

Дисципліна:

КОМУНІКАЦІОННІ СИСТЕМИ

Дисциплина:

КОМУНИКАЦИОННИ СИСТЕМИ

Преподавател:

• **Проф. Стефан Йорданов Овчаров**

каб. 1351 (лаб.1359),

приемни часове – понеделник 13-14ч.

Занятия:

- Лекции –
- Лаб. упражнения
- Сем. упражнения
- Курсов проект

Учебник:

Овчаров Ст., В. Чумаченко, Комуникационни системи, ИПК на ТУ - София, 2007г.
<http://81.161.248.42/ntt/comsys/>

Допълнителна апаратура:

- Овчаров, Ст., Автоматизация на електронното производство, ИПК на ТУ - София, 2004.
- Пенчева, Е., GSM комуникации, София, 2000.
- Пенчева Е., Въведение в модерните телекомуникационни мрежи, София, 1999.
- Петришки, П., Р. Димова, О. Петков, Комуникационна техника, ТУ - Варна, 2002г., <http://www.tu-varna.acad.bg/11/12/fe/RTT/download/IP2/diploma3.html>
- Попов, М. К., Клетъчни радиотелефонни системи, София, 1998.
- Стен Шат, Локални мрежи - архитектура, избор, използване, София, 1994.
- Стефанов, Й., Радиопредавателни устройства, ВМЕИ - Варна.
- Стоянов, Г., Й. Славова, Комуникационна техника, Техника, София, 1990
- Христов, Х., С. Мирчев, Н. Неделчев, Основи на телекомуникациите, Нови знания, С., 1990.

Оценяване на знанията:

- оценка от ИЗПИТ
- оценка за курсовия проект

Защо са необходими комуникации в ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКАТА?

Защо са необходими комуникации в ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКАТА?

За по-добро (непрекъснато, безотказно, надежно) управление на производството, пренасянето и разпределянето на електрическата енергия с цел осигуряване качествена електрическа енергия на потребителите

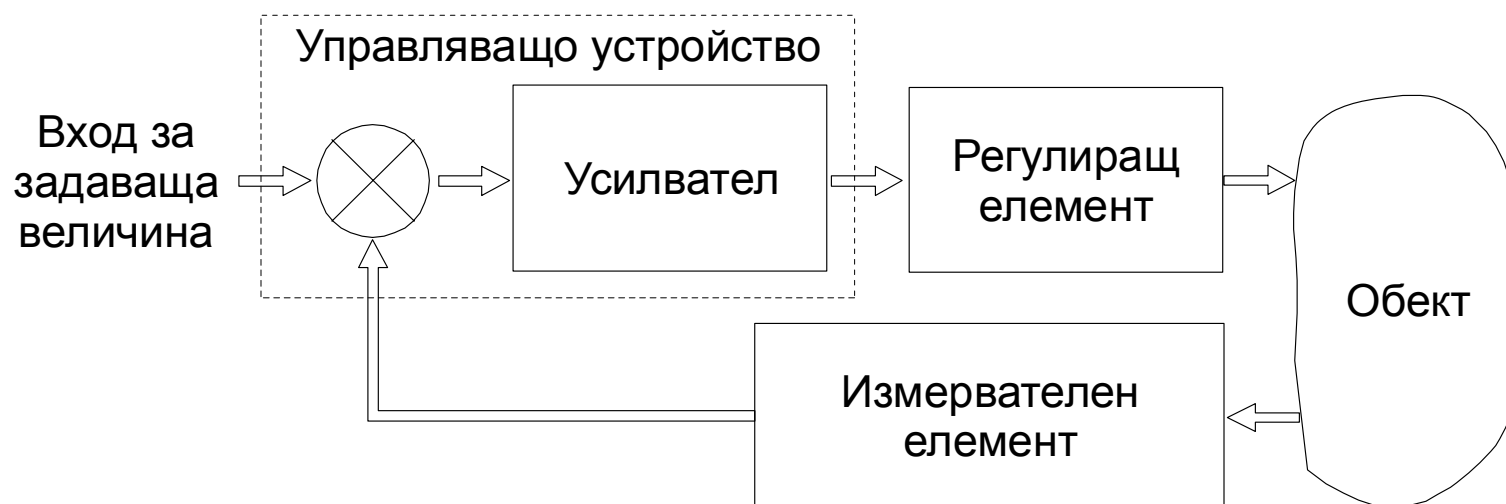
За реализиране на управлението на електроенергийната система /ЕЕС/ е необходимо:

- събиране на информация за състоянието на ЕЕС
- обработка на информацията и изработка на команди
- изпълнение на командите

Комуникации се налагат :

- при пренасянето на информацията от източниците на информация до системите за нейната обработка и
- при подаването на командите към изпълнителните устройства, с които се въздейства върху определени елементи от ЕЕС

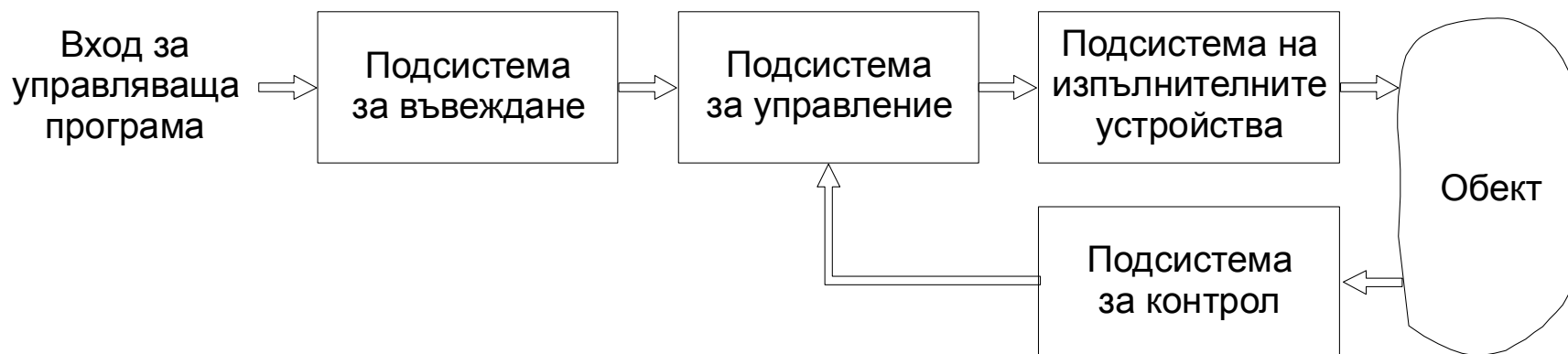
Блокова схема на проста система за автоматично управление



Основни блокове:

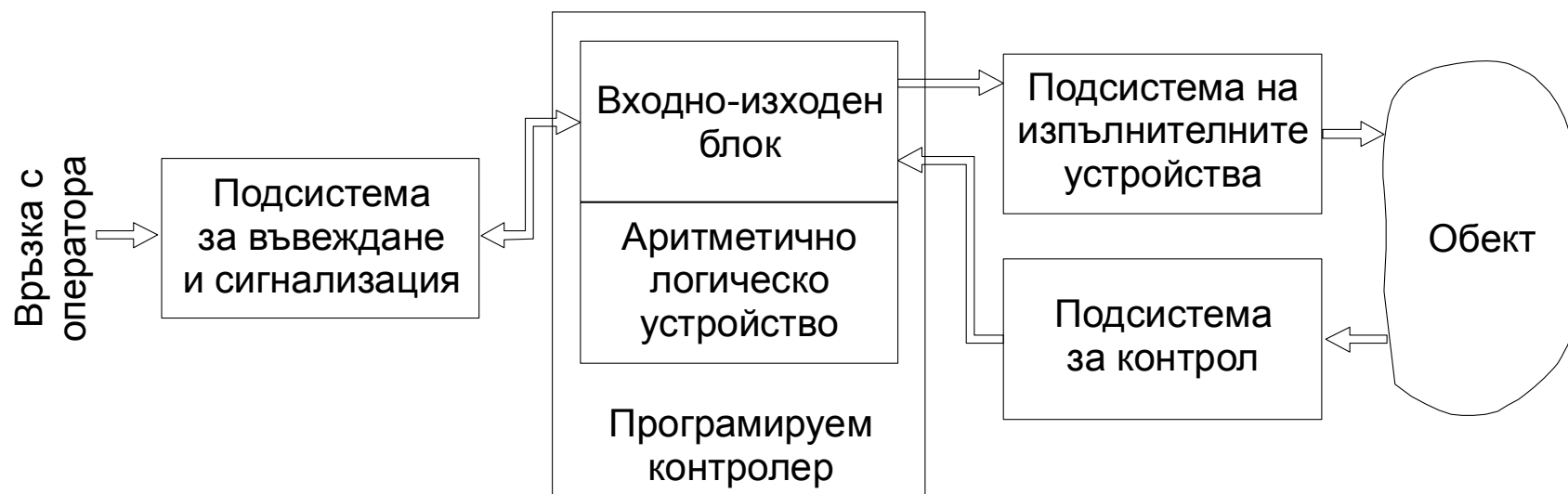
- сравняващо устройство,
- усилвател на сигнала на разликата,
- регулиращ елемент и
- измервателен елемент.

Блокова схема на сложна система за автоматично управление



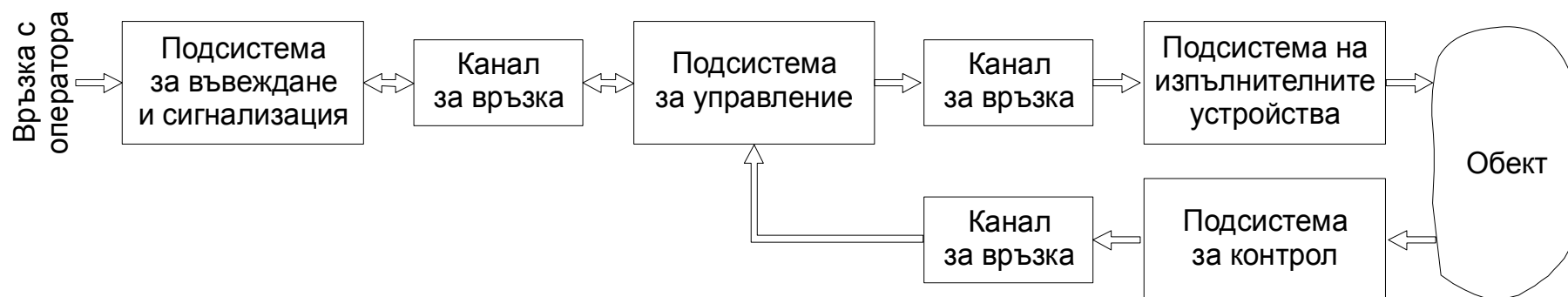
- едновременно управление на няколко величини или на няколко обекта
- подсистеми:
 - за въвеждане.
 - за управление,
 - на изпълнителните устройства,
 - за контрол.

Реализиране на управлението със специализирано устройство



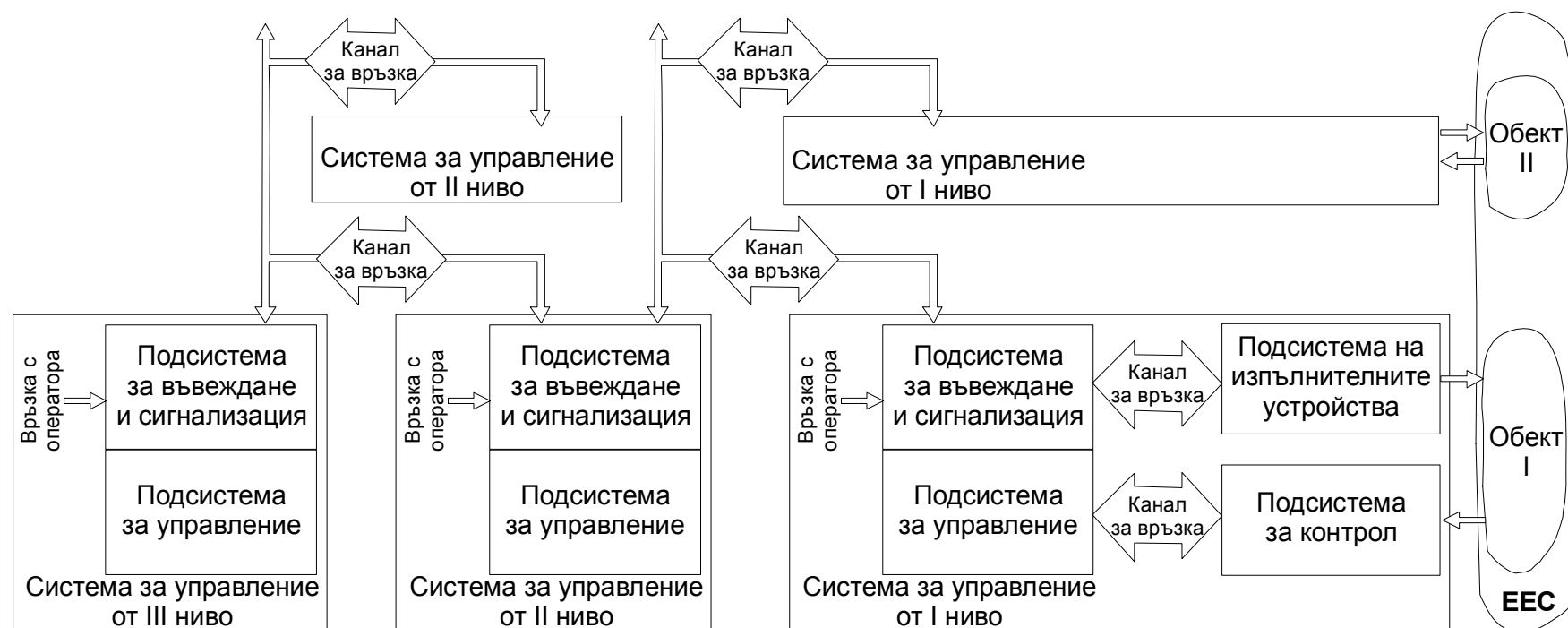
- специализирано устройство - промишлен контролер, програмируем логически контролер.
- мощно изчислително аритметично логическо устройство и входно-изходен блок с много на брой унифицирани входове и изходи

Управление на обекти, заемащи пространствено голяма ПЛОЩ



- използване на приемо-предавателна апаратура за реализирането на канал за връзка с цел обмен на необходимата за управлението информация.

Управление на сложни обекти



- сложни обекти – напр. електроенергийна система,
- използва се разпределена система за управление с йерархична структура

Документи, регламентиращи управлението на обекти от електроенергийната система

- Правила за управление на електроразпределителните мрежи, Държавна комисия за енергийно регулиране, ДВ, бр.54 от 23.06.2004г.,
http://www.nek.bg/tso/legislation_documents.htm
- Правила за управление на електроенергийната система, ДВ, бр. 67 от 02.08.2004,
http://www.nek.bg/tso/legislation_documents.htm,
http://www.electro-sof.com/normativ2004/pravila_upravlenie1.pdf
- Наредба № 3 от 9 юни 2004 г. за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии, МИНИСТЕРСТВО НА ЕНЕРГЕТИКАТА И ЕНЕРГИЙНИТЕ РЕСУРСИ, ДВ, бр. 90 и 91 от 2004 г.,
<http://www.paragraf22.com/pravo/naredbi/n-pr/41708-VIII.htm>

В правилата за управление на електроразпределителните мрежи се предвижда:

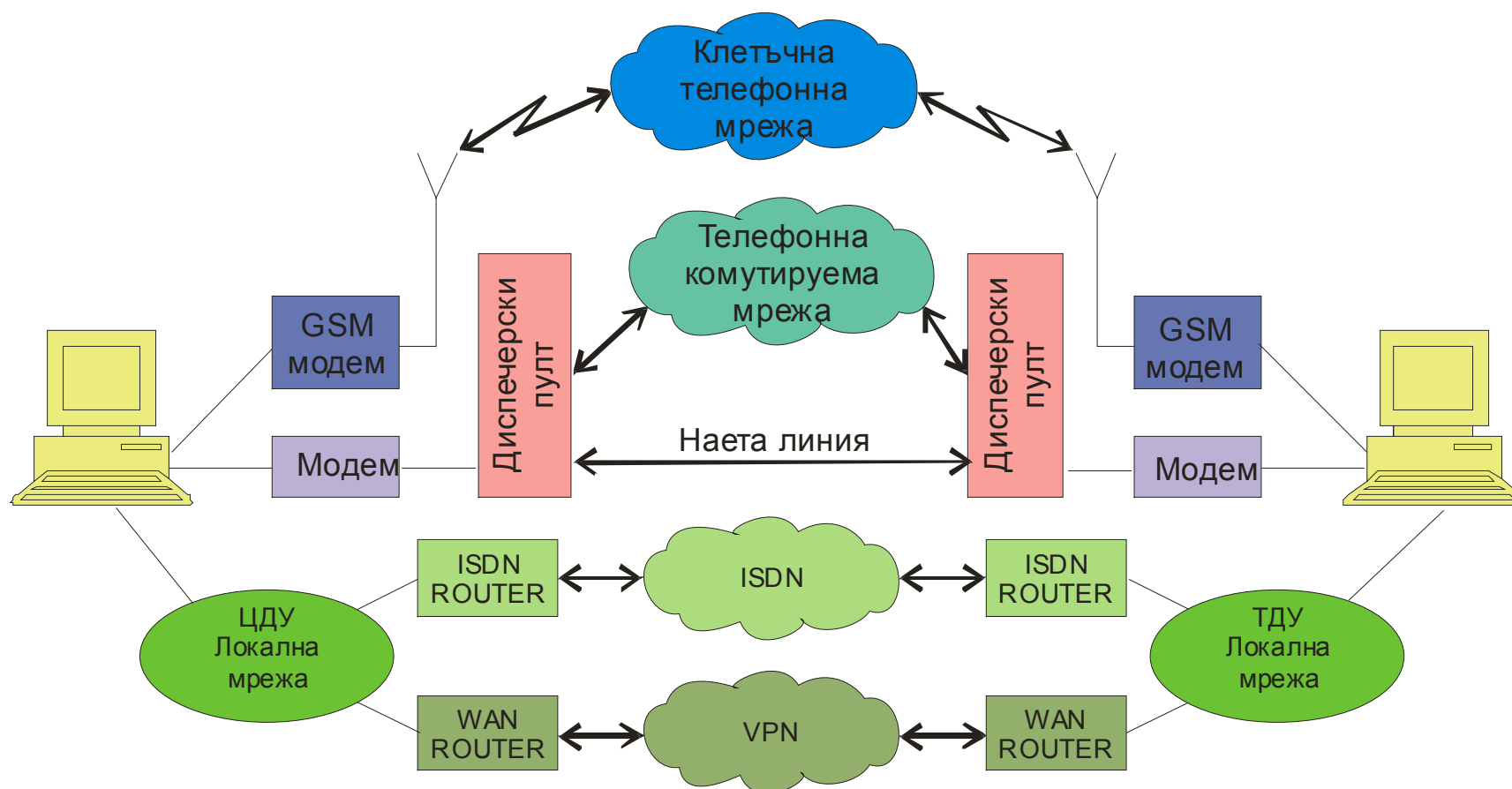
- При **планиране на развитието** на електроразпределителната мрежа да се разработи техническата политика за въвеждане на информационни системи за контрол, събиране на данни и управление (SCADA), нови средства и системи за комуникация, информационни мрежи и др.
- На базата на предпроектни проучвания и изследвания да се въвеждат нови средства и системи за комуникация и информационни мрежи.
- **за нуждите на управлението на електроенергийната система задължително се осигуряват следните комуникационни възможности: телефон, факс, телеизмерване и телесигнализация, телеуправление, дистанционно четене на данни от средствата за търговско измерване.**
- **Мерките при кризисни ситуации** и при възстановяване на електроенергийната система **изискват** осигуряване на средства за комуникации и взаимодействие между разпределителните предприятия и оператора на електроразпределителната мрежа.
- Информационното осигуряване в реално време в процеса на възстановяване се осъществява главно чрез системата за управление и събиране на данни (SCADA) за обектите на преносната мрежа и обхваща:
 1. потоци на активната и реактивната мощност в преносната мрежа;
 2. напрежения и честота на шинни системи и електропроводи;
 3. положение на стъпалните превключватели на системните автотрансформатори;
 4. активни и реактивни мощности на генериращи блокове;
 5. мощности на компенсиращи устройства – шунтови реактори и кондензаторни батерии;
 6. състояние на комутационните апарати;
 7. автоматично действие на релейни защиты на основни елементи на преносната мрежа, на автоматично честотно отделяне, на автоматично разтоварване;
 8. неизправности на основните комуникационни средства;
 9. основни параметри на режима на работа на гранични подстанции на съседни електроенергийни системи.
- **Комуникационните средства** между отделните Диспечерски центрове и между диспечерските центрове и основните обекти на преносната мрежа трябва да бъдат резервирани.

Наредба № 3 за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии .

Съгласно Глава двадесет и втора “АВТОМАТИЗИРАНА СИСТЕМА ЗА ДИСПЕЧЕРСКО УПРАВЛЕНИЕ (АСДУ) НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЙНАТА СИСТЕМА”:

- Всеки обект от ЕЕС се проектира и изгражда в съответствие с изискванията за функционирането на Автоматизирана система за диспечерско управление (АСДУ).
- Автоматизираната система за диспечерско управление включва средствата за: телекомуникации (ТК); телемеханика (ТМ); надеждно ел.захранване; информационно-управляващи комплекси (ИУК).
- Чрез телекомуникационната мрежа се предават говор, образ, данни, сигнали за телеуправление и телерегулиране, ускорение на релейни защиты (РЗ) и противоаварийни автоматики (ПАА).

Примерна схема за резервиране на каналите за връзка при предаването на информация между Централното диспечерско управление (ЦДУ) на ЕЕС и териториално диспечерско управление (ТДУ)



**УПРАВЛЕНИЕ НА
ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЙНАТА СИСТЕМА НА
БЪЛГАРИЯ**

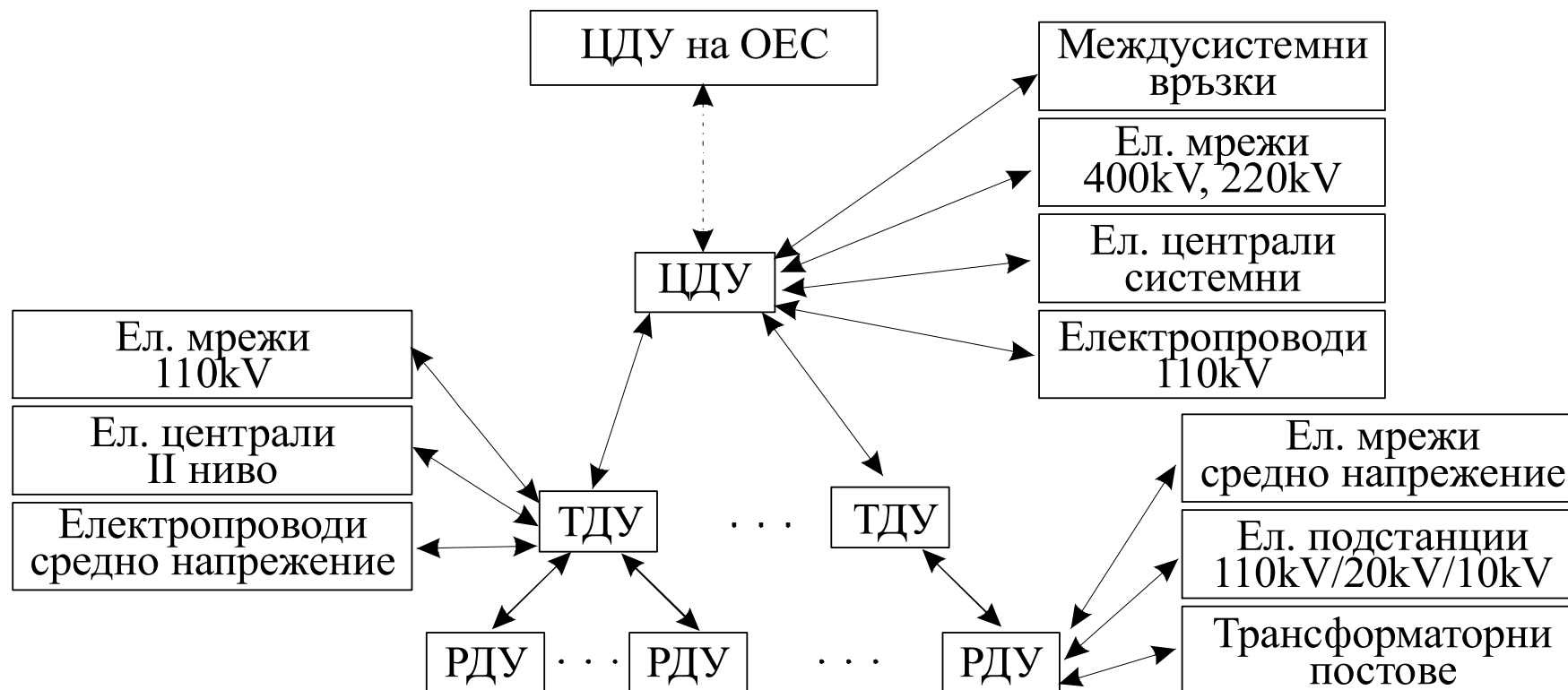
Цел на диспечерското управление

Да осигури при производството, пренасянето и разпределянето на електрическата енергия качествено, икономично и сигурно електроснабдяване на клиентите, включващо:

- обезпечаване на необходимите количества електрическа енергия, като непрекъснато се поддържа балансът “производство-консумация”, тъй като електрическата енергия не може да се складира;
- осигуряване на непрекъснато електрозахранване – изисква осигуряване на тясно взаимодействие между елементите на ЕЕС (претоварването на някой от тях може да доведе до разпадане на системата) и бърза реакция при къси съединения и нарушаване на устойчивостта;
- предоставяне на качествена електрическа енергия – отклоненията на стойностите на напрежението и честотата да са в зададени граници;
- поддържане на минимални загуби при преноса на електрическата енергия;
- повишаване на производителността на обслужващия персонал.

Структура на диспечерското управление на ЕЕС на България

- **ОСНОВНИ ЗВЕНА:**
 - Централно диспечерско управление (ЦДУ),
 - 4 териториални диспечерски управления (ТДУ)
 - 30 районни диспечерски управления (РДУ).



Централното диспечерско управление (ЦДУ)

Подчинено е на централното диспечерско управление на обединената енергийна система (ЦДУ на ОЕС), в която участват нашата ЕЕС и ЕЕС на съседните страни.

На ЦДУ са подчинени непосредствено ТДУ и термичните и водните електроцентрали от общосистемно значение.

Диспечерите от ЦДУ отговарят за работата на мрежите с високо напрежение 400kV и 220kV и някои електропроводи с 110kV, които са на границите между районите на ТДУ.

Те следят за разпределението на потоците от активна и реактивна енергия, нивата на напреженията, натоварването на трансформаторите, изключванията на елементи и участъци от мрежата и др.

ЦДУ управлява работата на междусистемните връзки, свързана с обменната мощност със съседните държави и поддържането на честотата в зададените граници.

Териториални диспечерски управления (ТДУ)

В оперативно отношение са непосредствено подчинени на ЦДУ.

Отговарят за работата на мрежите с високо напрежение 110kV, преминаващи през техните райони.

Координират работата по обслужването и ремонтите им.

Занимават се с оперативните превключвания.

Ръководят работата на електроцентралите от второстепенно значение.

Ръководят и координират работата на някои от далекопроводите със средно напрежение, намиращи се на границите между териториите на РДУ.

Районни диспечерски управления (РДУ)

В оперативно отношение са подчинени непосредствено на ТДУ, в чийто район се намират.

Отговарят за работата на далекопроводите със средно напрежение, преминаващи през техните райони.

Координират работата по обслужването и ремонтите им.

Занимават се с оперативните превключвания в тези мрежи.

Ръководят работата на електроцентралите от месно значение.

Отговарят за ликвидиране на аварията.

Ръководят работата на електроснабдителните комбинати и подразделенията им.

*Средства за изграждане на информационни и
управляващи системи в електроенергетиката*

Средства за изграждане на информационни и управляващи системи в електроенергетиката

- *Измервателни средства и системи за събиране на информация.*
- *Средства за пренасяне на информация.*
- *Системи за обработка на информацията.*
- *Системи за автоматично управление и регулиране на нормалните режими.*
- *Системи за защита и автоматично управление при аварийни режими.*

Комуникационна система

Етапи в развитието на комуникациите

- 1844 – телеграф;
- 1876 – телефон;
- 1898 – радио;
- 1937 – телевизия;
- 1963 – спътникова връзка;
- 1969 - мрежа ARPANET, США;
- 1972 - електронна поща, США;
- 1983 – Интернет;
- 1993 – Web услуга – хипертекст;
-

<http://www.tuj.asenevtsi.com/CN/N006.htm>

Комуникационна система

- система за предаване на информация;
- представлява съвкупност от устройства и възли за предаване на съобщения от един пункт до друг;
- състои се от три основни части – предавателна част, преносна среда (среда за разпространение на сигналите, канал за свързка), приемна част;
- източникът и получателят на съобщението не се включват в състава на системата;
- комуникационната техника е съвкупността от технически средства и системи, осигуряващи предаването на информация на разстояние.

Класификация на
комуникационните системи и на
каналите за свързка.

Класификация на комуникационните системи и на каналите за свързка.

- *Област на приложение*
- *Форма на предаваните съобщения*
- *Вид на сигналите, които се предават*
- *Диапазон на работните честоти*
- *Ширина на честотната лента*
- *Вид на съобщителната организация*
- *Класификация според каналите за връзка*

Класификация на комуникационните системи и на каналите за свързка.

- *Област на приложение*
 - телефония;
 - предаване на цифрови съобщения;
 - радиоразпръскване; телевизия;
 - телеметрия;
 - телеуправление и др.

Класификация на комуникационните системи и на каналите за свързка.

-
- *Форма на предаваните съобщения*
 - аналогови
 - дискретни.

Класификация на комуникационните системи и на каналите за свързка.

-
- *Вид на сигналите, които се предават*
 - непрекъснати
 - импулсни

Класификация на комуникационните системи и на каналите за свързка.

-
- *Диапазон на работните честоти*
 - от единици и десетки Hz до стотици GHz

Класификация на комуникационните системи и на каналите за свързка.

-
- *Ширина на честотната лента*
 - от единици и десетки Hz до стотици MHz

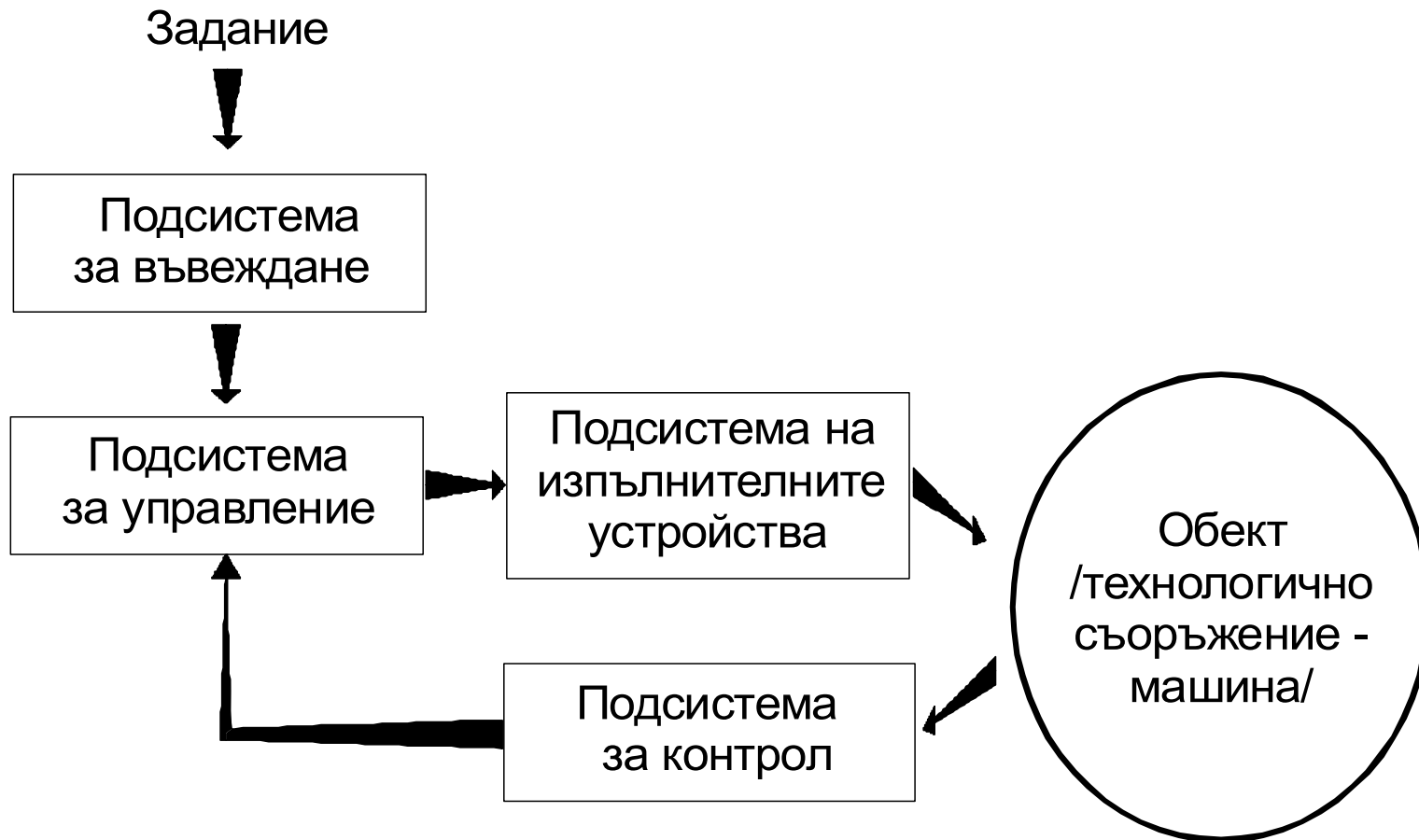
Класификация на комуникационните системи и на каналите за свързка.

-
- *Вид на съобщителната организация*
 - стационарни и мобилни комуникационни системи;
 - служебни свързки;
 - радио и телевизионно разпръскване и др.

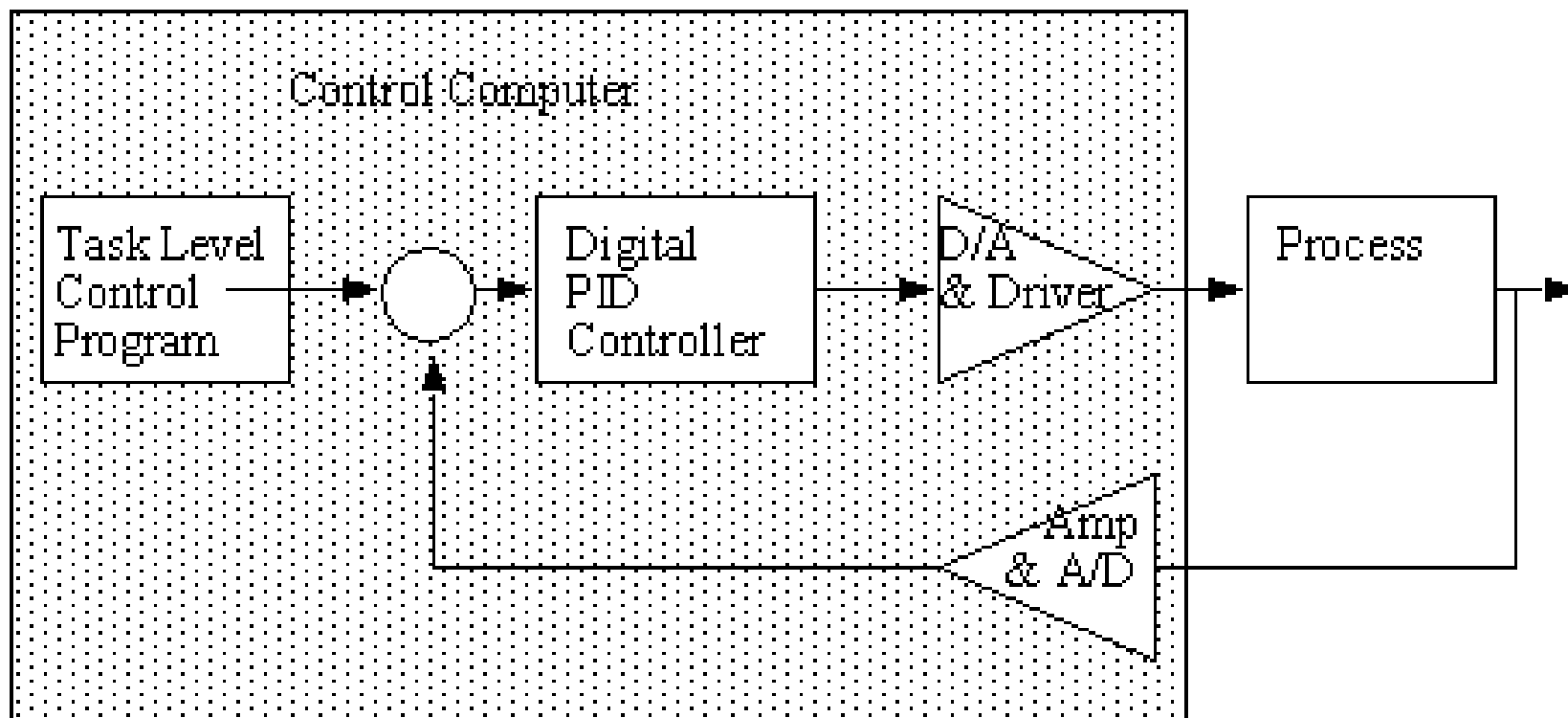
Класификация на комуникационните системи и на каналите за свързка.

-
- *Канали за връзка*
 - открит канал за свързка,
 - канал с насочено разпространение на сигналите

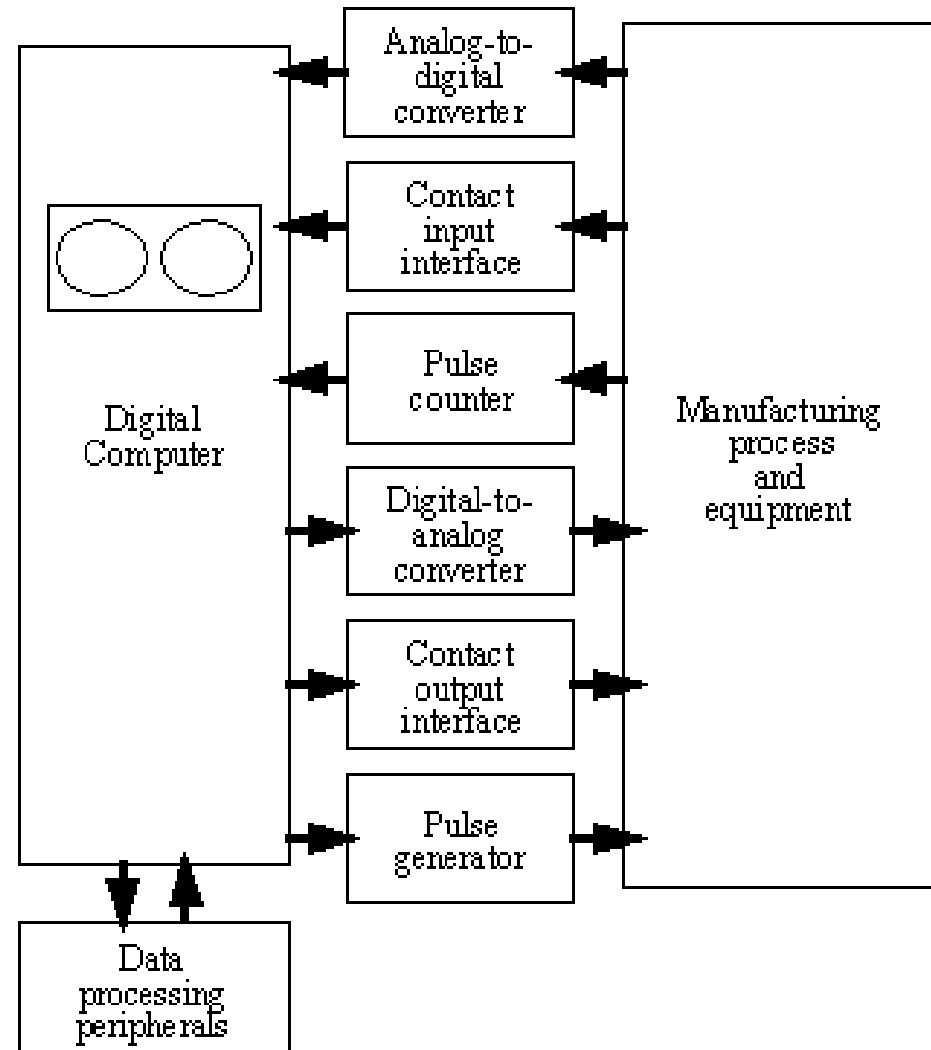
Подсистеми на система за автоматично управление



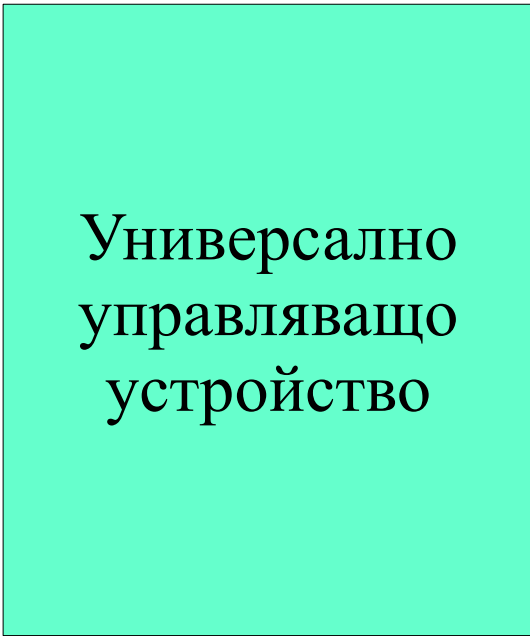
Управление на технологичен процес с компютър



Интерфейс между компьютер и процесс



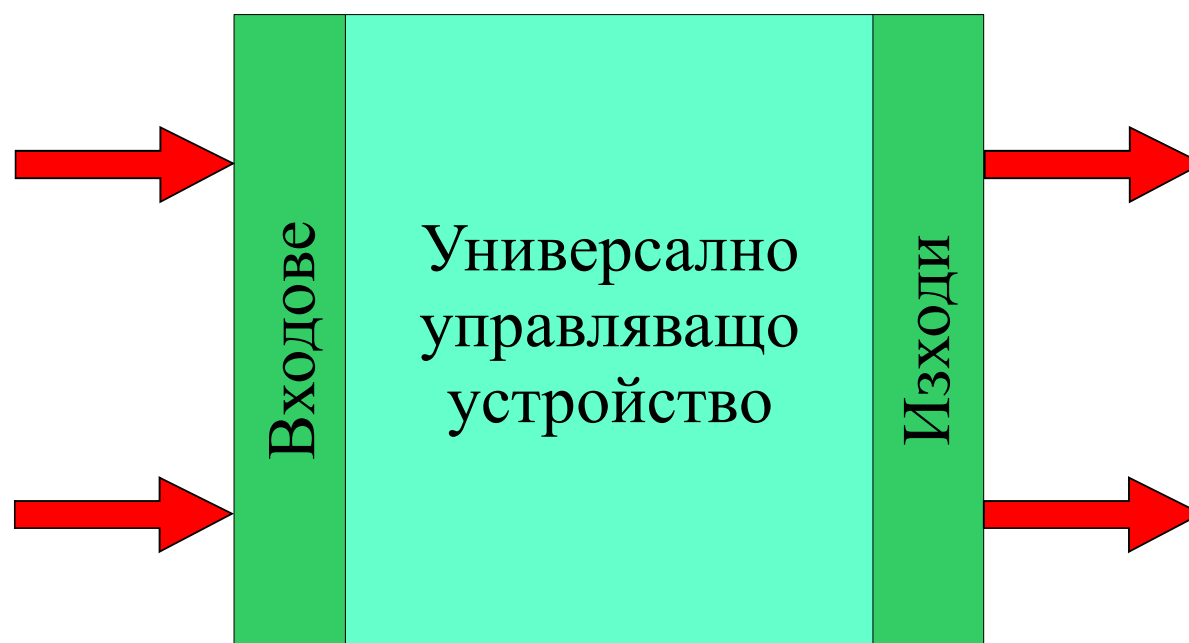
Универсално управляващо устройство



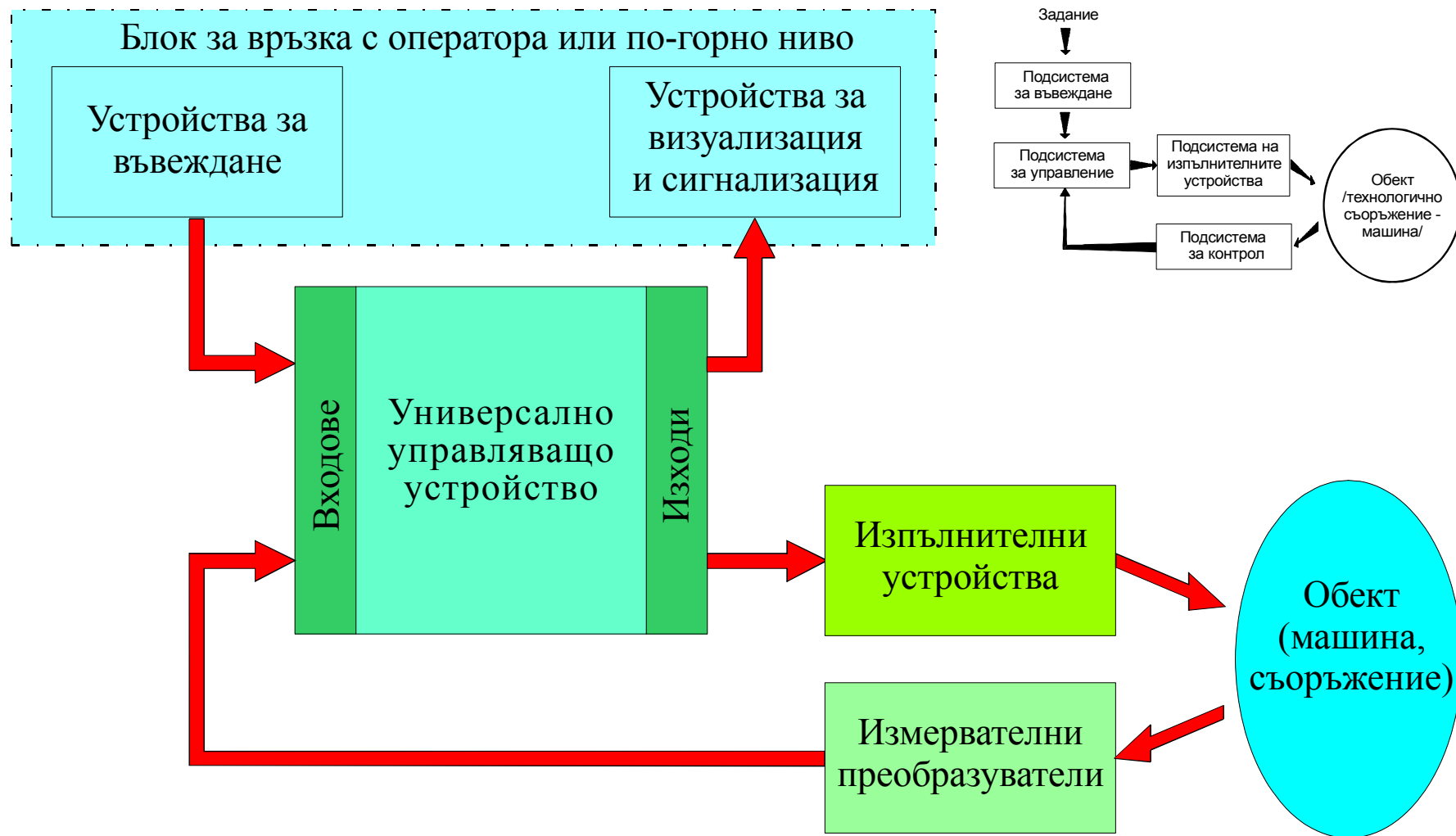
Универсално
управляващо
устройство

Основни изисквания: цена, безопасност и надежност

Универсално управляващо устройство



Универсално управляващо устройство



Промишлени контролери

Поява и развитие

Промислени контролери

Поява и развитие

Разработват се през 60-те години на XX век в САЩ от фирмите, произвеждащи изчислителни средства – DEC, MODICON с цел да се заменят релейно-контактните логически блокове за управление.

Промислени контролери

Поява и развитие

След време се включват и електротехническите фирми, произвеждащи средства за автоматизация на производството като GENERAL ELECTRIC, ALLEN BRADLY, WESTINGHOUSE и др.

Промислени контролери

Поява и развитие

Първите модели са с феритна памет и с твърда програма, предназначена за управление на определен обект и въведена в паметта от производителя, без възможност за въвеждане и редактиране на управляващата програма от потребителя на автоматизираното оборудване.

Това създава трудности във взаимоотношенията между производителите и внедрителите на ПК.

Промислени контролери

Поява и развитие

През 1968г. са формулирани основните изисквания към електронните устройства за логическо управление:

- лесно програмиране и препрограмиране последователността на изпълняваните операции; за предпочитане на самото устройство за логическо управление;

- лесно подържане и замяна на възлите (предпочита се използване на конструкция, изградена на модулен принцип);

- повишаване на надеждността и намаляване на габаритите спрямо тези на релейно-контактните блокове;

- по-ниска цена от вече използваните.

Промислени контролери

Поява и развитие

В началото на 70-те години започва производството на програмируеми феритни контролери чрез усложняване прошиването на феритната памет.

Предоставя се възможност за въвеждане и редактиране на управляващата програма от потребителите на ПК.

Промишлени контролери

Поява и развитие

През 1977г. фирмата Allen Bradley внедрява контролер, използващ микропроцесорна система Intel 8080

Промислени контролери

Поява и развитие

През 70-те години се разработват идеите:

- за комуникация между контролери и отдалечени входни и изходни устройства. Поставят се основите на разпределени мрежи за управление, изградени от PLC (programmable logic controller);

- за обработката на аналогови сигнали и използването на PLC като аналогови управляващи устройства и регулатори;

- в операционната система на контролерите освен класическите функции като броячи и таймери се въвеждат функции за филтриране и мащабиране на аналогови величини.

Промишлени контролери

Поява и развитие

През 80-те години:

- се развиват езиците за програмиране на ПК;*
- разработват се малки и евтини устройства за логическо управление;*
- разработват се интелигентни модули.*

Промислени контролери

Поява и развитие

През 90-те години се развиват и усъвършенстват средствата за комуникации.

- Правят се опити за стандартизиране

- Разработват се комуникационни протоколи за различни нива от еталонния модел на ISO-OSI.

Промишлени контролери

Делят се на три групи:

- програмируеми логически контролер (programmable logic controller PLC),*
- разпределени управляващи системи (distributed control systems DCS) и*
- контролери на базата на РС- технологиите (PC-based).*

Промислени контролери

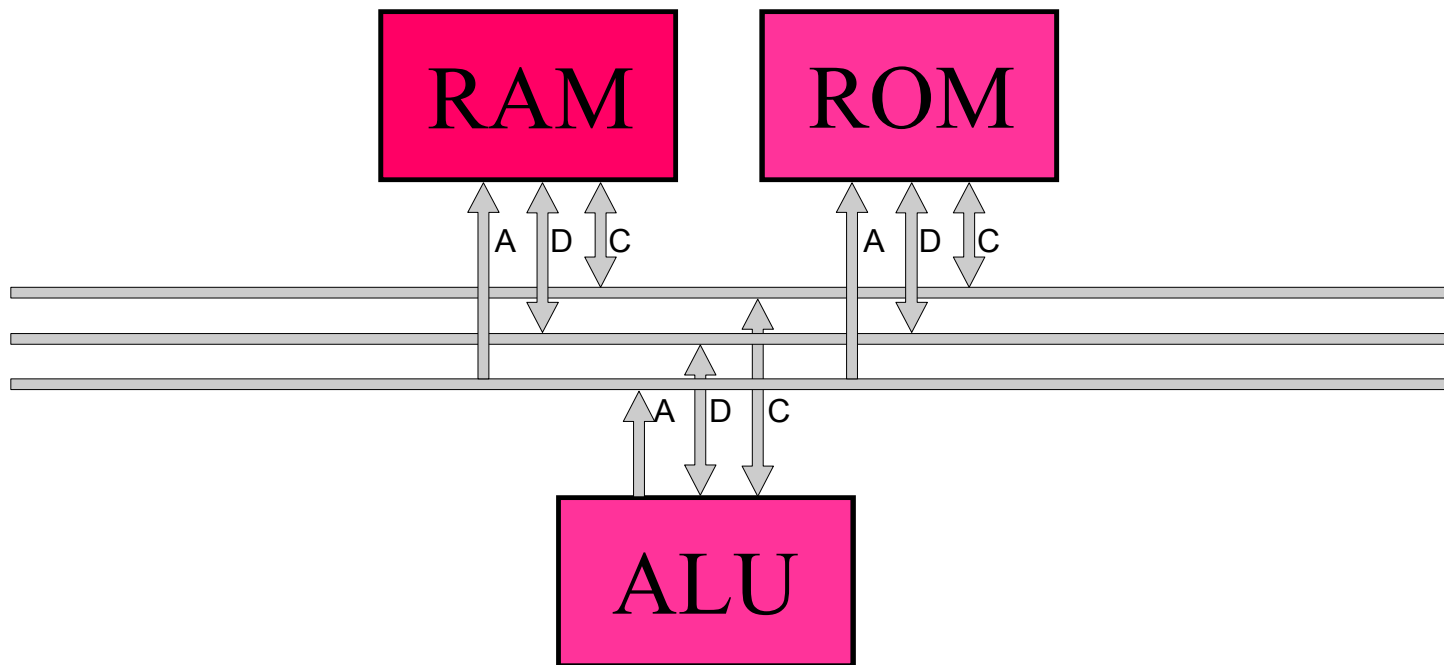
Критерии за избор

- надежност,
- лесна инсталация,
- ГЪВКАВОСТ И ВЪЗМОЖНОСТ за взаимодействие с другите подсистемами,
- съвместимост със съществуващите системи,
- лесно разширяване и пренастройване,
- съгласуваност със стандартите и
- дълговечност.

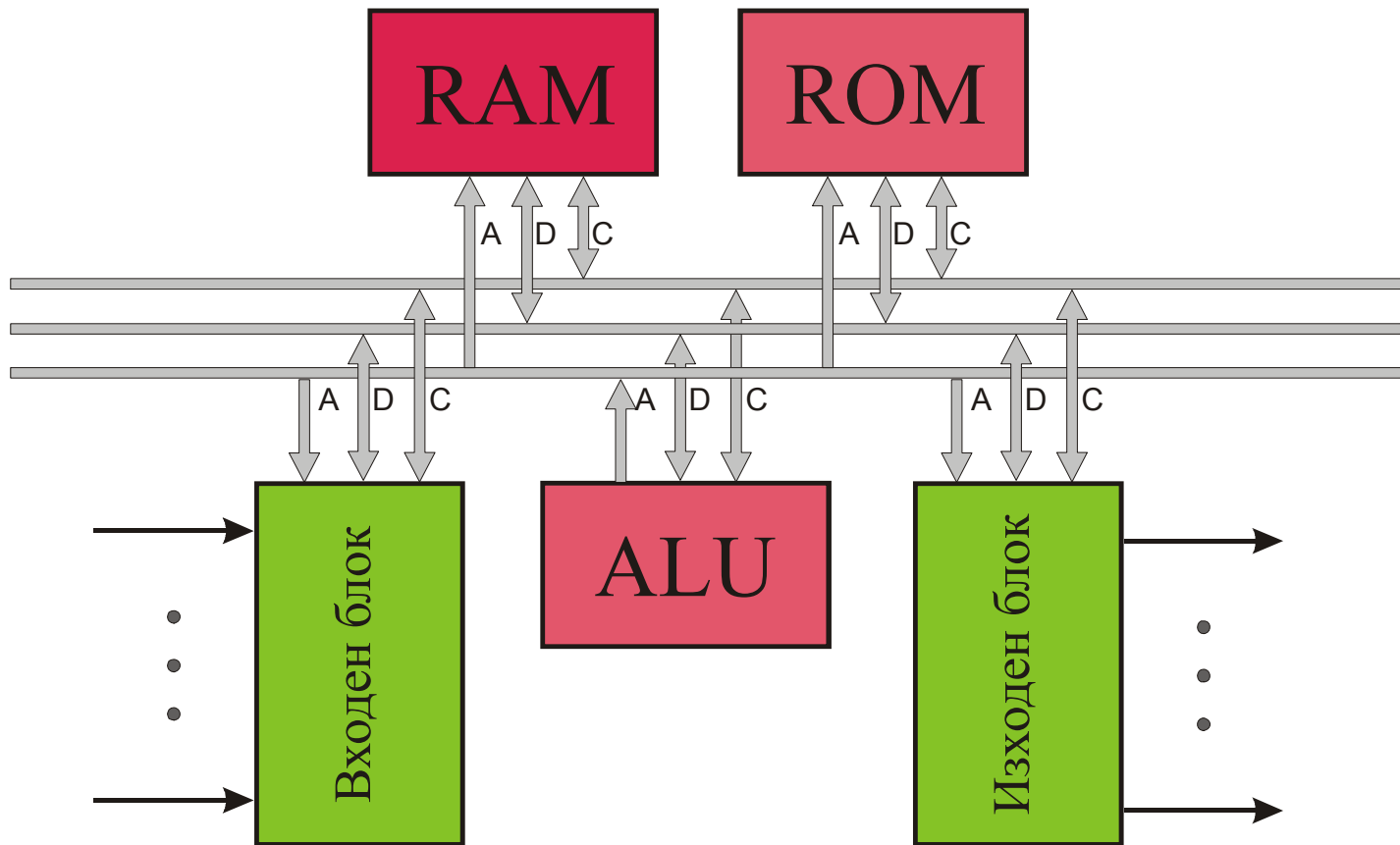
Програмуеми логически контролери

ПЛК е устройство, предназначено да събира, преобразува, обработва и съхранява информации и да изработва команди за управления в съответствие със зададена програма.

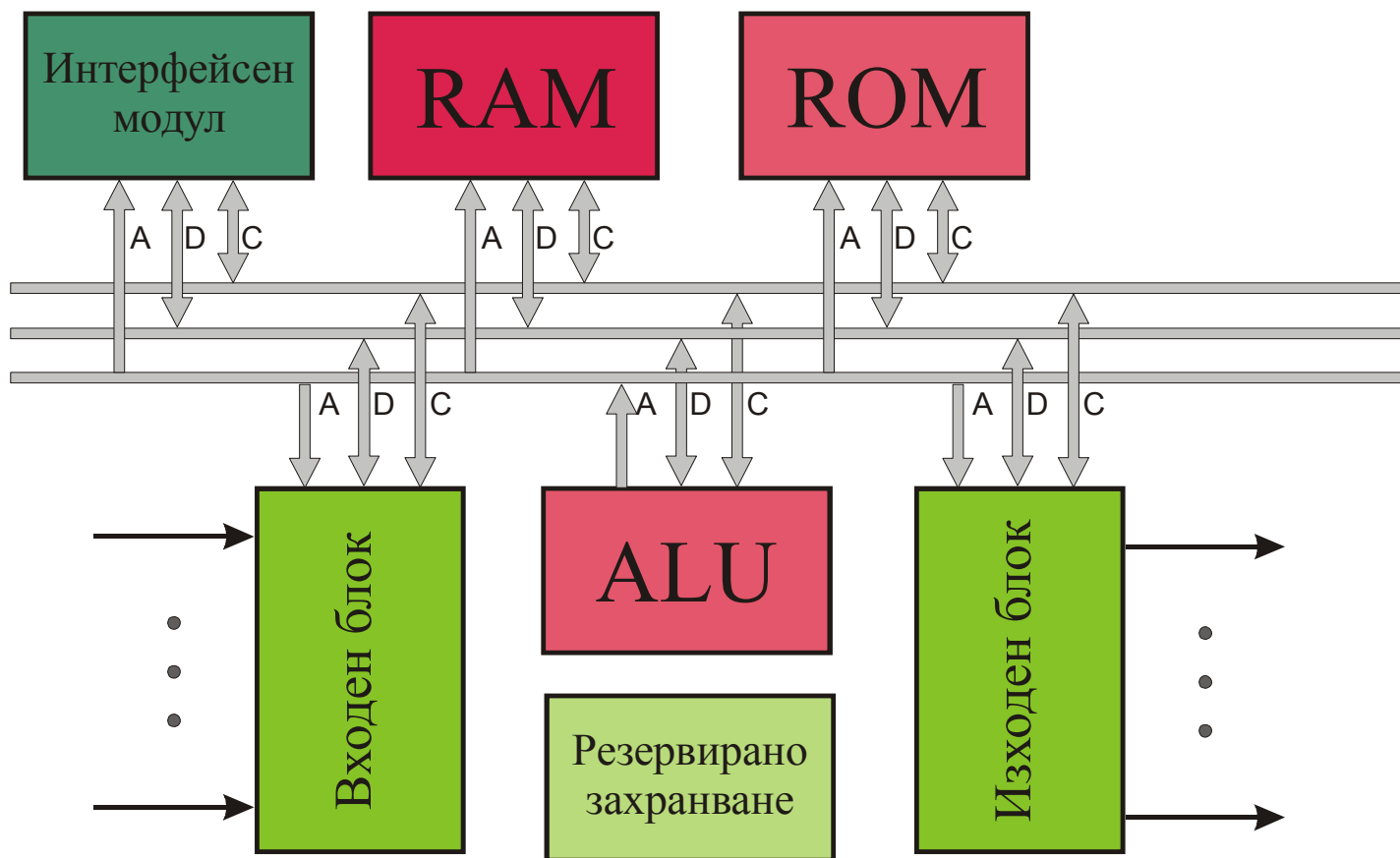
То е реализирано на базата на микропроцесорната техника и е предназначено да работи в локални и разпределени системи за автоматично управление в реално време.



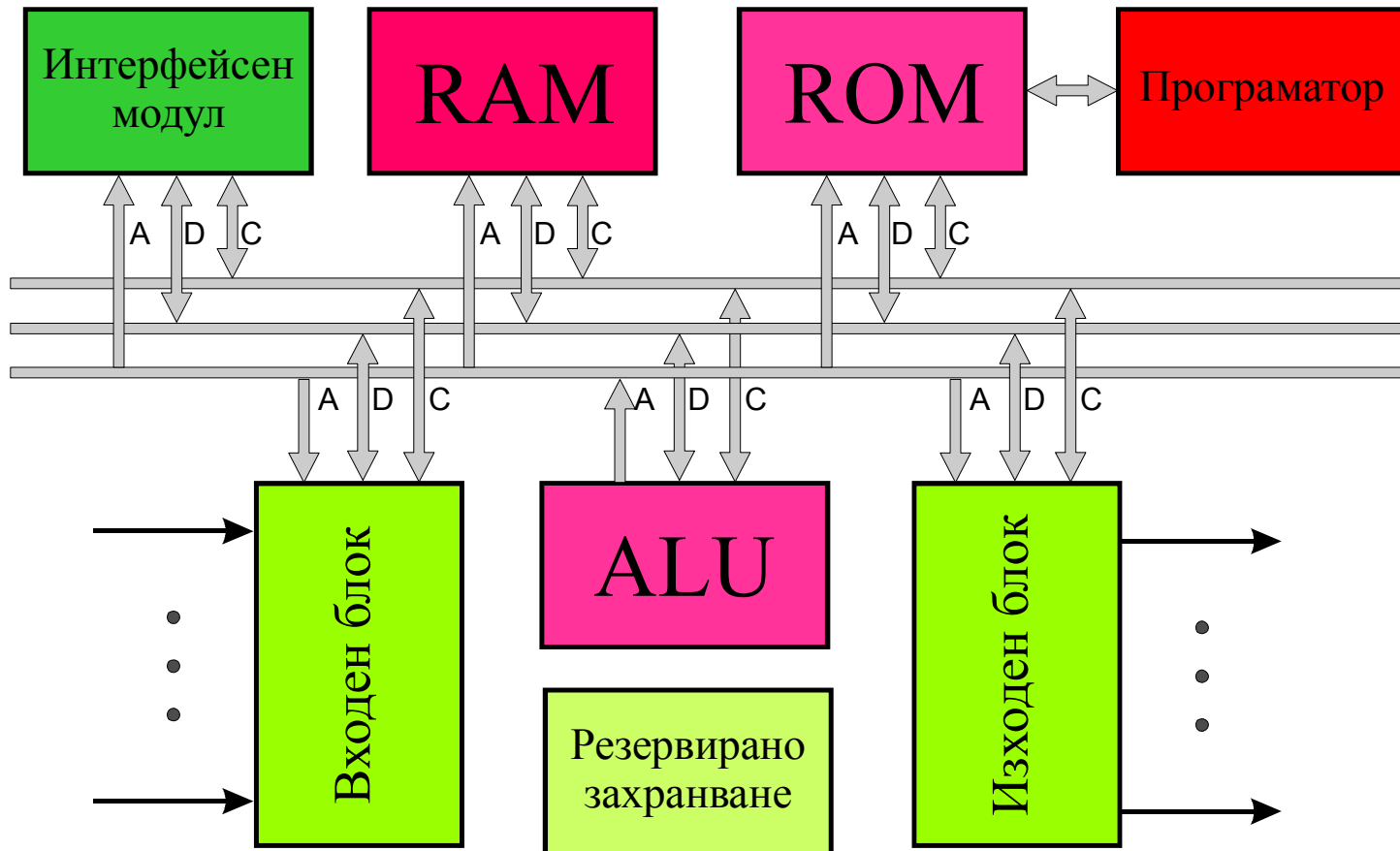
Блокова схема на ПЛК



Блокова схема на ПЛК



Блокова схема на ПЛК



Основни блокове

Захранване –

Процесорен модул –

Входни модули –

Изходни модули –

Специализирани модули –

Интелигентни модули –

Комуникационни модули –

Основни блокове

Модул Централен процесор	
Процесор	1, 2, 3 ядра
Работна честота	200 MHz - 1,5 GHz
Оперативна памет	- 1 GB
Статично ОЗУ	- 64 Мбайта
Многопроцесорен режим на работа	До 4 процесора
Бързодействие	34ns/операция
Оперативен цикъл	0,5...2,000 ms през 0,5ms
Возможност за дистанционно програмиране и диагностика чрез модем, Internet или Intranet;	
самодиагностика с протоколиране на грешките в паметта на ЦП	
Возможност за програмиране на езиците IEC 1131.3/EN 61131-3;	
Операционна система за реално време	

Основни блокове

Входно-изходни модули
Аналогови и цифрови модули с галванично развързване
Модули за обработка на аналогови сигнали с разрядност до 32 бит
Модули за изнесен вход-изход на аналогови и цифрови сигнали
За работа с принтери
За работа с модемы
За работа с терминали
Управление на сервозадвижвания
Преобразуване на сигнали от температурни датчици
ПИД-регулятори
Высокоскоростни броячи

Основни блокове

Интерфейсни Коммуникационни модули	
RS-232	RS-485
RS-422	USB 2.0
видеоизход за аналогов (VGA) дисплей	
видеоизход за цифров (DVI), дисплей	
PROFIBUS/DP	CANopen
MODBUS	DeviceNet
CC-Link	AS-Interface
Gigabit Ethernet	MELSECNET/10/H 25 Мбит/s, 30 km

Работни условия	
Ударни натоварвания	до 50 g
Вибраций	до 2 g
Температура на околната среда	от -20 до +55°C
Надежност	Трикратно резервиране
Резервиране на три нива: <ul style="list-style-type: none">- централен процесор- хранване- свързване към мрежата	

Възможност за разширение

Свързване на допълнителни шасита по вътрешната базова шина на разстояние до 13,2 m

Принцип на работа на ПЛК

Принцип на работа на ПЛК

Програмното осигуряване има две компоненти:

- операционна система и
- потребителска програма.

Принцип на работа на ПЛК

Използват се операционни системи за реално време.

Принцип на работа на ПЛК

Използват се операционни системи за реално време.

Режимът “реално време” се характеризира с

Принцип на работа на ПЛК

Използват се операционни системи за реално време.

Режимът “реално време” се характеризира с

Основни функции на операционните системи за реално време:

Управление на задачите

Управление на приоритетите

Обмен на информация между задачите

Разпределение на ресурсите

Принцип на работа на ПЛК

Потребителската програма се дели на три програмни модула:

- модул за начално установяване*
- основен модул*
- модул прекъсващи програми –*

Принцип на работа на ПЛК

Потребителската програма се дели на три програмни модула:

- модул за начално установяване*
- основен модул*
- модул прекъсващи програми –*

Оперативният цикъл включва три основни фази:

- Сканиране на входовете –*
- Сканиране на програмата –*
- Сканиране на изходите –*

Принцип на работа на ПЛК

Потребителската програма се дели на три програмни модула:

- модул за начално установяване*
- основен модул*
- модул прекъсващи програми –*

Оперативният цикъл включва три основни фази:

- Сканиране на входовете –*
- Сканиране на програмата –*
- Сканиране на изходите –*

Допълнителни фази:

- Обслужване на комуникациите –*
- Обслужване на системни функции –*

Програмиране на ПЛК

Програмиране на ПЛК

Езици за програмиране

Програмиране на ПЛК

Езици за програмиране

Езици от ниско ниво:

Езици от високо ниво:

Програмиране на ПЛК

Езици за програмиране

Езици от ниско ниво:

- *Езици на релейно-контактните символи (Ладер езици)*
- *Езици на функционалните електрически схеми –*
- *Езици на логическите (булеви) функции –*
- *Езици на мнемоничните команди –*

Програмиране на ПЛК

Езици за програмиране

Езици от ниско ниво:

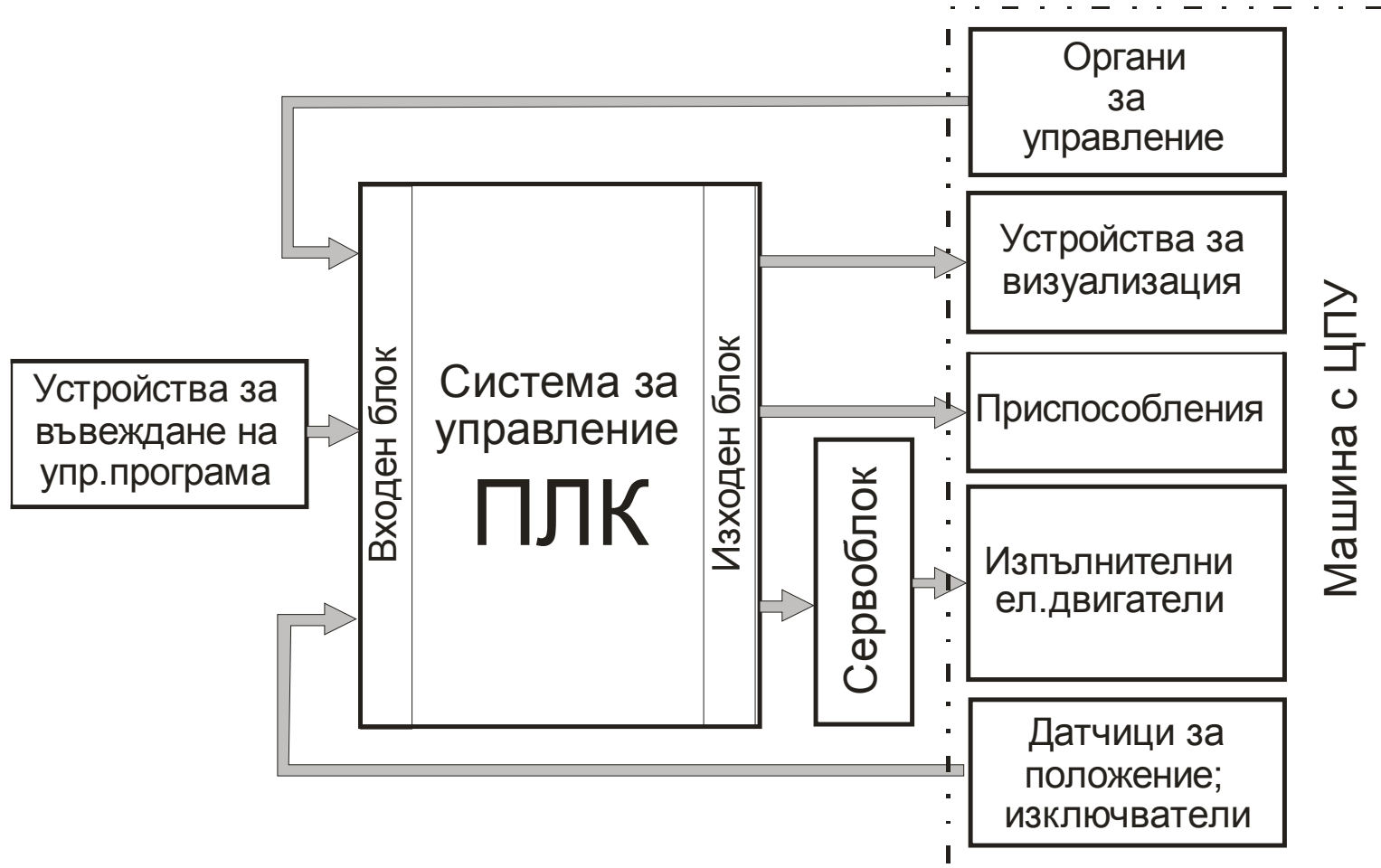
- *Езици на релейно-контактните символи (Ладер езици)*
- *Езици на функционалните електрически схеми –*
- *Езици на логическите (булеви) функции –*
- *Езици на мнемоничните команди –*

Езици от високо ниво:

- *Алгоритмични езици –*
- *Предметно-ориентирани езици –*

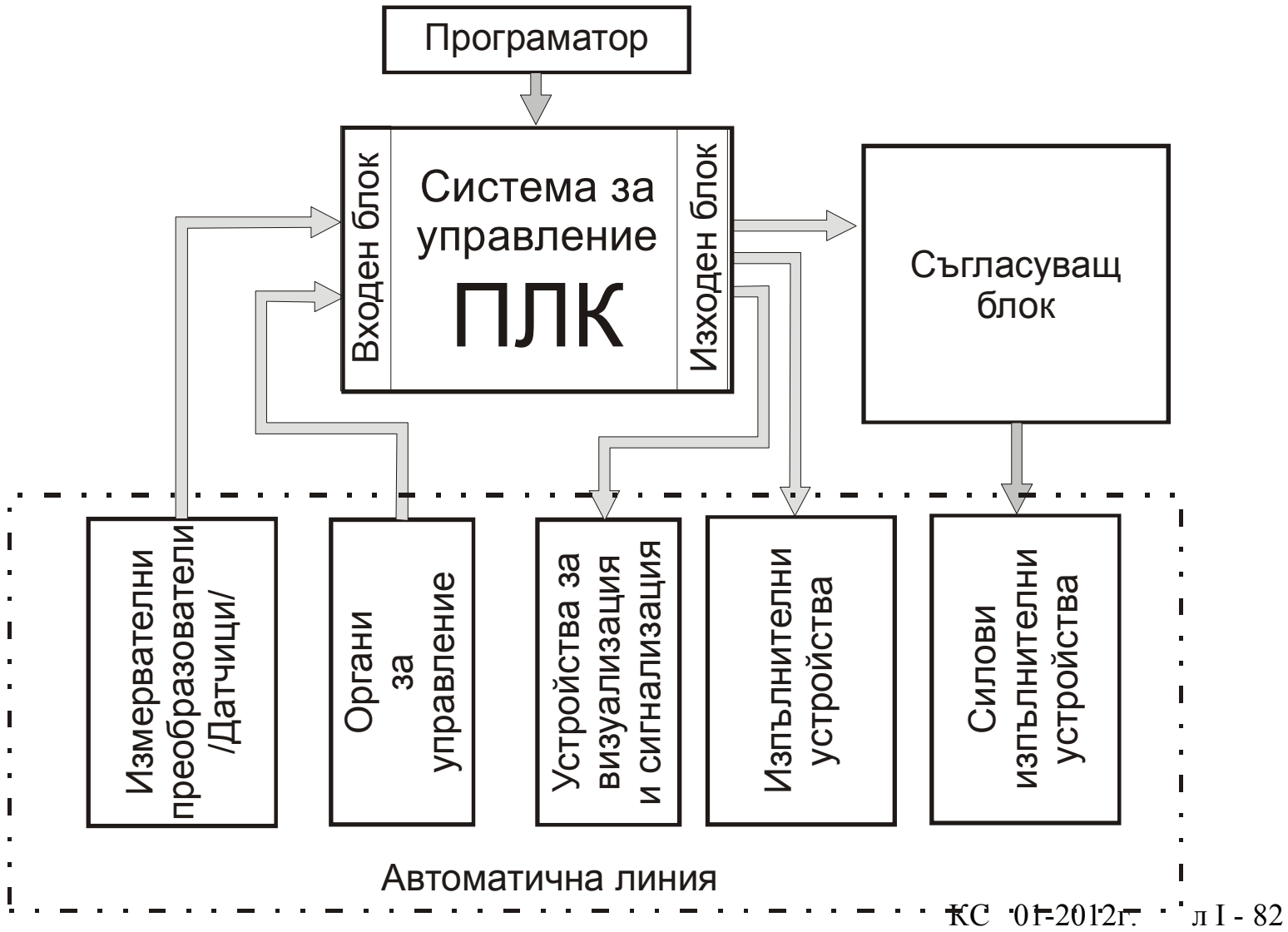
Използване на ПЛК за управление

Управление на металообработваща машина с ЦПУ



Използване на ПЛК за управление

Управление на автоматична линия



ВЪВЕЖДАНЕ НА КОМПЮТЪРНИ СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ

· Етапи при замяната на стара или изграждане на нова чрез компютърна система за управление:

1. да се анализира съществуващата или подобни системи,
2. да се формулират задачите за реализиране на управлението,
3. да се определят изходите, необходими за управлението,
4. да се определят входите, необходими за управлението,
5. да се дефинират логическите връзки между входовете и изходите,
6. да се напише програмата, реализираща логическите връзки,
7. да се документират всички аспекти на новата система.

<http://claymore.engineer.gvsu.edu/eod/hardware/hardware-40.html> , [Hugh Jack](#), 2001

SCADA

- SCADA (System Control And Data Acquisition)
- SCADA системите използват централен компютър.
- Централният компютър комуникира с отдалечени компютри, контролери, сензори и изпълнителни устройства, събира данни и изработва команди за управление.

ПРЕОБРАЗУВАНЕ НА ИНФОРМАЦИЯТА

ПРЕОБРАЗУВАНЕ НА ИНФОРМАЦИЯТА

Основни понятия

Събитие

Съобщение

Информация

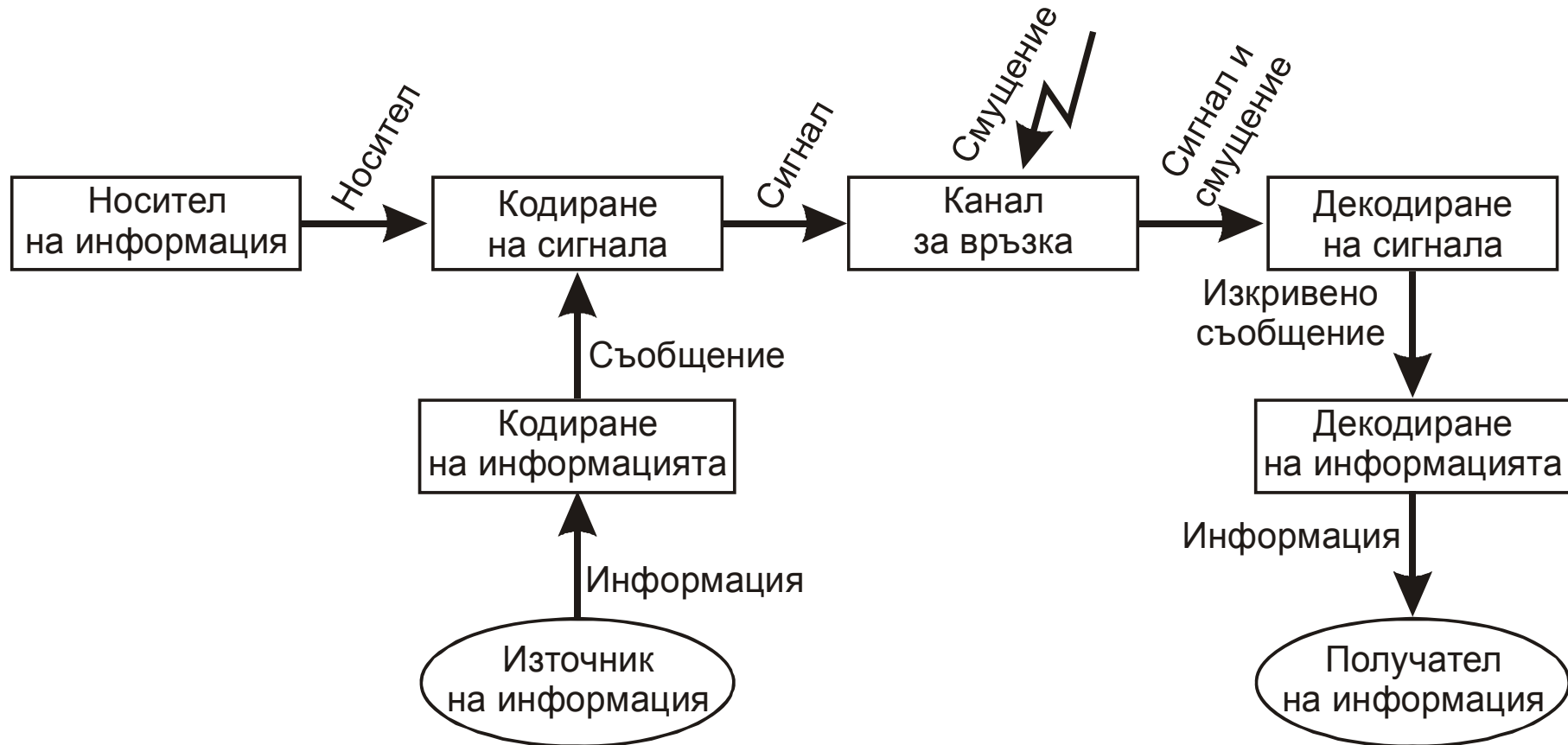
Излишък на информация

Носител на информация

Сигнал

Кодиране, декодиране

Опростена структурна схема за предаване на информация



Количество информации

- **Вероятност**

$$p_1 = n_1 / n$$

- **Количество информации I,**

$$I = - \log_2 p_1 .$$

- **При две събития с еднаква вероятност**

$$p_1 = 1/2$$

$$I = - \log_2 (1/2) = \log_2 2 = 1 [\text{bit}] .$$

- **Пример**

- **Измерваме напрежение**

$$U = 0 - 255V, \text{ точност } 1V$$

- **вероятността да се измери определена стойност е**

$$p_1 = 1/256.$$

- **Количество на информацията след измерването**

$$I = - \log_2 (1/256) = \log_2 256 = 8 [\text{bit}] .$$

Аналогови и дискретни сигнали

- **Аналоговите сигнали са непрекъснати**
- **Дискретните сигнали имат импулсен характер**
- **Количеството информация, пренасяна от аналогов сигнал, зависи от:**
 - **диапазона S на изменение на сигнала ($S = S_{\max} - S_{\min}$) и**
 - **възможностите за разграничаване на отделните моментни стойности при приемането им – чувствителността DS или нивото на смущения:**

$$I = \log_2 [(S_{\max} - S_{\min}) / DS] \text{ [bit]}.$$

- **При дискретните сигнали количеството информация е**

$$I = \log_2 Nd \text{ [bit] ,}$$

където Nd е брой на възможните състояния на дискретния сигнал

Скорост на предаване на информацията

- Измерва се в [bit/s].
- *техническа скорост на предаване*
 $V = 1/\tau$ [Baud]
- Ако броят на нивата на сигнала е Nd , скоростта на предаване на информацията V_I е
 $V_I = B * \log_2 Nd$ [bit/s].
- При двоичен код скоростта на предаване на информацията V_I е равна на техническата скорост на предаване B .

Електрически характеристики на сигналите

- **Нива по напрежение и мощност**

- *относително ниво по мощност.*

- За стандартна мощност е приета $P_0 = 1 \text{ mW}$. Тогава

- $$N_p [\text{dB,mW}] = 10 * \log P_c / P_0 = 10 * \log P_c / 0.001 .$$

- *Относителното ниво по напрежение е*

- $$N_u [\text{dB}] = 20 * \log U_c / U_0 .$$

- Ако относителното ниво по напрежение се определя спрямо стойност на напрежението $U_0 = 0,775 \text{ V}$ и ако съпротивлението на товара, върху който се измерва напрежението, е $R_T = 600 \Omega$, стойностите на нивата по мощност и по напрежение ще са равни.

- При стандартна стойност $U_0 = 1 \text{ mV}$. Тогава

- $$N_u [\text{dB,mV}] = 20 * \log U_c / U_0 = 10 * \log U_c / 0.001$$

- При стандартна стойност $U_0 = 1 \mu\text{V}$. Тогава

- $$N_u [\text{dB},\mu\text{V}] = 20 * \log U_c / U_0 = 10 * \log U_c / 0.000001$$

Динамичен обхват на сигнала D_c –

- определя се като отношение между максималната P_{max} и минималната P_{min} моментна мощност на сигнала:

$$D_c \text{ [dB]} = 10 \lg P_{\max} / P_{\min} .$$

Пикфактор на сигнала Q.

- определя се чрез отношението между максималната мощност P_{max} и средната мощност P_{ср} на сигнала:

$$Q_c \text{ [dB]} = 10 \lg P_{\max} / P_{\text{ср}} .$$

- В реалните комуникационни системи нивата на сигналите по мощност са около 0 dB.
- Динамичният обхват на речевите сигнали е D_c=20-35 dB; на музикални сигнали е D_c>75-80 dB; на телевизионни сигнали D_c= 40 dB.
- Пикфакторът за речеви сигнали е Q=14-18 dB; за телевизионни сигнали Q=4,8 dB.

Спектър на сигналите

$$s(t) = Sm * \sin(\omega c * t + \varphi c) = Sm * \cos(\omega c * t + \varphi c - 90^\circ)$$

- Всеки периодичен несинусоидален сигнал може да се представи:

$$s(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \cos(n\omega_1 t - \varphi_n)$$

ИЛИ

$$s(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cdot \cos n\omega_1 t + b_n \cdot \sin n\omega_1 t) \quad , \text{ където } n = 1, 2, 3, 4 \text{ и т.н.};$$

$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}; \quad \text{tn}\varphi_n = b_n/a_n ;$$

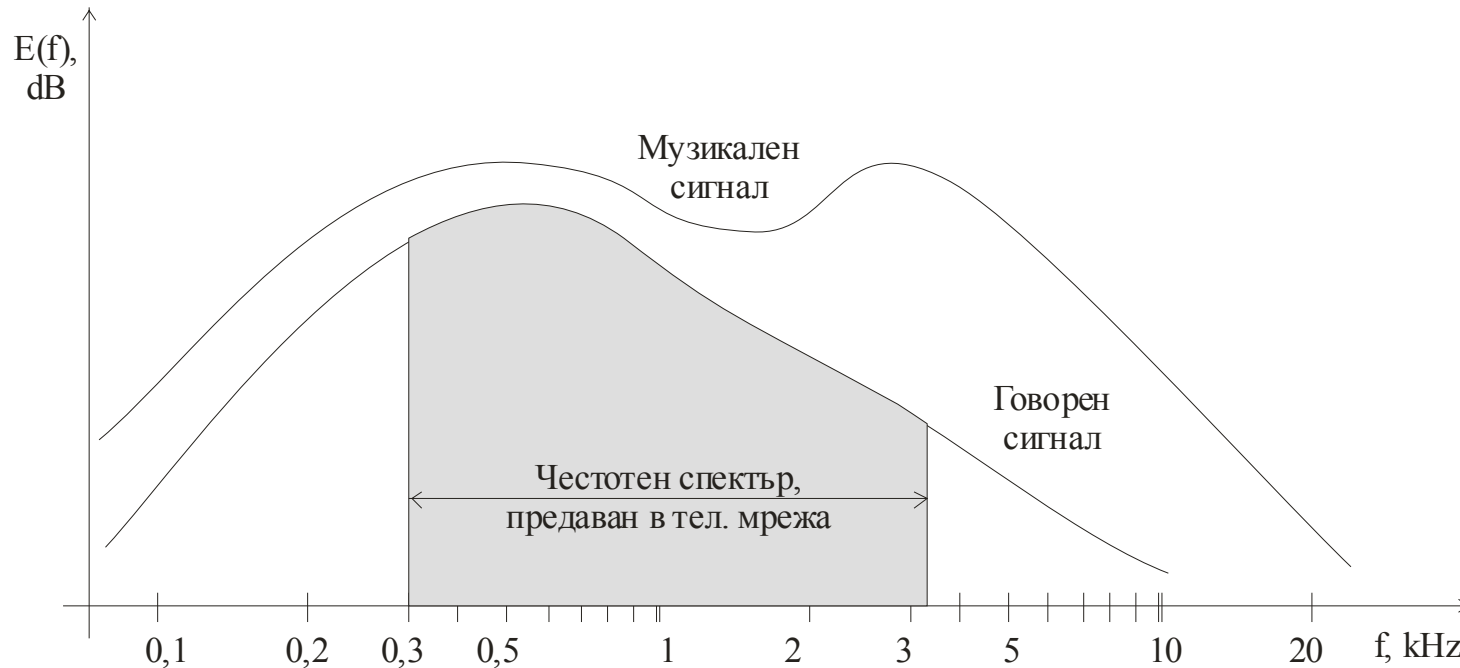
$$a_0 = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) dt; b_0 = 0;$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \cdot \cos n\omega_1 t dt; (n = 0, 1, 2, \dots);$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \cdot \sin n\omega_1 t dt; (n = 1, 2, \dots);$$

- Множеството от амплитудите A_n се нарича *амплитуден спектър* $S(\omega)$ на сигнала $s(t)$.
- С увеличаване на честотата на хармоника амплитудата му намалява.
- Периодичният сигнал има дискретен спектър, а неперидичният - непрекъснат спектър.

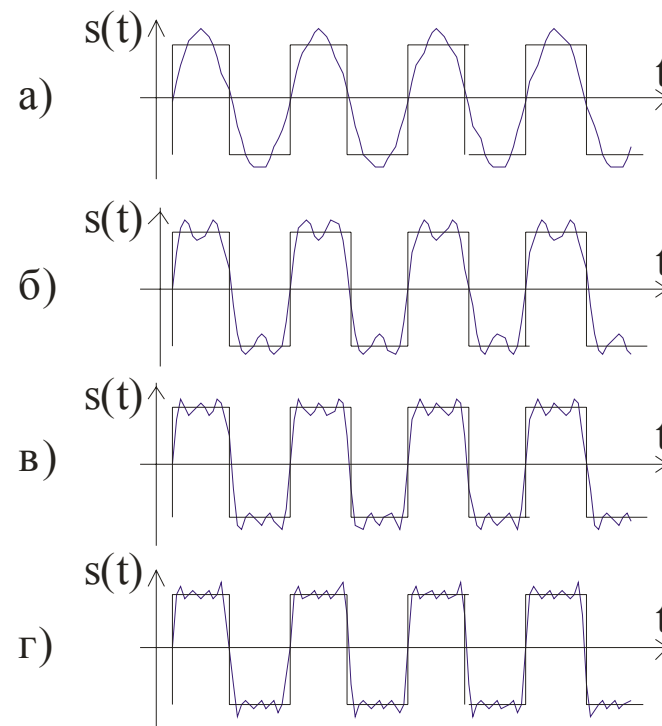
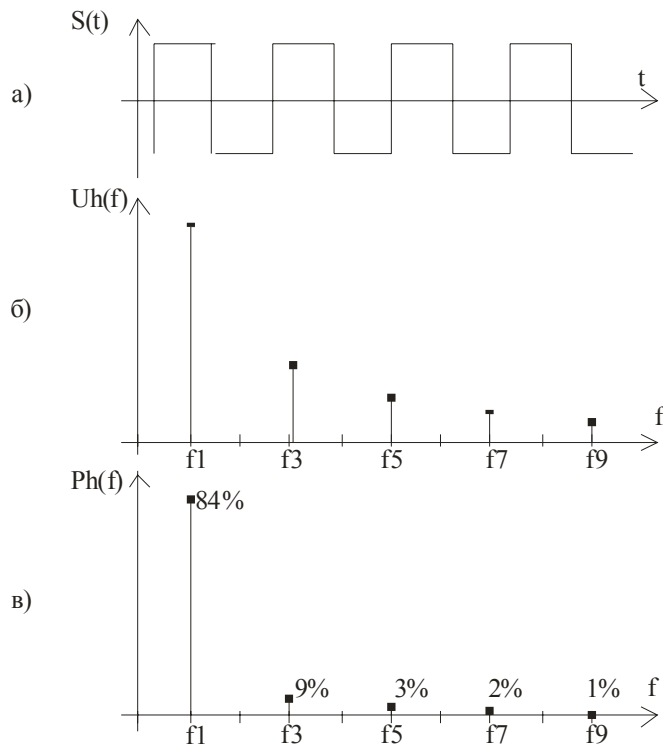
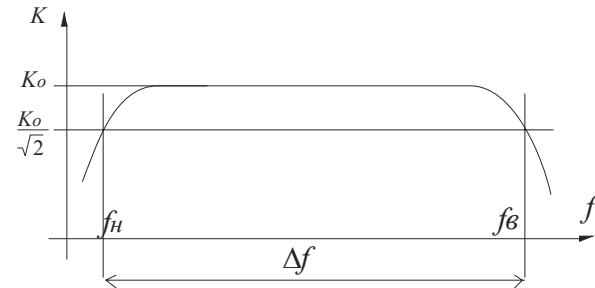
Ефективна ширина на спектъра Честотна лента на сигнала Δf_{eff}



- **теснолентови и широколентови - 100kHz.**
- **$\Delta f_{\text{eff}} = 0.3\text{kHz} \div 3.4\text{kHz}$ (0.4kHz \div 1.1kHz) - за говор**
- **$\Delta f_{\text{eff}} = 20\text{Hz} \div 20\text{kHz}$ - за музика;**
- **$\Delta f_{\text{eff}} = 50\text{Hz} \div 6\text{MHz}$ - за телевизия**

Влияние на характеристиките на канала за връзка

- **честотна лента на канала $\Delta f_k = f_v - f_n$**



$$f_1 = B / 2 , [\text{Hz}] .$$

- За запазване на формата на сигнала е прието да се предава спектърът до третата хармонична на сигнала. Тогава за честотната лента на канала се получава

$$Df_k = f_3 = 3 * B / 2 , [\text{Hz}] .$$

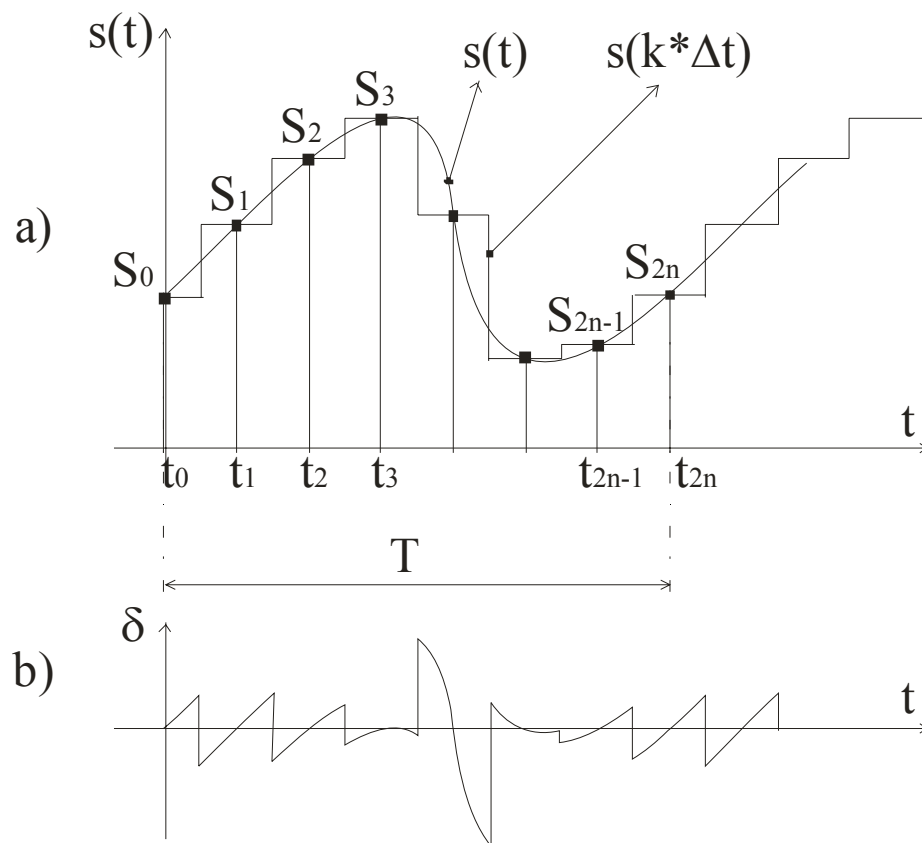
- формулата на Найкуист за възможната максимална скорост на предаване на информация през канала V_1 :

$$V_1 = 2 * Df_k * \log_2 Nd , [\text{bit/s}] .$$

- формулата на Хартли и Шенън за теоретичната максимална скорост на предаване на информация през канала V_1 :

$$V_1 = 2 * Df_k * \log_2 (1 + P_c/P_{\text{ш}}) , [\text{bit/s}] .$$

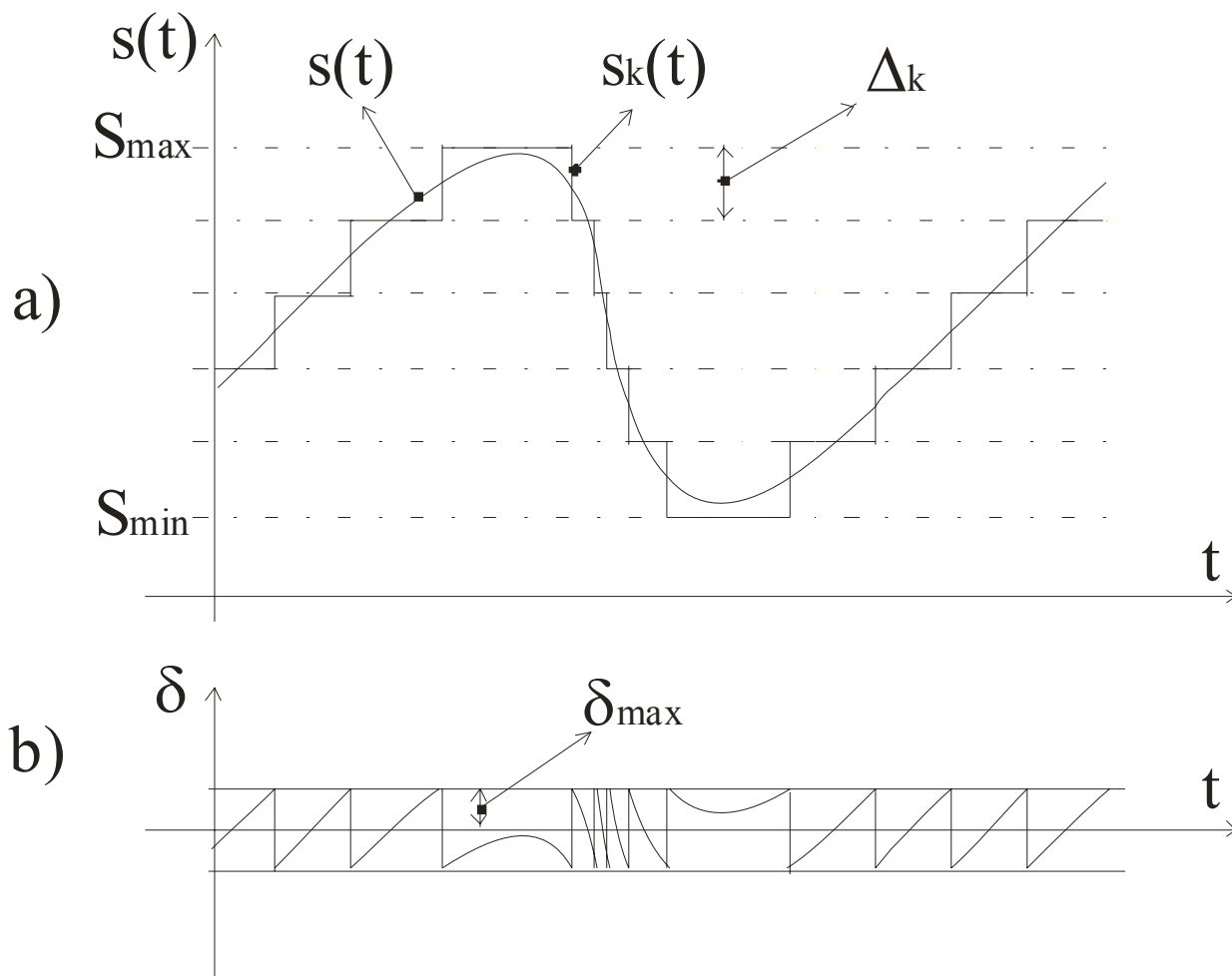
Квантоване на аналоговите сигнали по време



$$\Delta t = 1/(2 f_{\max})$$

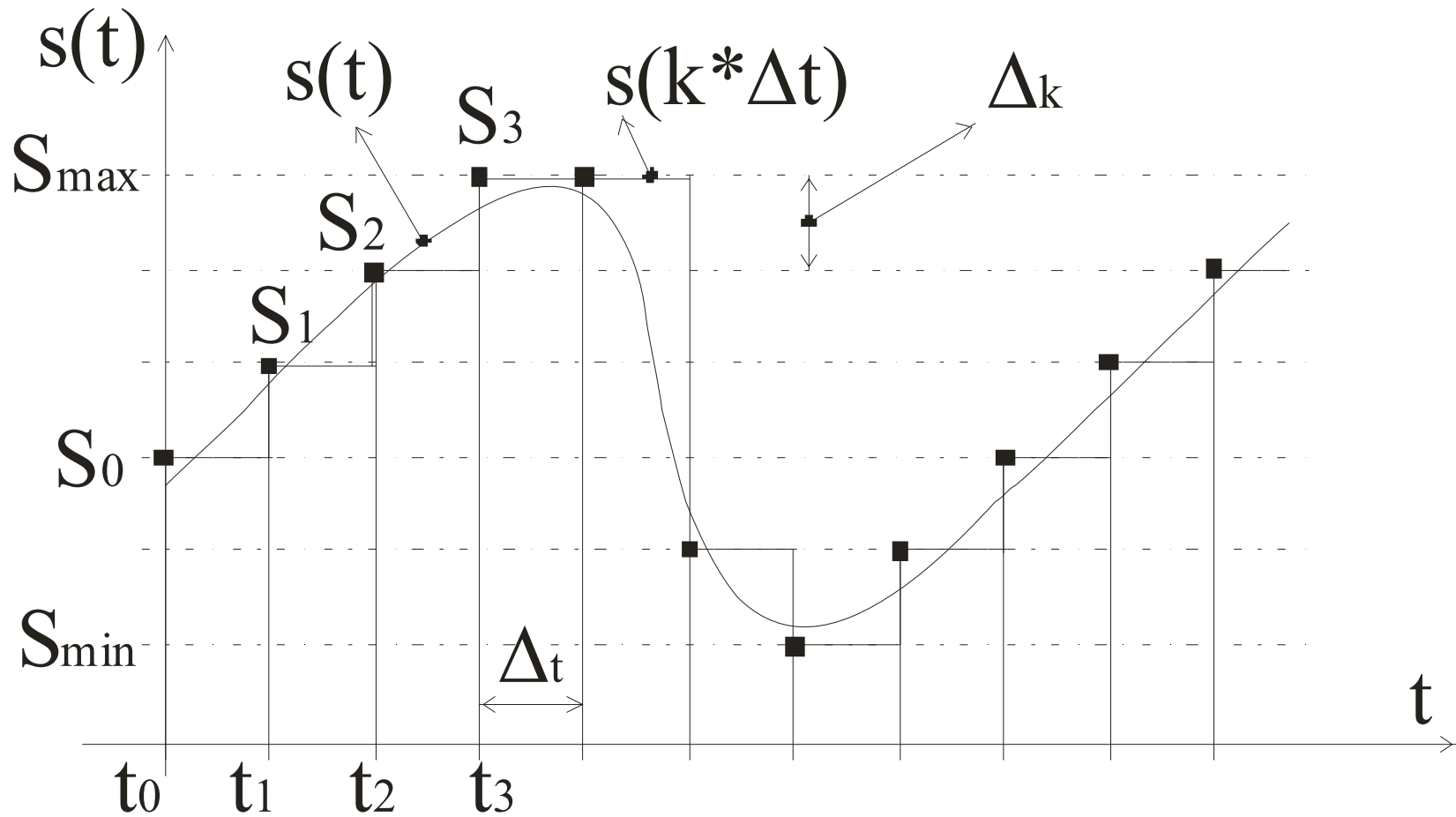
$$\Delta_{t,\max} < ds/dt_{\max} * \Delta t / 2$$

Квантоване на аналоговите сигнали по ниво



$$\delta_{a,max} < \Delta_a / 2$$

Квантоване на аналоговите сигнали по ниво и по време



$$\delta_{t,a} < \sqrt{\delta_t^2 + \delta_a^2}$$

Кодове

- *кодирание на сигнала*
- *цифров код*
- *азбуката на кода*
- *основа на кода*
- *дума с дължина m*
- *равномерен (комплексен) код*
- *неравномерен (некомплексен) код*
- *тегло на кода*
- **кодovo разстояние d**

0100011
+
0100010
0000001

1101011
+
1010010
0111001

- **За 0100011 и 0100010 кодovото разстояние е $d = 1$**
- **За думите 1101011 и 1010010 кодovото разстояние е $d = 4$.**

В резултат на предаване и приемане на дадено съобщение по канал за връзка, върху който въздействат смущения, може да се случи някой от символите в кодовата дума да се промени (при двоичен код – от 1 в 0 или от 0 в 1) и в резултат се получава дума, която е различна от предадената.

Ако в използвания код са включени всички възможните думи N с дължина на думата t и основа на кода q тези кодове са *незащитени от смущения (нешумоустойчиви, нешумозащитени)*.

$$N = qt ,$$

За да се получи *шумозащитен (защитен от смущения, шумоустойчив)* код трябва да се въведе излишък на информация – от пълния набор кодови комбинации N да се използват само Nk *разрешени думи*.

Необходимото кодово разстояние се изчислява с израза

$$d = r + s + 1 ,$$

където r е желаният брой на откриваните грешки, а s е желаният брой на поправяните грешки.

Трябва $r \geq s$

Кодове с откриване на грешки

- *Код с проверка по четност и нечетност*
 - *Кодиране* – разрешената кодова комбинация се съставя, като към всяка дума от пълния набор кодови думи се добавя още един символ, чиято стойност се избира така, че при код с проверка по четност броят на всички единици в думата да е четен, а при код с проверка по нечетност – да е нечетен.

$$b_0 b_1 b_2 b_3 \quad \Rightarrow \quad b_0 b_1 b_2 b_3 b_k$$

- *Декодирание* – свежда се до отстраняване на контролния бит и дешифриране на останалите битове като двоичен код.

Това се извършва след проверка за валидност на думата. При двоичен код се проверява дали сумата на единиците в кодовата дума отговаря на условието за четност или нечетност.

Кодове с откриване и поправяне на грешки

- *Двумерен код*

$b_{1,1}$	$b_{1,2}$	...	$b_{1,n-1}$	$b_{1,n}$
$b_{2,1}$	$b_{2,2}$	...	$b_{2,n-1}$	$b_{2,n}$
...
...
$b_{m-1,1}$	$b_{m-1,2}$	...	$b_{m-1,n-1}$	$b_{m-1,n}$
$b_{m,1}$	$b_{m,2}$	...	$b_{m,n-1}$	$b_{m,n}$