

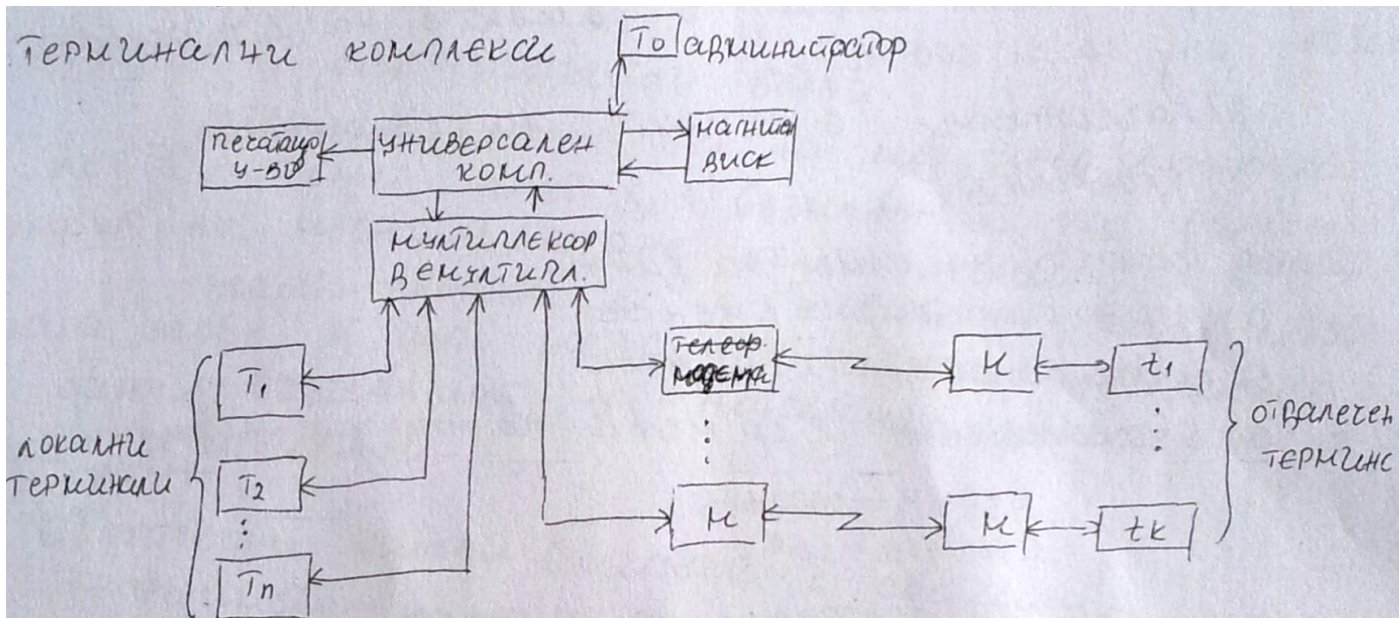
# 1 Въведение в компютърните мрежи

## 1.1 Състояние, развитие и перспективи на компютърните мрежи

### 1.1.1 Основни направления в съвременната информатика

- Компютърни мрежи
- Изкуствен интелект
- Супер компютри

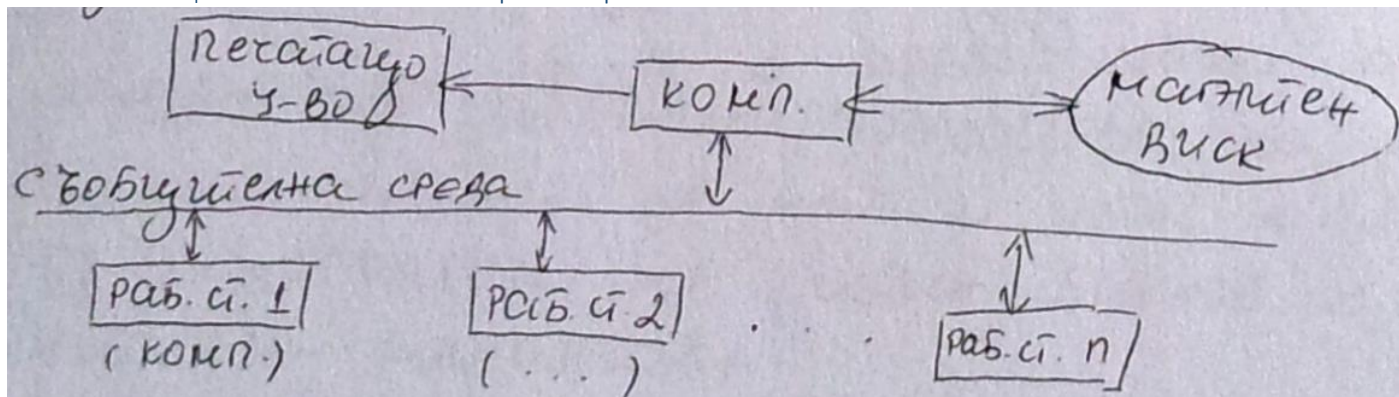
### 1.1.2 Терминални комплекси



### 1.1.3 Особенности на терминалния комплекс

- потребителските програми се изпълняват само централния комплекс
- терминалите са микро-компютри и само емулират терминални програми
- микро-компютрите не обменя данни помежду си

### 1.1.4 Обобщена схема на компютърната мрежа



### Нови възможности на компютърните мрежи:

- работните станции могат да изпълнят индивидуални потребителски програми
- обмен на данни между работните станции
- използване на общи ресурси: на централния компютър и между самите работни станции

## 1.2 Класификация

### 1.2.1 Според разстоянието между отделните компютри, абонати на мрежата:

- а) локални мрежи – компютрите, абонати на мрежата, са разположени в рамките на една сграда или съседни такива. Скоростта на обмен е 100Мбит за секунда и нагоре.

- b) регионални мрежи – в рамките на един обособен район. Скоростите са по-ниско: между 10-100Mbit/s.
- c) национални мрежи – в рамките на една държава
- d) глобални мрежи

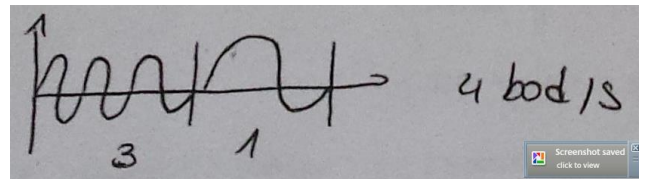
1.2.2 Според скоростта на обмен на данни, измерва се с bit/sec

- a) ниско скоростни -> 1Mbit/sec
- b) средно скоростни -> 1-10Mbit/sec
- c) високо скоростни ->  $\geq 10$ Mbit/sec

1.2.3 Според метода на предаване на сигнала

- a) без модулация – след подходящо кодиране и увеличаване мощността на сигнала, той се изпраща в първичния си вид по канала за връзка. Този метод е типичен за локални мрежи и се използва при относително къси разстояния

- b) с модулация – основния сигнал променя определен параметър на друг сигнал (носител) и информация се предава чрез тази промяна  
 bod/s – брой периоди предадени за 1 секунда.

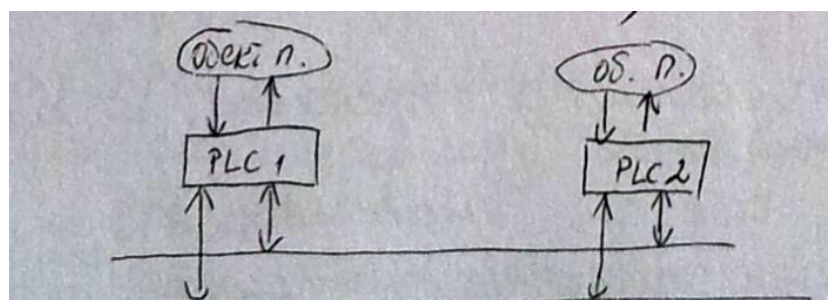


1.2.4 Според типа на съобщителната среда и вида на сигнала

- a) електрически кабели, ел. ток - усукани двойки, коаксиален кабел
  - предимства – висока шумоустойчивост и ниска цена
  - недостатъци – приложение за сравнително ограничени разстояния (типично приложение за локална мрежа), данните могат да бъдат подслушвани
- b) ефир и електро-магнитни вълни
  - предимства – позволява включване на мобилни компютри, покриване на по-големи разстояния, възможност за динамично реконфигуриране на мрежата (резервни маршрути)
  - недостатъци – средата е с повишен шум и това налага необходимост от допълнителни методи за достоверно предаване на данните, възможност за подслушване (нужно е криптиране)
- c) оптични кабели, светлина
  - предимства – много са леки, малка маса на съобщителната среда, възможност за предаване с много висока скорост (над 1000Mbit/s), не се влияят от електро-магнитни смущения, пожаро и взриво безопасни, не излъчват сигнал (не могат да бъдат подслушвани) .
  - недостатъци – много са крехки и лесно се повреждат, много скъпа технология и съоръжения за тяхното използване/удължаване, приложими са само за връзка от тип „точка-точка“

1.2.5 Според типа на източника/потребителя на данни

- a) информационни мрежи – крайните потребители и източника е човек-оператор
- b) индустриални – източник обикновено е датчик и изпълнителен механизъм



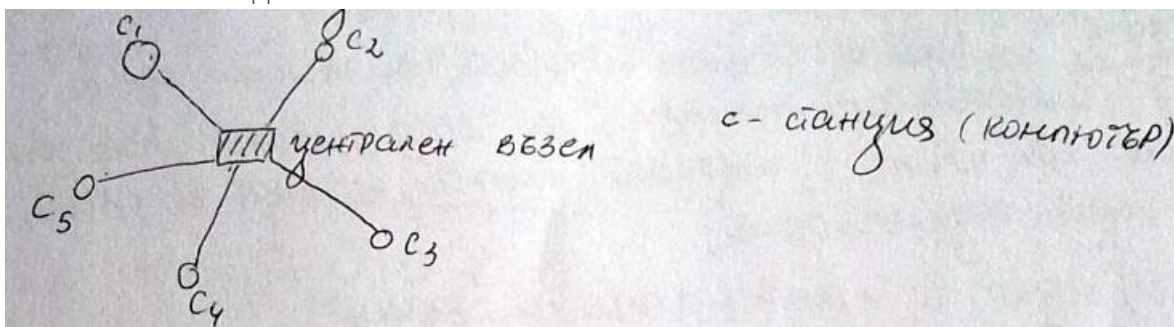
### 1.3 Основни топологии

топос – място

логос – изучават

Определение – обща схема на взаимното разположение на компютрите и комуникационните връзки между тях.

#### 1.3.1 Топология тип звезда

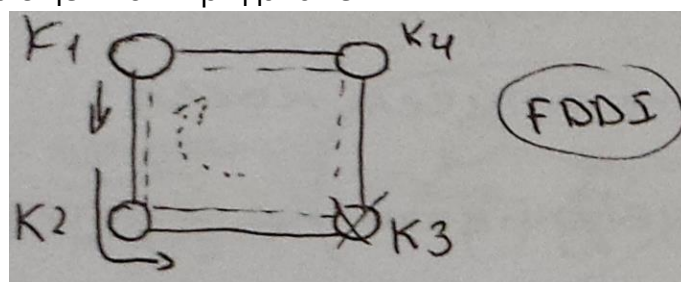
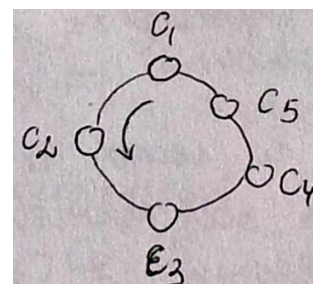


централен възел – маршрутизира всички съобщения. Всеки компютър си има MAC адрес.

- предимства – връзките са от типа „точка-точка“ (възможност за приложение на оптичен кабел); компютри C1...C5 се добавят/премахват без да се нарушава общата работоспособност на мрежата; C1...C5 могат да дефектират и това да не компрометира мрежата.
- недостатъци – централният възел е слабо място по отношение на надеждност на мрежата; при увеличаване броя на компютрите, натоварването на ЦВ се увеличава и ефективността на мрежата се намалява.

#### 1.3.2 Топология кръг

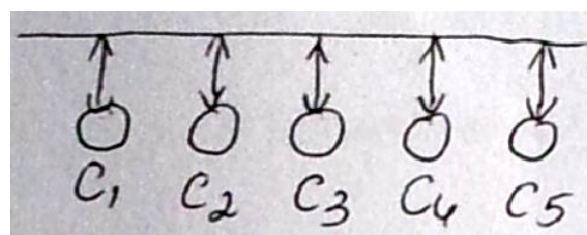
- данните се предават само в една посока
- маршрутът не се избира, а съобщенията се предават от комп. на комп. докато достигнат получателя
- получателя копира съобщението в своята памет, „маркира“ го и го пуска към следващия компютър с цел потвърждаване на мрежовата операция и достигане до източника
- ако К3 няма се използват и двата кръга



- предимства – лесно се добавят/отстраняват компютри; възможност за оптичен кабел; мрежата гарантира извършване на обмен на данни за определен времеви интервал.
- недостатъци - при повреда на компютър или съобщителна връзка, цяла мрежа губи работоспособност, необходимост от специални мерки за повишаване на надеждността (двоен кръг и др.)

#### 1.3.3 Топология обща шина

- генератор на случайни числа, за да се определи приоритета
- особености: компютрите обменят данни директно (няма междинна станция)
- 2 посочна връзка в съобщителната среда
- няма специален компютър за контрол и управление на мрежата



- възможност за възникване на конфликт (едновременно предаване на 2 или повече компютъра)
  - а) предимства – компютрите се свързват пасивно и директно към съобщителната среда; състоянието на отделен компютър не влияе на цялата работоспособност на мрежата; лесно се добавят/премахват комп.
  - б) недостатъци – трудно се откриват повреди в съобщителната среда; невъзможност за използване на оптичен кабел; топологията не гарантира извършване на мрежовите операции

#### 1.3.4 Хипер куб

- всеки компютър е свързан с всички останали с индивидуални директни връзки
  - а) предимства – възможност за динамична реконфигуриране (при отпадане на директен маршрут, избор на аварийни такива)
  - б) недостатъци – увеличена дълбина на съобщителната среда (излишък на връзки)

Типично приложение в безжичните мрежи

#### 1.3.5 Смесени топологии

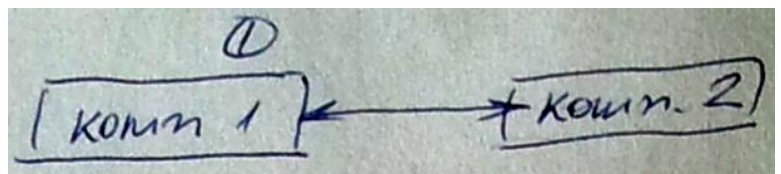
Комбинация от избрани базови топологии, като критерият за обединяването им е предимството на определена топология да компенсира недостатъка на друга. Примери:

- звезда-обща шина
- обща шина-кръг
- дървовидна структура

#### 1.4 Методи за обмен на данни

##### 1.4.1 Чрез комутация на канали

Между компютрите не съществува постоянно изграден канал, а той се формира при началото на обмена. Когато е изграден канала, тогава компютър 1 започва да обменя данни с компютър 2. Данните се получават в реда на изпращане.



Особености:

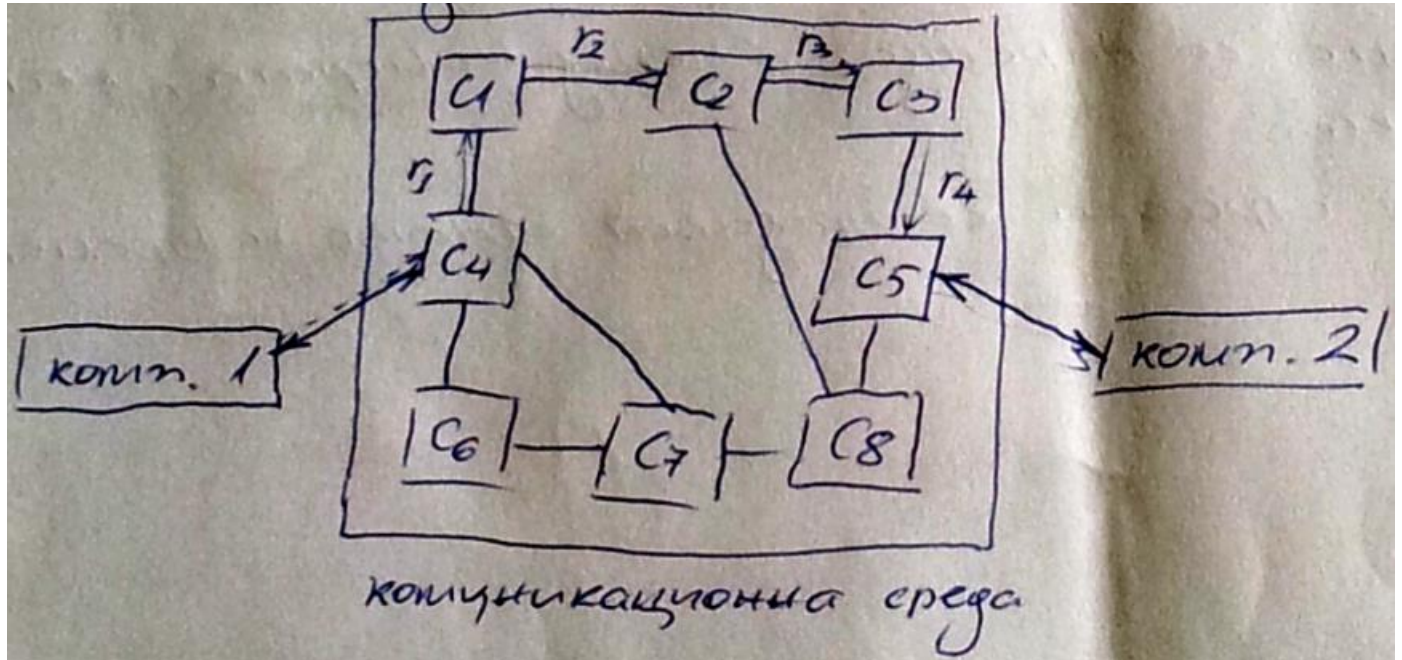


- физическата връзка се осъществява преди началото на обмена – K1 и K2 – затворена
- ако част от пътя е зает обмена не може да започне и се отлага

- целият път е зает по време на целия сеанс – по време на предаване на данни и по време на получаване на потвърждение
  - данните се получават в реда на предаване и могат да се използват без допълнителна обработка – основно предимство на метода
- Този метод се използва в ATM мрежи

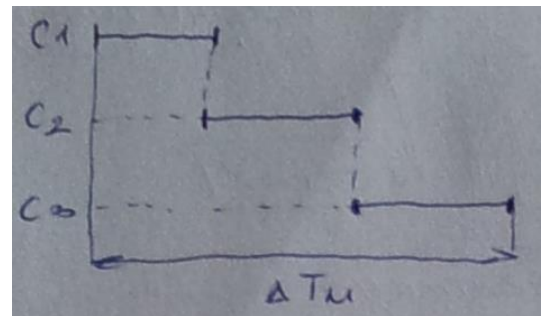
#### 1.4.2 Чрез комутация на съобщения

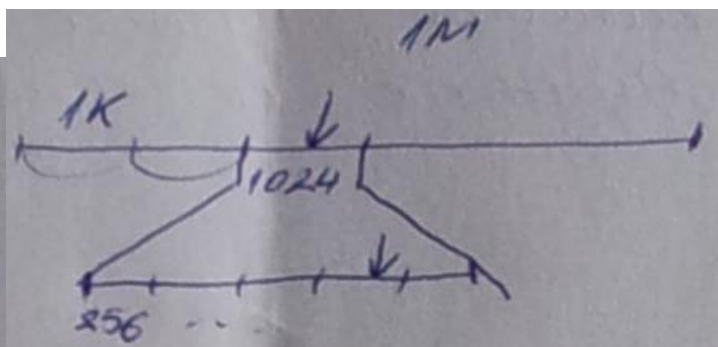
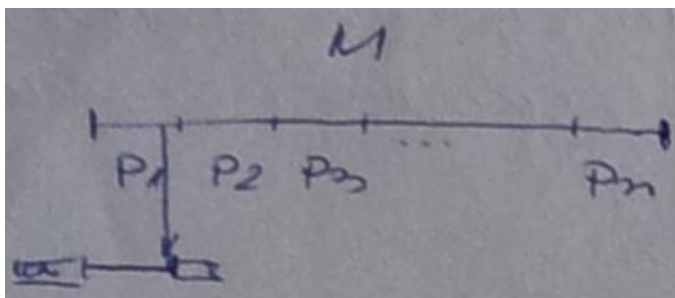
След като изпрати от C1 към C2, трасето г1 се освобождава



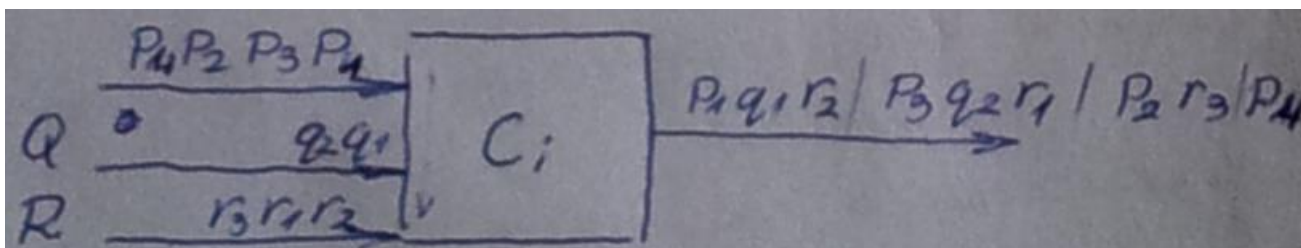
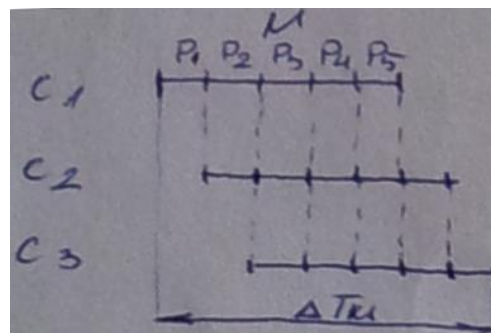
- данните формират поток, нарече съобщение
- физическият път се установява на последователни трасета – г1, г2, г3, ... от комуникационен възел към следващ възел, достигайки получателя
- предаването на съобщение може да започне при намиране на свободно трасе – г<sub>i</sub>
- съобщението не може да бъде изпратено към следващ възел докато не е изцяло и коректно прието в текущия
- съществува възможност за оптимизация на пътя при повече от 1 свободно трасе (основно предимство)
- всяко предходно трасе се освобождава след предаване на съобщението и може да се използва за обмен на други съобщения.
- времедиаграма на предаване на съобщения
- всеки възел трябва да има буферна памет и механизъм за верификация на съобщенията
- при грешка цялото съобщение се предава отново

#### 1.4.3 С комутация на пакети





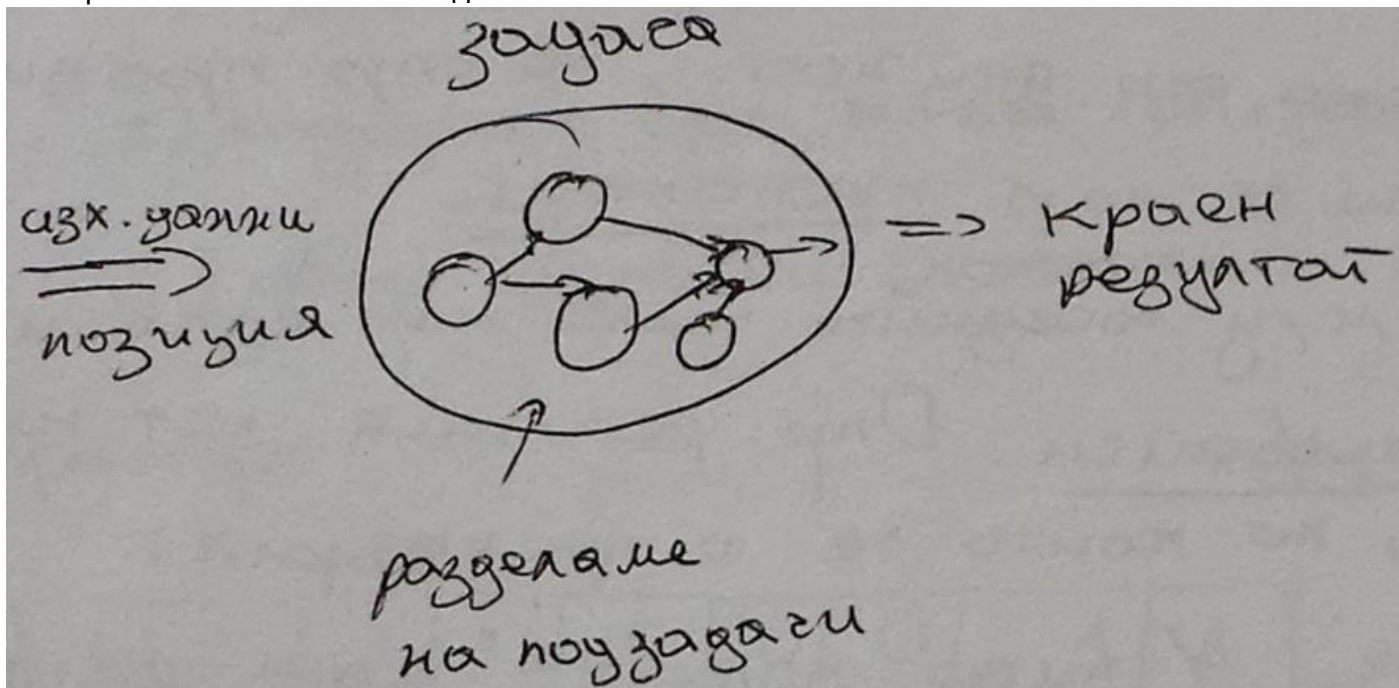
- всяко съобщение  $M$  се разделя на пакети –  $P_1, P_2, \dots, P_n$  с фиксирана дължина
- номерът на всеки пакет показва редът му в рамките на съобщението  $M$
- всеки пакет се счита за независимо съобщение
- маршрутизиране се извършва на ниво пакет, а не на ниво съобщение, т.е. последователни пакети могат да се предадат по различни маршрути и съответно да бъдат приети в ред, различен от този на предаване
- в приемника пакетите се нареждат според номерата, които е определил източника
- само пакети приети с грешка се предават отново и времето на обмен намалява
- пакети получени в един комуникационен възел по различни трасета могат да бъдат предадени по едно и също трасе чрез мултиплексиране във времето.



## 2 Еталонен модел на ISO за свързване на отворени системи

Еталонен модел – абстракция, която показва какъв тип дейност извършва една система и с каква последователност

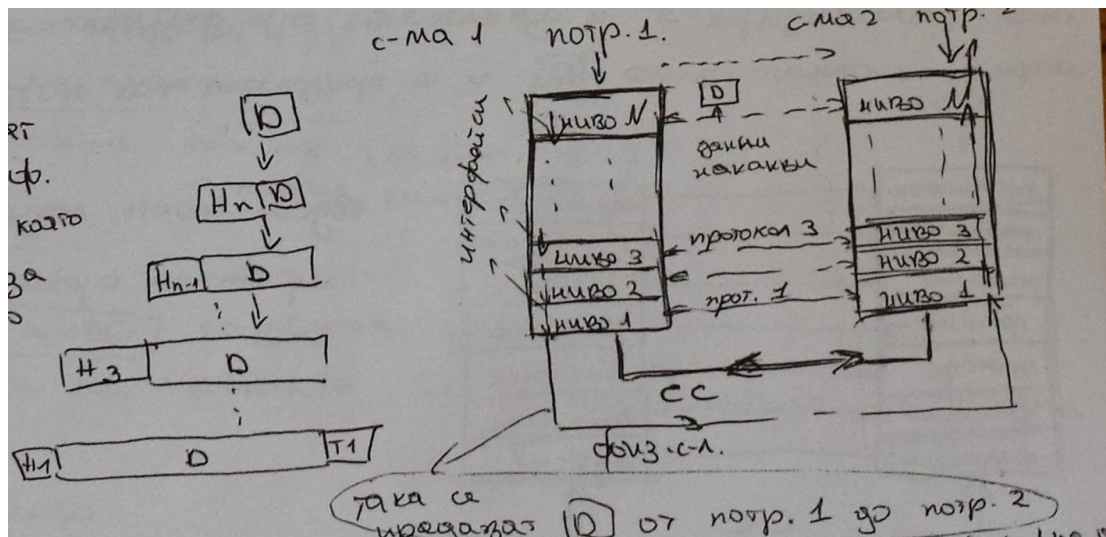
Отворена система – обменя данни с външния свят



IEEE организация -> създава работна група – комитет 802 -> еталонен модел -> ISO 802.\*

При създаване на модела комплексната задача за работата на мрежата се разбива на множество подзадачи, йерархично разположени една на друга. Наричат се нива или слоеве.

Нивата добавят служебна информация към данните, която е предназначена, за съответното ниво.



Всяко от нивата поддържа връзки само с двете си съседни (над и под) и не подозира за съществуването на други нива.

Данните вървят низходящо по нивата, като всяко ниво извършва някаква обработка и ги изпраща на нивото под него. В крайна сметка сигналите се предават на съобщителната среда под формата на физически сигнали. Така достигат приемащата система 2. Там се предават възходящо по нивата, като на всяко от тях данните търпят обработка обратна на тази при предаващата система. Когато достигнат до потребителя данните носят същия смисъл (имат същия вид). Равностоящите нива в процеса на

обмен работят съвместно изпълнявайки точно определена дейност по определени правила. Съвкупността от тези правила се нарича комуникационни протоколи. Хоризонталните виртуални връзки между нивата се наричат протоколи и комуникационни правила.

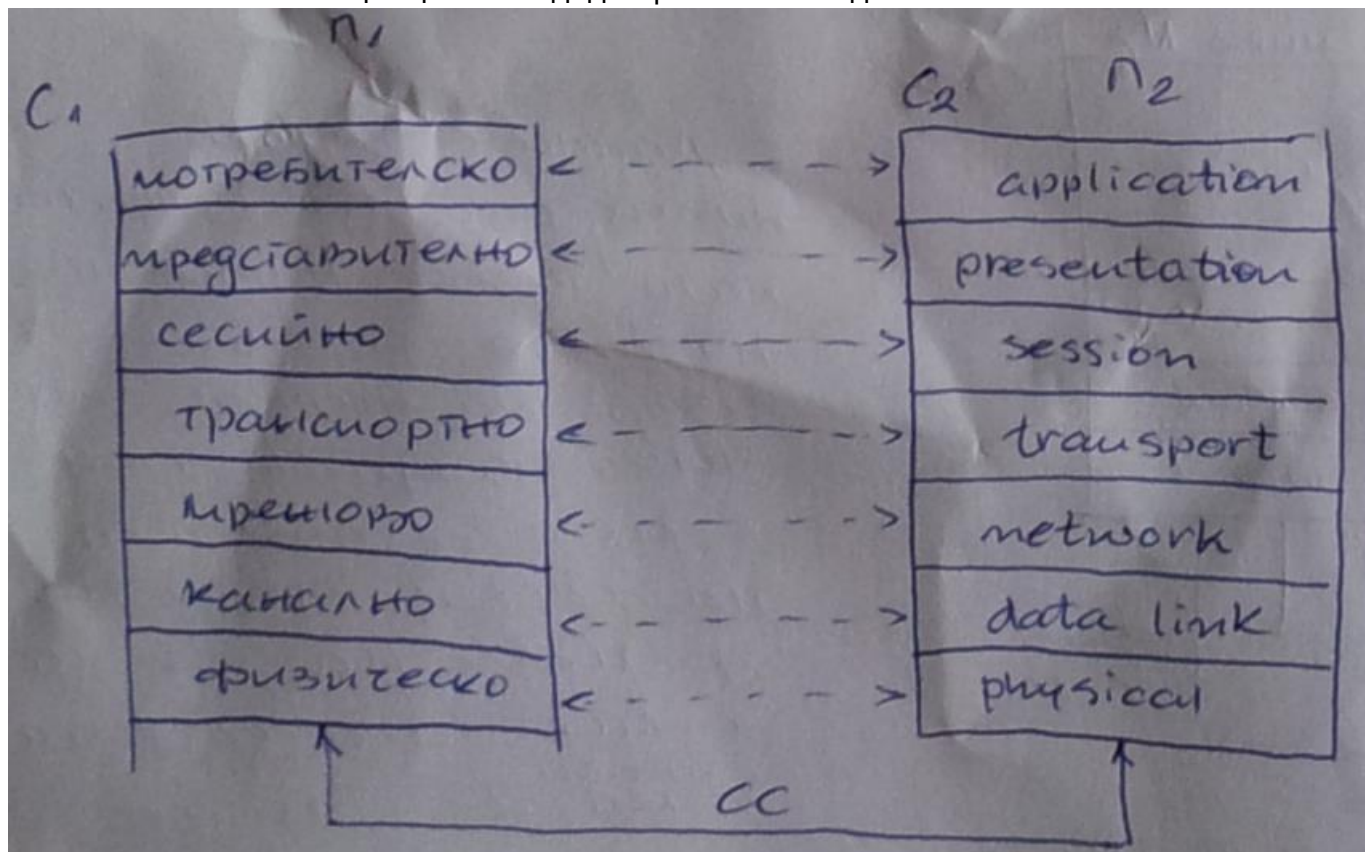
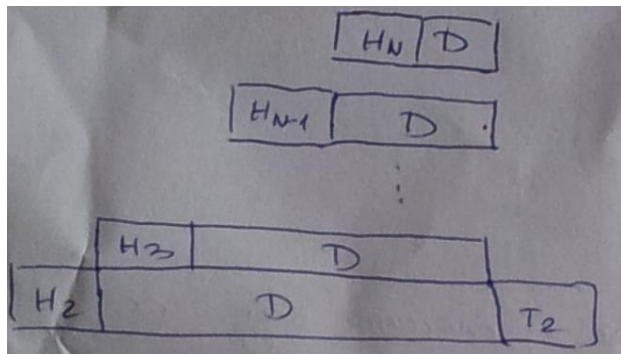
Вертикалните реални връзки между съседните нива на 1 система се наричат интерфейси. Те показват реалния път на данните и механизмите, по които те се прехвърлят.

При обработка на данните всяко ниво прибавя към тях допълнителна служебна информация, наричана заглавна част (header).

Заглавната част съдържа служебна информация предназначена за отсрещното ниво.

Възможно е такава информация да бъде добавена и в задната част. В приемната среда всяко от нивата отнема от данните служебната информация и използва указанията в нея.

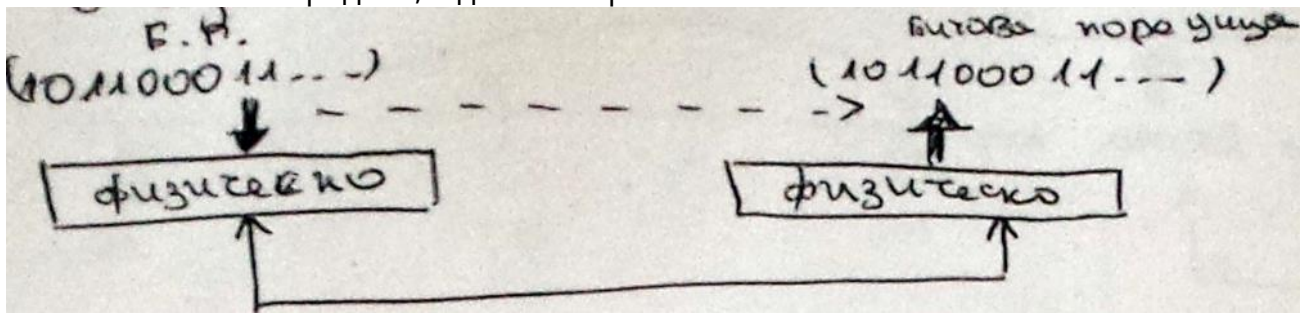
На базата на тази концепция е създаден реалният модел със 7 нива.





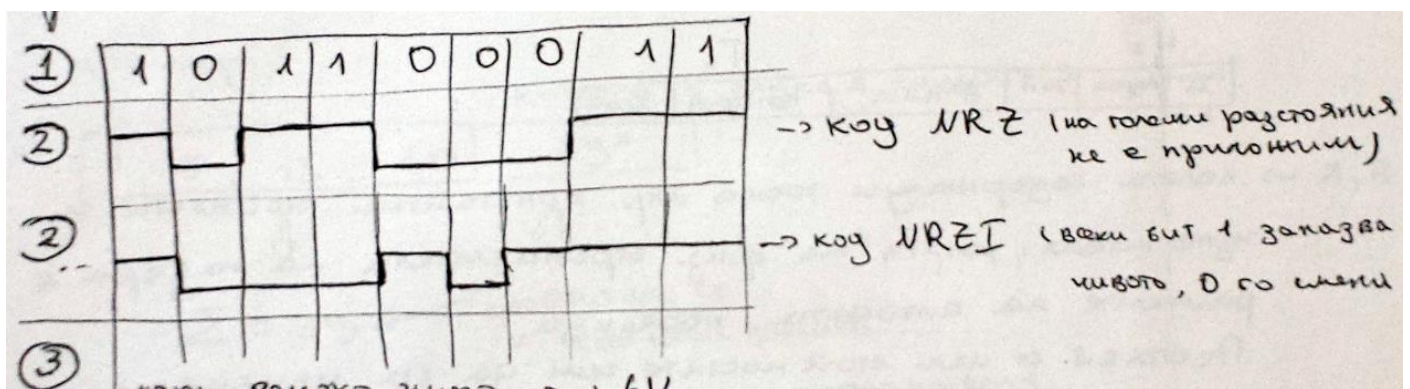
## 2.1 Физическо ниво

Нека лявата система предава, а дясната приема.



функция – обмен на битови поредици между паметите на двете системи като физическо ниво прехвърлят тези поредици без да се отчита техния смисъл, структура и др.

- 1) двоични битове
- 2) кодиране чрез логически нива
- 3) физически сигнали



например – високо ниво -> +6V

ниско ниво -> 0V

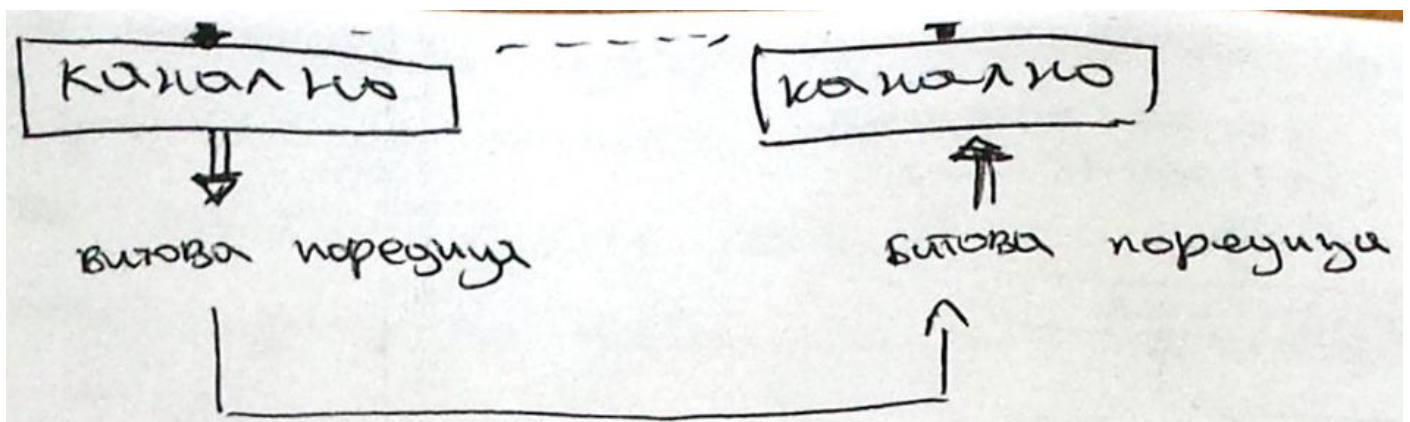
светлина -> има (високо ниво)

няма (ниско ниво)

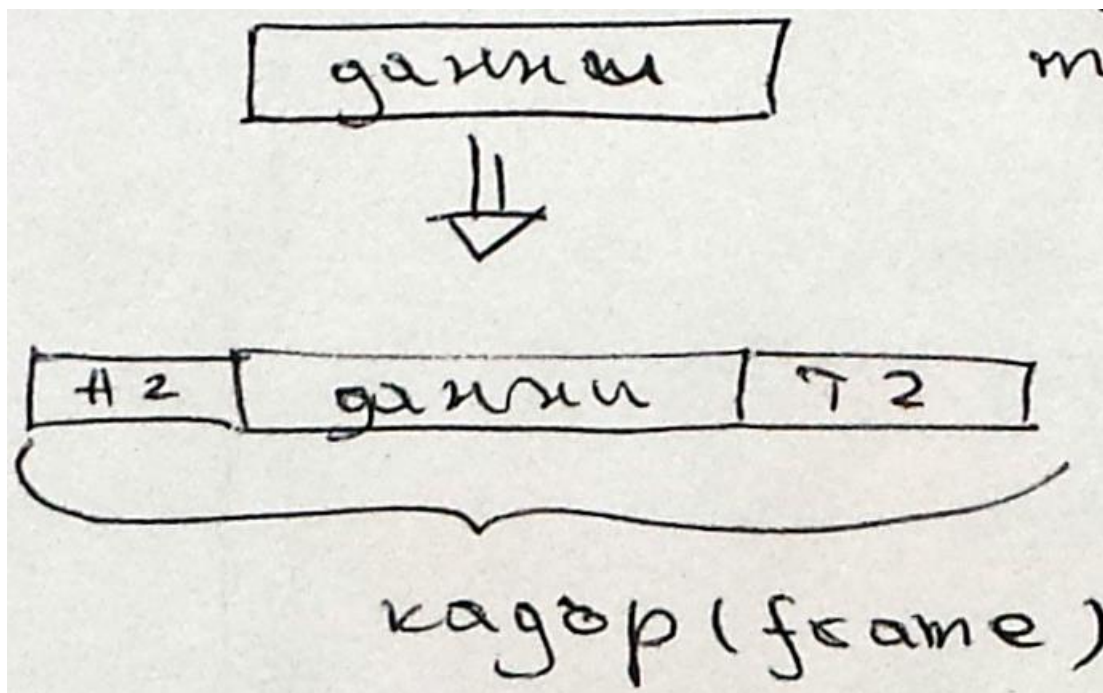
Физическото ниво съдържа още топологията на мрежата, съобщителната среда и куплунгите за връзка

## 2.2 Канално ниво

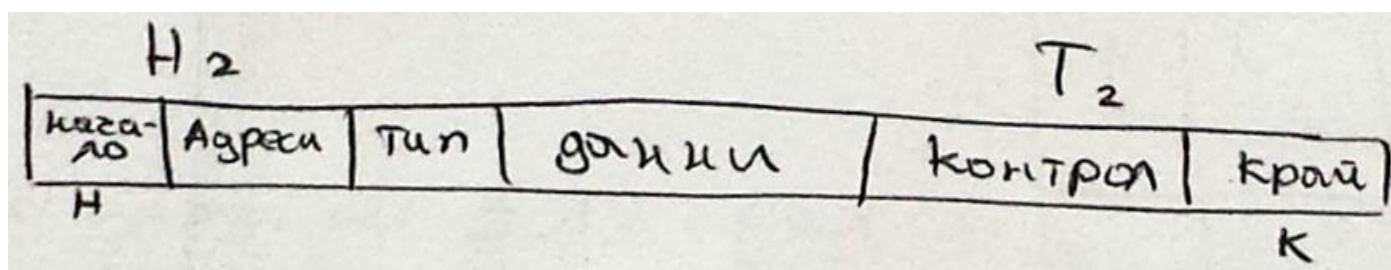
- обмен на блокове данни между системите. Блоковете данни се обменят чрез битови поредици.



- блоковете са логически свързани последователности от битове
- функции – към блоковете данни каналното ниво добавя служебна информация и формира нова структура данни, наречена кадър



пример:



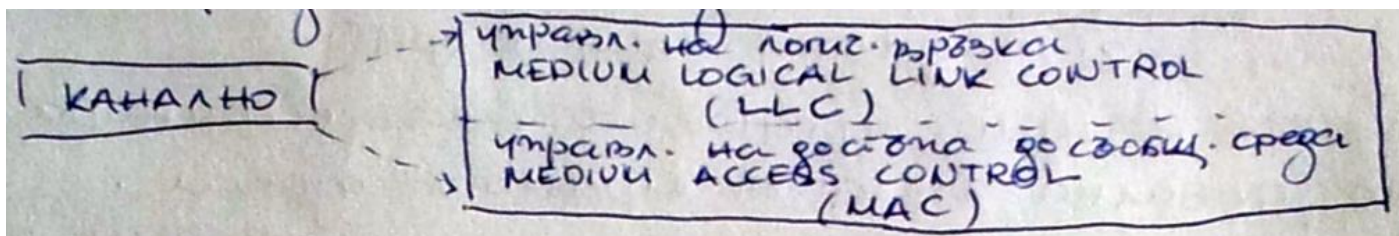
начало, край -> полета съдържащи точно определени константни стойности изпълняващи ролята на физически ограничители на кадъра в рамките на битовата поредица.

Поставя се условие стойностите им да са уникални, т.е. да не се срещат никъде в средата. Но потребителят има право да изпраща всякакъв тип данни. Проблема се решава като каналното ниво прекодира вътрешността, за да се премахнат комбинациите за H и K. В приемната среда, след като кадърът бъде разграничен, данните се декодират, с което се възстановява първоначалния им вид.

адреси -> разделено е на две части, в които се записва A изпращач, A получател.

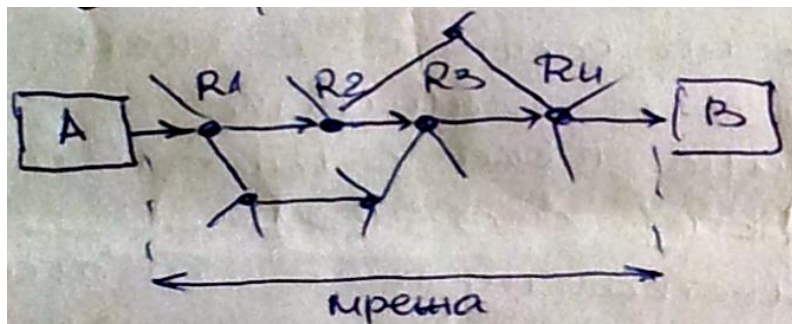
#### 2.2.1 Мрежи с шинна топология

В този случай компютрите трябва да се изчакват взаимно, спазвайки някаква дисциплина за достъп до съобщителната среда. Тази дисциплина е трябвало да бъде отразена в еталонния модел. Мястото ѝ е между каналното и физическото ниво. За целта каналното ниво се разделя на две поднива.



### 2.3 Мрежово ниво

Служи за управление на обмена на данните в мрежата между системата източник и системата краен получател. В общия случай между тях няма директна връзка, а има множество междинни системи и евентуално множество възможни маршрути.



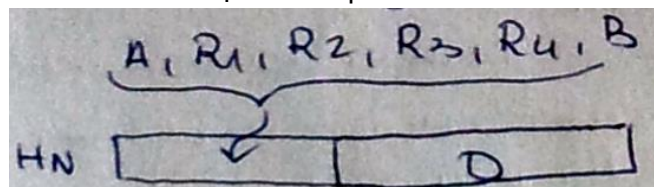
Целта е да гарантира, че данните от изхода на системата източник ще достигнат до изхода на системата краен получател.

За целта мрежовото ниво трябва да определи подходящия маршрут и да насочи данните по него и тази негова функция се нарича маршрутизация (routing).

В маршрутизацията участват и всички междинни системи (мрежовите нива на всички междинни системи), затова те се наричат маршрутизатори (router).

- Маршрутизация в източника (source routing) – през която пълният маршрут до крайния получател се определят от системата източник и записва неговото описание в заглавната част на мрежовото ниво към пакета данни и го съпровожда в мрежата, а по пътя всеки маршрутизатор го чете.

1. Недостатък – трябва да се познава топологията на цялата мрежа от всяка система
2. Няма възможност за избор на алтернативни маршрути по време на придвижванията при аварийни ситуации.



- Маршрутизация в мрежата – при която маршрута се определя на етапи, разпределено в процеса на придвижване на пакета данни в мрежата. Всеки възел определя следващия. На базата на адреса на крайния получател и на базата на информацията в локална база данни, описваща топологията и връзките, наричани таблица за маршрутизация (routing table). В този случай системата източник записва в заглавната част само своя адрес и адреса на крайния получател.

Локалната база данни се попълва или статично от мрежовия администратор или автоматизирано, на базата на служебната информация, която рутерите си обменят постоянно един с друг.

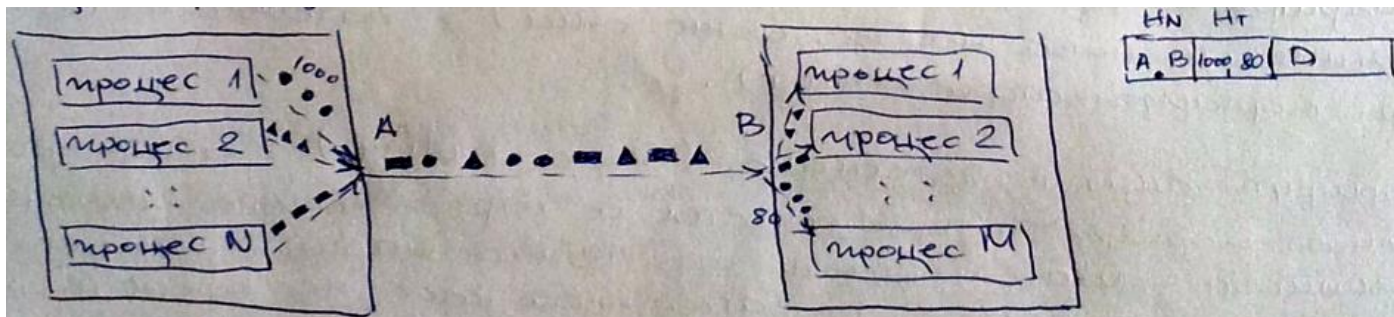
За изпълнение на тези функции мрежовото ниво дефинира и използва единна глобална система от мрежови адреси.

Мрежовото ниво трябва да дефинира единен формат на обменяните данни, примерно IP дейтаграми.

## 2.4 Транспортно ниво

Обслужва обмена на данните в двете крайни системи, без да се интересува от възможните топологии и връзки. От негова гледна точка системите изглеждат директно свързани.

За сметка на това то отчита вътрешната структура на всяка една от системите. Във вътрешната структура се отчита наличието на множество паралелно работещи процеси, които ползват едновременно общия мрежови канал.



При предаване транспортното ниво мултиплексира данните на отделните процеси към общия мрежови канал.

При приемане демултиплексира данните от общия канал към отделните входове. За целта транспортното ниво поддържа във всяка една система множество виртуални входно/изходни канали, наричани портове. Портовете във всяка система имат уникални адреси, които са последователни цели числа. Когато даден процес иска да обменя данни, той ангажира даден порт, чрез неговия адрес и работи от негово име. TCP, UDP Възможни адреси: 0, 2, , ..., 1023, 1024, ..., 6535.

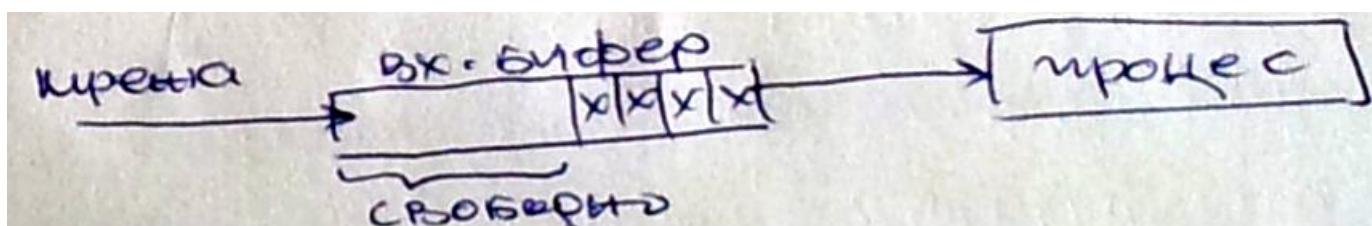
Портовете с номера до 1023 се разделят на процесите фиксирано, на тези от тип SERVER и това разпределение е добре известно. Докато останалите портове от 1024 нагоре се разпределят случайно на процесите от тип клиент. Обикновено се дава най-малкия свободен

WEB->80; FTP->20,21; POP3->110; SMTP->25

## 2.5 Транспортно ниво

Извършва пакетно комутиция, разделяйки големите съобщения на малки части, наричани пакети, които праща през мрежата като самостоятелни единици. В приемната страна се извършва сглабяне и тъй като пакетите могат да пристигнат в разбъркан ред, те трябва да бъдат предварително номерирани в предаващата система. При получаване на пакет данни, приемникът може да върне към предавателя служебно съобщение за потвърждение за правилно получени данни. Такъв тип обмен се нарича потвърдена услуга. Пример TCP, UDP не гарантира обмена.

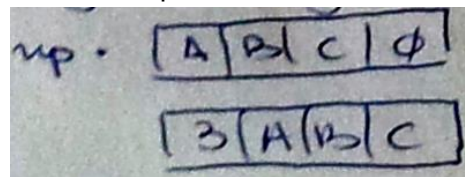
Транспортното ниво има възможност за регулиране на дебита на обменените данни между двете системи. По същество той забавя предавателя и така не се дава възможност за препълване и загуба на данни в приемната среда.



Примерно в TCP приемника непрекъснато уведомява предателя за текущото си количество свободна памет и с това го ограничава да не предава по-голям обем данни.

## 2.6 Представително ниво

Представителното ниво има за цел представяне на данните в единен формат по време на обмена на обмена в мрежата. Така се получава съвместимост между системи изградени от различни апаратни средства и ползвачи различни операционни системи, тъй като при тях е възможен еднаквите типове данни да бъдат представяни в паметта по различен начин.



Представителното ниво дефинира единен мрежови формат, в който данните трябва да бъдат представени. В системата предавател представителното ниво

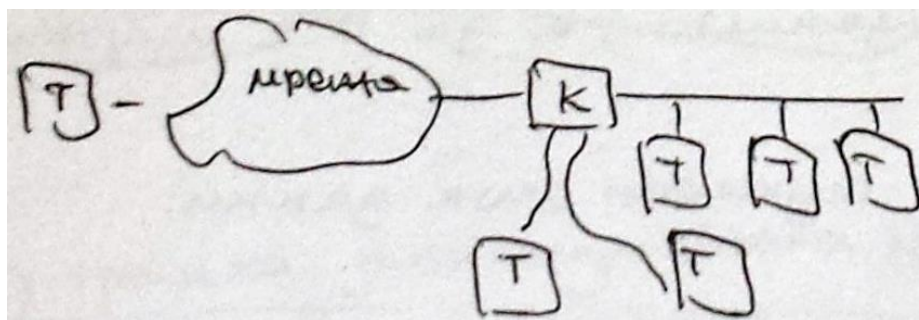
преобразува данните от локален в мрежови формат и обратно в системата получател – от локално в мрежови формат. Това е основната и задължителна функция на представителното ниво. Можем да имаме и 2 незадължителни функции:

- компресиране на данните по време на обмена с цел ускоряване на времето за обмена
- шифроване на данните с цел тяхното засекретяване по време на обмена.

## 2.7 Потребителско ниво

Осъществява връзка между потребителя и мрежата, предоставяйки му набор от стандартни услуги, независещи от ОС и архитектурата на РС. Услуги“

- достъп до файловата система на отдалечен компютър; за локална мрежа – споделени директории; за интернет – FTP
- електронна поща – POP3 – протокола, обслужващ входящата поща; SMTP – изходяща поща.
- използване на отдалечено печатащо устройство – типична услуга за локална мрежа.
- виртуален терминал – позволява осъществяване на дистанционна връзка с отдалечен компютър; В интернет – TELNET.
- дистанционен достъп до информационни документи www->http  
Услугите постоянно се развиват, във времето се появяват нови услуги, други отпадат.



Най-новите услуги в

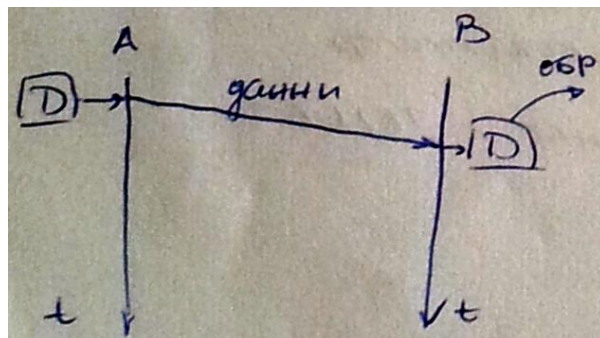
момента са тези, свързани с пренос на аудио и видео информация, позволяващи реализация на телефонни разговори, видео-конференции, разпространение на телевизионни канали и др.

## 2.8 Елементарни комуникационни протоколи

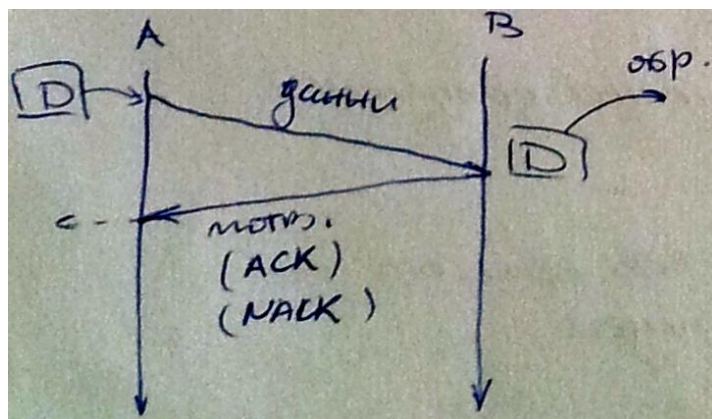
Комуникационните протоколи определят правилата на взаимодействие между 2те страни в процеса на обмен, както и структурата на обменяните данни.

Елементарните протоколи отразяват изпълнението на елементарните комуникационни услуги, . Елементарните комуникационни услуги са 2: непотвърдена услуга и потвърдена. Непотвърдена е тази услуга, при която инициатора на услугата не получава информация от услугата за резултата от нейното изпълнение. Потвърдена услуга – инициаторът получава обратна информация за крайния резултат от страна на

изпълнителя, под формата на положителен отговор „да“, липсата на такъв означава „не“. Комуникационните протоколи се отразяват чрез времедиаграми на обмен, блок-схеми на алгоритми или графове на състоянията. Услугата за А завършва с изпращането на блока данни, а за Б с приемането му.



Услугата за А завършва след получаване на потвърждение, а за Б след изпращането му. Потвърдението е 1 блок данни, който има смисъл на отговор „да“.

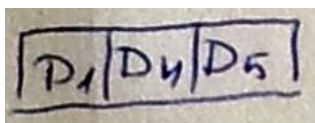
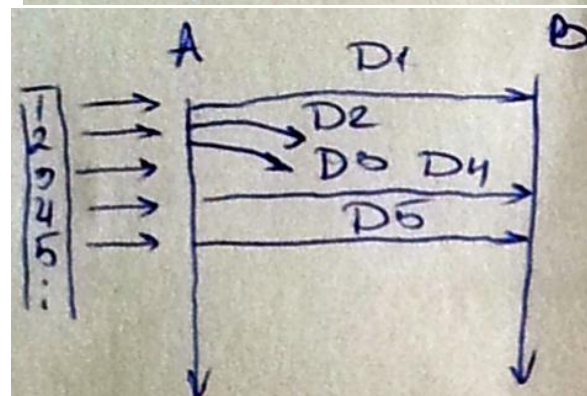
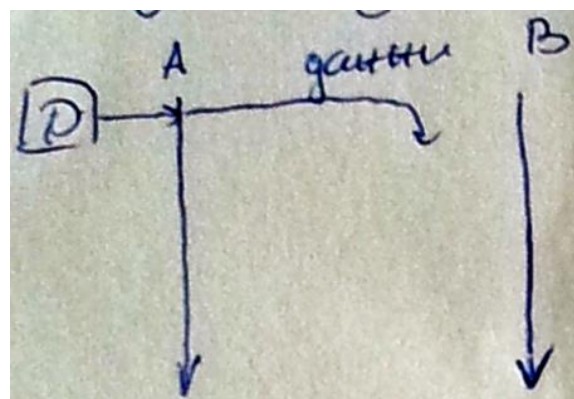


acknowledgment  
no acknowledgment

Показаните времедиаграми показват взаимодействието в идеалния случай, при който в комуникационния канал липсват грешки (информацията пристига във вида, в който е изпратена).

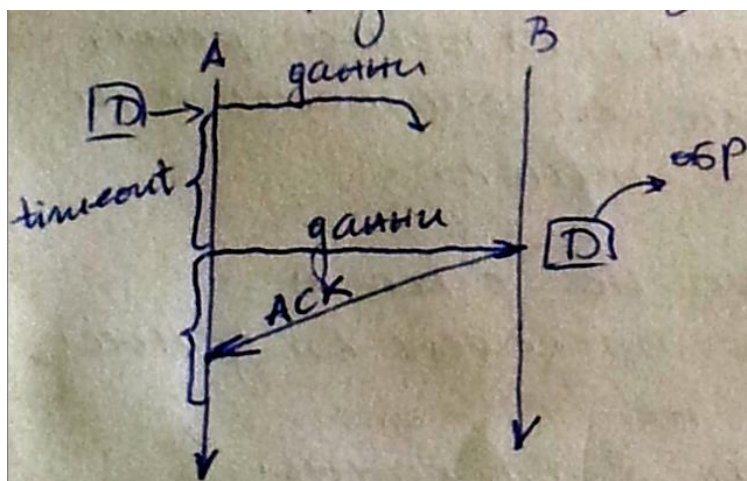
Необходимо е в последствие да бъде извършен анализ на взаимодействията при наличие на грешка – предавателят предава данните, приемникът на ги приема.

От гледна точка на система А – успешно предаден блок данни, от гледната точка на Б нищо не е получено. При използване на непотвърдена услуга всяка комуникационна грешка в блок данни води до неговата загуба. Поради това непотвърдената услуга се счита за нисконадеждна. Тя може да бъде използвана, когато загубата на данни не води до критични последствия или когато някое от по-горните нива се грижи за възстановяване на цялостта на данните.



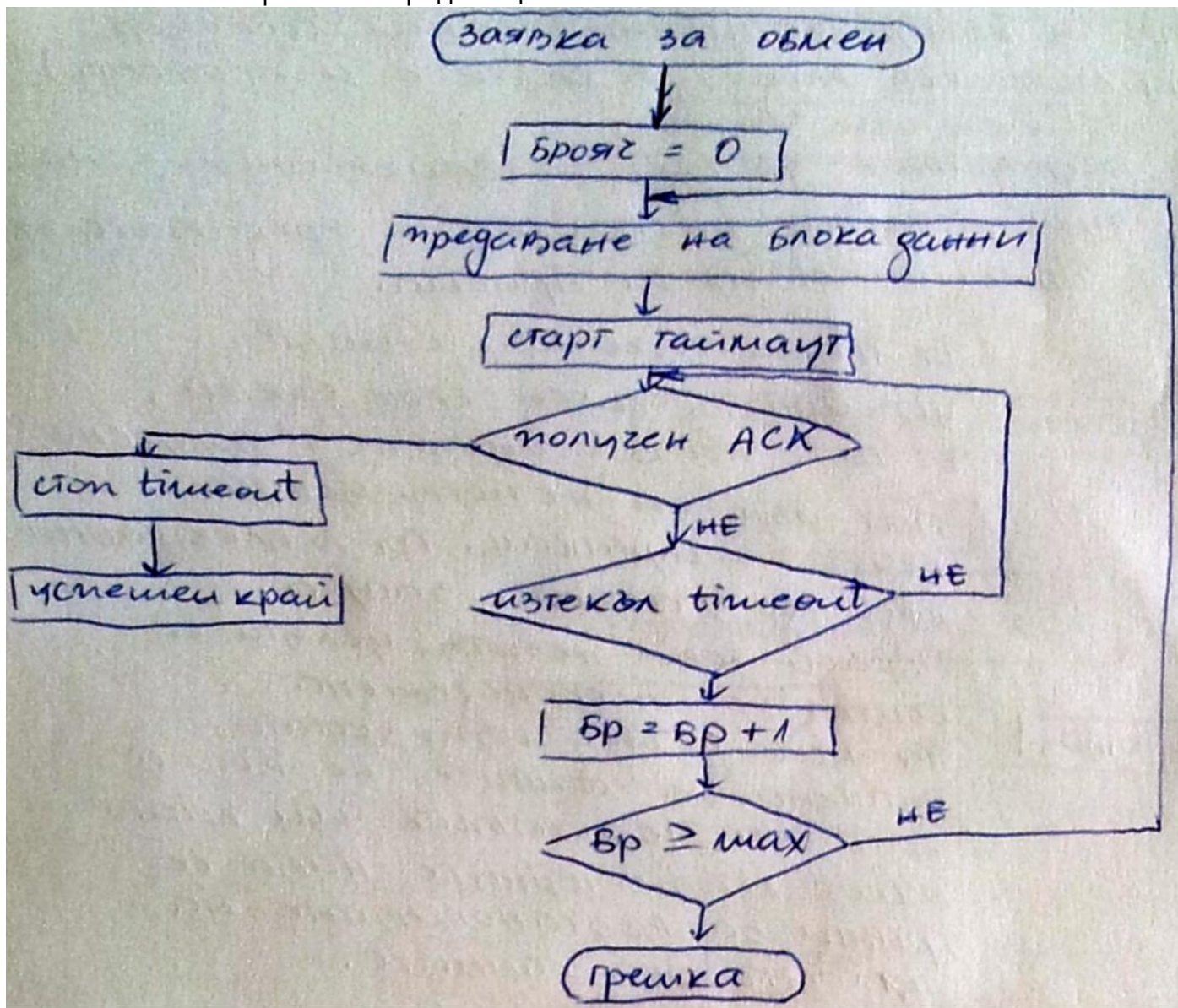
Анализ на грешка при потвърдена услуга

- повреден блок данни  
А предава блок данни, Б не го получава. А чака да получи потвърждение, Б чака да получи данни – взаимно изчакване, взаимна блокировка. Ако не се предприеме нещо комуникацията се разрушава. Чакайки потвърдението система А използва определен времеви интервал

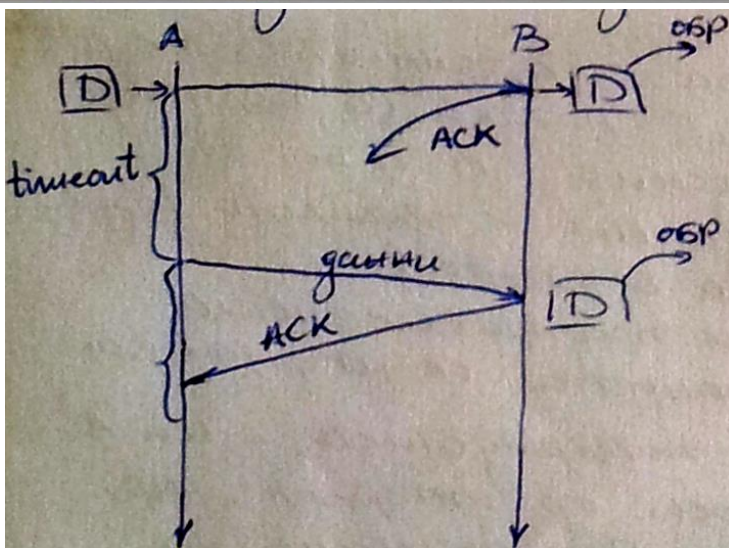


наречен timeout. При изтичане на timeout и липсата на потвърждение означава, че данните са загубени и А ги предава отново. При следващата липса на потвърждение, процеса се повтаря краен брой пъти. Ако потвърдението бъде получено в рамките на timeout-а, А взема решение за спиране на timeout-а и спира изпращането.

Блок схема на алгоритъм за предаващата система.



- повредено потвърждение  
Система А не е в състояние да различи този случай от предходния, тя взема решение, че данните са загубени и ги предава наново.  
От гледна точка на система А - успешно предаден блок данни, от гледна точка на Б - успешно получени 2 блока данни. При потвърдена услуга всяка загуба на потвърждение води до дублиране на блока данни в приемната среда.



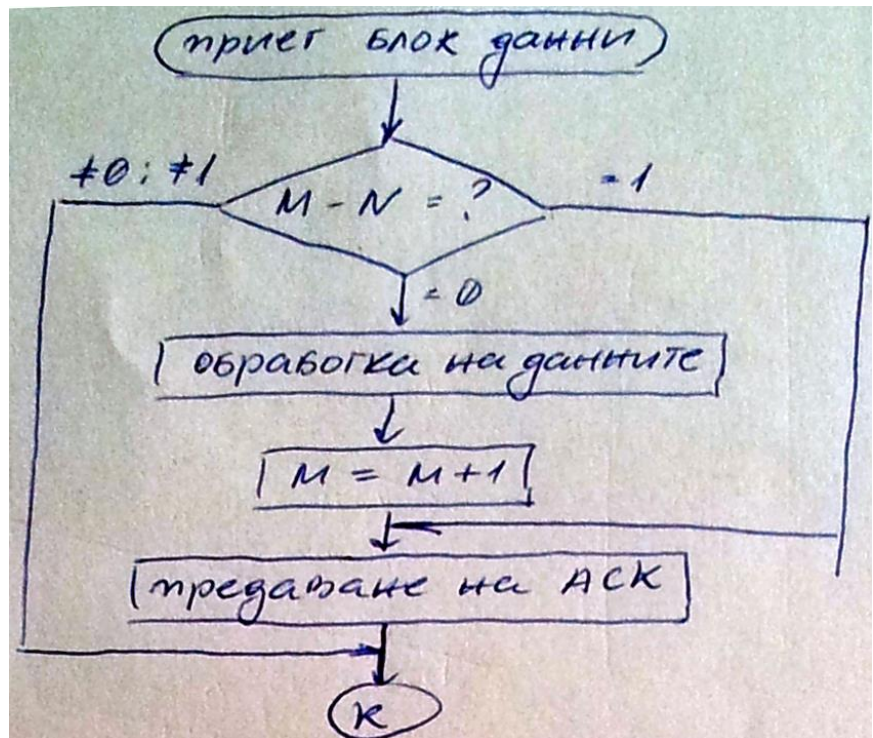
Решението е да се въведе механизъм, чрез който при получаване на блока данни, приемната среда да може да оцени той е новопостъпил или не.

Въвежда се номерация на блоковете с последователни номера, като предавателя номерира блоковете, които се вписват в служебната част. Приемника помни номера на очаквания следващ блок за получаване.

Блок-схема на алгоритъм в приемната среда.

TCP – работи с потвърдени услуги

UDP – с непотвърдени



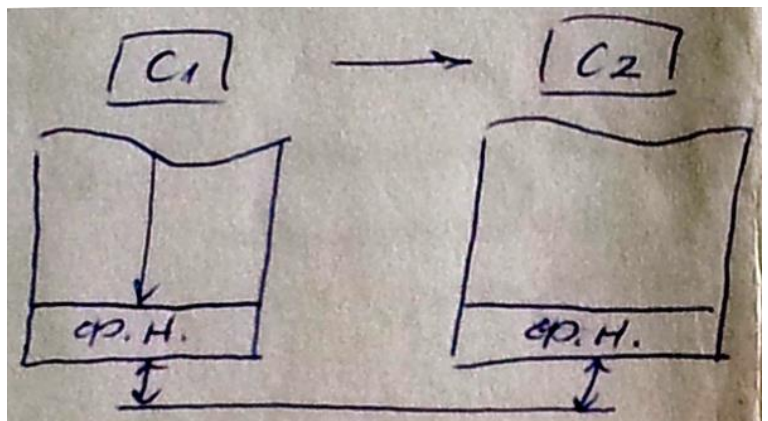
### 3 Стандарти на изграждане на физическото ниво на компютърните мрежи

#### 3.1 Предназначение и общи характеристики

Физическото ниво служи за прехвърляне на поредица от битове между компютрите, обменящи данни помежду си. Това се осъществява чрез обмен на сигнали. В зависимост от типа на съобщителната среда сигналите биват електрически, електромагнитни вълни и светлина.

##### 3.1.1 Последователност на обмена на данните

- физическото ниво на предавателя получава от каналното ниво определена последователност от битове
- предавателят превръща битовете в сигнали според предварително избран метод
- сигналите се предават по съобщителната среда
- приемникът обработва получените сигнали и възстановява логическото значение на съответните битове
- поредицата от битове физическото ниво предава към каналното ниво на приемника



##### 3.1.2 Физическото ниво определя

- тип на съобщителната среда
- топология на мрежата
- кодиране на битовете чрез логически нива
- преобразуване на логическите нива в сигнали



### 3.1.3 Физическото ниво съдържа

- апаратни средства – кабели, куплунги, приемници, предаватели
- методи – за логическо кодиране на данните, генериране и разпознаване на сигнали.

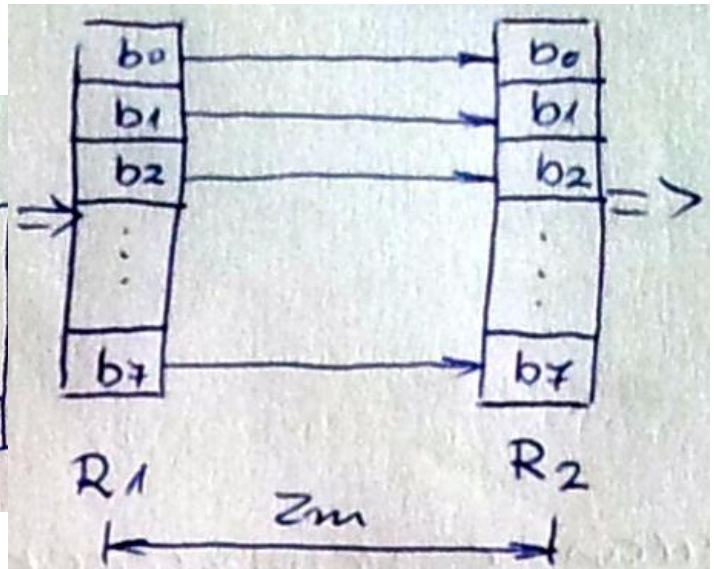
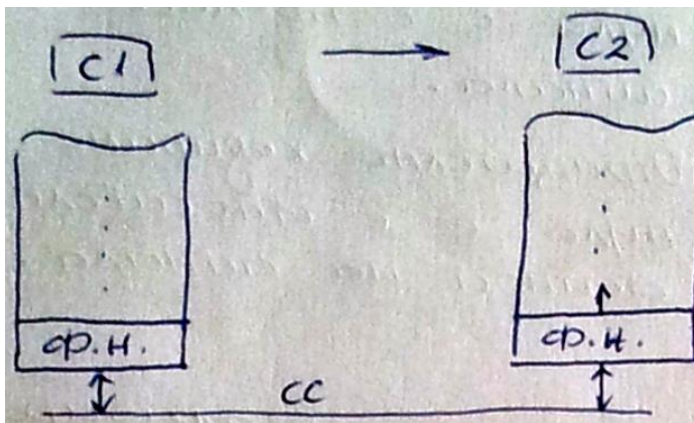
## 3.2 Алтернативи за обмен на данни в компютърните мрежи

### 3.2.1 Паралелен обмен на данни

Всички битове в рамките на текущо предавания байт се обменят едновременно.

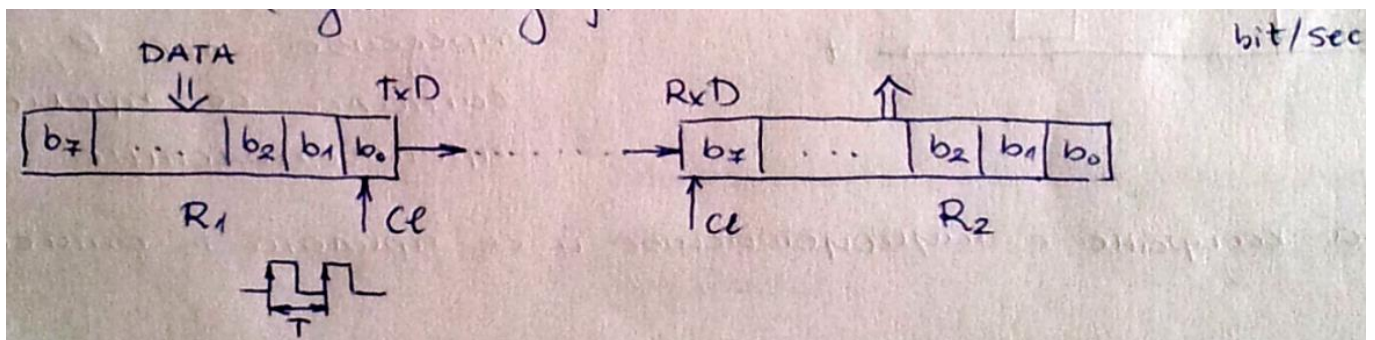
- предимства: висока скорост на обмен на данните
- недостатъци: необходимост от отделен канал за всеки бит, приложение за много малки разстояния (не повече от 2 метра)

Не се използва почти.



### 3.2.2 Последователен (сериен) обмен

Битовете в рамките на текущия предаван байт се обменят последователно (един след друг).



- предимства: възможност за предаване на големи разстояние, един канал за връзка между предавател-приемник
- недостатъци: относително по-ниско скорост на обмен

Основен метод за обмен на данни в компютърните мрежи.

## 3.3 Алтернативи за предаване на данни при последователен обмен

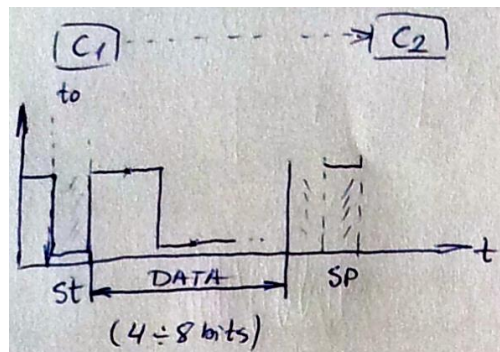
### 3.3.1 Асинхронно предаване/приемане

st – стартов бит – 0

sr – стопов бит – 1

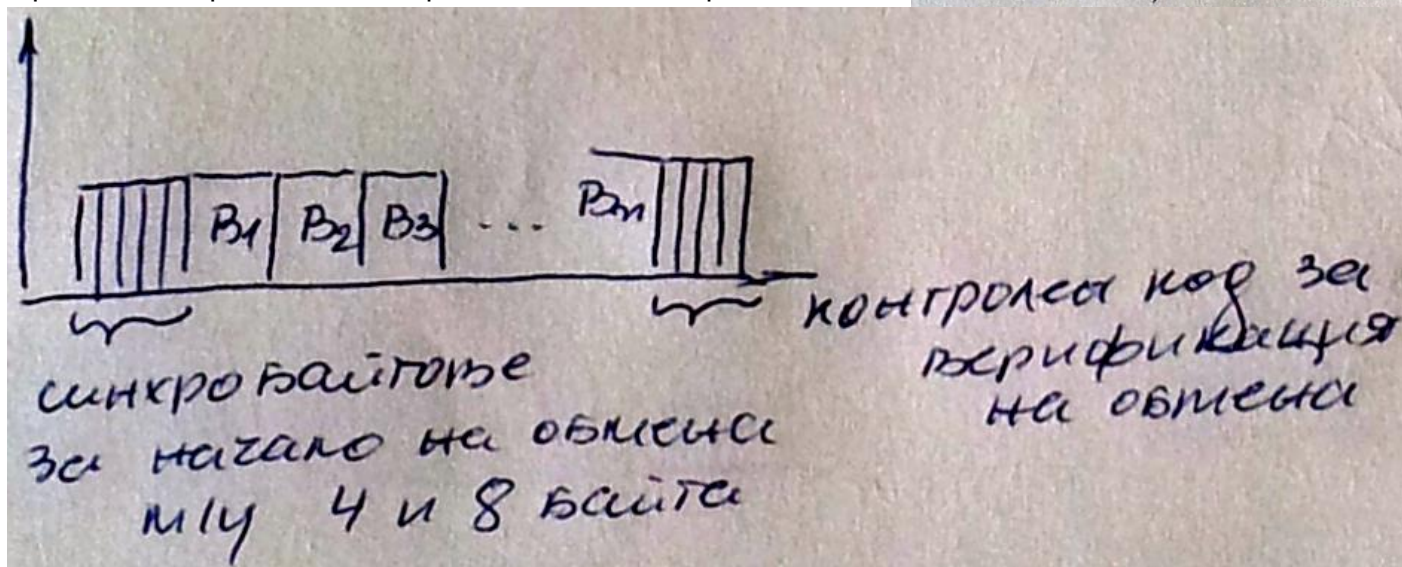
предпоследен бит – контрол по четност/нечетност.

Ако е контрол по четност, означава че броя на единиците в байта трябва да е четен (11001101 – индикация за грешка. [напречен/надлъжен подход] Този метод се използва за обмен на данни на малки разстояния и ниски скорости – до 100Kbit/s (RS232).



### 3.3.2 Синхронно предаване/приемане

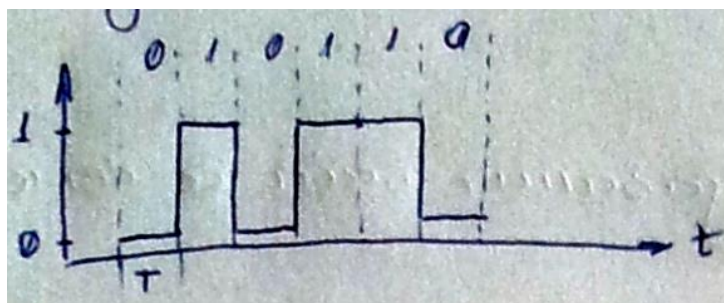
Прилага се при високо скоростни локални мрежи.



### 3.4 Кодирание на битовете

#### 3.4.1 Код NRZ

При този код нивата на сигнала са строго определени и фиксирани, в зависимост от стойностите на логическите битове. Положително кодиране логическата нула с по-ниска стойност на сигнала. Отрицателно кодиране – логическата нула е с относително по-висока стойност на сигнала.



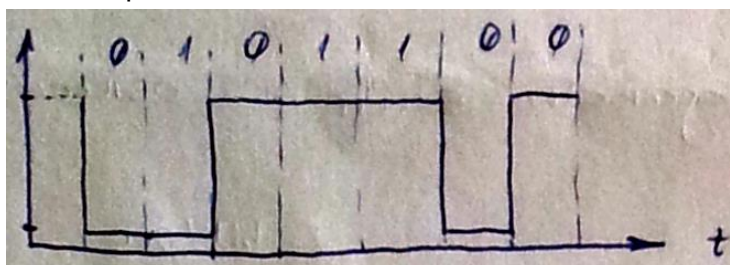
Възникнал е исторически най-напред, реализира се лесно.

Недостатъци: ниска шумоустойчивост.

Този начин на кодиране се прилага при ниско скорости – до 100Kbit/s.

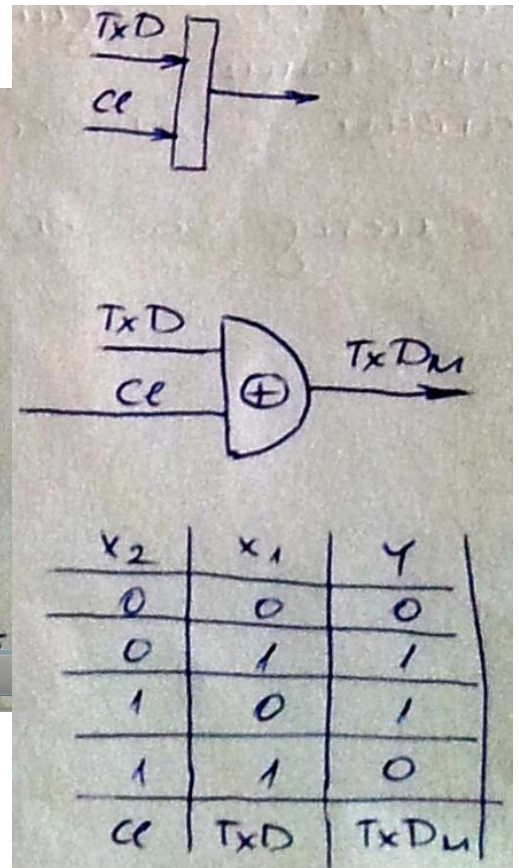
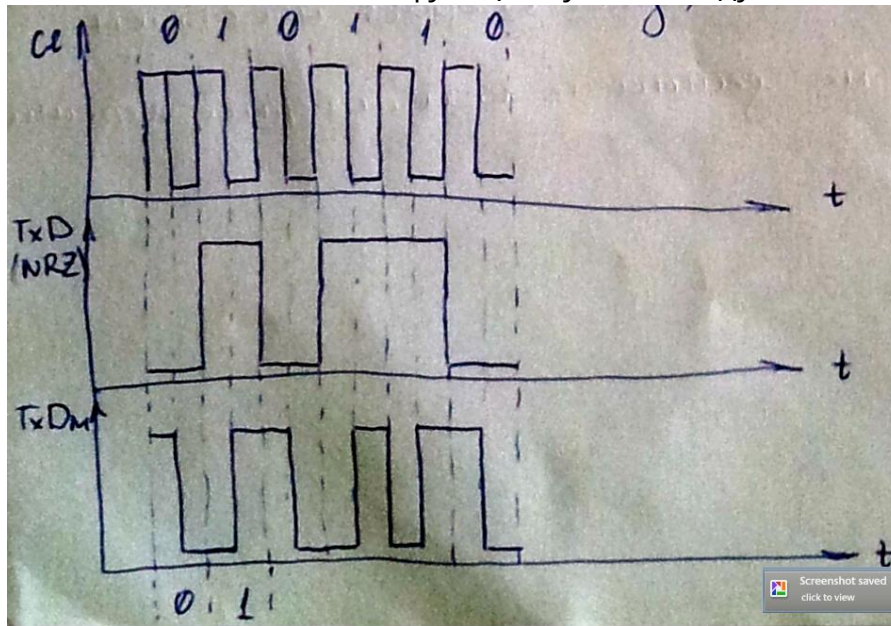
#### 3.4.2 NRZ-I

Няма фиксирани нива. Когато се предава логическа 1 текущото ниво на сигнала се запазва, когато се предава логическа 0, нивото на сигнала се променя в противоположна стойност. Това кодиране е шумоустойчиво и се прилага в оптични мрежи.



### 3.4.3 Код на Манчестър

Използва се логическата функция сума по модул 2.



Особености:

- прилага се логическа функция сума по модул две с променливи преместващ такт и данни
- логическата 0 се предава с преход от високо към ниско състояние в средата на бита
- логическата 1 се предава с преход от ниско към високо състояние също в средата на бита
- синхронизирането между предавател и приемник се извършва чрез отчитане на момента на прехода
- метода на кодиране се прилага в локалната мрежа Ethernet

### 3.5 Сигнали

Сигнали – физически носител на данни.

#### 3.5.1 Немодулирани сигнали

Сигнали които по характер са електрически ток

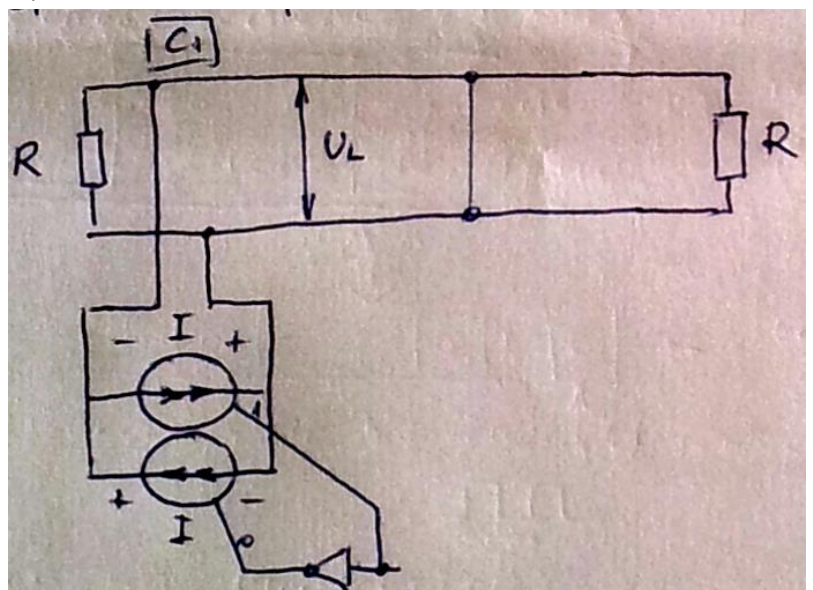
- чрез генератори на ток

Условна схема на връзката между 2-та компютъра.

R – терминиращ резистор  $U_2 = \pm I \cdot \frac{R}{2}$

Генераторите на ток осигуряват напрежението  $U_2$  с постоянна стойност.

При възникване на конфликт (за топология обща шина)  $U_2$  променя своята стойност от 0 до  $2U_L$  и това е индикация за възникване на конфликт.

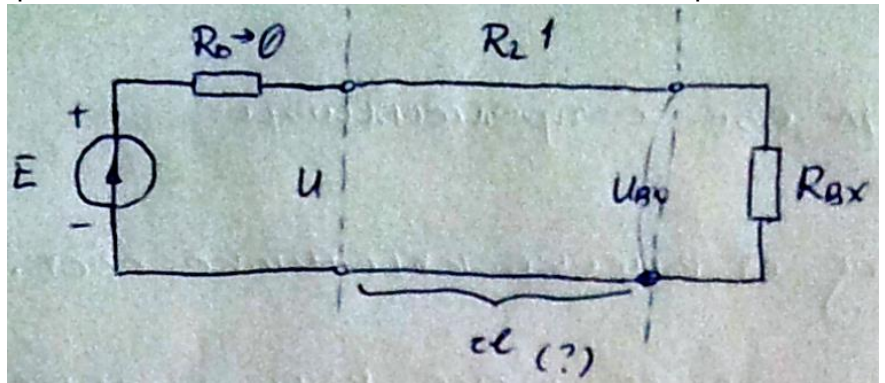


Методът е приложим в локални мрежи и обща дължина на съобщителната среда може да достигне до 2000m.

- генератор на напрежение

Източникът на напрежение е с много малко вътрешно съпротивление  $R_0 \rightarrow 0$ .

Дължината на СС се определя основно от импеданса на линията. Методът на предаване се прилага за връзки не по големи от 200m.

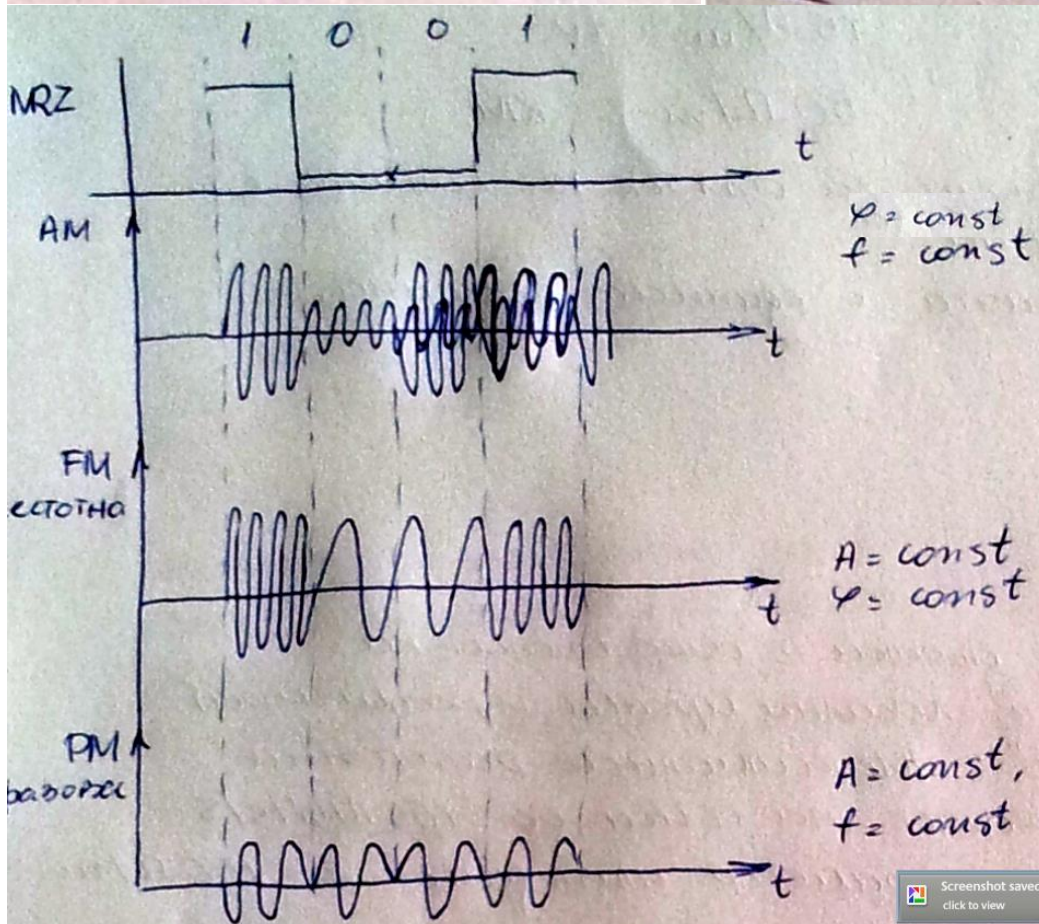
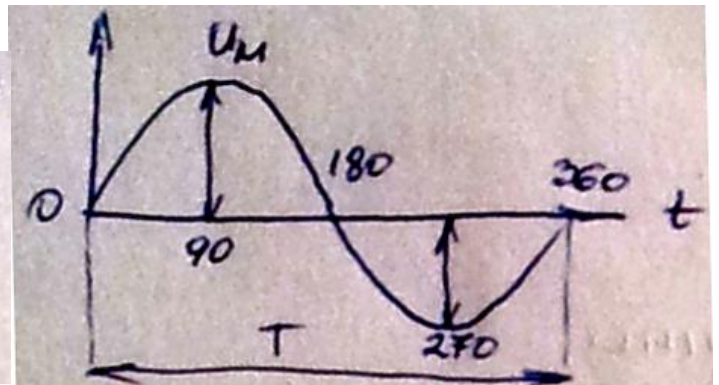


### 3.6 Модулирани сигнали

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$$

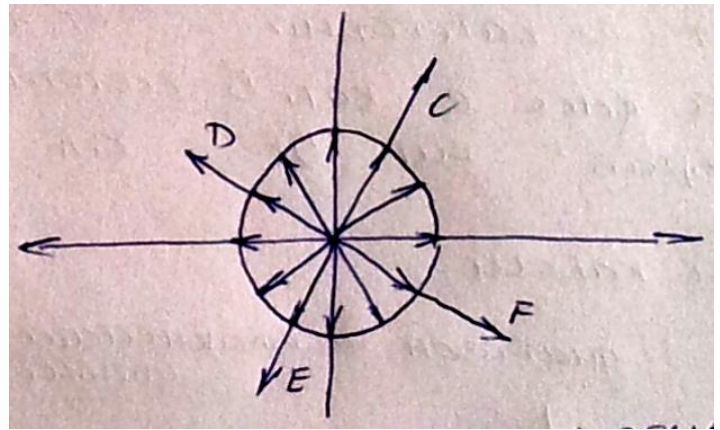
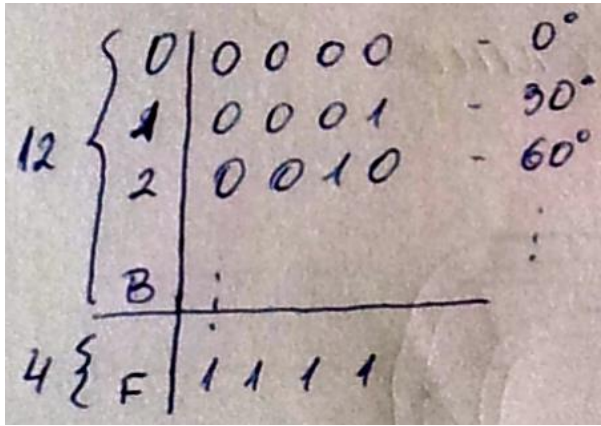
$$\omega = 2\pi f$$

$$T = \frac{1}{f}$$



AM: лесно се анализира демодулацията. Ниска шумоустойчивост (почти не се използва в Компютърните мрежи).

FM: висока шумоустойчивост.



Квадратично-амплитудна модулация

На всеки 4 бита се съпоставя определен фазов ъгъл (през 30°) и определена амплитуда и така се предават 12 комбинации от 4 бита. Останалите комбинации се предават с двойно по-голяма амплитуда и с някой от използваните фазови ъгли.

V.22.bis – стандарт, който определя коя комбинация с кой ъгъл се ползва.

### 3.7 Съобщителни среди

а) коаксиален кабел

Импеданс (комплексно съпротивление)

$$z = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} [\Omega/\text{m}]$$

75Ω/m - tv

50Ω/m - KM

$L_0$  – индуктивност на кабела за отрязък на линията с единична дължина

$C_0$  – капацитет на линията с единична дължина

б) усукана двойка

- екранирана – UTP
- неекранирана – STP

За KM се използват 4 усукани двойки в обща опаковка.

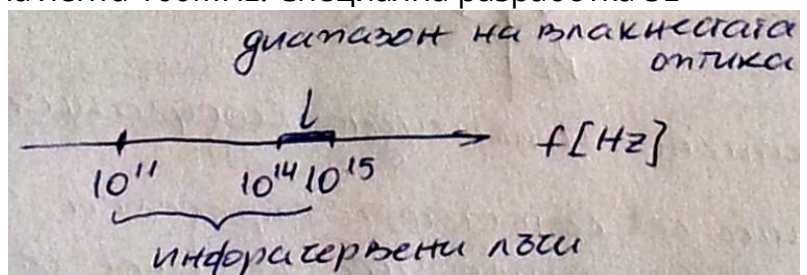
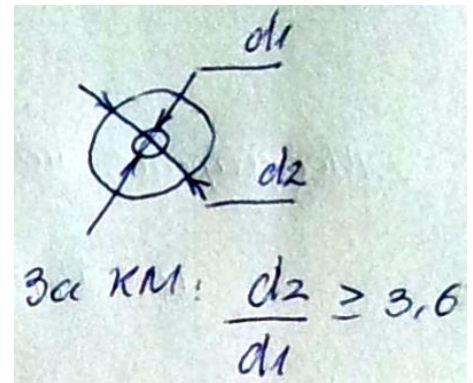
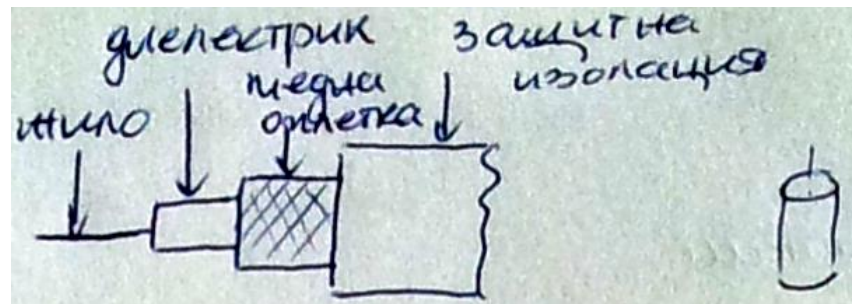
Усуканите двойки се прилагат в локалните мрежи и

реализират връзка от типа „точка-точка“. Максималното разстояние между точките е 150m и скорост на обмен до 150Mbit/s. Усуканите двойки имат основен параметър импеданс  $z=100\Omega$ . Друг основен параметър е честотна лента и в зависимост от нея се разделят в категории – от 1 до 7, за KM от 3 до 7.

Типичната днес е категория 5-честотна лента 100MHz. Специална разработка 5E – честотна лента 200MHz.

в) Оптични кабели

- дължина на вълната – пътя, който изминава сигнала за един период  $\lambda = \frac{c}{f}$

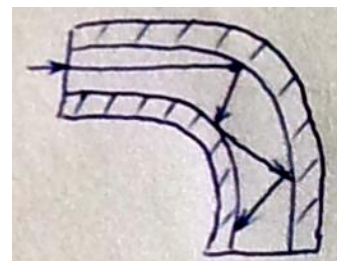
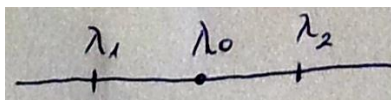


$c$  – скоростта на светлината във вакуум

$c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$f$  – честотата на вълната

- лента между две вълни  $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$



## 4 Стандарти за изграждане на каналното ниво в компютърните мрежи

Каналното ниво има две основни функции

- осигурява достъп до СС

- осъществява надежден обмен на пакети

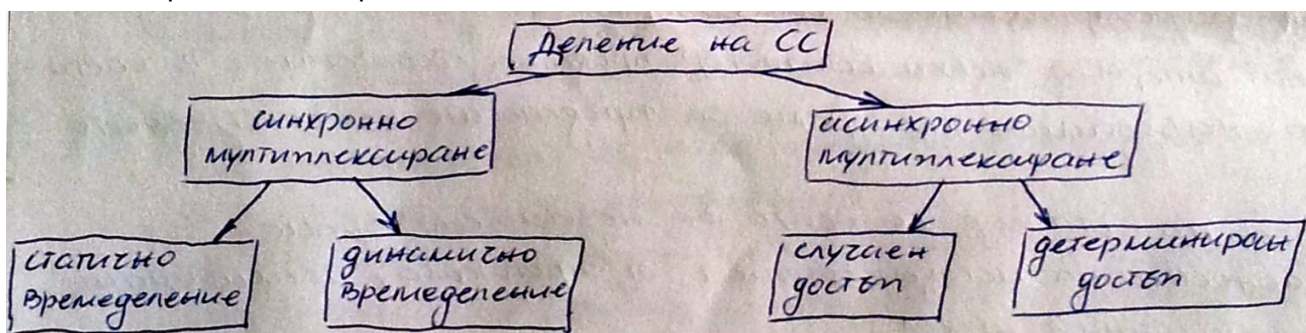
За целта то е разделено на следните две поднива

- подниво за управление на достъпа до СС – Media Access Control (MAC)

- подниво за управление на логическата връзка LLC – Logical Link Control

### 4.1 Управление на достъпа до съобщителната среда

Общото използване на СС се извършва в режим на разделяне във времето чрез мултиплексиране. Класификация на основните методи:



#### 4.1.1 Синхронно мултиплексиране

- позволява множествен достъп до СС чрез деление във времето на всеки компютър от мрежата

- интервалите могат да са постоянни и да се присвояват винаги и постоянно (статично времеделене) и да се присвояват само по заявка (динамично)

а) статично времеделене

- времето за използване на СС е еднакво за всички компютри от цялата мрежа

- интервалът  $\tau$  е запазен за всеки един компютър  $C_i$ , независимо от това дали ще бъде използван или не

- предаваните данни от компютрите са с еднаква дължина в рамките на техния интервал

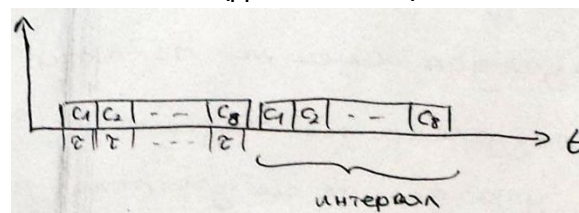
- СС не се използва ефективно, особено при нееднакви натоварвания на различните компютри, тъй като се резервират интервали и за компютри, които може да нямат готови данни за обмен – основен недостатък на метода

- предимство: лесна реализация, гарантиране на извършване на мрежова операция и невъзникване на конфликт

б) динамично времеделене

- използването на СС се извършва на 2 цикъла – цикъл за резервиране и цикъл на изпълнение

- цикълът за резервиране е организиран чрез статично времеделене



- във своя интервал всеки компютър предава съобщение, в което указва необходимото му време за предаване на собствените данни
- липсата на отговор се счита за не заявено време
- ефикасността на метода зависи от протокола, реализиращ резервационния цикъл

#### 4.1.2 Асинхронно мултиплексиране

- времето за достъп се присвоява в произволен ред, според нуждите на отделните компютри. Методите се делят на две групи:
  - а) случайни методи
    - правото на достъп до СС се предоставя с определена вероятност
    - компютрите се „борят“ за него на състезателен принцип
    - управлението на достъпа се извършва на базата на арбитражни алгоритми
    - методът е стандартизиран и се отнася до топология обща шина ISO 8802.3 0 -> CSMA / CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detect)
  - б) детерминирани методи
    - правото на достъп се гарантира на всеки компютър в рамките на определен временен интервал
- съществуват 2 разновидности на метода:
  - \* централизирано управление – Master-Slave
  - \* разпределено управление – компютри си предават последователно правото на достъп под формата на маркер (token) ISO 8802.5 – отнася се за кръгова топология и се нарича token ring.

#### 4.2 Метод за достъп до СС CSMA/CD

В основата на метода стои концепцията на фирмата Херох за реализиране на локалната мрежа Ethernet

##### 4.2.1 Основни принципи на метода

- всеки компютър от мрежата следи постоянно състоянието на СС и определя дали тя е свободна или заета
- СС се счита за заета, когато някой от компютрите вече предава данни
- в случай на заета СС ново предаване не може да започне и то се отлага до освобождаването ѝ
- СС се счита за свободна, ако за време  $t_p$  (времето за разпространение на сигнала по цялата шина) не е констатирано предаване на данни
- в случай на свободна СС предаването на данни може да започне, но предаващият трябва постоянно да следи за възникване на конфликт
- конфликтът е състояние, при което няколко компютъра предават данни едновременно.
- при възникване на конфликт всички, участници в него го разпознават и прекратяват предаването на данни
- участващите в конфликта изчакват случаен времеви интервал, след което правят пореден опит за предаване.

#### 4.2.2 Предаване без конфликт

#### 4.2.3 Предаване с конфликт

$$T\omega_1 \neq T\omega_2$$

(колкото е по-дълга мрежата  $tp$  се увеличава)

Възможно е 2 или повече компютъра да започнат едновременно предаване на данни – това е ситуация на конфликт. Времето за откриване на конфликта  $T_{max} = 2tp$

$$tp = 0.77 \frac{L_{max}}{c}$$

$L_{max}$  – max дължина на кабелния сегмент

$c$  – скоростта на светлината във вакуум

След откриване на конфликта участниците в него изчакват принудително случайно избран времеви интервал  $T\omega_i = P_i R_i$ , където  $P$  е трансформационен коефициент за време, а  $R_i = \text{Random}(0, 2^k - 1)$ , където  $k$  е броя на последователните опити за преодоляване на конфликта.

Броят на последователните опити за преодоляване на конфликта е 16, но след 10-я опит  $k$  се променя.

#### 4.2.4 Задълбочаване на конфликта

По време на решаване на конфликта, други компютри могат да започнат опити за предаване и така да се включат допълнително в нови конфликти с досегашните участници.

Така преди още стария конфликт да бъде решен е възможна появата на нов. Тази ситуация се нарича задълбочаване на конфликта. След 16 не успешни опита за решаване на конфликта, заявката се обявява за неуспешна и MAC нивото издава съобщение към горните нива за аварийна ситуация и в крайна сметка потребителя решава какво да се прави – да прекрати обмена или да продължи.

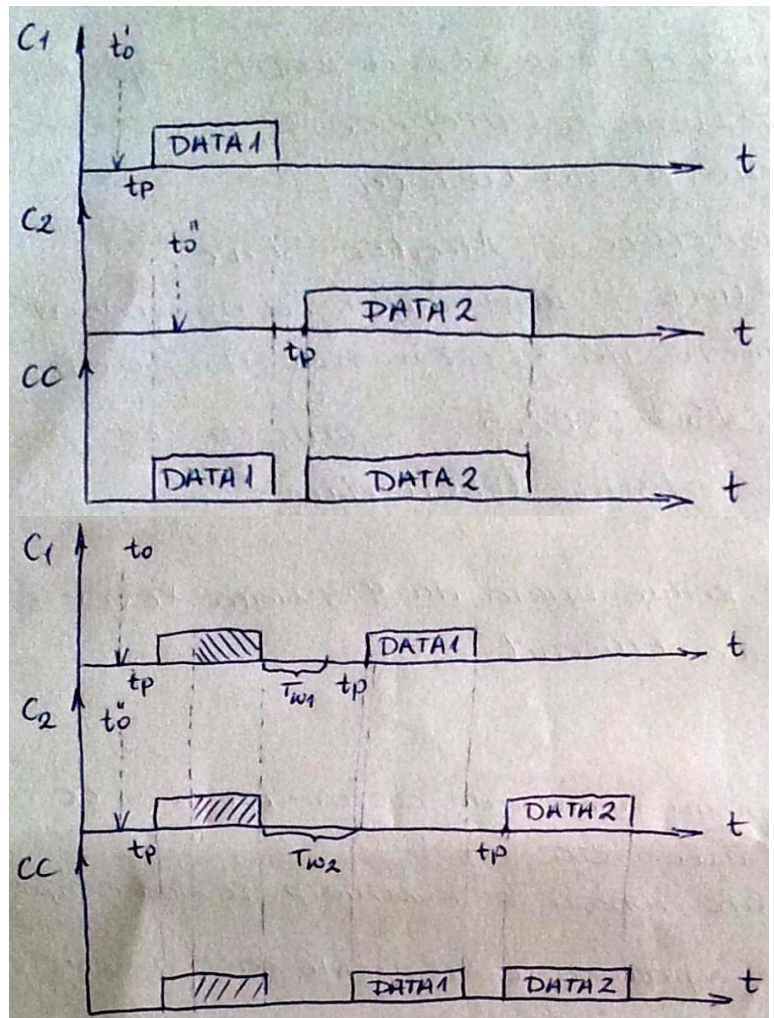
##### 4.2.4.1 Изводи

Методът предоставя достъп с дадена вероятност и максималното време на изчакване не е определено.

Методът е приложим за информационни системи и не е приложим за разпределени системи, работещи в реално време.

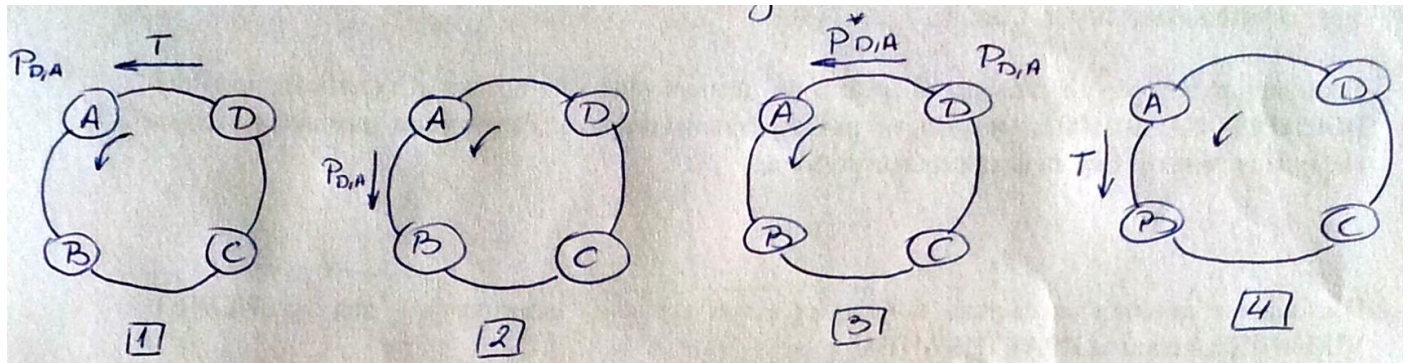
#### 4.3 Управление на достъпа чрез кръгов маркер

В основата стои концепция на фирмата IBM, която е реализирана в мрежата token ring. По-късно тази идея е развита и е превърната в стандарт ISO 8802.5.





#### 4.3.1.1 Основни принципи на метода



- един от компютрите, наречен монитор генерира управляващ пакет от данни – маркер (Т) и го пуска да се върти в кръга
- когато в мрежата няма трафик, маркерът се предава циклично и последователно от компютър на компютър
- компютър А е приготвил пакет от данни за компютър Д и изчаква получаването на маркера – сл.1
- когато маркерът Т пристигне при компютър А, той го задържа при себе си и на негово място изпраща своя пакет от данни – сл.2
- пакетът Pd,a се препредава от компютър на компютър, докато се достигне целта – компютър Д
- компютър Д получава пакета, копира го при себе си и в специално служебно поле го маркира, което е указание за нормално приети данни
- след това изпраща пакета към следващия компютър
- пакетът пристига при компютър А, той го анализира от гледна точка на това дали мрежовата операция е успешна или не, и възстановява маркера Т

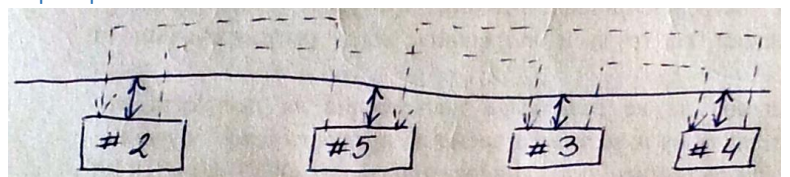
Предимства:

Гарантира извършване на мрежовата операция в рамките на определен времеви интервал.

Този метод е в основата на стандарта FDDI.

#### 4.4 Топология обща шина с управляващ маркер

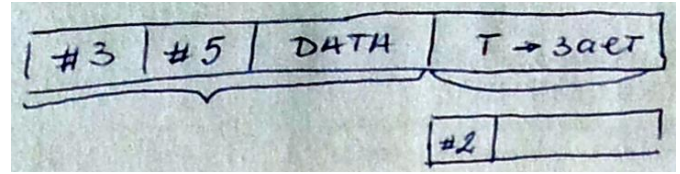
Използва се аналогията за управление на мрежата при кръгова топология. Тук се формира логически кръг. Тази мрежа е известна още като Token Bus.



Алгоритъм

1. При стартиране на мрежата един от компютрите условно се избира за кръгов генератор. Този компютър генерира специален пакет, нарече маркер. Особеното е, че маркерът има 2 състояния – свободен и зает.
2. Маркерът се пуска към следващия компютър от логическия кръг. Компютърът, който го получи анализира своето състояние от гледна точка има ли готови данни за предаване или не. Ако има данни, той ги предава и сменя състоянието на маркера (от свободен на зает).
3. Всеки компютър, който лови пакета анализира дали това са данни или маркер. Възможни са следните ситуации:

- приетите от даден компютър данни се отнасят за него. Тогава тези данни се приемат изцяло, приема се и маркера, сменя се неговото състояние (от зает на свободен) и отново се пуска по мрежата
  - компютрите, за които не се отнасят данните не ги приемат и не променят състоянието на маркера.
4. Компютри, в които стои заявка за предаване я задържат, докато не получат свободен маркер.



Изводи:

Стандартът Token Bus съчетава предимствата на предните два – гарантиране на мрежовата операция и висока надеждност. Стандартът се прилага в индустриални компютърни мрежи.

#### 4.5 Управление на логическата връзка (LLC)

Основна функция на подниво е обмен на логически свързани последователности от данни, оформени като кадри. Особености:

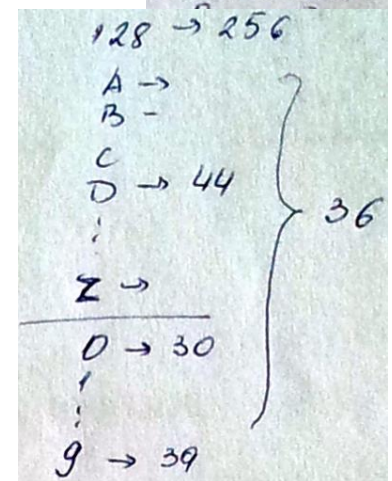
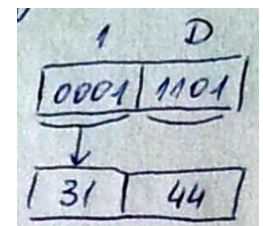
- всеки кадър съдържа управляващи символи и информационни полета
- управляващите символи са за начало и край на кадъра и осигуряват синхронизация между приемник и предавател
- всички управляващи символи трябва да са уникални и да не присъстват в информационните полета на кадъра
- това се постига чрез подходящо кодиране на информацията при предаване и възстановяване на началния ѝ вид след приемане

##### 4.5.1 Прекодиране на данните по тетради

00 – FF / 0, 1, 2, ..., 9, A, ..., F/

(0, 1, ..., 31 никога няма да попадне в информационното поле)

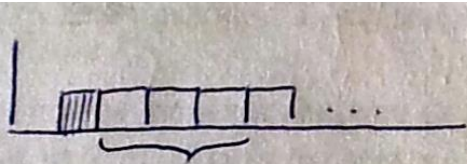
- всяка тетрада от байтове в информационните полета се прекодира в един байт, съдържащ ASCII кода на съответната шестнайсетична цифра
  - така информационните байтове се преместват като стойности в интервала на кодовете на цифрите от 0 до 9 и от A до F
  - Стойностите на управляващите символи се избират извън получения интервал и така се гарантира уникалност на разделителите
  - въведеният информационен излишък е 100%
- Методът е приложим за ниско скоростни мрежи



#### 4.6 Механизъм на вмъкване на битове (SDLC) – предложен от IBM

- кадърът се разглежда като непрекъсната последователност от битове. Всеки кадър започва и завършва с двоичната комбинация 01111110 – 7E
- в предаващата среда данните се преглеждат и в тях се поставя по един бит 0 след всяка група от 5 последователни единици
- в приемната среда полето за данни се анализира и от него се премахват служебните нули

Методът се използва в локална мрежа Ethernet



$$7E \rightarrow \frac{7}{01111110} \frac{E}{}$$

