстова променлива (няма ограничение на размера);
  Пример: strText: STRING(35):= ‘Hello world!’;
- TIME – променлива за време (размер и стойности като DWORD);
  Пример: tTime: TIME:= t#14ms
  tTime1: TIME:= t#12h34m15s
- TOD – **T**ime **O**f **D**ay (размер и стойности като DWORD);
- DATE – променлива за дата (размер и стойности като DWORD);
  Пример: dDate: DATE:= d#1972-03-29;
- DT – **D**ate and **T**ime (размер и стойности като DWORD).

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Езици за програмиране, стандартизирани от IEC61131-3:

- ST – **S**tructured **T**ext
- IL – **I**nstruction **L**ist.
- FBD – **F**unction **B**lock **D**iagram
- SFC – **S**equencial **F**unction **C**hart
- LD - **L**a**D**der

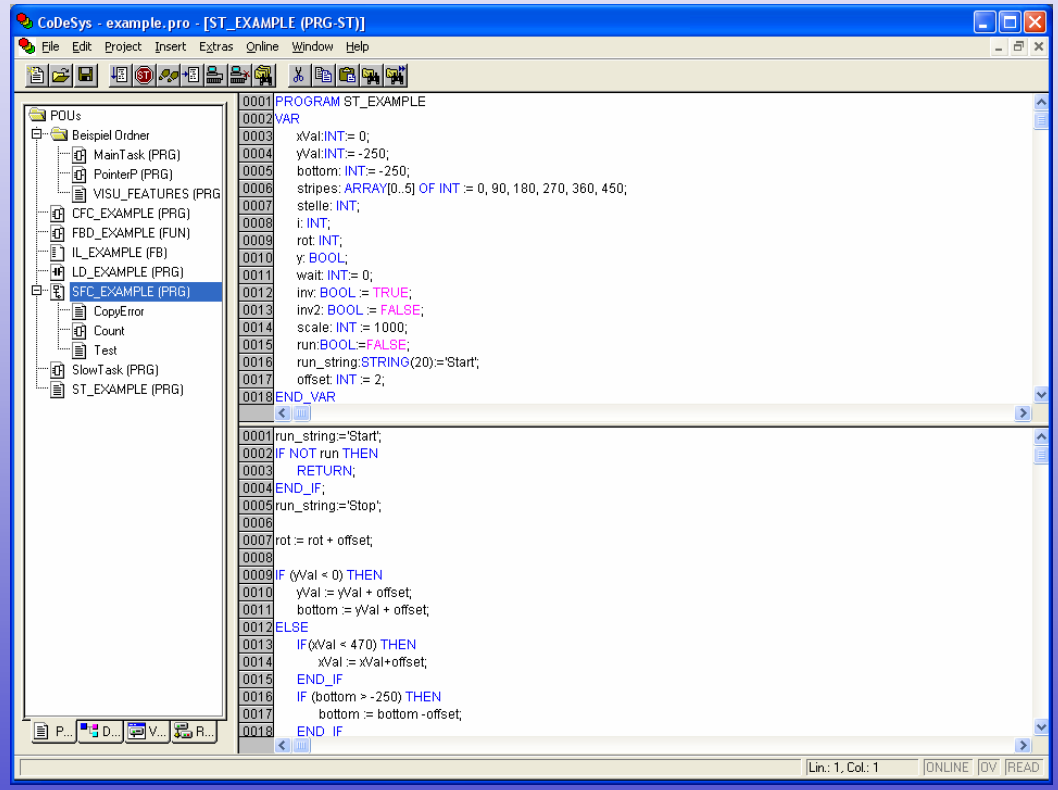
При създаване на PLC програми с CoDeSys, различните програмни единици могат да бъдат написани на различни езици в зависимост от това кой дава най-добри средства за програмиране на съответния алгоритъм.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Език за програмиране ST:

- Текстов език
- Език от високо ниво
- PASCAL-ориентиран
- Не много разпространен (това е най-новият език)
- Най-подходящ при условно изпълнение и образуване на цикли (IF, WHILE, FOR, CASE)

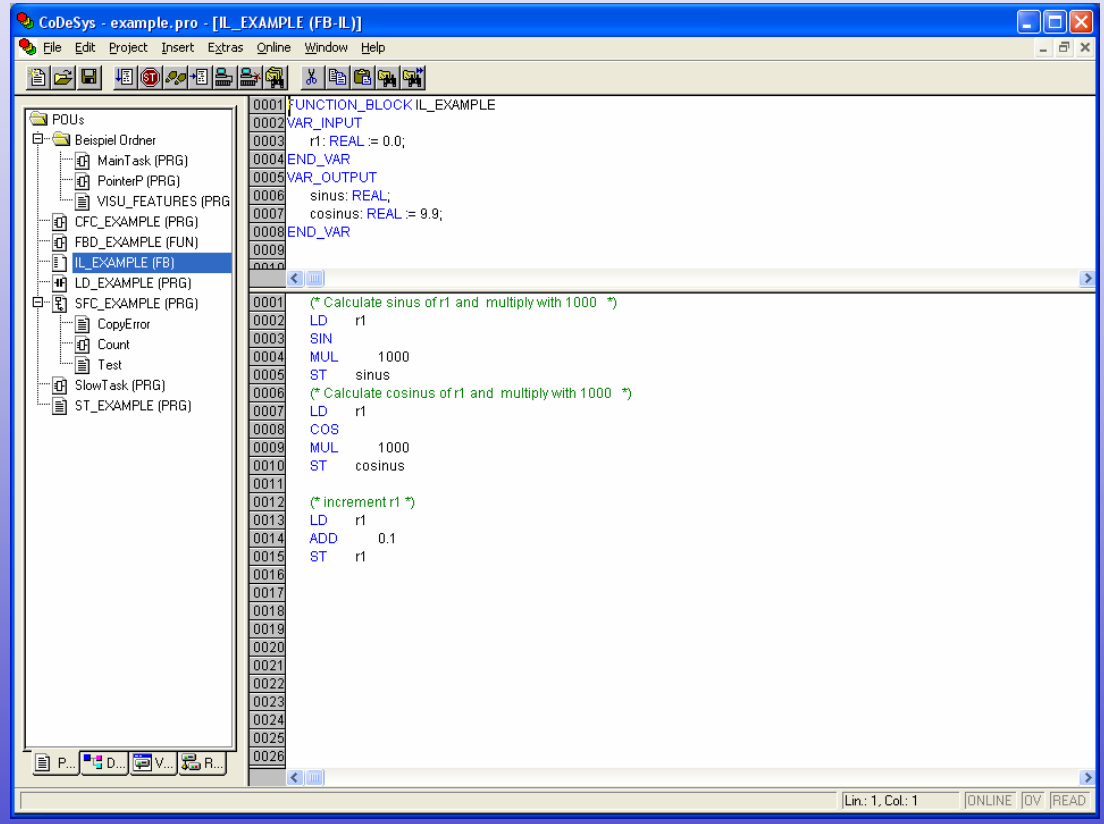


Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Език за програмиране IL:

- Текстов език
- Подобен на асемблер
- Най-добре познатият език в Европа
- Всички оператори работят със специален регистър, наречен акумулатор (LD, ST)
- Удобен при малки програми

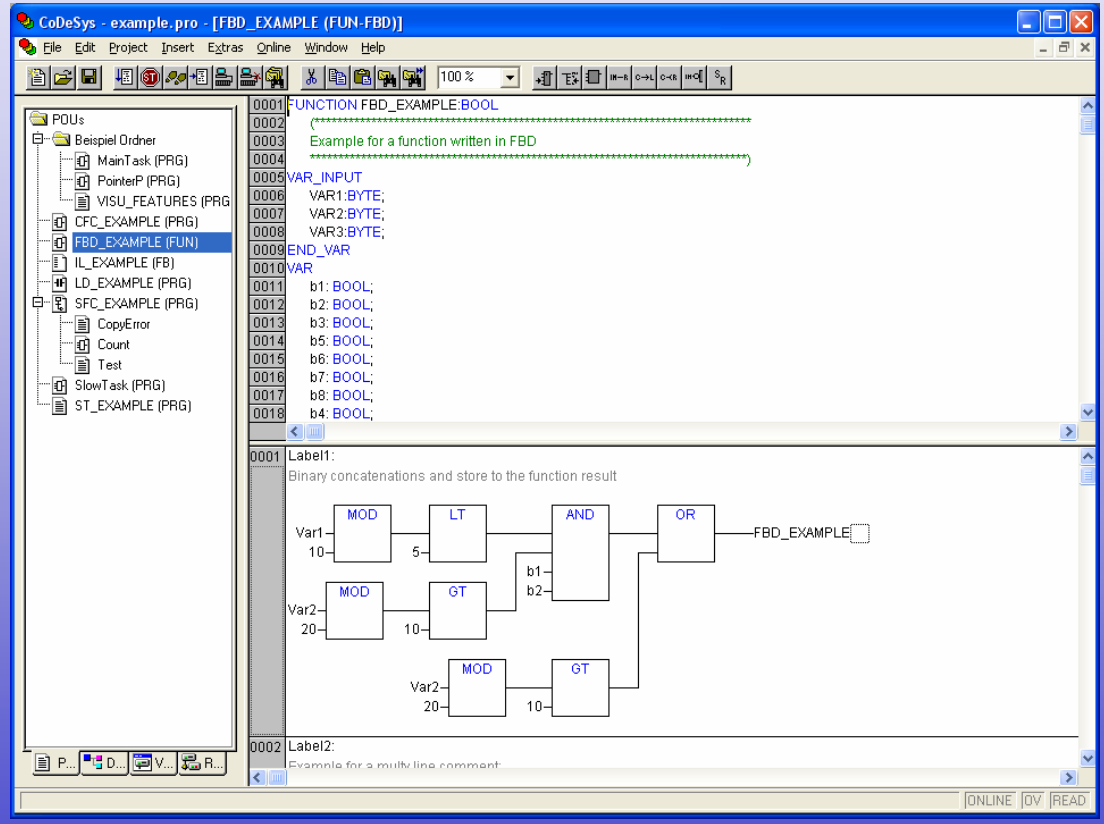


Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Език за програмиране FBD:

- Графичен език
- Удобен, когато няма цикли и много разклонения в програмата
- Състои се от блокове и оператори
- Много разпространен в последно време

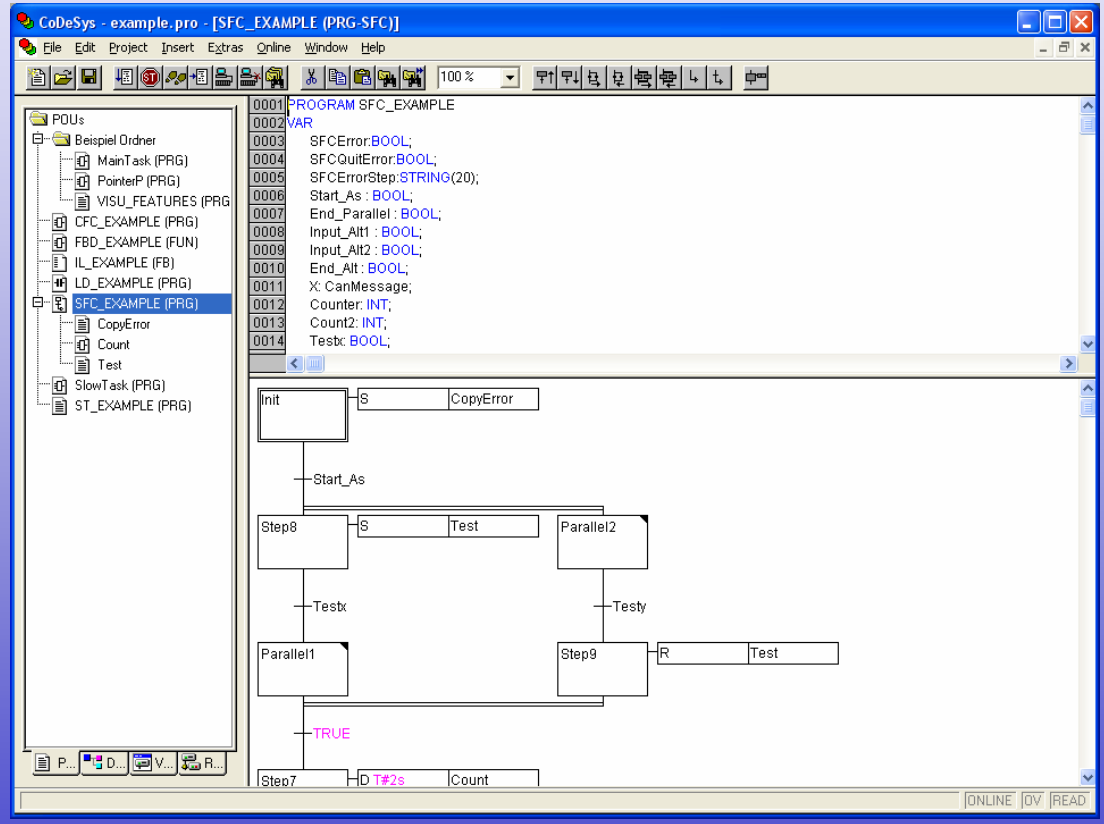


Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Език за програмиране SFC:

- Графичен език
- Добро структуриране на програмата
- Състои се от стъпки и преходи
- Стъпките съдържат програми на всеки стандартед език
- Не може да се замени с друг език (няма аналог)

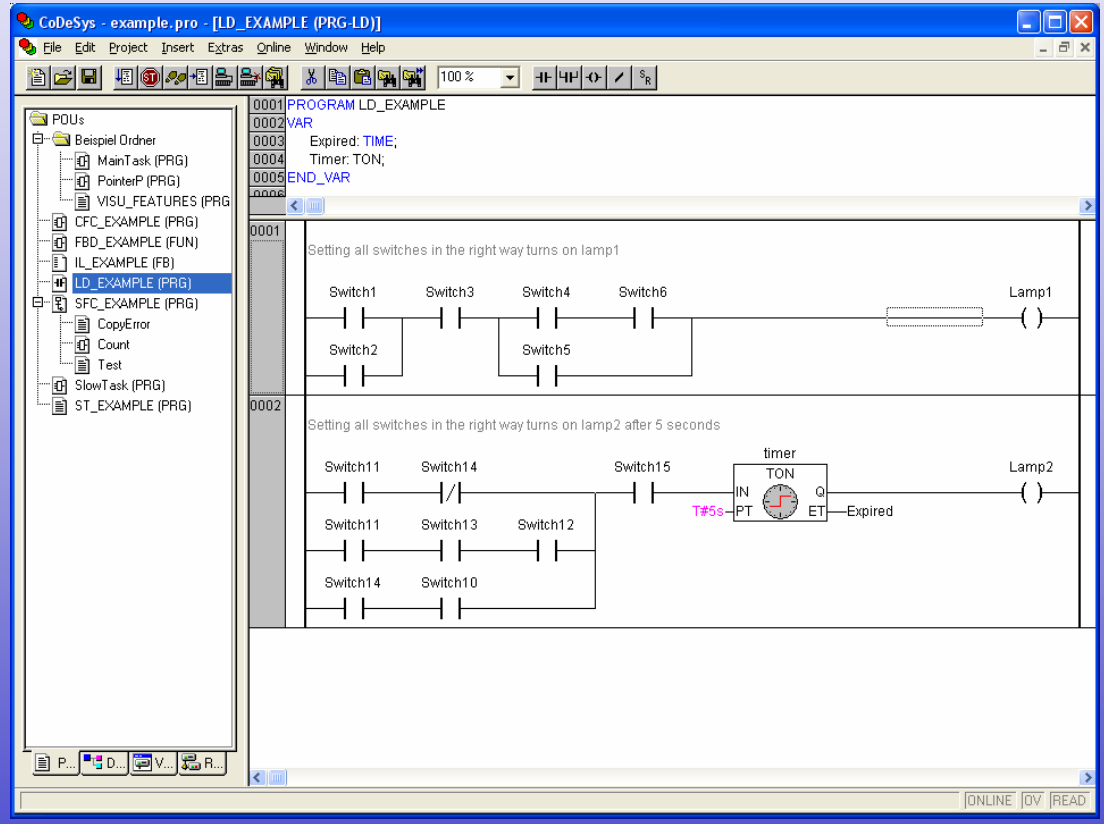


Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Език за програмиране LD:

- Графичен език
- Поддържан от почти всички PLC
- Удобен при програмиране на булева логика
- Много използван в USA, GB и Азия
- Почти неизползваем при работа с аналогови величини



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Операции в CoDeSys:

- присвояване;
- булеви операции;
- аналогови операции;
- сравняване;
- селектиране;
- преобразуване на тип;
- операции с реални числа;
- побитово преместване;
- специални операции.

Симеон Трифонов

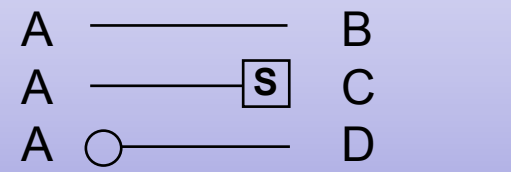
AMK
Control your Motion.

Операция присвояване:

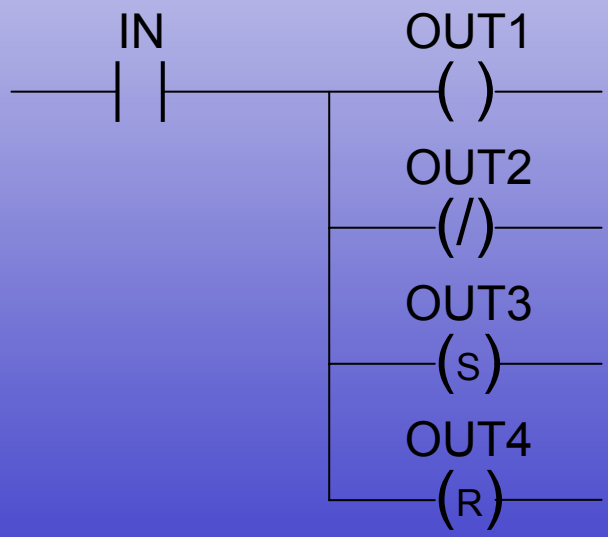
IL: LD, LDN, ST, STN, S, R

ST: A := B;

FBD:



LD:



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Булеви операции:

AND, OR, XOR и NOT

Операциите AND, OR и XOR могат да се изпълняват върху неограничен брой входове.
Когато се прилагат въху данни от тип BOOL, резултатът е TRUE или FALSE.
Когато се прилагат върху данни от тип BYTE, WORD, DWORD, резултатът се получава след побитово изпълнение на съответната операция.

Пример на IL:

```
Var1: BYTE;
LD 2#10010011
AND 2#10001010
ST Var1 (* Result is 2#10000010 *)
```

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Аналогови операции:

IL,FBD,LD	ST
ADD	+
SUB	-
MUL	*
DIV	/
MOD	MOD

Тези операции могат да се извършват с всеки тип данни, различен от булев.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Сравняване:

IL,FBD,LD	ST
EQ	=
NE	<>
GE	>=
GT	>
LE	<=
LT	<

Тези операции могат да се извършват с всеки тип данни, различен от булев.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Селектиране:

MIN – намиране на най-малката стойност
MAX – намиране на най-голяма стойност
Пример: Var1:=MAX(30,40); (* Result is 40 *)
SEL – избор между две стойности в зависимост от съдържанието на булева променлива
Пример: Var1:=SEL(TRUE,3,4); (* Result is 4 *)
MUX – мултиплексор
Пример: Var1:=MUX(0,30,40,50,60,70,80); (* Result is 30 *);
LIMIT – ограничаване

Тези операции могат да се извършват с всеки тип данни, различен от булев.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Преобразуване на тип:

Формат:
function<type>_TO_<type>
Пример: Var1:= DINT_TO_INT(Var2);

Преобразуването на типове може да стане по подразбиране в случай ако:
typewidth(A) >= typewidth(B)

Внимание:
1. Функциите изискват точния тип данни както в техните декларации.
2. Преобразуването на типове трябва да се избягва когато е възможно.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Операции с реални числа:

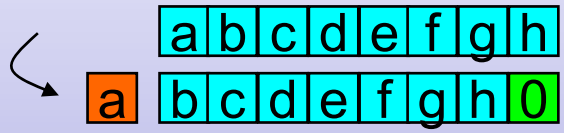
ABS – абсолютна стойност
SQRT – корен квадратен
LN – натурален логаритъм
LOG – десетичен логартитъм
EXP – експоненциална функция (e^X)
SIN, COS, TAN, ASIN, ACOS, ATAN – тригонометрични функции
EXPT – експоненциална функция на променлива спрямо друга променлива (X^Y)

Симеон Трифонов

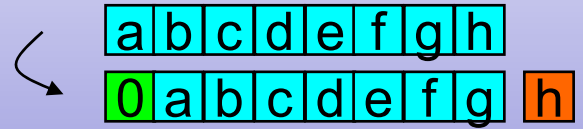
Control your Motion.

Побитово преместване:

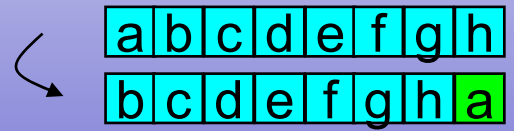
SHL (**SH**ift **L**eft)



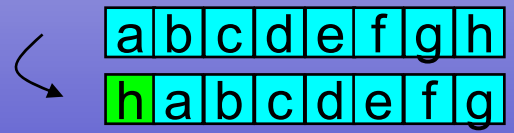
SHR (**SH**ift **R**ight)



ROL (**RO**tate **L**eft)



ROR (**RO**tate **R**ight)



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Специални операции:

ADR – връща адреса на променливата

Пример:
```
Var1: WORD:= 5;
Ptr: POINTER TO WORD;

Ptr:= ADR(Var1); (*Result is 16#02CC4040 *)
```

^ - взема съдържанието на паметта, сочена от променливата

Пример:
```
Var1: WORD;
Ptr: POINTER TO WORD:= 16#02CC4040;

Var1:= Ptr^; (* Result is 5);
```

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Типове POU:

Функция (Function):
Приема входни променливи, връща резултат в една променлива, не заема памет.

Функционален блок (Function block):
Използва входни и изходни променливи, заема памет. Могат да се дефинират няколко копия (инстанции) на един функционален блок.

Програма (Program):
Глобално дефиниран функционален блок. Не може да има копия (инстанции).

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Функции:

- Не могат да запазват използвани данни
- Локалните променливи се инициализират преди всяко изпълнение
- Името на функцията е променливата, която се използва за връщане на резултат, т.е. функцията има определен тип
- Подходящи за извършване на сложни изчисления
- Използването на глобални променливи е забранено

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

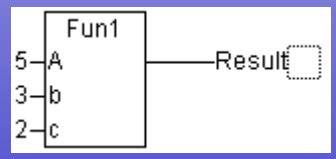
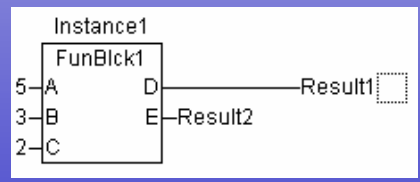
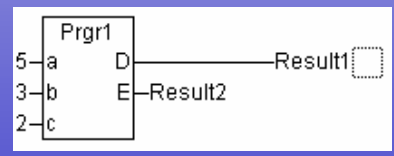
Функционални блокове:

- Всички използвани променливи запазват своите стойности
- Чрез инстанциите се създават копия на набора от променливи, използвани във функционалния блок
- Подходящи за създаване на програмни елементи като броячи, таймери, тригери или други подобни, които изискват запомняне на състоянията на използваните променливи

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Извикване на различните видове POU:

	Function	Function Block	Program
Example	Function Fun1:INT 3 Inputs (INT): A, B, C	Function_Block FunBlck1 3 Inputs (INT): A, B, C 2 Outputs (INT): D, E Instance: Instance1	Program Prgr1 3 Inputs (INT): A, B, C 2 Outputs (INT): D, E
IL	LD 5 Fun1 3,2 ST Result	CAL Instance1(A:=5, B:=3, C:=2) ... LD Instance1.D ST Result1 LD Instance1.E ST Result2	CAL Prgr1(a := 5, b := 3, c := 2) ... LD Prgr1.D ST Result1 LD Prgr1.E ST Result2
ST	Result:=Fun1(5,3,2);	Instance1(A:=5, B:=3, C:=2); ... Result1:=Instance1.D; Result2:=Instance1.E;	Prgr1(a := 5, b := 3, c := 2); ... Result1:= Prgr1.D; Result1:= Prgr1.E;
FBD / LD			

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Библиотеки с готови POU:

- Библиотеките съдържат готови обекти, които могат да се използват в различни проекти
- Могат лесно да се създават собствени библиотеки със средствата на CoDeSys
- Производителите на PLC могат да разпространяват готови криптирани библиотеки (защитено “Know How”)
- CoDeSys позволява да се извикват функции, написани на C като библиотечни елементи
- CoDeSys предоставя за използване стандартна библиотека (standard.lib) с често използвани обекти – за работа със стрингове, за регистриране на активен фронт, броячи, таймери и т.н.

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Функции за работа със стрингове:

LEN – определя размера на стринга
LEFT – връща определен брой символи от ляво на дясно на подадения като параметър стринг
RIGHT - връща определен брой символи от дясно на ляво на подадения като параметър стринг
MID – връща определен брой символи от определена позиция на подадения като параметър стринг
CONCAT – слепва два стринга
INSERT – вмъква един стриг от определена позиция на друг стринг
DELETE – премахва определен брой символи от определна позиция на подадия като параметър стринг
REPLACE – подменя определен брой символи от определена позиция
FIND – търси един стринг в друг и връща позицията, от която първия стринг започва

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Регистриране на активен фронт:

R_TRIG – регистрира преден фронт (FALSE -> TRUE)

```
Пример:   RTRIGInst(CLK:= VarBOOL1);
          VarBOOL2 := RTRIGInst.Q;
```

F_TRIG – регистрира заден фронт (TRUE -> FALSE)

```
Пример:   CAL FTRIGInst(CLK := VarBOOL1)
          LD  FTRIGInst.Q
          ST  VarBOOL2
```

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Броячи:

CTU – броене нагоре (увеличава стойността си при всеки активен фронт на броячния вход)

```
Пример:     CTUInst(CU:= VarBOOL1, RESET:=VarBOOL2 ,
        PV:= VarINT1);
                VarBOOL3 := CTUInst.Q ;
                VarINT2 := CTUInst.CV;
```

CTD - броене надолу (намалява стойността си при всеки активен фронт на броячния вход)

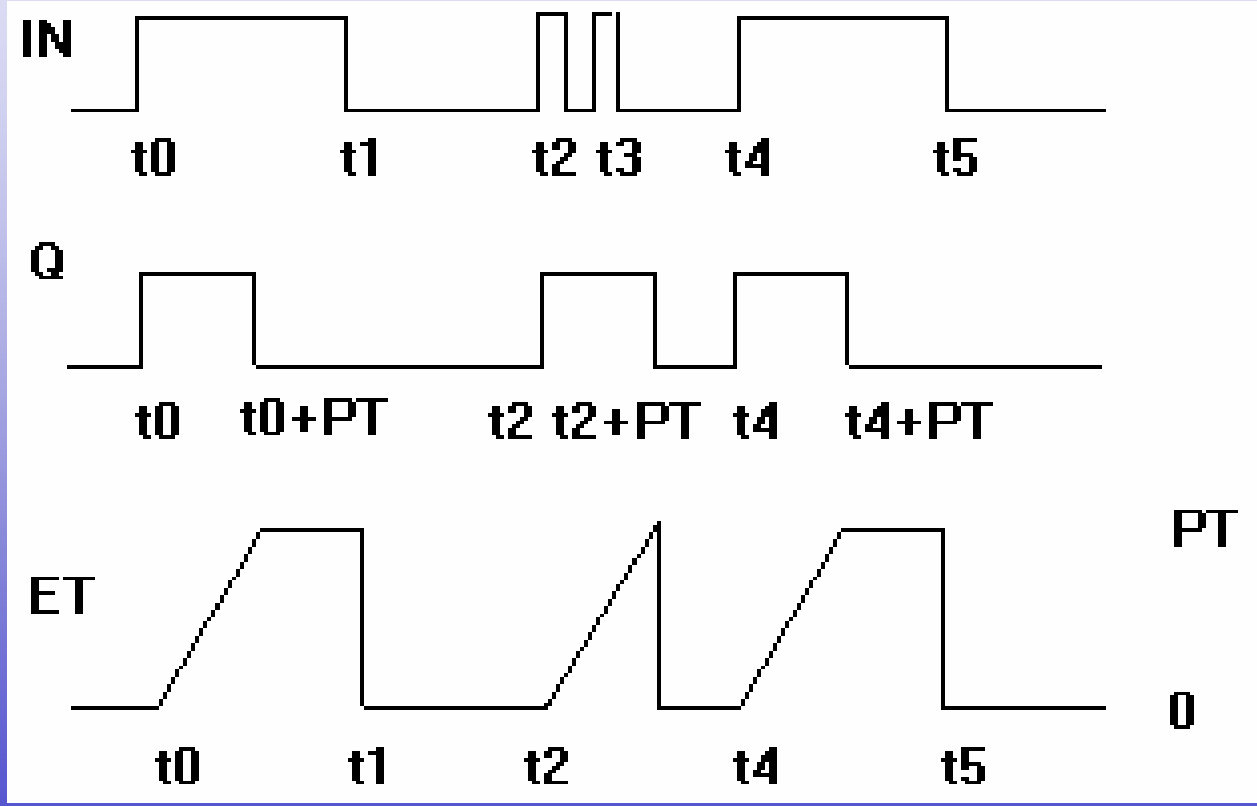
CTUD – броене нагоре или надолу (увеличава или намалява стойността си при всеки активен фрон на един от двата входа

```
Пример:     CTUDInst(CU := VarBOOL1, CU:= VarBOOL2,
        RESET := VarBOOL3, LOAD:=VarBOOL4 , PV:= VarINT1);
                VarBOOL5 := CTUDInst.QU ;
                VarBOOL6 := CTUDInst.QD ;
                VarINT2 := CTUDInst.CV;
```

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

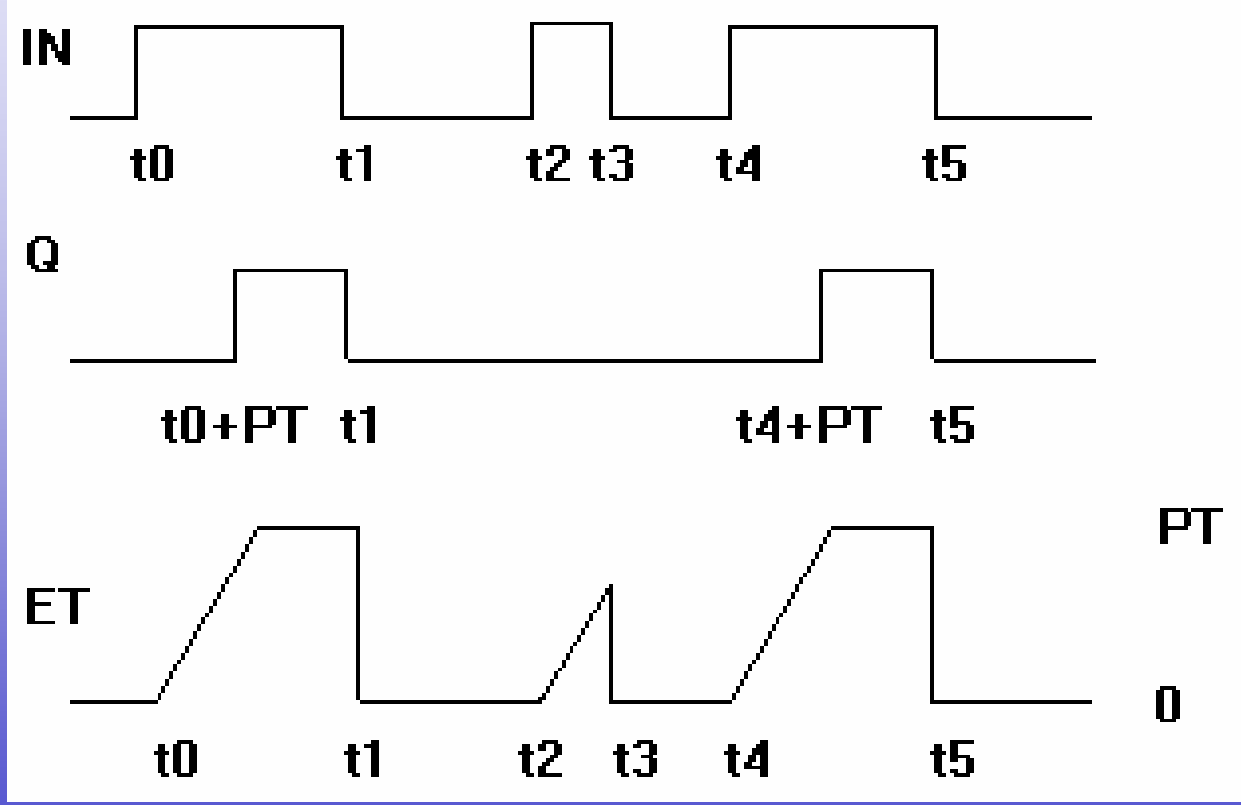
Таймер тип TP:



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

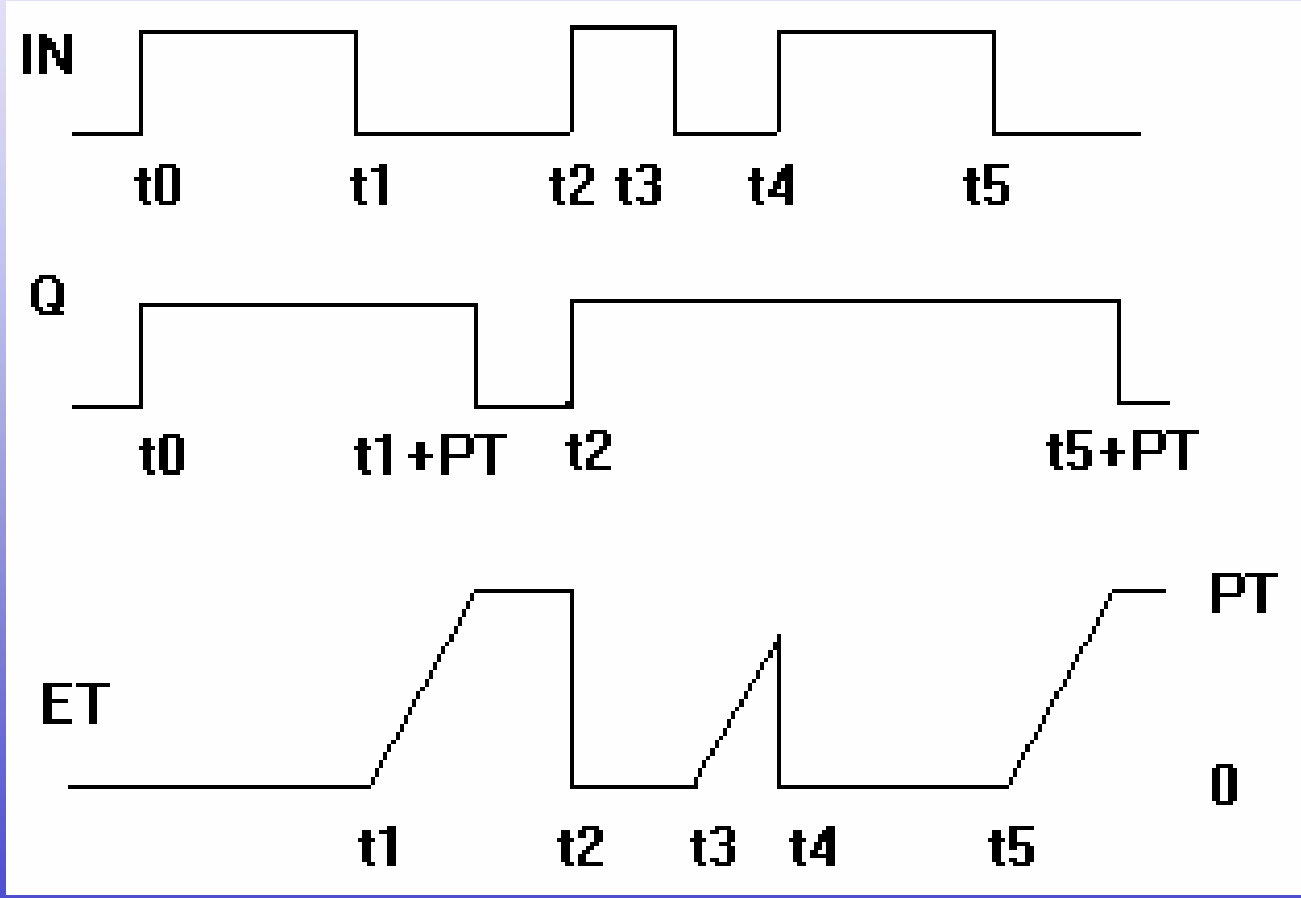
Таймер тип TON:



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Таймер тип TOF:



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Още някой използвани конструкции:

Масиви (arrays)

Пример: arr1 : ARRAY [1..5] OF INT := 1,2,3,4,5;

Структури (structures)

Пример:
```
TYPE <Structurename>:
STRUCT
<Declaration of Variables>
END_STRUCT
END_TYPE
```

Номерирани типове (enumerations)

Пример:
```
TYPE TRAFFIC_SIGNAL: (Red, Yellow, Green:=10);
END_TYPE
```

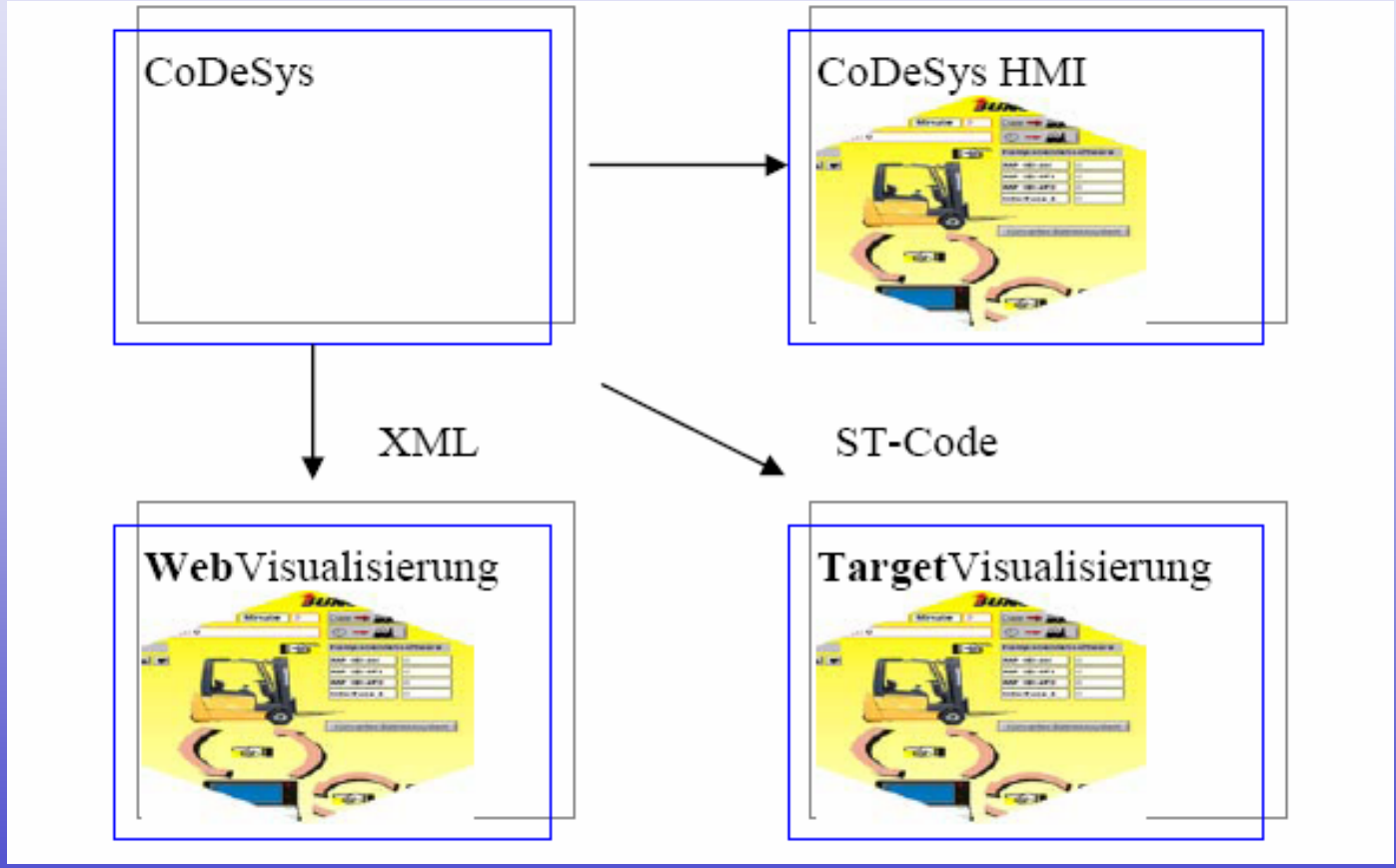
Присвоявания (alias) – създава специфичен за потребителя тип

Пример:
```
TYPE message:STRING[50];
END_TYPE;
```

Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Потребителски визуализации:



Симеон Трифонов

AMK
Control your Motion.

Край

Благодаря за вниманието!

маг. инж. Любомир Борисов
маг. инж. Симеон Трифонов
маг. инж. Мариян Няголов