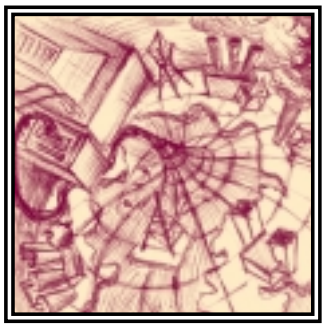


Промышленные сети на базе стандарта MIL-STD-1553B

Сергей Хвощ, Х.Х. Амаду

Излагаются основы построения систем на мультиплексных каналах межмодульного обмена информацией.

Введение

При выборе стандарта для построения пространственно-распределенных систем автоматического управления реального масштаба времени (САУ РВ) разработчик должен оценить прежде всего следующие параметры:

- геометрические размеры сети,
- обеспечение гарантированного времени доставки сообщений,
- достоверность и надежность передачи информации,
- удобство работы с выбранным стандартом в плане стандартизации решений и унификации оборудования,
- наличие как можно большего числа стандартизированных уровней из семиуровневой модели взаимодействия открытых систем,
- оптимальное соотношение «возможности/цена».

Целью данной публикации является описание возможностей стандарта MIL-STD-1553B и анализ его параметров с точки зрения выбора предпочтительных областей применения.

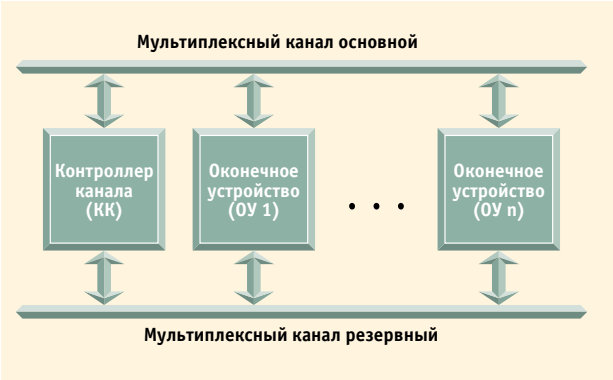


Рис. 1. Мультиплексный канал по MIL-STD-1553B имеет топологию типа «шина» с возможностью резервирования

Основы организации шины MIL-STD-1553B

Мультиплексные каналы межмодульного обмена информации (МК), выполненные по MIL-STD-1553B (ГОСТ 26765.52-87), имеют магистральную (шинную) организацию (рис. 1).

По стандарту все абоненты делятся на два типа [1]:

- контроллер канала (КК) — абонент, задающий последовательность операций в МК и контролирующий правильность исполнения команд;
- оконечные устройства (ОУ) — абоненты, имеющие собственные адреса, исполняющие команды и выдающие ему ответные слова.

Наряду с КК и ОУ возможно подключение к МК «мониторов» — безадресных абонентов, используемых для наблюдения за потоками информации в МК. Функция контроллера может передаваться «интеллектуальным» ОУ. Процедура «передачи жезла» выполняется по командам и называется динамическим управлением каналом.

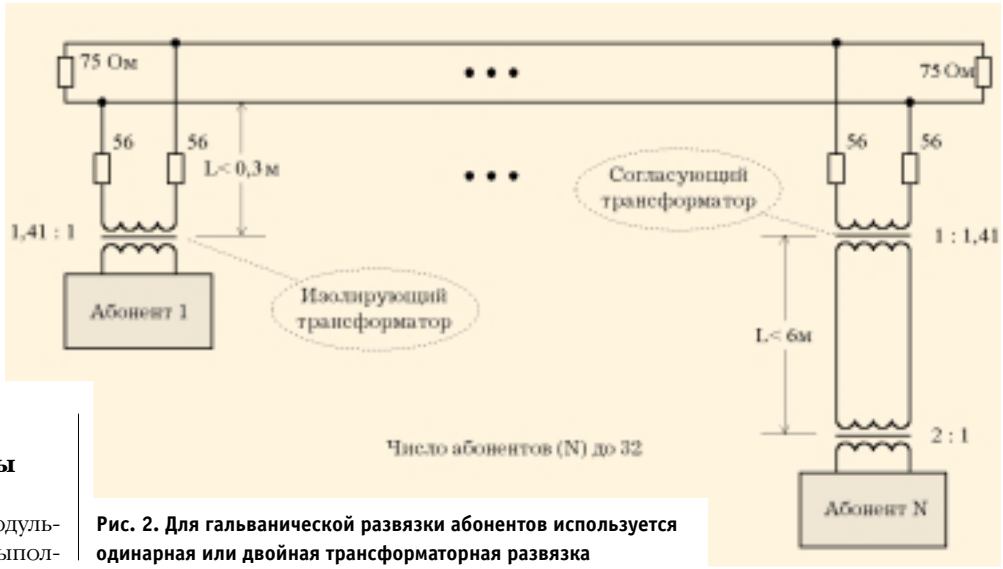


Рис. 2. Для гальванической развязки абонентов используется одинарная или двойная трансформаторная развязка

(C) 1999 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

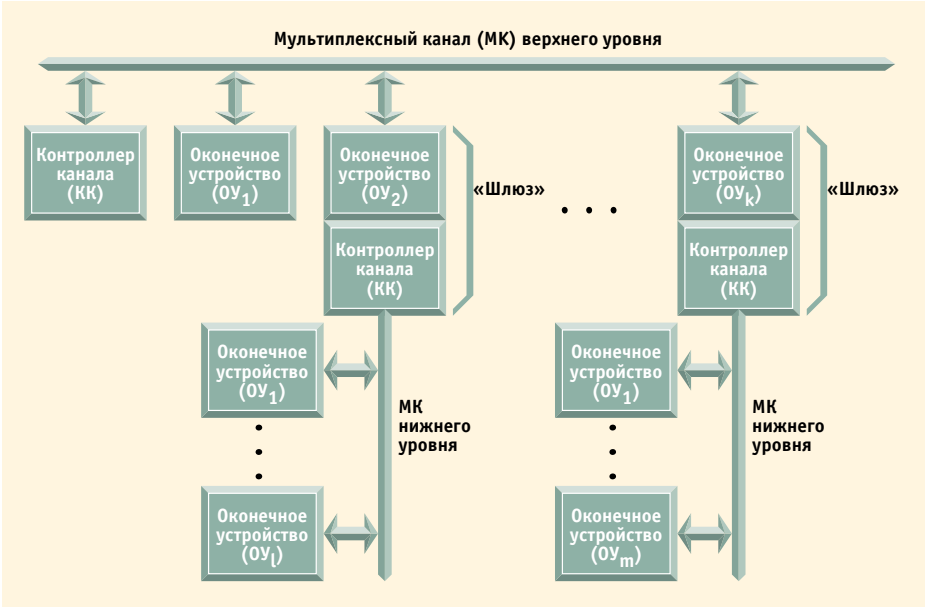


Рис. 3. Многоуровневая система управления на основе мультиплексного канала

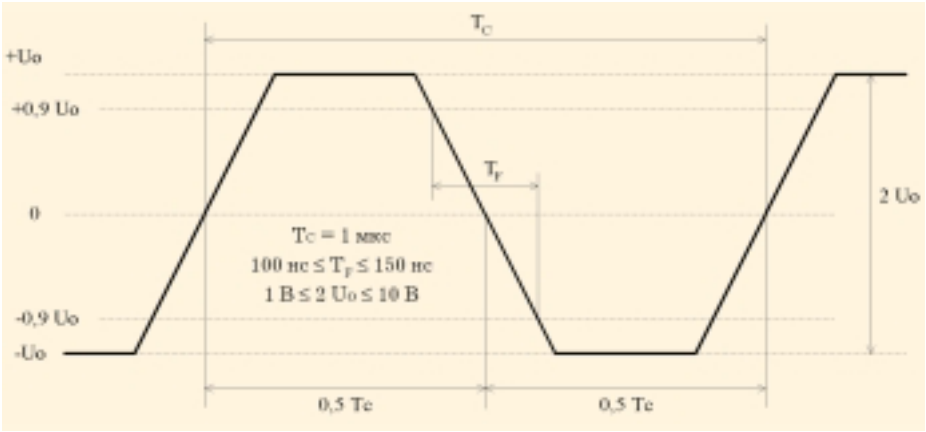


Рис. 4. Электрические и временные параметры сигнала в мультиплексном канале

Линия передачи информации может быть как нерезервированной, так и резервированной. Для гальванической развязки абонентов используются импульсные трансформаторы, при этом существует две схемы подключения абонентов к МК: с одинарной либо двойной трансформаторной развязкой (рис. 2). Количество абонентов МК (включая КК) может доходить до 32. При построении САУ РВ часто используются «многоуровневые» МК, когда задача распределяется по функциональному принципу:

- управление предприятием (кораблем и т. д.);
- управление цехом (вооружением, РЛС, судовыми установками и т. д.);
- управление участком (САУ артиллерии, ракетно-торпедного оружия, электрической машиной и т. д.).

Взаимодействие каналов верхних и нижних уровней осуществляется через «шлюзы», строящиеся на основе ЭВМ (рис. 3). Физической средой распространения сигналов служат витая пара в экране, коаксиальный или триаксиальный кабель с волновым сопротивлением 75 Ом. Информация передается в коде «Манчестер-2» на частоте 1 МГц (Tc=1 мкс). Электрические параметры импульсов показаны на рис. 4, а кодировка сигналов иллюстрируется рис. 5. Размах сигнала (2Uo) на выходе передатчика составляет 3-10 В, а на входе приемника 1-10 В. Длительность фронта TF сигнала составляет 100...150 нс.

Форматы слов МК приведены на рис. 6. Все слова подразделяются на три типа:

- командные (C);
- информационные (D);
- ответные (OC).

Наличие в составе слов синхроимпульса (SYNC C или SYNC D) позволяет отличать служебные и информационные слова, при этом в ряде случаев используется инструментальный бит (B), позволяющий «мониторам» различать командные и ответные слова. Наличие пятиразрядного адреса (ADR) позволяет адресовать до 31 оконечного устройства. При этом адрес «11111» используется в качестве признака широковещательного режима (посылка адресована всем абонентам). Кодировка остальных полей поясняется далее:

K — признак приема (0) или передачи (1) данных ОУ;

SA/CI — поле подадреса (адреса блока данных длиной до 32 слов) или признак команды управления (00000 или 11111);

N/COP — поле числа слов в посылке (00001-1, 00010-2, ..., 11111-31, 00000-32) или код команды управления (см. табл. 1);

A — признак ошибки в сообщении (1);

B — инструментальный бит (1 — команда, 0 — ответное слово);

C — запрос на обслуживание (1);

D — признак принятия групповой команды (1);

E — признак занятости абонента (1);

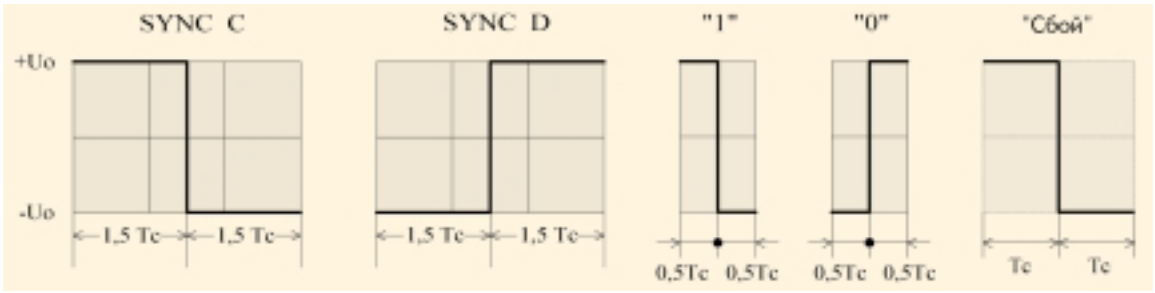


Рис. 5. Информация в мультиплексном канале передается кодом «Манчестер-2»

Номера битов слова

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SYNC C			ADR OY					K	SA / CI					N / COP					P
SYNC D			D [15 - 00]																P
SYNC C			ADR OY					A	B	C	x	x	x	D	E	F	G	H	P

бит 10 (B) =1 для КС и =0 для ОС
старший бит - 4, младший - 19

Рис. 6. Форматы слов в мультиплексном канале

(C) 1999 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

Таблица 1. Кодировка команд управления стандарта MIL-STD-1553B

N/COP	Функция	Бит К прием/передача	Наличие присоединенных слов	Возможность использования широковещательных команд
00000	Принять динамическое управление каналом	1	-	-
00001	Синхронизация	1	-	+
00010	Передать ответное слово	1	-	-
00011	Начать самоконтроль	1	-	+
00100	Блокировать передатчик резервной линии	1	-	+
00101	Разблокировать передатчик резервной линии	1	-	+
00110	Подавить бит флага терминала	1	-	+
00111	Отменить подавление бита флага терминала	1	-	+
01000	Установить исходное состояние ОУ	1	-	+
01001...01111	Резервные коды (используются по системному соглашению)	1	-	-
10000	Передать векторное слово	1	+	-
10001	Синхронизация с данными	0	+	+
10010	Передать последнее командное слово	1	+	-
10011	Передать слово встроенного контроля	1	+	-
10100	Блокировать передатчик выбранной линии	0	+	+
10101	Разблокировать передатчик выбранной линии	0	+	+
10110...11111	Резервные коды (используются по системному соглашению)	1	-	-

Примечания. 1 и 0 — значение бита К (прием/передача); - — запрет режима; + — разрешение режима

F — флаг неисправности абонента(1);
G — признак принятия управления каналом (1);
H — флаг неисправности ОУ(1);
P — бит контроля четности (дополнение числа единиц в слове до нечетного);
XXX — резервные разряды (используются по системному соглашению).

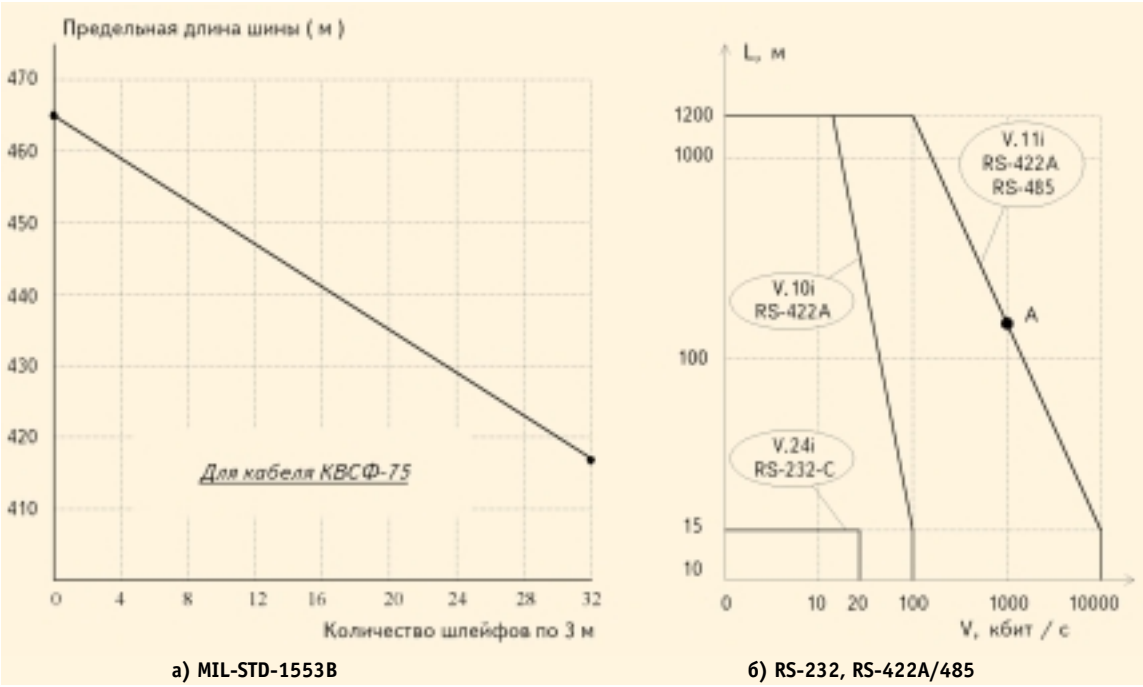
Кодировка поля подадреса позволяет адресовать до 32 блоков данных, при этом подадреса 00000 и 11111 используются для выделения команд управления по отношению к командам обмена информацией. Кодировка команд управления приведена в табл. 1. При использовании инструментального бита число подадресов ОУ сокращается с 30 (32 минус код «00000» и «11111») до 14 соответственно.

Форматы сообщений МК приведены на рис. 7. Информация передается в полудуплексном режиме с временным разделением посылок под управлением контроллера по принципу «команда-ответ».

Анализ стандарта MIL-STD-1553B позволяет сделать вывод о широких возможностях, заложенных в протокол обмена и электрические спецификации, что открывает благоприятные перспективы для широкого внедрения стандарта в САУ РВ.



Рис. 7. Форматы сообщений в мультиплексном канале



а) MIL-STD-1553B **б) RS-232, RS-422A/485**

Рис. 8. Зависимость максимально допустимой длины шины от требуемой пропускной способности

(C) 1999 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

Геометрические возможности систем на основе стандарта MIL-STD-1553B

Итак, стандарт подразумевает построение магистрали, имеющей до 32 отводов длиной до 6 м каждый. Основной вопрос: «Какой длины может быть сама магистраль?» Для ответа на этот вопрос с участием авторов были произведены несколько физических экспериментов, а также построена математическая модель, подкрепляющая полученные результаты.

При исследовании были апробированы 3 основных типа наиболее распространенных кабелей: Р -75, РД-75, ВСФ-75. Результаты, полученные в ходе исследования позволяют утверждать, что на кабеле Р-75 возможно построение магистрали длиной до 600 м, на кабеле РД-75 — до 700 м, на кабеле ВСФ-75 — до 500 м, при этом по каждому из основных физических параметров «запас прочности» составляет более 20%.

Основные постулаты, используемые при построении каналов, следующие.

1. Длина линии не должна быть более максимальной.
2. Суммарная длина шлейфов, отходящих от одной точки ветвления при использовании схемы с двойной трансформаторной развязкой, не должна превосходить 6 м.
3. Расстояние между соседними точками отводов магистрали должно быть не менее 1 м.
4. При использовании максимальных геометрических параметров число отводов не должно превосходить 32.

Для сравнения на рис. 8 приведены геометрические параметры шины MIL-STD-1553B (а) и RS-485 (б) [2]. Из анализа следует, что теоретическая пропускная способность интерфейса MIL-STD-1553B превосходит возможности стандартов RS-485 и RS-422-A. Так, на рис. 8 б точкой А обозначено место на графике, согласно которому интерфейс RS-485 при частоте передачи данных в 1 Мбод/с позволяет строить радиальные линии длиной всего лишь в 300 м!

Аппаратные средства для построения сетей по MIL-STD-1553B

В России одним из ведущих разработчиков и изготовителей аппаратуры для построения сетей на базе МК является петербургская фирма «Элкус».

Фирма выпускает широкую номенклатуру плат сопряжения с МК, которые рассчитаны на работу с различными типами системных шин (рис. 9, 10). На рис. 11 приведена блок-схема законченного устройства – бортового накопителя полетных данных, разработанного фирмой.

Накопитель построен на основе флэш-дисков фирмы M-Systems, микроЭВМ MicroPC фирмы Octagon Systems и источников питания SPS-5401 фирмы «Авионика-Вист». Замена в составе прибора плат MIL-STD-1553B на платы сопряжения с каналами ARINC-429 позволяет ориентировать прибор на применение в авиационных комплексах с шинной или радиальной архитектурой.

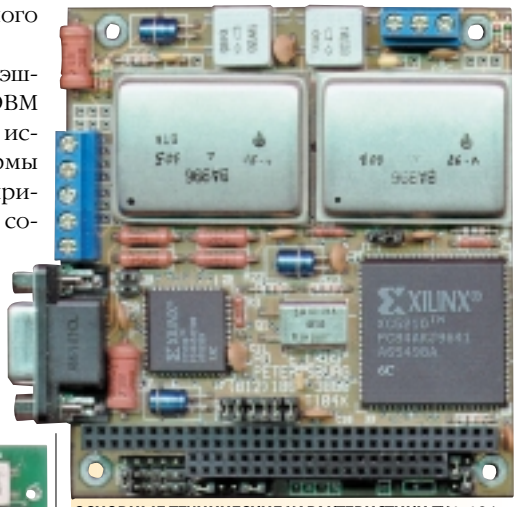


ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ TX1-MP:

- режимы работы: КК (контроллер канала), ОУ (оконечное устройство), МТ (монитор), резервированное;
- диапазон температур -10… +70°С, -40…+85°С;
- объем памяти 2Кх16, 8Кх16;
- напряжение питания +5 В (200 макс./ 150 тип. мА), +15 В (250/ 180 мА), -12 В (50/ 30 мА);
- габаритные размеры 112×124×18 мм;
- вес 200 г.

Рис. 9. Внешний вид и технические характеристики платы МК в формате MicroPC

Включение плат сопряжения с МК в состав переносных диагностических комплексов, уже имеющих в своем составе платы АЦП и устройства графического отображения информации, позволяет использовать их в качестве приборов для контроля и отладки бортовых систем.



ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ TX1-104:

- режимы работы: КК (контроллер канала), ОУ (оконечное устройство), МТ (монитор), резервированное;
- диапазон температур -40…+85°С;
- объем памяти 2Кх16;
- напряжение питания +5 В (200 макс./ 150 тип. мА), +15 В (200/ 150 мА), -12 В (50/ 30 мА);
- габаритные размеры 90×96×18 мм;
- вес 100 г.

Рис. 10. Внешний вид и технические характеристики платы МК в формате PC/104

Литература

1. Хвощ С.Т., Дорошенко В.В., Горовой В.В. Организация последовательных мультиплексных каналов САУ.— Л.: Машиностроение, 1989.— 271 с.

2. E. Seeling. Integrierte Schaltungen DL2631D und DL2632D fur serielle Schnittstellen// RADIOfennschen Electronik.— 1987.— № 36 (11).— P. 697—702.

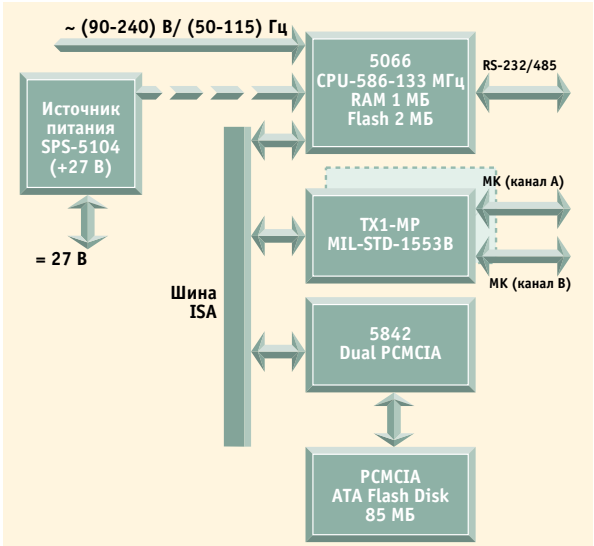


Рис. 11. Прибор для приема и регистрации цифровой информации на основе MIL-STD-1553B

(C) 1999 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru