

Цифровые вычислительные устройства и микропроцессоры приборных комплексов

Интерфейсы передачи данных

- Интерфейс – это понятие, применимое к объектам самых разных областей деятельности человека. В зависимости от контекста понятие интерфейса применимо как к отдельному объекту (интерфейс объекта), так и к связкам объектов (интерфейс сопряжения объектов)
- В вычислительной технике и информационных системах под **стандартным интерфейсом** понимается **совокупность унифицированных стандартных программных и конструктивных средств!**
- Составными физическими частями интерфейса являются электрические цепи, называемые линиями
- Линии группируются по их функциональному назначению и в этом случае называются шинами

- Интерфейс характеризуется следующими параметрами:
 - Пропускная способность – количество бит (байт), передаваемых в единицу времени
 - Максимально допустимое расстояние между соединяемыми устройствами
 - Общее число линий и шин в интерфейсе
 - Количество параллельно передаваемой информации по шинам интерфейса – ширина интерфейса

- Наиболее распространённые интерфейсы передачи данных в микропроцессорах и информационных сетях:
 - UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)
 - SPI (Serial Peripheral Interface)
 - I²C (Inter-Integrated Circuit)
 - USB (Universal Serial Bus)
 - CAN (Controller Area Network)
 - Ethernet
 - Интерфейсы RS-XXX:
 - RS-232
 - RS-422
 - RS-485

- UART – универсальный асинхронный приёмопередатчик, который переводит данные из последовательной формы в параллельную и обратно.
- UART может представлять собой как отдельное устройство, так и быть частью ИМС.
- Чаще всего UART применяется для передачи данных через последовательный порт компьютера или периферийного устройства.
- Также UART часто встраивается в микроконтроллеры.

- По структуре это обычный **асинхронный** последовательный интерфейс, то есть передающая сторона по очереди выдаёт в линию 0 и 1, а принимающая отслеживает их и запоминает.
- Состав UART:
 - тактовый генератор;
 - входной и выходной сдвиговые регистры;
 - контроллер приёма/передачи;
 - контроллер чтения/записи.
- Синхронизация идёт по времени — приёмник и передатчик заранее договариваются о том на какой частоте будет идти обмен.
- Режим обмена данными может быть как дуплексный, так и полудуплексный.

- В начале передатчик подаёт в линию низкий уровень. Это **старт-бит**. Приёмник выжидает интервал $T1$ и считывает первый бит данных. Далее с интервалом $T2$ считываются остальные биты. Последний бит – **стоп-бит** (может быть 1,5 и 2 стоп-бита), говорящий о том, что передача завершена.
- В конце перед стоп-битом может стоять **бит чётности**, необходимый для контроля качества передачи.

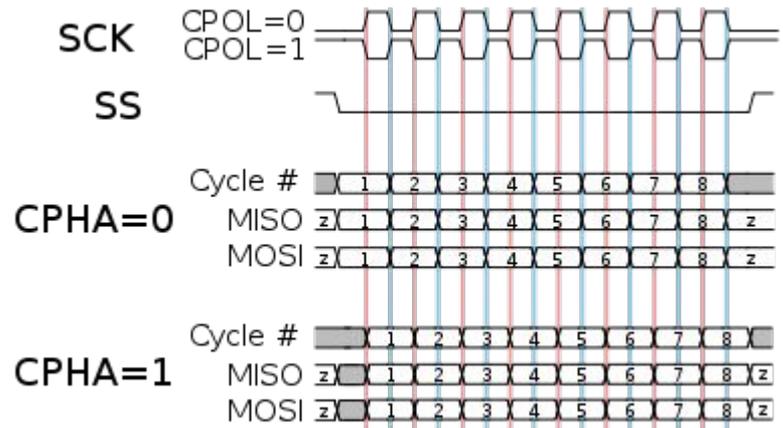


- SPI - последовательный синхронный стандарт передачи данных в режиме полного дуплекса, разработанный компанией Motorola для обеспечения простого и недорогого сопряжения микроконтроллеров и периферии.
- В отличие от стандартного последовательного порта, SPI является синхронным интерфейсом, в котором любая передача синхронизирована с общим тактовым сигналом, генерируемым ведущим устройством (процессором). Принимающая периферия (ведомая) синхронизирует получение битовой последовательности с тактовым сигналом. К одному последовательному периферийному интерфейсу ведущего устройства-микросхемы может присоединяться несколько микросхем. Ведущее устройство выбирает ведомое для передачи, активируя сигнал «выбор кристалла» (chip select) на ведомой микросхеме. Периферия, не выбранная процессором, не принимает участие в передаче по SPI.

- В SPI используются четыре цифровых сигнала:
 - MOSI или SI (Master Out Slave In) – выход ведущего, вход ведомого. Служит для передачи данных от ведущего устройства ведомому.
 - MISO или SO (Master In Slave Out) – вход ведущего, выход ведомого. Служит для передачи данных от ведомого устройства ведущему.
 - SCLK или SCK (Serial CLock) – последовательный тактовый сигнал. Служит для передачи тактового сигнала для ведомых устройств.
 - CS или SS (Chip Select, Slave Select) – выбор микросхемы, выбор ведомого.
- В зависимости от количества и типа подключаемых периферийных устройств некоторые сигналы могут отсутствовать.
- Таким образом шина интерфейса SPI может состоять из двух, трёх или четырёх сигнальных линий.

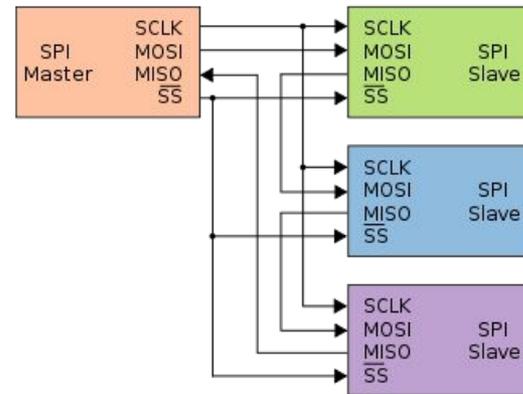
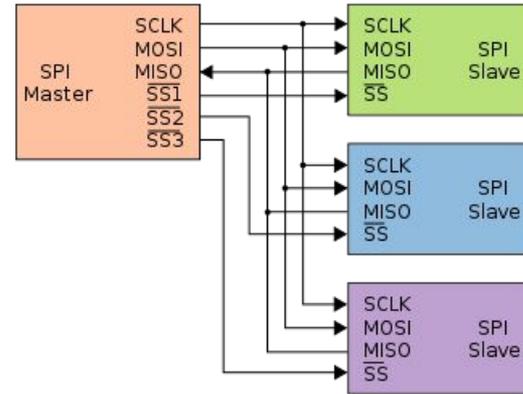
- В дополнение к установке тактовой частоты ведущий должен установить полярность CPOL и фазу (CPHA) тактового сигнала по отношению к передаваемым данным.
- Во всех сочетаниях CPOL и CPHA значение сигнала SCLK должно быть стабильным до того, как сигнал SS станет активным.

Временные диаграммы передачи данных при различных CPOL и CPHA



Режим	CPOL	CPHA
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	1	1

- **Основная конфигурация** – независимое подключение ведомых устройств.
- Каждому ведомому свой сигнал SS ведущего.
- Сигналы SCLK, MISO, MOSI подключены «звездой».
- **Альтернативная конфигурация** – кооперативное подключение ведомых устройств.
- Сигнальные линии MISO и MOSI ведущего и ведомых образуют кольцо.
- SCLK и SS подключены «звездой».

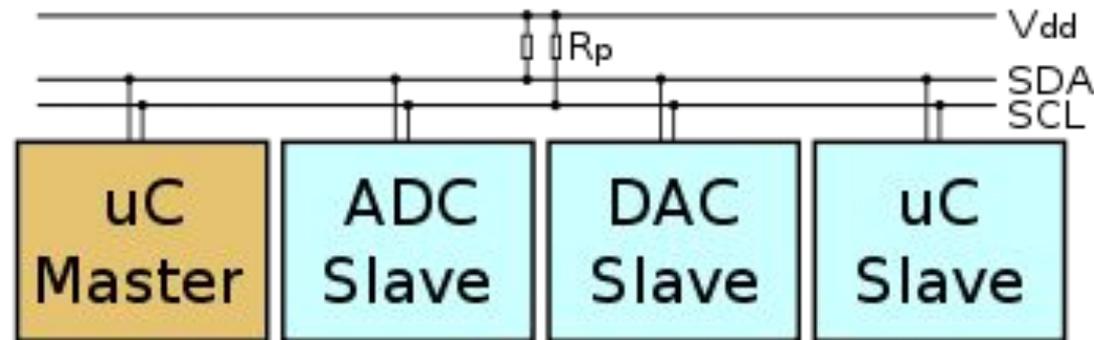


- Достоинства:
 - передача данных в режиме полного дуплекса
 - бóльшая пропускная способность, чем у I²C
 - ведомые устройства используют тактовый сигнал ведущего
 - ведомым устройствам не требуются уникальные адреса
 - требует гораздо меньше выводов ИМС, чем параллельные интерфейсы
- Недостатки:
 - поддерживает только одно ведущее устройство
 - работоспособен на меньших расстояниях по сравнению с RS-232, RS-485, CAN
 - отсутствует адресация по основной линии связи; требуется отдельная линия выбора устройства (SS)

- Основная конфигурация шины часто применяется для соединения микроконтроллеров с АЦП, ЦАП, ЖКИ, внешними микросхемами памяти, преобразователями интерфейсов.
- Альтернативная конфигурация шины используется в составе специализированного отладочного интерфейса JTAG.

- I²C – последовательная шина данных для связи интегральных схем, разработанная в начале 1980-х как простая шина внутренней связи для создания управляющей электроники.

- В шине I²C используются две двунаправленные линии с открытым стоком – последовательная линия данных (SDA – Serial DAta) и последовательная линия тактирования (SCL – Serial CLock), обе нагруженные резисторами. Максимальное напряжение V_{dd}=+5 В; часто используется V_{dd}=+3,3 В. Допускаются и другие напряжения.



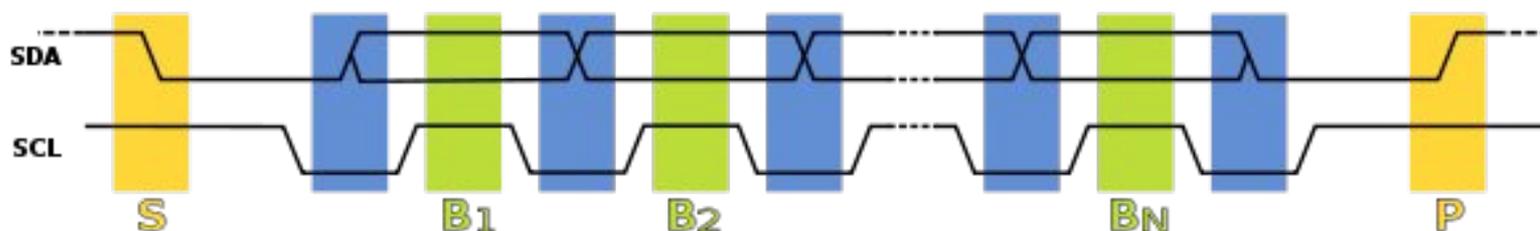
Пример шины I²C с одним микроконтроллером (uC Master) и тремя подчинёнными (Slave) устройствами (ADC – АЦП, DAC – ЦАП, uC – 2-й микроконтроллер)

- Каждое устройство, подключённое к шине, может быть программно адресовано по уникальному адресу. Для выбора приемника сообщения ведущий использует уникальную адресную компоненту в формате посылки. При использовании однотипных устройств, ИС часто имеют дополнительный селектор адреса, который может быть реализован как в виде дополнительных цифровых входов селектора адреса, так и в виде аналогового входа. При этом адреса таких однотипных устройств оказываются разнесены в адресном пространстве устройств, подключенных к шине.
- В обычном режиме используется 7-битная адресация.
- Процедура адресации на шине I²C заключается в том, что первый байт после сигнала СТАРТ определяет, какой ведомый адресуется ведущим для проведения цикла обмена. Исключение составляет адрес "Общего вызова", который адресует все устройства на шине.

- Первые семь битов первого байта образуют адрес ведомого. Восьмой, младший бит, определяет направление пересылки данных. "Ноль" означает, что ведущий будет записывать информацию в выбранного ведомого. "Единица" означает, что ведущий будет считывать информацию из ведомого.
- После того, как адрес послан, каждое устройство в системе сравнивает первые семь бит после сигнала СТАРТ со своим адресом. При совпадении устройство полагает себя выбранным как ведомый-приёмник или как ведомый-передатчик, в зависимости от бита направления.
- Адрес ведомого может состоять из фиксированной и программируемой части. Количество программируемых бит в адресе зависит от количества свободных выводов микросхемы.
- Все ИМС, поддерживающие работу в стандарте шины I²C, имеют набор фиксированных адресов, перечень которых указан производителем в описаниях контроллеров.
- Комбинация бит 11110XX адреса зарезервирована для 10-битной адресации.

- Процедура обмена начинается с того, что ведущий формирует состояние СТАРТ - переход сигнала линии SDA из ВЫСОКОГО состояния в НИЗКОЕ при ВЫСОКОМ уровне на линии SCL. Этот переход воспринимается всеми устройствами, подключенными к шине как признак начала процедуры обмена.
- Процедура обмена завершается тем, что ведущий формирует состояние СТОП - переход состояния линии SDA из низкого состояния в ВЫСОКОЕ при ВЫСОКОМ состоянии линии SCL.
- Состояния СТАРТ и СТОП всегда вырабатываются ведущим.
- Считается, что шина занята после фиксации состояния СТАРТ. Шина считается освободившейся через некоторое время после фиксации состояния СТОП. При передаче посылок по шине I²C каждый ведущий генерирует свой синхросигнал на линии SCL. После формирования состояния СТАРТ, ведущий опускает состояние линии SCL в НИЗКОЕ состояние и выставляет на линию SDA старший бит первого байта сообщения.
- Количество байт в сообщении не ограничено.
- Спецификация шины I²C разрешает изменения на линии SDA только при НИЗКОМ уровне сигнала на линии SCL. Данные действительны и должны оставаться стабильными только во время ВЫСОКОГО состояния синхроимпульса.

- Для подтверждения приема байта от ведущего - передатчика ведомым - приемником в спецификации протокола обмена по шине I²C вводится специальный бит подтверждения, выставляемый на шину SDA после приема 8 бита данных.
- Подтверждение при передаче данных обязательно. Передатчик отпускает линию SDA на время синхроимпульса подтверждения. Приёмник должен удерживать линию SDA в течение ВЫСОКОГО состояния синхроимпульса подтверждения в стабильном НИЗКОМ состоянии.
- В случае, когда ведомый-приёмник не может подтвердить свой адрес, линия данных должна быть оставлена в ВЫСОКОМ состоянии. После этого ведущий может выдать сигнал СТОП для прерывания пересылки данных.



Тактировка последовательности передачи данных по шине I²C

RS-232 (англ. Recommended Standard 232) — стандарт физического уровня для асинхронного интерфейса (UART). Широко известен как последовательный порт персональных компьютеров. Исторически имел широкое распространение в телекоммуникационном оборудовании. Используется для подключения широкого спектра оборудования, нетребовательного к скорости обмена, особенно при значительном удалении его от компьютера и отклонении условий применения от стандартных.

RS-232 обеспечивает передачу данных и некоторых специальных сигналов между терминалом (англ. Data Terminal Equipment, DTE) и коммуникационным устройством (англ. Data Communications Equipment, DCE) на расстояние до 15 метров на максимальной скорости (до 1 Мбит/с).

В настоящее время чаще всего используется в промышленном и узкоспециальном оборудовании, встраиваемых устройствах. На портативных компьютерах (ноутбуках, нетбуках, КПК и т. п.) широкого применения RS-232 применяется редко, материнские платы стационарных персональных компьютеров обычно имеют RS-232 — либо в виде разъёма на задней панели, либо в виде колодки для подключения шлейфа на плате. Также возможно использование переходников-преобразователей.

Интерфейс широко используется для взаимодействия микроконтроллеров различных архитектур, имеющими в своем составе интерфейс UART, с другими цифровыми устройствами и периферией.

RS-232 (англ. Recommended Standard 232) — стандарт физического уровня для асинхронного интерфейса (UART). Широко известен как последовательный порт персональных компьютеров. Исторически имел широкое распространение в телекоммуникационном оборудовании. Используется для подключения широкого спектра оборудования, нетребовательного к скорости обмена, особенно при значительном удалении его от компьютера и отклонении условий применения от стандартных.

RS-232 обеспечивает передачу данных и некоторых специальных сигналов между терминалом (англ. Data Terminal Equipment, DTE) и коммуникационным устройством (англ. Data Communications Equipment, DCE) на расстояние до 15 метров на максимальной скорости (до 1 Мбит/с).

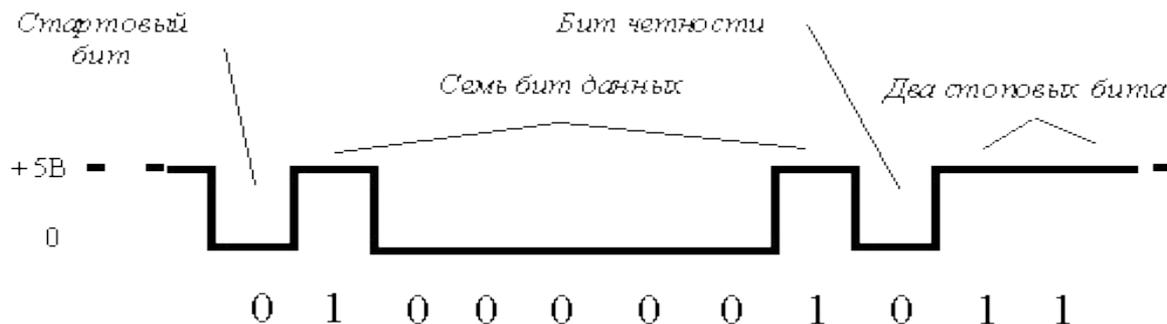
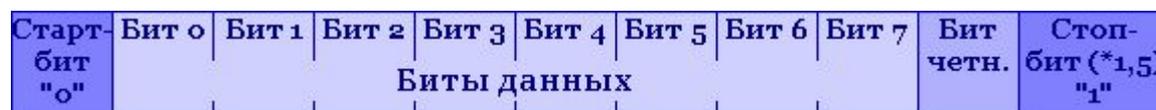
В настоящее время чаще всего используется в промышленном и узкоспециальном оборудовании, встраиваемых устройствах. На портативных компьютерах (ноутбуках, нетбуках, КПК и т. п.) широкого применения RS-232 применяется редко, материнские платы стационарных персональных компьютеров обычно имеют RS-232 — либо в виде разъёма на задней панели, либо в виде колодки для подключения шлейфа на плате. Также возможно использование переходников-преобразователей.

Интерфейс широко используется для взаимодействия микроконтроллеров различных архитектур, имеющими в своем составе интерфейс UART, с другими цифровыми устройствами и периферией.

RS-232 — проводной дуплексный интерфейс. Метод передачи данных аналогичен асинхронному последовательному интерфейсу UART.

Информация передаётся по проводам двоичным сигналом с двумя уровнями напряжения (код NRZ). Логическому «0» соответствует положительное напряжение (от +5 до +15 В для передатчика), а логической «1» — отрицательное (от -5 до -15 В для передатчика). Для электрического согласования линий RS-232 и стандартной цифровой логики UART выпускается большая номенклатура микросхем драйверов.

Помимо линий входа и выхода данных, RS-232 регламентировал ряд необязательных вспомогательных линий для аппаратного управления потоком и специальных функций.



Стандарт физического уровня для асинхронного интерфейса.

Название стандарта: ANSI TIA/EIA-485-A:1998 Electrical Characteristics of Generators and Receivers for Use in Balanced Digital Multipoint Systems. Регламентирует электрические параметры полудуплексной многоточечной дифференциальной линии связи типа «общая шина».

В стандарте RS-485 для передачи и приёма данных используется одна витая пара проводов, иногда сопровождаемая экранирующей оплеткой или общим проводом. Передача данных осуществляется с помощью дифференциальных сигналов. Разница напряжений между проводниками одной полярности означает логическую единицу, разница другой полярности — ноль.

Стандарт RS-485 оговаривает только электрические и временные характеристики интерфейса.

Стандарт RS-485 не оговаривает:

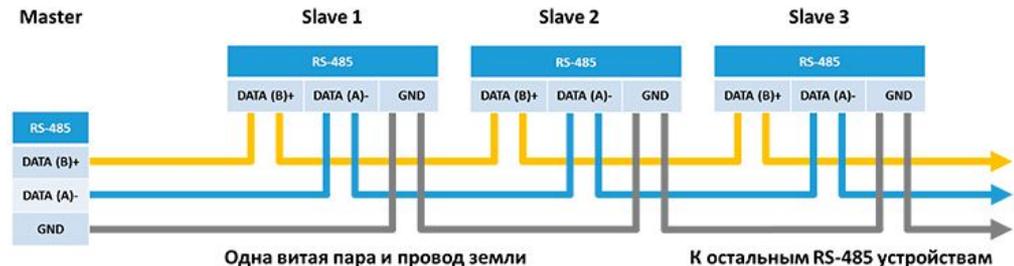
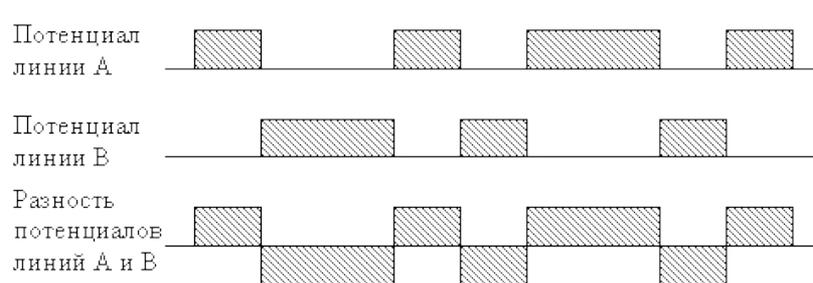
- параметры качества сигнала (допустимый уровень искажений, отражения в длинных линиях),
- типы соединителей и кабелей,
- гальваническую развязку линии связи,
- протокол обмена.

RS-485

Интерфейс RS-485 (другое название - EIA/TIA-485) - один из наиболее распространенных стандартов физического уровня связи. Физический уровень - это канал связи и способ передачи сигнала (1 уровень модели взаимосвязи открытых систем OSI).

Сеть, построенная на интерфейсе RS-485, представляет собой приемопередатчики, соединенные при помощи витой пары - двух скрученных проводов. В основе интерфейса RS-485 лежит принцип дифференциальной (балансной) передачи данных. Суть его заключается в передаче одного сигнала по двум проводам. Причем по одному проводу (условно А) идет оригинальный сигнал, а по другому (условно В) - его инверсная копия. Другими словами, если на одном проводе "1", то на другом "0" и наоборот. Таким образом, между двумя проводами витой пары всегда есть разность потенциалов: при "1" она положительна, при "0" - отрицательна.

RS-485 - полудуплексный интерфейс. Прием и передача идут по одной паре проводов с разделением по времени. В сети может быть много передатчиков, так как они могут отключаются в режиме приема. Реализован в микросхемах ST485, MAX485.



RS-422 - полнодуплексный интерфейс. Прием и передача идут по двум отдельным парам проводов. На каждой паре проводов может быть только по одному передатчику.

Интерфейс RS-422 похож на RS-232, т.к. позволяет одновременно отправлять и принимать сообщения по отдельным линиям (полный дуплекс), но использует для этого дифференциальный сигнал, т.е. разницу потенциалов между проводниками А и В.

Скорость передачи данных в RS-422 зависит от расстояния и может меняться в пределах от 10 кбит/с (1200 метров) до 10 Мбит/с (10 метров).

В сети RS-422 может быть только одно передающее устройство и до 10 принимающих устройств.

Параметр	RS-422	RS-485
Допустимое число Tx и Rx	1 Tx, 10 Rx	32 Tx, 32 Rx
Максимальная длина кабеля	1200 м	1200 м
Максимальная скорость передачи данных	10 мбит/с	10 мбит/с<
Диапазон напряжений "1" передатчика	+2...+10 В	+1.5...+6 В
Диапазон напряжений "0" передатчика	-2...-10 В	-1.5...-6 В
Максимальный ток короткого замыкания передатчика	150 мА	250 мА
Допустимое сопротивление нагрузки передатчика	100 Ом	54 Ом
Чувствительность по входу Rx	± 200 мВ	± 200 мВ
Входное сопротивление приемника	4 кОм	12 кОм
Диапазон напряжений входного сигнала Rx	± 7 В	-7...+12 В
Уровень логической единицы Rx	> 200 мВ	> 200 мВ
Уровень логического нуля Rx	< 200 мВ	< 200 мВ

Название	RS-232	RS-422	RS-485
Тип передачи	Полный дуплекс	Полный дуплекс	Полудуплекс (2 провода), полный дуплекс (4 провода)
Максимальная дистанция	15 метров при 9600 бит/с	1200 метров при 9600 бит/с	1200 метров при 9600 бит/с
Задействованные контакты	TxD, RxD, RTS, CTS, DTR, DSR, DCD, GND*	TxA, TxB, RxA, RxB, GND	DataA, DataB, GND
Топология	Точка-точка	Точка-точка	Многоточечная
Макс. кол-во подключенных устройств	1	1 (10 устройств в режиме приема)	32 (с повторителями больше, обычно до 256)

MIL-STD-1553 (MIL-STD-1553B) — стандарт Министерства обороны США, распространяется на магистральный последовательный интерфейс (МПИ) с централизованным управлением, применяемый в системе электронных модулей.

Принят в СССР в 1987 г. как ГОСТ 26765.52-87 и затем в РФ как ГОСТ Р 52070-2003 «Интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей».

Изначально разрабатывался по заказу МО США для использования в военной бортовой авионике, однако позднее спектр его применения существенно расширился, стандарт стал применяться и в гражданских системах.

Особенностью интерфейса является двойная избыточная линия передачи информации, полудуплексный протокол «команда-ответ» и до 31 удалённого абонента (оконечного устройства). Каждая линия управляется своим контроллером канала.

Стандарт устанавливает требования к:

- составу технических средств интерфейса;
- организации контроля передачи информации;
- характеристикам линии передачи информации (ЛПИ);
- характеристикам устройств интерфейса;
- интерфейсу с резервированием.

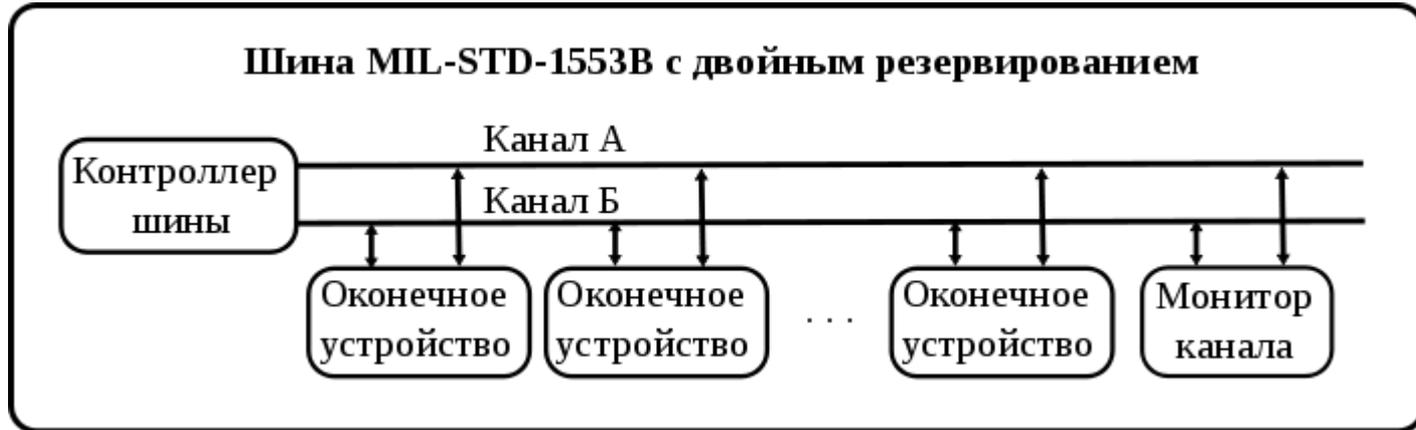
Впервые опубликован в США как стандарт BBC в 1973 году, применён на истребителе F-16. Принят в качестве стандарта НАТО — STANAG 3838 AVS. В новейших самолетах заменяется стандартом IEEE 1394b.

Одна шина состоит из пары проводов с волновым сопротивлением 70-85 Ом при частоте 1 МГц. В одном из вариантов соединения используется коаксиальный разъём, по центральному контакту которого передаётся сигнал, закодированный Манчестерским кодом, по экранному проводу проходит возвращение тока сигнала (коаксиал 70-85 Ом), еще есть третий проводник — наружная оплетка, которая является экраном линии. Принимающее и передающее оконечные устройства подключаются к шине с использованием трансформаторной развязки, а не задействованные подключения отделяются с использованием пары изолирующих резисторов, развязанных через трансформатор. Это уменьшает влияние короткого замыкания и добавляет уверенности, что ток шины не течёт по корпусу самолёта.

Манчестерский код используется для того, чтобы передавать сигнал данных и сигнал синхронизации по одной паре проводников (или коаксиальному проводу), а также для исключения любых постоянных составляющих, задерживаемых трансформаторной развязкой. Тактируемая скорость (электрическая скорость) в канале составляет 1 Мбит/с. Допуск на погрешность и долговременный дрейф скорости тактовых импульсов составляет 0,1 %; краткосрочная стабильность скорости должна быть в пределах 0,01 %. Амплитуда входного напряжения передатчика должна составлять 18-27 В.

Надежность в системе передачи информации может быть достигнута за счёт использования двух или трёх независимых физических каналов (резервирования каналов), к которым подключены все устройства на шине. В случае отказа канала в текущий момент, резервирование канала предусматривает резервирование контроллера шины, проводника и оконечных устройств.

Также существует вторая версия стандарта, известная как MIL-STD-1773, в которой в качестве канала передачи информации используется оптоволокно, имеющее меньший вес и лучшие показатели по электромагнитной совместимости.



Типичная шина MIL-STD-1553B (см. Рис. 1) может состоять из двух каналов (основного и резервного), контроллера шины, оконечных устройств, монитора канала.

Контроллер шины. На одной шине может быть всего один контроллер в текущий момент времени. Он является инициатором всех сообщений по этой шине.

Контроллер: оперирует командами из списка в своей внутренней памяти, командует оконечным устройствам послать или принять сообщения, обслуживает запросы, получаемые от оконечных устройств, фиксирует и восстанавливает ошибки, поддерживает историю ошибок.

Оконечные устройства служат для организации взаимодействия шины и подключаемой подсистемы, организации моста между двумя шинами.

Монитор канала отличается от оконечного устройства тем, что не может передавать сообщения по шине. Его роль заключается в мониторинге и записи транзакций по шине, без вмешательства во взаимодействие контроллера и оконечных устройств. Эта запись может быть использована для последующего анализа

ARINC 429 — стандарт на компьютерную шину для применения в авионике. Разработан фирмой ARINC. Стандарт описывает основные функции и необходимые физические и электрические интерфейсы для цифровой информационной системы самолёта. Сегодня ARINC 429 является основной авиационной шиной для большинства гражданских самолётов.

ARINC 429 является двухпроводной шиной данных. Соединительные проводники — витые пары. Передача осуществляется на стандартизованных частотах (период T) 32-х разрядными словами последовательного кода (ПК), включающими адресную и информационную части, и где 32-й разряд - бит контроля по четности (Sum). Слова разделяются обязательной паузой - отсутствием сигнала в линии в течение времени $4T$, которая определяет окончание слова ПК. Большинство сообщений состоит из единственного слова данных. Спецификация определяет электрические характеристики, характеристики обмена данными и протоколы. ARINC 429 использует однонаправленный стандарт шины данных (линии передачи и приёма физически разделены). Сообщения передаются на одной из трёх скоростей: 12,5, 50 или 100 Кбит/сек. Передатчик всегда активен, он либо передаёт 32-битовые слова данных или выдаёт «пустой» уровень. На шине допускается не более 20 приёмников, и не более одного передатчика.

ARINC 429 соответствует международным стандартам DITS (Digital Imagery Transmission System). Каналы последовательного кода по ARINC 429 используются для передачи цифровых данных между элементами систем авиационной электроники. На бортах гражданских и военных летательных аппаратов до 75 % цифрового межсистемного обмена приходится на каналы интерфейса ARINC 429, т.е. данный интерфейс является основным связующим звеном в системах авиаэлектроники.

Применение ARINC 429: системы управления и навигации, приборы контроля полета, системы связи, системы коммуникаций, системы безопасности.

Каждое слово ARINC — 32-битовая величина, которая содержит пять битовых полей:

Бит 32 является паритетным битом, и используется для проверки того, что слово не было повреждено или искажено во время передачи. Бит чётности.

Биты 30 — 31 являются «Матрицей Признака» или статуса, или SSM (Sign/Status Matrix), и часто указывают, действительны ли данные в слове.

Рабочее состояние — данные в этом слове, как полагают, являются правильными данными.

Тестовое состояние — данные предоставляются для тестовых целей.

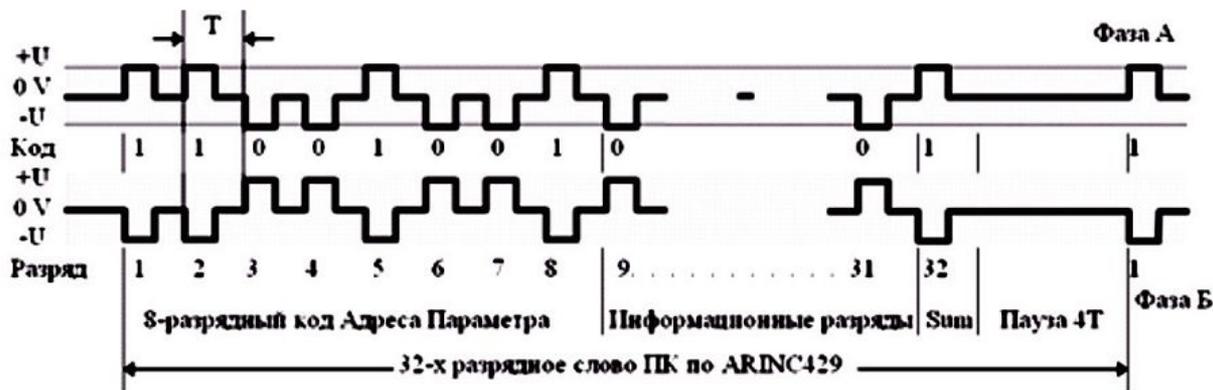
Отказ — Отказ аппаратных средств, связанных с выдачей этого слова.

Отсутствуют — Данные отсутствуют, неточные или устаревшие по некоторым причинам кроме отказа аппаратных средств. Например, команды автопилота покажут это состояние, когда автопилот не будет включён.

Биты 11 — 29 содержат основные данные. Битовые поля, записанные как двоично-десятичный код или бинарный дополнительный код, стандартные для формата данных ARINC 429. Также Формат битового поля может быть смешанным.

Биты 9 и 10 — Идентификаторы «Источника/Назначения». Указывают, для какого приёмника предназначены эти данные или, более часто, какая подсистема передала данные.

Биты 1 — 8 содержат метку (label), представленную в восьмеричной системе счисления. Являются идентификатором данных.



Ethernet

Семейство технологий пакетной передачи данных между устройствами для компьютерных и промышленных сетей.

Стандарты Ethernet определяют проводные соединения и электрические сигналы на физическом уровне, формат кадров и протоколы управления доступом к среде — на канальном уровне модели OSI. Ethernet в основном описывается стандартами IEEE группы 802.3. Ethernet стал самой распространённой технологией ЛВС в середине 1990-х годов.

Название «Ethernet» отражает первоначальный принцип работы этой технологии: всё, передаваемое одним узлом, одновременно принимается всеми остальными. В настоящее время практически всегда подключение происходит через коммутаторы (switch), так что кадры, отправляемые одним узлом, доходят лишь до адресата (исключение составляют передачи на широковещательный адрес) — это повышает скорость работы и безопасность сети.

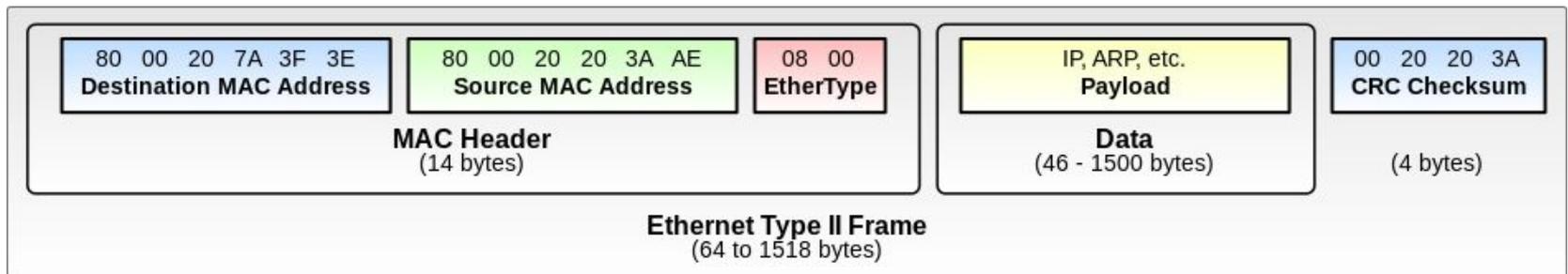
Преимущества использования витой пары по сравнению с коаксиальным кабелем:

- возможность работы в дуплексном режиме;
- низкая стоимость кабеля витой пары;
- более высокая надёжность сетей: при использовании витой пары сеть строится по топологии «звезда», поэтому обрыв кабеля приводит лишь к нарушению связи между двумя объектами сети, соединёнными этим кабелем;
- уменьшен минимально допустимый радиус изгиба кабеля;
- большая помехоустойчивость из-за использования дифференциального сигнала;
- возможность питания по кабелю маломощных узлов;
- гальваническая развязка трансформаторного типа.

Ethernet

При проектировании стандарта Ethernet было предусмотрено, что каждая сетевая карта (равно как и встроенный сетевой интерфейс) должна иметь уникальный шестибайтный номер (MAC-адрес), прошитый в ней при изготовлении. Этот номер используется для идентификации отправителя и получателя кадра, и предполагается, что при появлении в сети нового компьютера (или другого устройства, способного работать в сети) сетевому администратору не придётся настраивать MAC-адрес.

Уникальность MAC-адресов достигается тем, что каждый производитель получает в координирующем комитете IEEE Registration Authority диапазон из шестнадцати миллионов адресов, и по мере исчерпания выделенных адресов может запросить новый диапазон. Поэтому по трём старшим байтам MAC-адреса можно определить производителя. Существуют таблицы, позволяющие определить производителя по MAC-адресу; в частности, они включены в программы типа arpalert.



AFDX - Avionics Full-Duplex Switched Ethernet. ARINC-664

Avionics Full-Duplex Ethernet (AFDX) – стандарт построения бортовых сетей на основе протокола Ethernet.

ARINC 664 - следующий шаг в развитии "локальной сети самолета". Скорость возросла в 1000 раз, до 100 мегабит/сек. Он базируется на IEEE 802.3 Ethernet и использует стандартные, дешевые и хорошо отлаженные компоненты, радикально уменьшая затраты и время на разработку.

AFDX строится на этом стандарте, формально называясь "Часть 7 спецификации ARINC 664". Был разработан компанией Airbus для самолета A380.

AFDX решает проблемы надежности и гарантирует пропускную способность сети и надежную доставку пакетов. AFDX - сетевая топология "звезда", до 24 систем соединяются в маршрутизатор (switch), где каждый из них может соединен с другими маршрутизаторами сети. Такая форма сети значительно уменьшает количество проводки, уменьшает вес и упрощает создание самолета.

AFDX предоставляет двухстороннюю избыточность пропускной способности.

AFDX превосходит ARINC 429, MIL-STD-1553 и другие архитектуры именно тем, что он базируется на стандартном UDP и маршрутизаторах. Благодаря этому, снижается стоимость систем; радикально упрощается их тестирование и отладка в комплексе; снижается количество необходимой проводки; снижается вес самолета; упрощается диагностика и поиск неисправных компонент. Все это повышает надежность самолета в целом, снижает затраты на ремонт и обслуживание, повышает летную готовность.

Например, в более старой ARINC 429, витая пара должна была идти к каждому устройству. Отдельная шина для каждого коммуникационного пути. Если 5 систем хотят получать какой то сигнал - надо 5 проводов.

Новое устройство? Новая проводка... Огромное количество проводов.

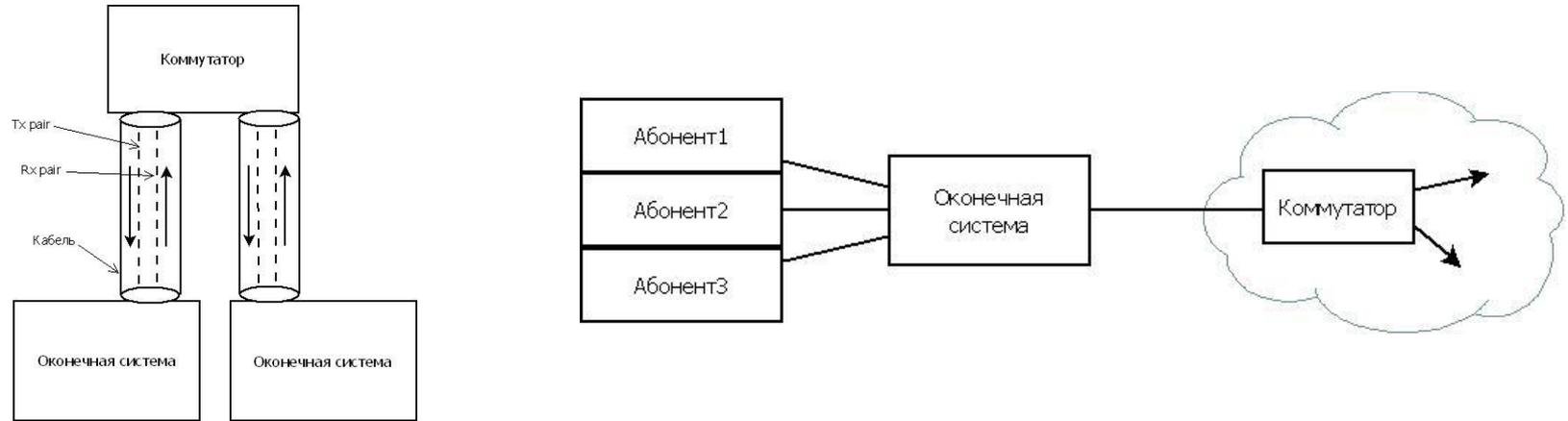
В AFDX сигналы соединены с коммутатором (switch). Не важно, как много систем хотят получать информацию от какого то устройства - все равно это устройство соединено с коммутатором только одним проводом (для надежности их несколько).

У 429-й передатчик может иметь только 20 устройств, получающих сигнал. В AFDX - это практически не ограничено.

В AFDX можно наблюдать за трафиком в сети, эмулировать его, анализировать и оптимизировать. Провода могут быть и оптоволоконные.

AFDX - Avionics Full-Duplex Switched Ethernet. ARINC-664

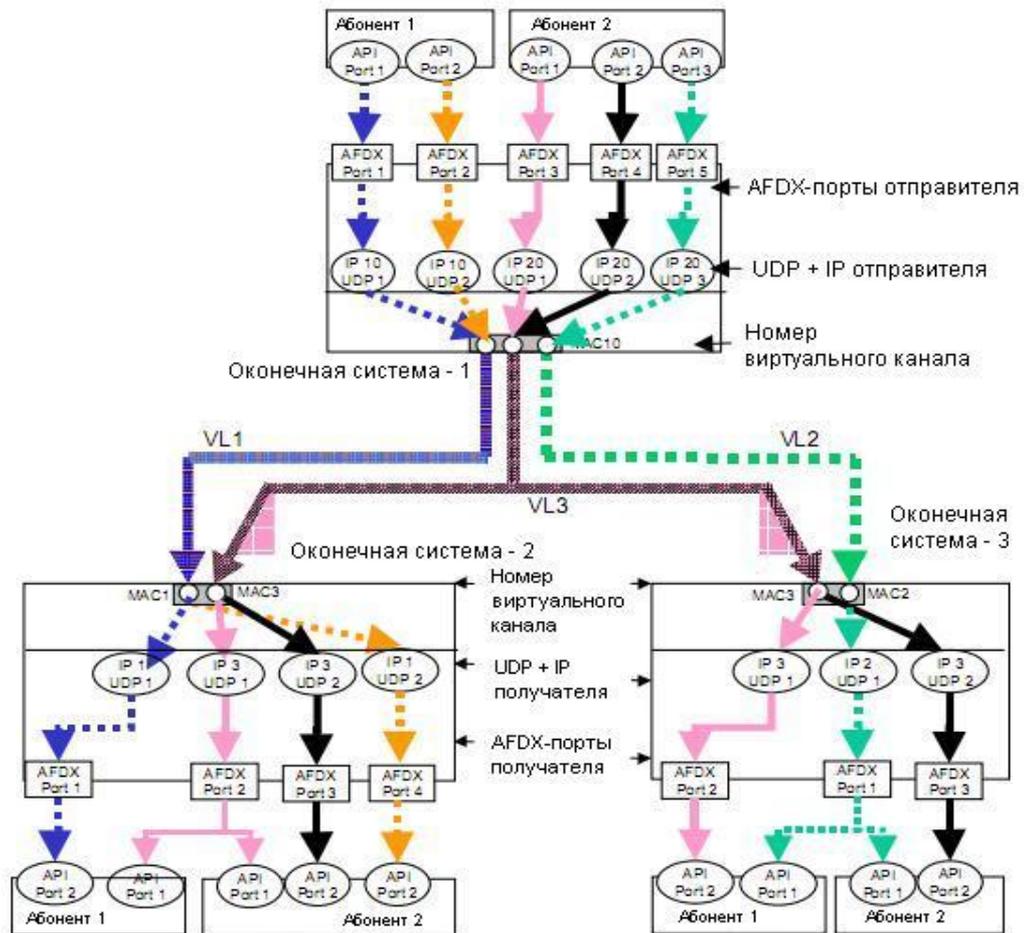
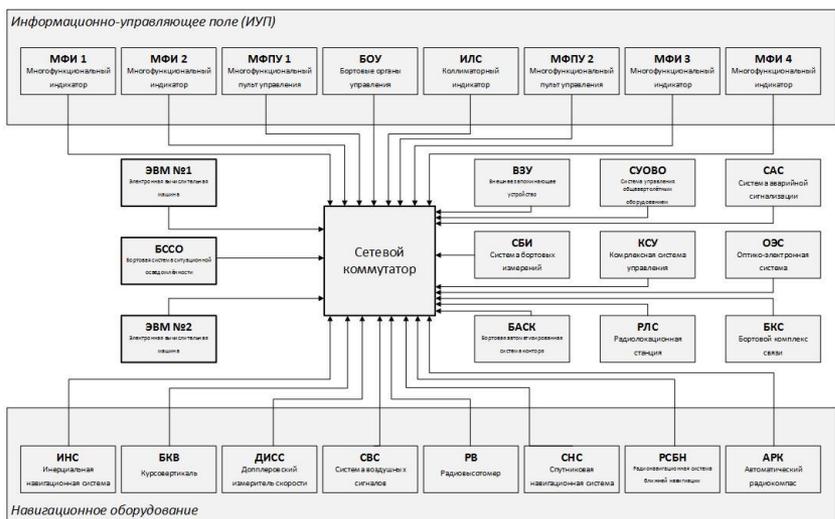
Avionics Full-Duplex Ethernet (AFDX) – стандарт построения бортовых сетей на основе протокола Ethernet.



Архитектура сети AFDX имеет следующие особенности:

- дублирование сети для увеличения надежности передачи;
- кадры передаются одновременно в обе сети;
- при диагностировании ошибки (например, несовпадение контрольной суммы) в одной сети данные берутся из другой сети;
- на оконечной системе производится сброс кадра в случае, если кадр уже пришел из другой сети.

AFDX - Avionics Full-Duplex Switched Ethernet. ARINC-664



AFDX - Avionics Full-Duplex Switched Ethernet. ARINC-664

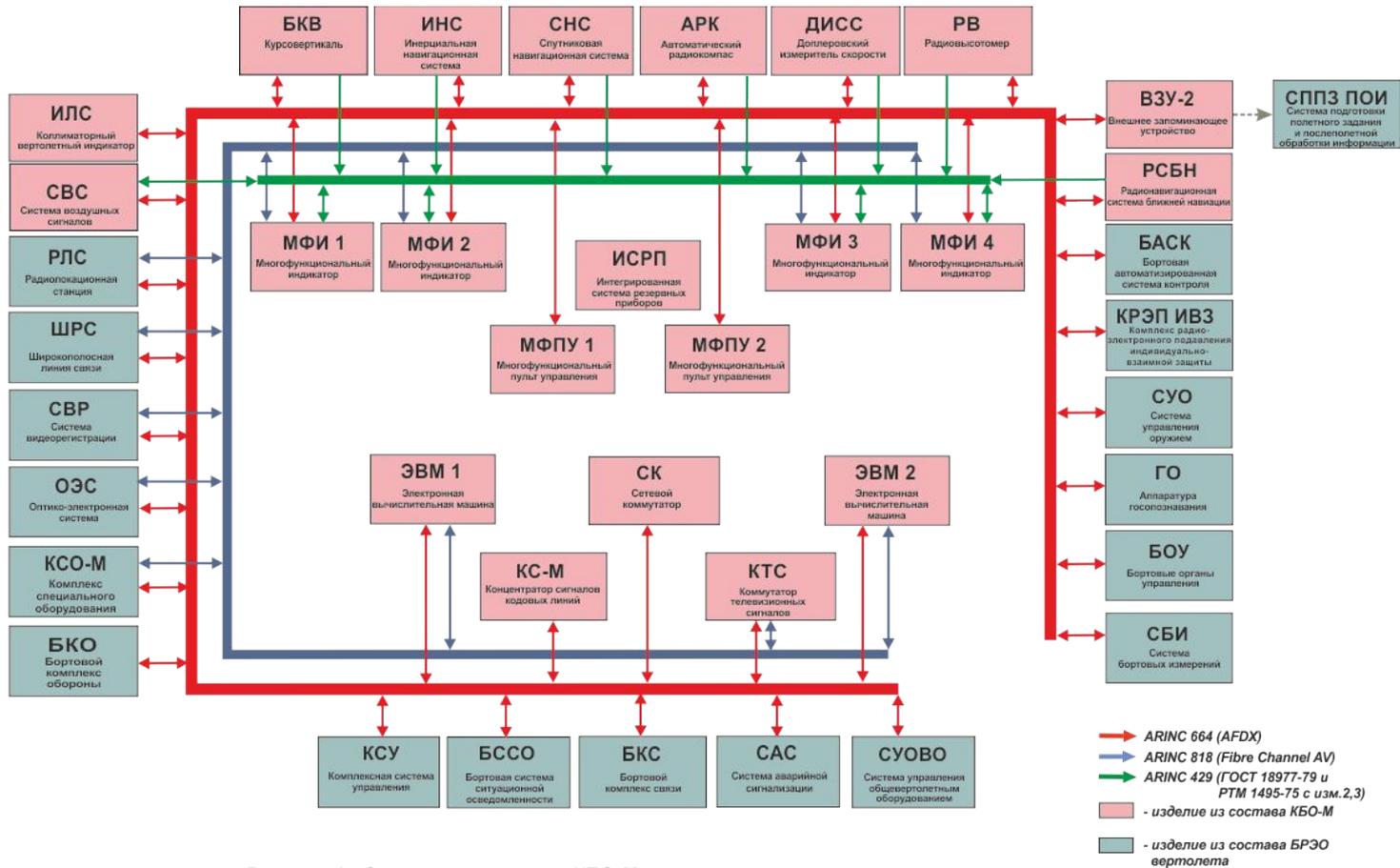


Рисунок 1 - Структурная схема КБО-М