

Локальные измерительно - вычислительные системы

5. Интерфейсы

Измерительно-вычислительные системы и интерфейсы

5. Интерфейсы

5.1. Принципы построения ИВС и способы передачи данных

5.2. Уровни организации приборного интерфейса

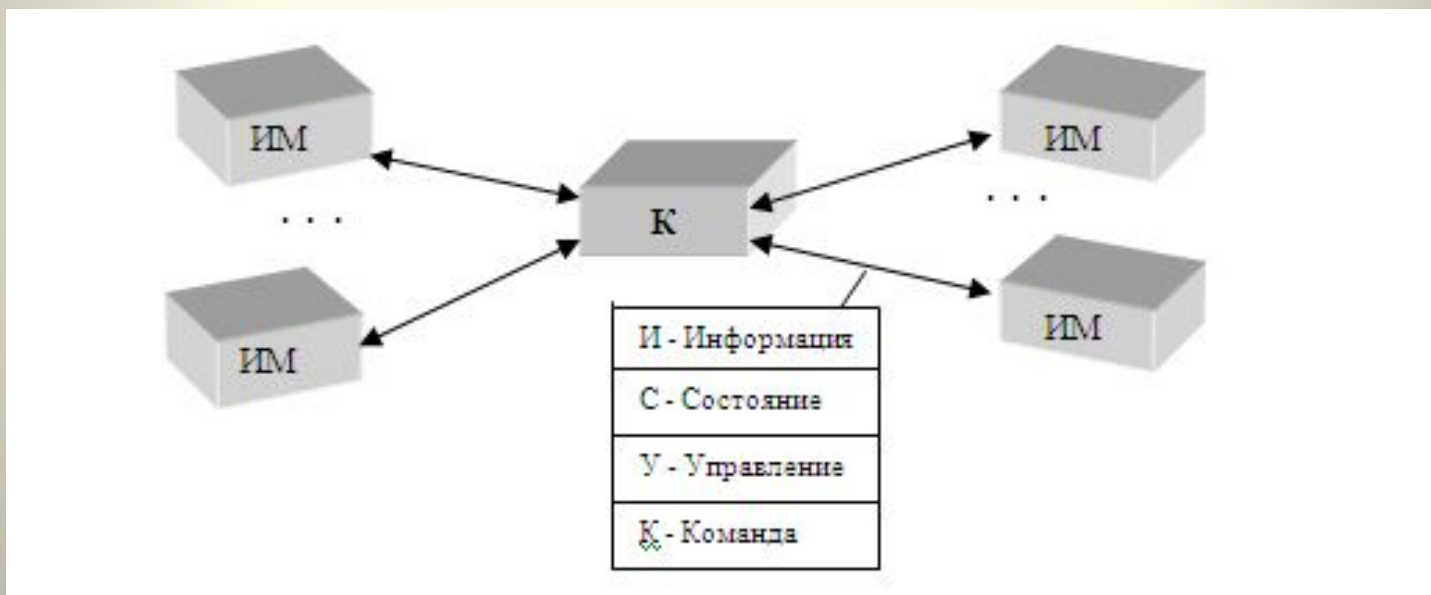
5.3. Примеры интерфейсов

5.4. CAN-интерфейс

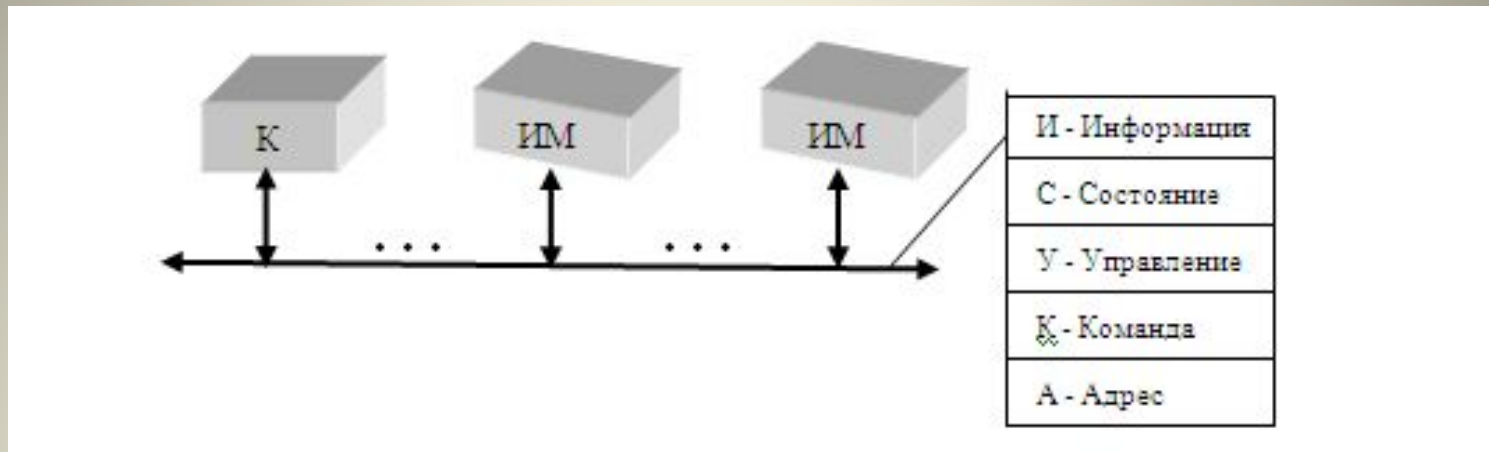
5.1 Принципы построения ИС и способы передачи данных

Основные структуры ИС

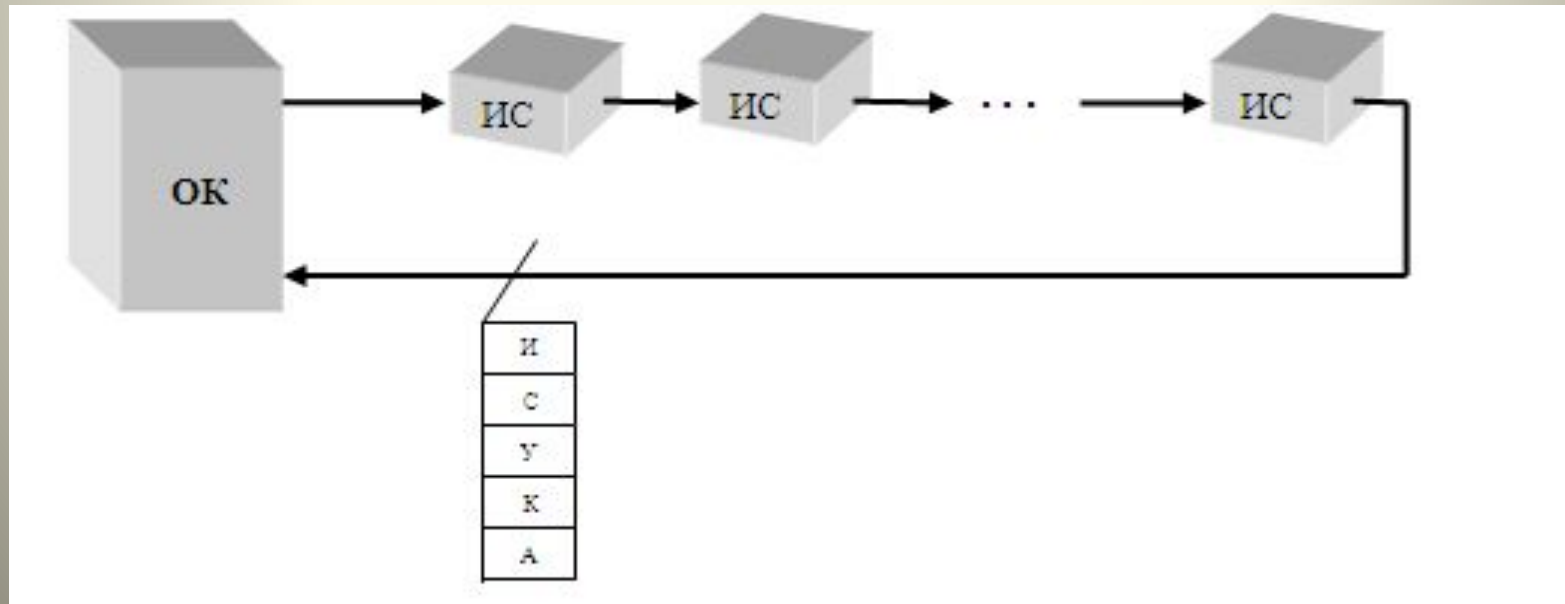
Радиальный принцип построения системы (звезда)



Магистральный принцип построения системы



Последовательный интерфейс. Кольцевая структура

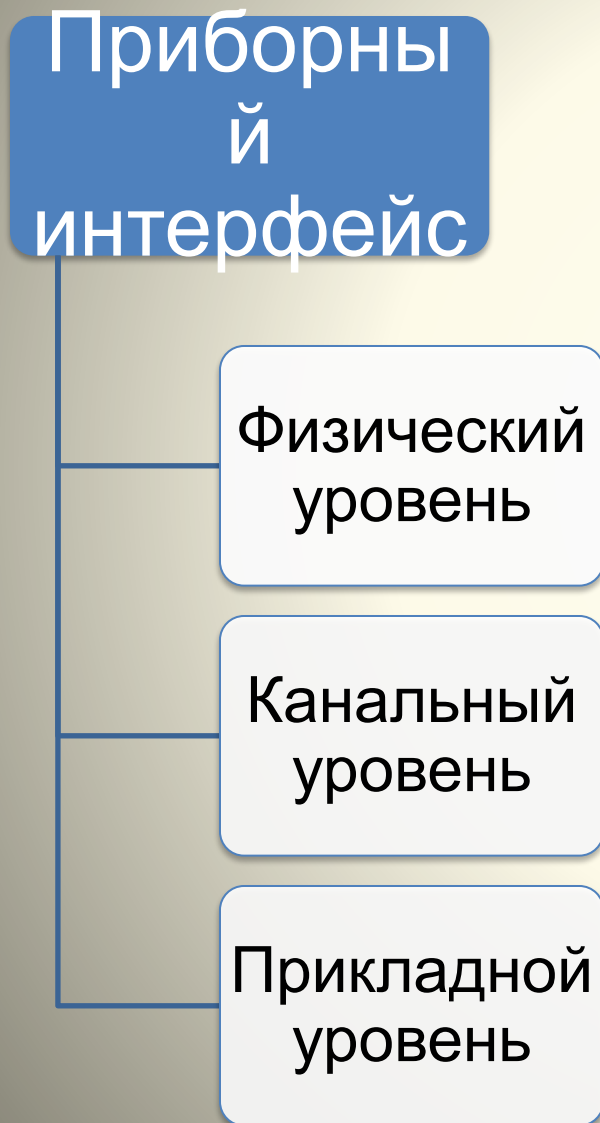


Интерфейсы

Параллельные. Требуют больших аппаратных затрат (многоконтактные разъемы, многожильные кабели), но обеспечивают большую производительность при передаче массивов данных. Используются в архитектуре контроллеров, в системах размещенных в одном корпусе (крейте) с короткими линиями связи.

Последовательные. Применяются для подключения измерительных модулей, передающих результаты измерений, как правило, в виде одиночных чисел или небольших массивов, находящихся на большом расстоянии (от метра до 1000 м), для обмена между контроллерами и подсистемами в локальных и распределенных системах.

5.2 Уровни организации приборного интерфейса



В соответствии с международным стандартом OSI/ISO (промышленный стандарт ISO11898) приборный интерфейс имеет три уровня организации:

- физический
- канальный
- прикладной

Физический уровень

- Определяет уровни сигналов, требования синхронизации, нагрузочную способность, элементы соединений (тип линии передачи: витая пара, коаксиальный кабель, оптоволокно, радиоканал; разъемы и др.), частоту передачи – f_{IF} (бит/сек), расстояние передачи сигнала – l_{IF} (м), количество шин передачи данных – n_{IF} . Перечисленные параметры могут быть использованы для характеристики эффективности передачи данных по интерфейсу при их сравнении.
- Определяет архитектуру системы – способы подключения устройств к контроллеру и обмена между собой. В настоящее время из известных принципов получили широкое применение радиальные и магистральные структуры с параллельной или последовательной передачей данных.

Эффективность организации физического уровня

- Эффективность применения того или иного типа соединения может быть определена как оценка затрат на единицу передаваемой информации – эффективность организации физического уровня

$$V_{\text{ФIF}} = (C_{\text{CIF}} + C_{\text{IF}} I_{\text{ИС}}) / (f_{\text{IF}} n_{\text{IF}})$$

C_{CIF} – стоимость узла связи интерфейса

C_{IF} (руб./м) – удельная стоимость одного метра коммуникаций физического уровня

$I_{\text{ИС}}$ - реальное расстояние между элементами измерительной системы

f_{IF} (бит/сек) – частота передачи

n_{IF} - количество шин передачи данных

Основные характеристики основных видов реализации физического уровня

| Характеристика | Витая пара не экранированная | Витая пара экранированная | Радио канал | Коаксиальный кабель | Оптическое окно |
|---|------------------------------|---------------------------|-------------|---------------------|-----------------|
| Расстояние, м | 1-1000 | 1-1000 | 50-10000 | 1-1000 | 1-1000 |
| Вероятность ошибки передачи бита | 10^{-4} | 10^{-5} | $>10^{-3}$ | 10^{-9} | 10^{-12} |
| Скорость передачи, кбит/с | 0.3-2000 | 0.3-2000 | 1.2-9.6 | 300-10000 | $1-10^5$ |
| Средняя цена узла связи (C_{CIF}), руб. | 300-900 | 300-900 | 1500-3000 | 900-1500 | 2500-6000 |
| Средняя цена метра (C_{IF}), руб. | 40 | 60 | - | 110 | 250 |

Надежность передачи данных

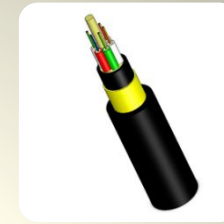
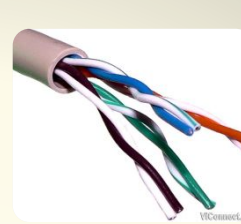
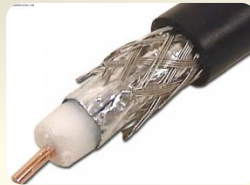
Важной характеристикой является надежность передачи данных, вероятность появления ошибки. Как видно из предыдущей таблицы, разные реализации физического уровня имеют разную надежность, которая не всегда определяется стоимостью. Для повышения надежности передачи данных используются алгоритмы преобразования кодов, механизм формирования контрольных кодов с обнаружением и исправлением ошибок, что требует дополнительных затрат. Данный показатель связан со стоимостью системы, он должен определяться заказчиком в техническом задании как требование (ограничение) на создание системы. Это зависит от организации протоколов обмена, организации канального уровня.

Таким образом, эффективность обмена данными определяется не только физическим уровнем, она зависит от информационной организации обмена, от протокола обмена.

Физический уровень Ethernet

Передающая среда:

- Коаксиальный кабель
- Витая пара
- Оптический кабель



Преимущества использования витой пары по сравнению с коаксиальным кабелем:

- возможность работы в дуплексном режиме;
- низкая стоимость кабеля «витой пары»;
- более высокая надёжность сетей при неисправности в кабеле
- минимально допустимый радиус изгиба меньше;
- большая помехозащищённость из-за использования дифференциального сигнала;
- возможность питания по кабелю маломощных узлов, например IP-телефонов

Причиной перехода на оптический кабель была необходимость увеличить длину сегмента без повторителей.

В зависимости от скорости передачи данных и передающей среды существует несколько вариантов технологии:

- 10 Мбит/с Ethernet (до 2 км)
- Быстрый Ethernet (Fast Ethernet, 100 Мбит/с, от 2 до 10 километров)
- Гигабитный Ethernet (Gigabit Ethernet, 1 Гбит/с, от 5 до 50 километров)
- 10-гигабитный Ethernet (от 10 до 40 километров соответственно.)
- 40-гигабитный и 100-гигабитный Ethernet (в разработке)

Большинство Ethernet-карт и других устройств имеет поддержку нескольких скоростей передачи данных, используя автоопределение скорости и дуплексности, для достижения наилучшего соединения между двумя устройствами.

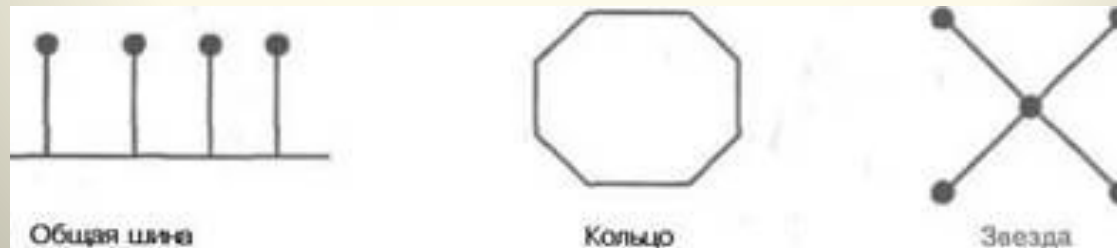
IEEE 802.3 — стандарты IEEE, касающиеся функционирования сетей Ethernet.

Канальный уровень

Определяет логику организации протоколов обмена данными между двумя устройствами: передача управляющей информации, данных о состоянии, команд, результатов измерения. Организация протокола обмена может характеризовать эффективность взаимодействия устройств: количество тактов обмена по интерфейсу необходимое для получения одного результата данных контрольных измерений – $t_{DIF} = mT_{IF}$, T_{IF} – число тактов цикла обмена по интерфейсу, m – число циклов.

Канальный уровень переводит поступившую с верхнего уровня информацию в биты, которые потом будут переданы физическим уровнем по сети. Он разбивает пересылаемую информацию на фрагменты данных — кадры (frames).

Канальный уровень обеспечивает доставку данных между узлами в сети с определенной топологией. **Топология** - способ организации физических связей и способы их адресации. К основным топологиям относятся:



Пример организации фрейма передачи данных для некоторых протоколов

| Протокол (t_{IF}/t_{DIF}) | Поле фрейма | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|
| | Начало | Доп. данные | Адрес | Управление | Данные | Контрольная сумма (КС) | Окончание |
| CAL (58/58) | Старт бит | - | Идентификатор 11 бит | Управление один байт | Данные 2-8 байта | КС, 15 бит | Разделитель 11 бит |
| ProfiBus (96/96) | Старт байт | Указатель, 3 байта | Адрес приемник/ источник, два байта | Код функции, один байт | Данные 1-244 байта | КС | Оконечный байт |
| ModBus (73/73) | Старт байт | - | Адрес, два байта | Управление два байта | Данные 1-8 байт | КС, два байта | Стоп бит |
| ASI (16/48) | Старт бит | Бит управления | Адрес приемника 4 бита | - | Данные один байт | Бит четности | Стоп бит |
| BitBus (57/57) | Старт байт | - | Адрес, один байт | Управление один байт | Данные 1-8 байт | КС, два байта | Стоп бит |
| RadBus (96/96) | Старт два байта | Указатель, 2 байта | Адрес приемник/ источник, три байта | Код команды, один байт | Ответ 0-117 байт | КС, один байт | Оконечный байт |

Режимы взаимодействия

Мастер/ведомое устройство (Master/Slave), контроллер сначала выясняет состояние устройства (готов новый результат, наличие ошибок и др.), затем считывает его. На это затрачивается несколько циклов обмена по интерфейсу, причем каждый цикл реализуется за несколько тактов (порядка десяти) в случае параллельной передачи данных, и за несколько десятков тактов – в случае последовательной. Если устройство инициализирует обмен, то для выяснения адресата также выполняется цикл обмена по интерфейсу (для магистральных структур).

Мультимастер. Каждое устройство передает измерительные данные по мере готовности. В этом случае данные могут быть переданы в контроллер за один цикл обмена. Это удобно для систем реального времени.

Одна и та же физическая реализация интерфейса может использовать разные организации протокола.

Характеристики интерфейсов

В таблице приведены основные характеристики последовательных магистральных интерфейсов, использующих рассмотренные ранее протоколы, и нескольких параллельных магистральных интерфейсов, используемых при построении ИС.

| Интерфейс | Число устройств | Число ведущих устройств | Максимальная длина линии, м | Скорость обмена (f_{IF}) кбит/с | Физический уровень (n_{IF}) |
|--------------------|-----------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| CAN / DiviceNet | 127 / 64 | Все / Все | 1000 - 40 / 500 - 100 | 50 - 1000 / 125 - 500 | 2-проводная 4- проводная |
| ProfiBus | 126 | 1 | 200 | 1500 | Витая пара, оптоволокно |
| ModBus | 247 | 1 | 1000 - 40 | 50 - 1000 | Любой |
| ASI | 31 | 1 | 100 | 1000 | 2-проводная |
| BitBus | 28 | Несколько | 30 | 2400 | 4-проводная |
| RadBus | 32 | 1 | 1200 | 57.6 | 2-проводная |

Эффективность применения интерфейса

Эффективность применения интерфейса для конкретной реализации ИС целесообразно оценивать по производительности передачи измерительных данных $f_D = f_{IF} / t_{DIF}$. В этом случае показатель эффективности интерфейса можно записать как

$$V_{IF} = (C_{CIF} + C_{IF} I_{IC}) / (f_D) = (C_{CIF} + C_{IF} I_{IC}) / (f_{IF} / t_{DIF})$$

C_{CIF} – стоимость узла связи интерфейса

C_{IF} (руб./м) – удельная стоимость одного метра коммуникаций физического уровня

I_{IC} - реальное расстояние между элементами измерительной системы

f_{IF} (бит/сек) – частота передачи

n_{IF} - количество шин передачи данных

$t_{DIF} = m T_{IF}$ - количество тактов обмена по интерфейсу необходимое для получения одного результата данных контрольных измерений

T_{IF} – число тактов цикла обмена по интерфейсу

m – число циклов

Пример для организации интерфейса для передачи данных результатов измерения (одно число) на расстоянии до 10 м и 1000 м, на частоте 1000 Гц, с помощью экранированной витой пары.

Результаты расчета показателя эффективности со значениями параметров расчета приведены в таблице:

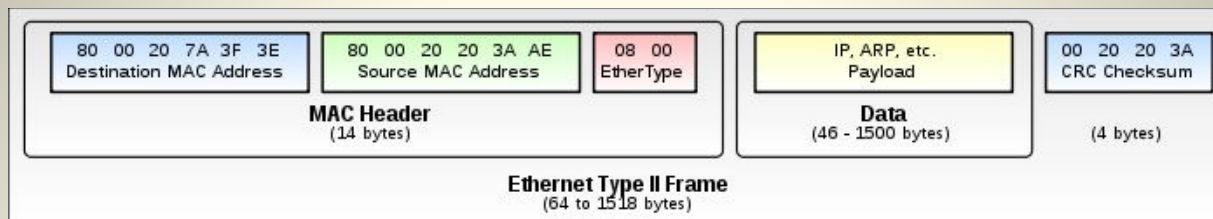
| Интерфейс | Параметры | | | | | | | |
|-----------|-----------|----------|----------|--------------|----------------|-----------|--------------|----------------|
| | C_{CIF} | C_{IF} | l_{IC} | $f_{IF(10)}$ | $f_{IF(1000)}$ | t_{DIF} | $V_{IF(10)}$ | $V_{IF(1000)}$ |
| CAN | 900 | 30 | 10/1000 | 1000 | 50 | 58 | 70 | 35844 |
| Profibus | 900 | 30 | 10/- | 1500 | - | 96 | 77 | - |
| ModBus | 900 | 30 | 10/1000 | 1000 | 50 | 73 | 88 | 45111 |
| ASI | 900 | 30 | 10/- | 1000 | - | 48 | 58 | - |
| BitBus | 1800 | 60 | 10/- | 5 | - | 57 | 23940 | - |
| RadBus | 900 | 30 | 10/1000 | 60 | 60 | 96 | 1920 | 49440 |

Из расчета видно, что для выбранных условий при построении локальной системы ($l_{IC} \leq 10$ м) наиболее эффективным из рассмотренных интерфейсов является ASI, а для распределенной системы ($l_{IC} \leq 1000$ м) – CAN.

Канальный уровень Ethernet

Ethernet — пакетная технология передачи данных преимущественно локальных компьютерных сетей.

Формат кадра:



- *Поле преамбулы* состоит из семи байтов синхронизирующих данных. Каждый байт содержит одну и ту же последовательность битов - 10101010.
- *Адрес получателя* - может быть длиной 2 или 6 байтов (MAC-адрес получателя). При широковещательной адресации все биты поля адреса устанавливаются в 1.
- *Адрес отправителя* - 2-х или 6-ти байтовое поле, содержащее адрес станции отправителя.
- *Двухбайтовое поле длины* определяет длину поля данных в кадре.
- *Поле данных* может содержать от 0 до 1500 байт.
- *Поле контрольной суммы* - 4 байта, содержащие значение, которое вычисляется по определенному алгоритму (полиному CRC-32).

Каждая сетевая карта должна иметь уникальный шестибайтный номер (MAC-адрес), прошитый в ней при изготовлении. Этот номер используется для идентификации отправителя и получателя кадра. Уникальность MAC-адресов достигается тем, что каждый производитель получает в координирующем комитете IEEE диапазон из шестнадцати миллионов (2^{24}) адресов, и по мере исчерпания выделенных адресов может запросить новый диапазон.

MAC-адреса формируют основу сетей на канальном уровне, которую используют протоколы более высокого (сетевого) уровня. Согласно подсчётам IEEE, запаса MAC адресов хватит по меньшей мере до 2100 года.

Контрольная сумма

Контрольная сумма — некоторое значение, рассчитанное по набору данных путём применения определённого алгоритма и используемое для проверки целостности данных при их передаче или хранении. Так же контрольные суммы могут использоваться для быстрого сравнения двух наборов данных на неэквивалентность: с большой вероятностью различные наборы данных будут иметь неравные контрольные суммы.

Популярность использования контрольных сумм для проверки целостности данных обусловлена тем, что подобная проверка просто реализуема в двоичном цифровом оборудовании, легко анализируется и хорошо подходит для обнаружения общих ошибок, вызванных наличием шума в каналах передачи данных.

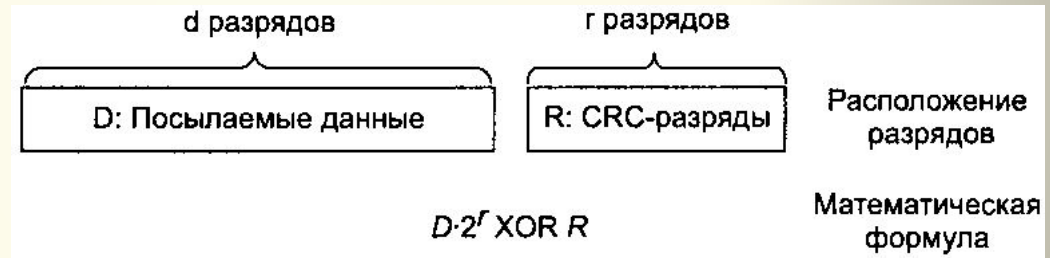
Пример:

- Циклический избыточный код (CRC8, CRC16, CRC32).
- MD5, SHA-1 и другие криптографические хеш-функции.

Циклический избыточный код

Циклический избыточный код (*Cyclic redundancy code, CRC*) — алгоритм вычисления контрольной суммы, предназначенный для проверки целостности передаваемых данных. Также называют полиномиальными кодами, так как при их вычислении битовая строка рассматривается как многочлен (полином), коэффициенты которого равны 0 или 1, и операции с этой битовой строкой можно интерпретировать как операции деления и умножения многочленов.

Алгоритм CRC:



$$R = \text{остаток} \frac{D \cdot 2^r}{G}.$$

R - многочлен, представляющий значение CRC

D - многочлен, коэффициенты которого представляют входные данные.

G - порождающий многочлен.

r - степень порождающего многочлена.

$$\sum_{n=0}^{N-1} a_n x^n.$$

Прикладной уровень

Определяет возможности аппаратно-программных средств интерфейса, связанные с представлением результатов контроля, их анализом, предварительной обработкой (уменьшение случайной составляющей погрешности, удаление промахов, аппроксимация и др.). Указанные возможности характеризуются быстродействием контроллера, его разрядной сеткой, памятью.

В общем случае производительность контроллера, может характеризоваться временем получения достоверного результата контроля – $t_{\text{КИФ}}$ или интенсивностью получения результатов – $\lambda_{\text{КИФ}} = 1/t_{\text{КИФ}}$. В зависимости от задач решаемых контроллером на прикладном уровне его производительность определяет интенсивность запросов на обмен с более высоким уровнем ИС – $\lambda_{\text{КИС}}$ или $\lambda_{\text{ЛИС}}$. Поэтому на этапе проектирования должны быть определены все контролируемые параметры, требования по их измерению, составлено расписание опроса всех каналов, определены алгоритмы обработки данных (алгоритмы получения достоверных результатов), алгоритмы и протоколы взаимодействия измерительных подсистем.

Определенность в перечисленных данных позволит определить среднюю и максимальную интенсивность запросов на обмен от каждого элемента системы. В этом случае могут быть удовлетворены условия описанные выше.

Стандартизация

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) - национальная организация США, определяющая сетевые стандарты. В 1981 году рабочая группа 802 этого института сформулировала основные требования, которым должны удовлетворять локальные вычислительные сети. Группа 802 определила множество стандартов, из них самыми известными являются стандарты 802.1, 802.2, 802.3 и 802.5, которые описывают общие понятия, используемые в области локальных сетей.

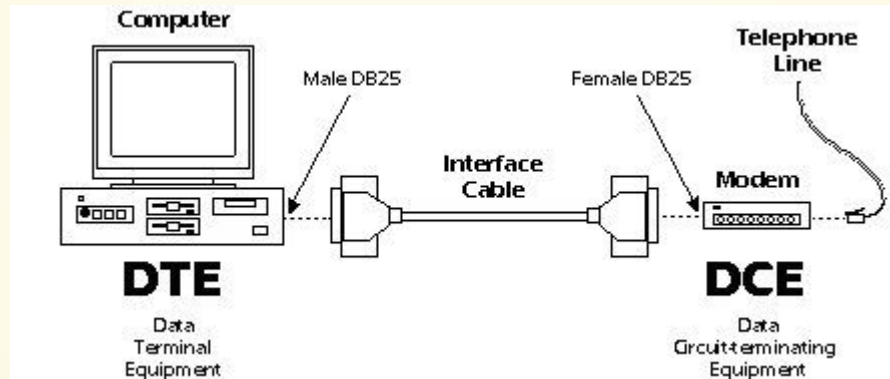
Ecma International (European Computer Manufacturers Association) — ассоциация основанная в 1961 году, деятельность которой посвящена стандартизации информационных и коммуникационных технологий.

Ассоциация преследует три цели:

- Создавать (в сотрудничестве с организациями аналогичной направленности, но локального масштаба) стандарты и технические отчёты в порядке поддержки и стандартизации использования информационных и сетевых систем.
- Поощрять правильное использование стандартов путём влияния на контекст их употребления.
- Публиковать стандарты и технические отчёты в электронном и бумажном виде. Распространение документов должно быть бесплатно и неограниченно.

5.3 Примеры интерфейсов

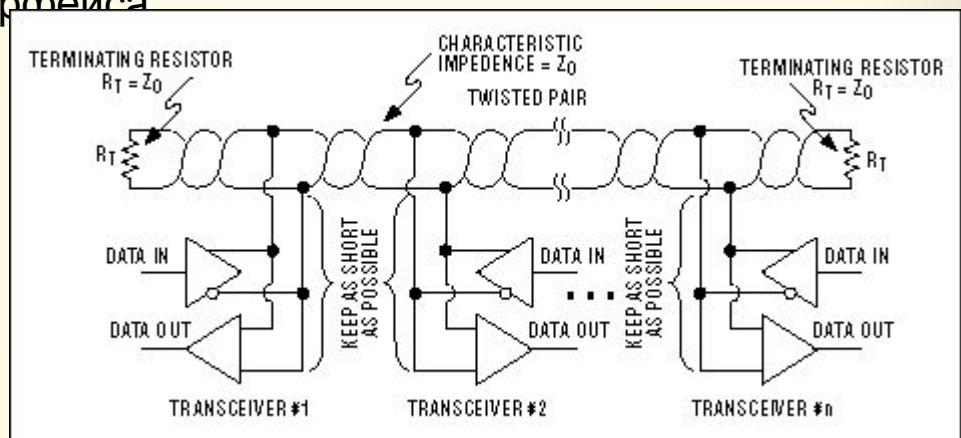
RS-232 - стандарт последовательной асинхронной передачи двоичных данных между терминалом (DTE) и коммуникационным устройством (DCE). Информация передается по проводам с уровнями сигналов, отличающимися от стандартных 5В, для обеспечения большей устойчивости к помехам. Асинхронная передача данных осуществляется с установленной скоростью при синхронизации уровнем сигнала стартового импульса. Устройства для связи по последовательному каналу соединяются кабелями с 9-ю или 25-ти контактными разъемами типа D.



| Скорость (кбит\с) | Макс. длина (м) |
|-------------------|-----------------|
| 19,2 | 15 |
| 9,6 | 150 |
| 4,8 | 300 |
| 2,4 | 900 |

| Уровень | |
|----------------|--------------|
| 0 | +5В ... +15В |
| 1 | -5В ... -15В |
| Мин. вх. напр. | -3В ... +3В |

RS-485 — стандарт физического уровня для асинхронного интерфейса. Регламентирует электрические параметры многоточечной дифференциальной линии связи типа «общая шина». Стандарт на RS-485 предусматривает только 32 пары передатчик/приемник, но используя репитеры можно продлевать RS-485 практически до бесконечности. Только один передатчик является активным в данный момент времени. Стандарт RS-485 оговаривает только электрические и временные характеристики интерфейса



| Скорость (кбит\с) | Макс. длина (м) |
|-------------------|-----------------|
| 10000 | 10 |
| 2400 | 100 |
| 375 | 300 |
| 62,5 | 1200 |

| Уровень | |
|----------------|---------------|
| 0 | +1,5В ... +6В |
| 1 | -1,5В ... -6В |
| Мин. вх. напр. | -0.2В диф. |

5.4 CAN-интерфейс(Controller Area Network)

CAN-протокол был разработан фирмой «Robert Bosh GmbH» для использования в автомобильной электронике, отличается повышенной помехоустойчивостью, надежностью и обладает следующими возможностями:

- конфигурационная гибкость
- получение сообщений всеми узлами с синхронизацией по времени
- неразрушающий арбитраж доступа к шине
- режим «мультимастер»
- обнаружение ошибок и передача сигналов об ошибках
- автоматическая передача сбойных сообщений при получении возможности повторного доступа к шине
- различие между случайными ошибками и постоянными отказами узлов с возможностью отключения дефектных узлов
- работает на витой паре на расстоянии до 1 км

Среди многочисленных достоинств CAN-сетей можно выделить следующие:

- Невысокую стоимость как самой сети, так и ее разработки.
- Высокую степень надежности и «живучести» сети благодаря развитым механизмам обнаружения ошибок (одна незамеченная ошибка за более чем 300 лет круглосуточной работы сети на скорости 500 кбит/с), повтору ошибочных сообщений, самоизоляции, неисправных узлов, иммунитету к э/м помехам.
- Простоту конфигурирования и масштабирования сети, отсутствие теоретических ограничений на кол-во узлов.
- Поддержку разнотипных физических сред передачи данных – от витой пары до оптоволокна и радиоканала
- Эффективность реализации режима реального времени благодаря наличию нескольких инициаторов обмена по шине и широковещательной передаче, побитовому арбитражу, высокой скорости передачи данных (до 1 Мбит/с).
- Промышленный стандарт – десятки производителей CAN-компонентов и оборудования, включая практически всех электронных гигантов: «Интел», «Филипс», «Сименс», «Моторола». Гарантированная доступность элементной базы в течение, как минимум, 10 лет.

Физический уровень (Bosch CAN 2.0 A/B)

Дифференциальное включение.

Уровень сигнала равен $1/3$ уровня напряжения питания:

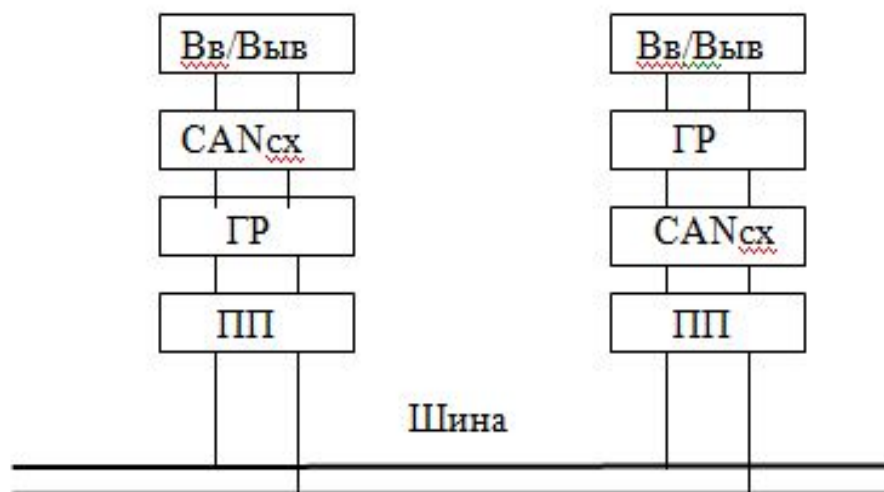
При $U=5V$



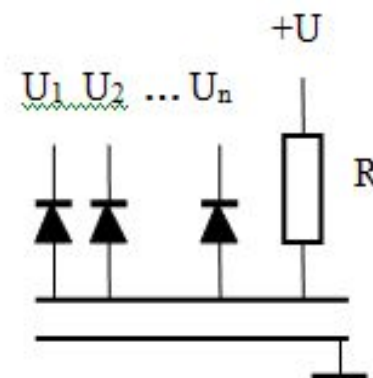
Максимальная длина шины – 1 км.

Скорость передачи – 1 Мбит/с при длине шины 60 м.

Гальваническая развязка:



Операция «И»



CANсх – схема управления протоколом обмена.

ГР - гальваническая развязка.

ПП – приемопередатчик.

Канальный уровень - CAN протокол

Фрейм Данных



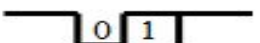
** - Интервал между фреймами (Шина свободна)

Поле подтверждения

Передатчик



Приемник



На шине



“И”

- информация принята без ошибки.

Удаленный фрейм – запрос на обмен

Признак: “1” в бите «Удаленный запрос».

Не содержит Данных.

Фрейм ошибок

Поле данных содержит: поле флажков ошибок, служебную информацию.

Управление доступом к шине (Арбитраж)

Модуль 1: 0 0 0 0 0 0 1 0 1 - проигрывает.

Модуль 2: 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 - продолжает передачу.

На шине: 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 . . . - если «Сегмент подтверждения» = “0” - информация передана успешно.

Анализ состояния шины

Один такт на шине соответствует нескольким тактам работы CAN-схемы.

Момент анализа состояния шины определяется контроллером на этапе инициализации.

На шине



Анализа состояния

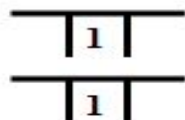


Канальный уровень - CAN протокол

Управление ошибками

Типы ошибок:

1. Разрядная ОШ - передатчик сравнивает значение разряда с уровнем на шине если не совпал – ошибка (арбитража, кроме поля подтверждения, флажков пассивной ошибки);
2. ОШ подтверждения – передатчик определяет, что сообщение не принято;



3. ОШ заполнения – если к сообщению встретились 6 битов одного значения (передатчик должен вставить после 5 битов с одинаковым значением бит с противоположным значением, приемник убирает этот бит);



4. ОШ контрольной суммы – если контрольная сумма не совпала;
5. ОШ формы – если значения битов не совпадают с тем что должно быть.

ОШ активная – вырабатывается передатчиком, если он обнаружил ошибку:



6 битов «0» вызывают отмену всех передач и ОШ заполнения – сброс данных.

ОШ пассивная – если приемник обнаружил ошибку, передает пассивный фрейм 6 битов «1»



этот фрейм м.б. наложен на данные и если другие модули не обнаружили ошибку, не мешает передачи данных.

Прикладной уровень - CAL (CEN Application Layer)

CAN протокол не является конкретно ориентированным протоколом. Его структуру формирует разработчик.

Прикладной уровень имеет следующую организацию

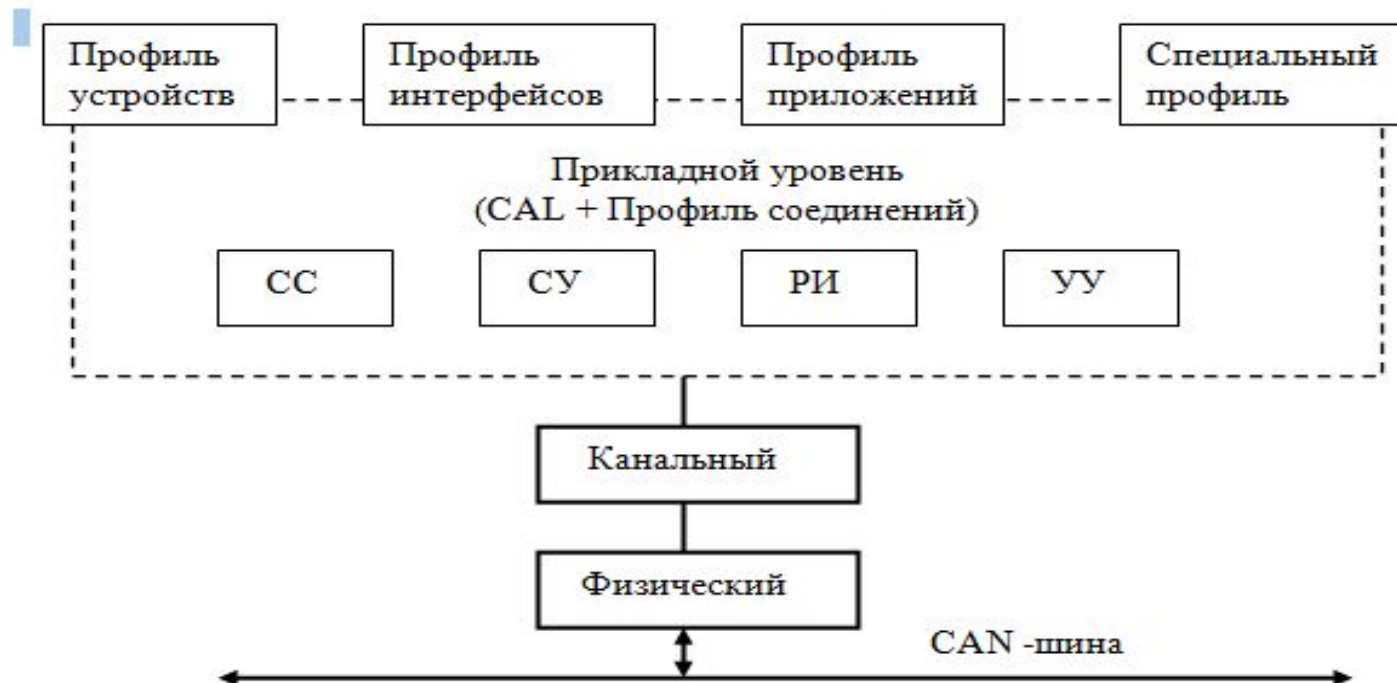


Рисунок 14

СС – спецификация сообщений (CMS) описывает: типы объектов, правила передачи данных с помощью фреймов, взаимодействие модулей типа Клиент-Сервер, механизм передачи данных более 8 байтов.

СУ – сетевое управление (NMT) выполняет контроль ошибок, конфигурирование устройств.

РИ – распределение идентификаторов (DBT) обеспечивает бесконфликтное распределение идентификаторов под контролем мастера.

УУ – управление уровнем (LMT) выполняет запрос и изменение текущих параметров модулей: значение идентификаторов, скорость передачи, битовое квантование.

Интерфейс CANopen

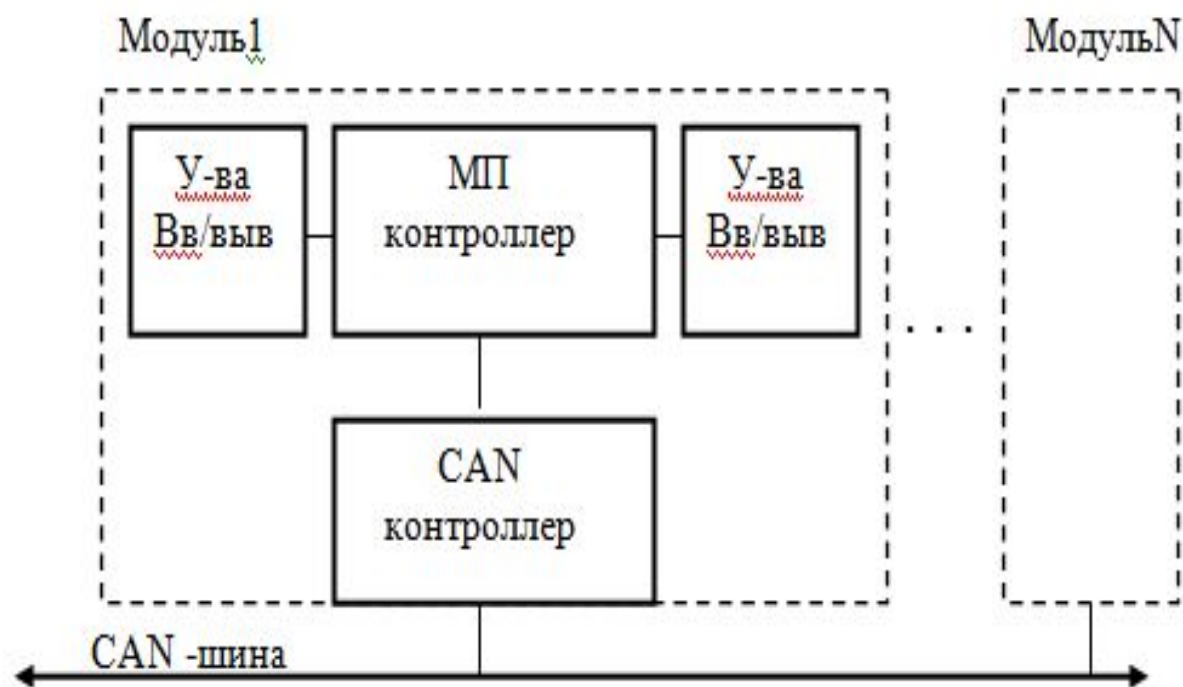


Рисунок 15

Технология арбитража сообщений



CANopen поддерживается ассоциацией фирм производителей CiA (CAN in Automation).

Установлена спецификация физического уровня:

- Профиль соединений (тип соединений) – CiADS-301,
8 скоростей передачи: 1 Мбит/с, 800, 500, 125, 50, 20, 10 Кбит/с,
20 Кбит/с – обязательная скорость передачи для всех устройств,
- Коммуникационный профиль (правила битового обмена) – CiADS-302.

Установлена система профилей канального уровня:

- Протоколов – объектов:
 - Данных,
 - Сервисных данных – настройки устройств,
 - Специальных функций - для запуска синхронных процессов, временные маркеры, аварийные.
- Устройств – CiADS-40x:
 - DSP-401 – модули вв/выв,
 - DSP-402 – приводы управления перемещением,
 - DSP-403 – человеко-машинный интерфейс,
 - DSP-404 – измерительные устройства, регуляторы,
 - DSP-405 – интерфейс ШУС1131,
 - DSP-406 – кодеры,
 - DSP-407 – устройства управления в транспорте,
 - и др.

Интерфейс CAN Kingdom

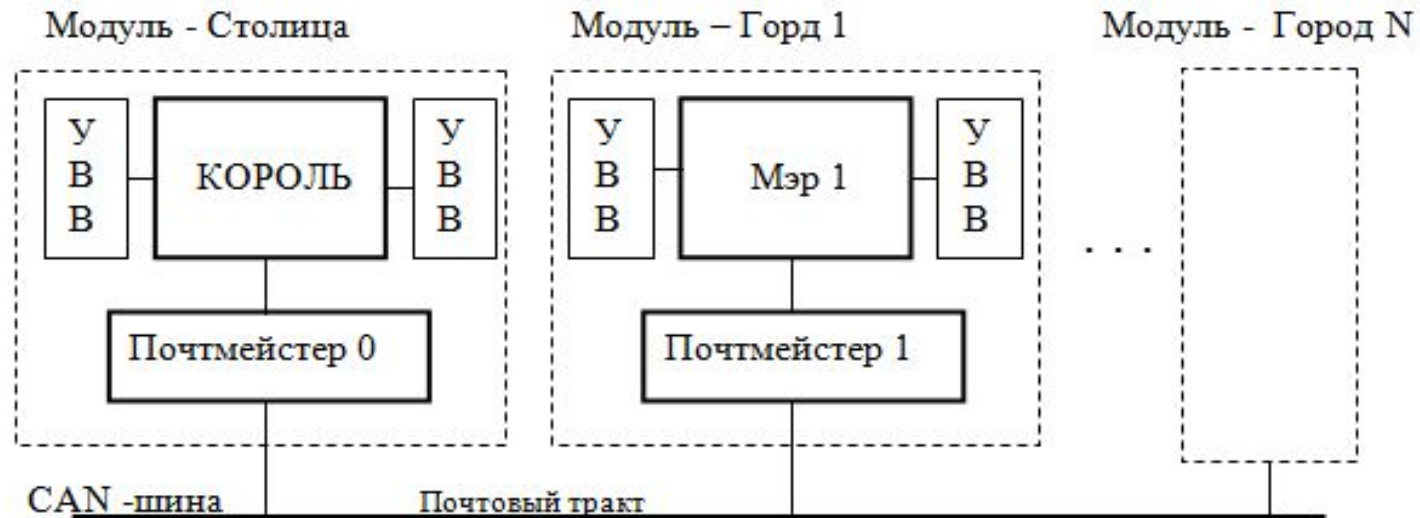


Рисунок 16

Концепция **CAN Kingdom** разработана шведской фирмой KVASER-AB для управления промышленными роботами и установками.

Концепция – модули обслуживают сеть.

Король – управляющая программа – супервизор.

Мэр – управляющая программа узла (города).

Город экспортирует или импортирует продукцию - корреспонденцию – данные:

- Письмо – CAN-фрейм – данные, удаленный запрос,
- Конверт - CAN-идентификатор (международный код EAN/UPC, включающий код производителя и продукта),
- Страница – поле данных в фрейме,
- Строка – байт данных,
- Элемент строки – бит данных.

Используются понятия: форм, документов, папок, листов, что позволяет не программистам создавать эффективную систему. Создана максимальная свобода разработчику – это набор примитивов, позволяющий создавать свою функцию.

Особенности CAN Kingdom:

1. Распределение идентификаторов находится под контролем разработчика.
2. Максимальное время прохождения сообщения предсказуемо.
3. Всегда есть король, нет действий без разрешения.
4. После вкл. питания через 200 мс модули должны настроиться на прослушивание на частоте 125 Кбит/с.
5. Полная настройка системы во время инициализации (каждый модуль должен иметь номер и «знать» частоту обмена).
6. Гибкость упаковки данных (возможно даже в идентификатор).
7. Объединение узлов в группы.
8. Часы реального времени.
9. Возможно включение любого модуля выполненного в стандарте ISO11898.

CAN Kingdom - основа американского военного стандарта.

Интерфейс DeviceNet

Разработан фирмой Allen-Bradley

Цель – простое объединение разнородных устройств.

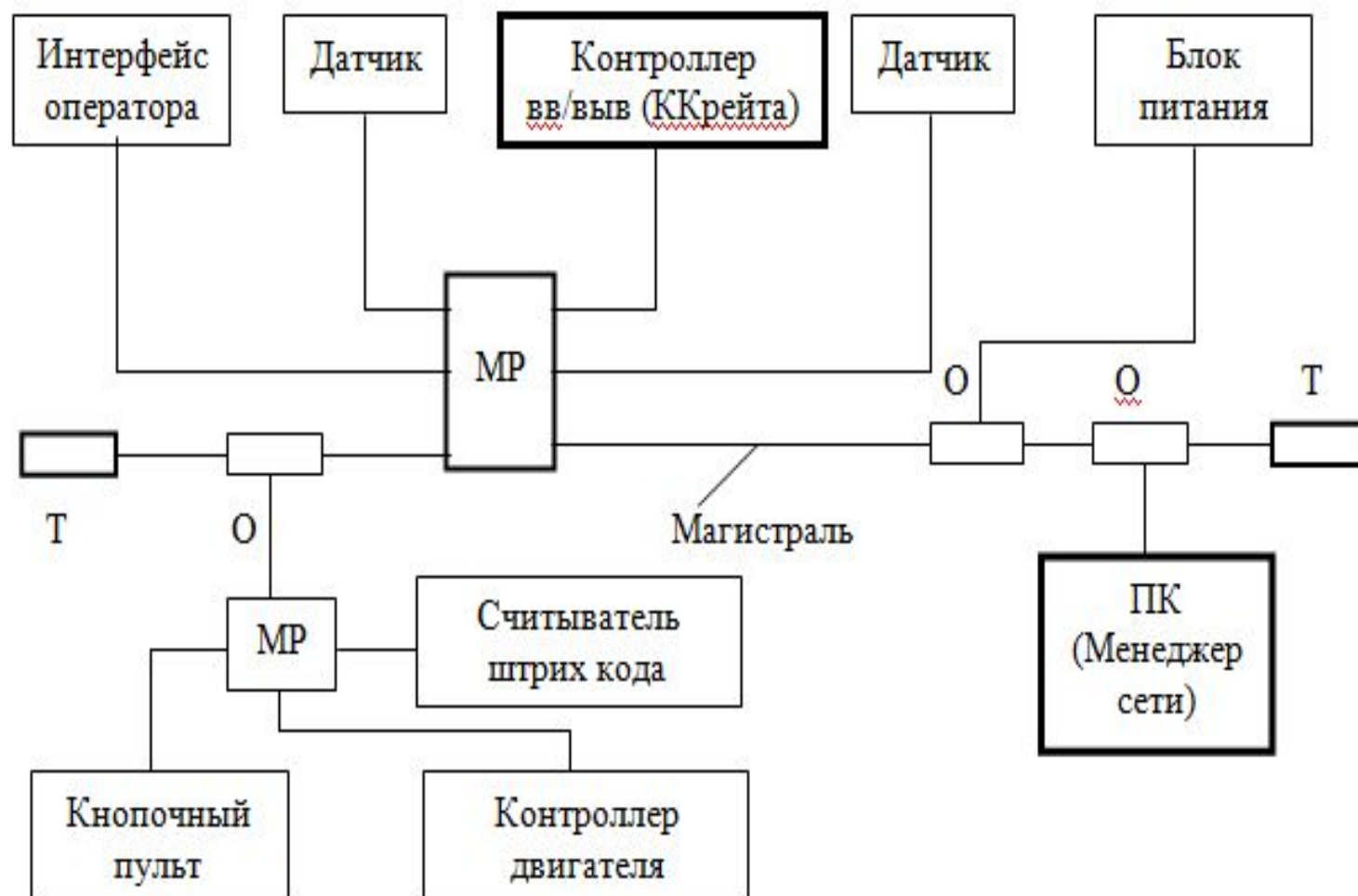


Рисунок 17

MP – Многопортовый разветвитель.

T – терминатор.

O – ответвитель магистрали.

Шина имеет 4 провода: CEN-H, CEN-L, V_{cc}, Ground.

Частота передачи: 125, 250, 500 Кбит/с.

Длина отводов от 6 м при частоте 500 Кбит/с до 500 м при частоте 125 Кбит/с.

Максимальное число узлов – 64 (6 разрядов поля идентификатора).

Общее число устройств до 2048 (по 32 на узел).

Большое количество спецификаций канального уровня.

Объектноориентированная модель модуля:

1. Объект удостоверение – код производителя, продукт, версия и т.д.
2. Объект соединения – логический порт устройства вв/выв.
3. Объект DeviceNet – идентификатор модуля, скорость передачи, состояние модуля и др.
4. Объект сообщение – переправляет явное сообщение получателю.

Модули м.б. активные (равноправные соединения) и пассивные (не могут выбирать путь соединения).

Модули объединяются в 4 группы в порядке убывания приоритетов:

1. Наиболее критичные ко времени.
2. Явные и сообщения вв/выв.
3. Несрочные сообщения для мониторинга и диагностики.
4. Сообщения для подключения устройств.

Поддерживается ассоциацией ODVA (Open DeviceNet Vender Association) (более 285 фирм). Разработаны библиотеки профилей для подключения стандартных устройств.

Интерфейс SDS (Smart Distributed System)

Разработан фирмой Honeywell

Цель – недорогие законченные сети.

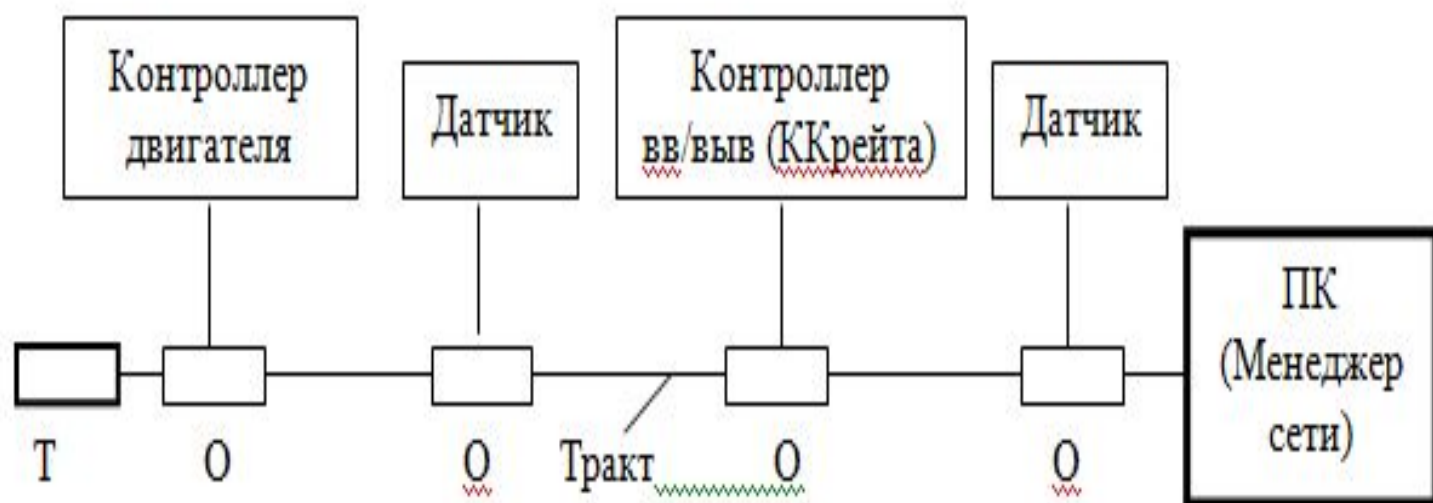


Рисунок 18

Т – терминатор.

О – ответвитель магистрали.

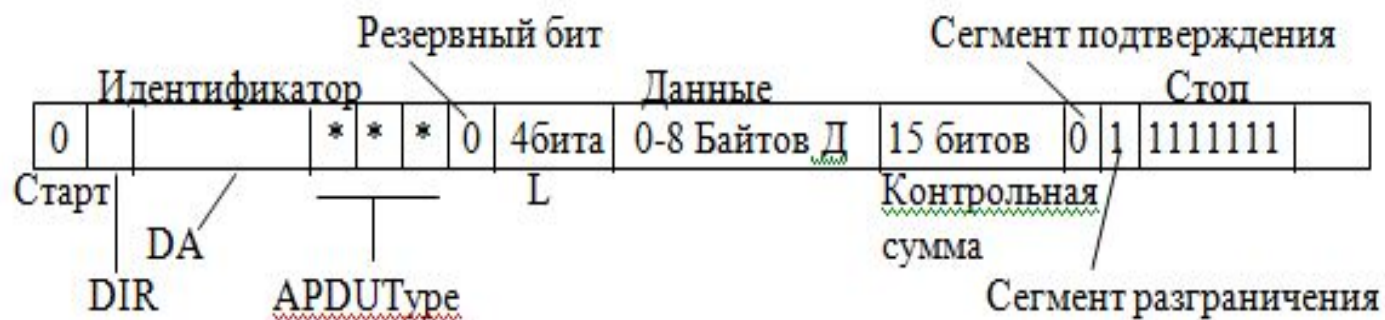
Шина имеет 4 провода: CEN-H, CEN-L, V_{cc}, Ground.

Напряжение питания: 11-25 В.

Частота передачи: Кбит/с.

Длина отводов 457, 182, 91, 22,6 м при частотах 125, 250, 500, 1000 Кбит/с соответственно.

Максимальное число узлов – 64 на частотах 125, 250, 500 Кбит/с и 32 на частоте 1 Мбит/с.



DA (Device Addr.) – адрес устройства (до 126 устройств).

DIR – признак адреса: «0» - адрес получателя, «1» - адрес источника.

APDUType – тип сервиса прикладного уровня (0-7).

L - размер данных: «0» - укороченный фрейм (без данных):

1. Обнаружение измененного состояния устройства - Chage of State (Off, On, Off ACT, On ACT),
 2. Управление состоянием – Write (On state, Off state, ...).
- «2»-«8» - длинный фрейм (нормальная длинная форма) 2 первых байта содержат: спецификацию сервиса, идентификатор объекта, дополнительные параметры сервиса и др., остальные байты содержат данные.

Большие массивы данных передаются серией фреймов до 64 (по 4 байта).

Нормальная длинная форма используется: при широковещательном и равноправном обмене, при открытии и закрытии индивидуальных типов соединений, при чтении атрибутов устройств, при изменении атрибутов устройств, при передаче команды устройству «выполнять действия», для сигнализации о событии

При инициализации используются 4 функции – примитива: **Запрос** – генерируется устройством инициатором соединения, **Ответ** – ответ устройства ответчика, **Индикация** – фиксация факта приема устройством ответчиком, **Подтверждение** – подтверждение приема устройством инициатором.