

МИКРОСХЕМЫ КОМПАНИИ HOLT INTEGRATED CIRCUITS ДЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ШИНЫ MIL-STD-1553

Калифорнийская компания Holt Integrated Circuits (Holt IC) – один из основных мировых производителей микросхем для авионики. Более 13 лет Holt IC производит микросхемы для устройств обмена данными между бортовыми электронными системами летательных аппаратов, соответствующие стандартам MIL-STD-1553/1760/883, ARINC 429/561 и др. Предлагая комплексные решения, компания производит помимо микросхем согласующие и разделительные трансформаторы для линий последовательной передачи данных, а также контроллеры для бортовых ЖК-дисплеев. Изделия Holt IC выпускаются в различных исполнениях, рассчитанных на военное, промышленное и коммерческое применение в широких диапазонах условий внешней среды. Свыше 350 производителей, в том числе в России и на Украине, используют продукцию этой фирмы.

Рассмотрим серию микросхем Holt IC для линии последовательной передачи данных стандарта MIL-STD-1553.

СТАНДАРТ MIL-STD-1553

Стандарт последовательной шины MIL-STD-1553 (обозначение военного стандарта США) – это фактически первый в мире стандарт на протокол локальной вычислительной сети. Его разработка началась в 1968 году известной в США организацией Society of Automotive Engineers (SAE). Первая версия была утверждена в августе 1973 года и использована в бортовой аппаратуре истребителя F-16. В 1975 году появилась версия 1553A, еще через три года – MIL-STD-1553B. С тех пор стандарт принципиально не изменялся, хотя и появилось два дополнения (Notice 1 и 2). Одним из развитий стандарта стала спецификация MIL-STD-1760, предназначенная для сопряжения бортовой сети с устройствами хранения данных и фактически полностью включившая в себя MIL-STD-1553B.

MIL-STD-1553B сегодня – это практически общемировой стандарт, признанный и поддерживаемый производителями аппаратуры и элементной базы многих стран. Одно из типичных применений сетей MIL-STD-1553 – связь датчиков с регистратором событий ("черным ящиком"). Несмотря на свой почтенный возраст, стандарт не утратил актуальности и поныне, он с успехом применяется в бортовой аппаратуре (прежде всего – авиационной и космической) и системах гражданского и специального назначения. В нашей стране он получил достаточно широкое распространение и был утвержден как ГОСТ Р 52070-2003 (ГОСТ 26765.52-87).

В.Коснырев
VladimirK@zolshar.ru

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ MIL-STD-1553B

Топология сети, предусмотренная стандартом MIL-STD-1553, – это последовательная шина данных (экранированная витая пара), к которой посредством шлейфов подключены устройства. Допустимые устройства – контроллер шины (в терминологии ГОСТ Р 52070-2003 – управляющий вычислитель), монитор шины и удаленные терминалы.

Вся работа в сети проходит исключительно под управлением контроллера шины. Он, и только он, инициирует любой обмен информацией в сети. Контроллер может обращаться к любому из 31 удаленного терминала, каждому из которых присвоен уникальный адрес (5 бит). У контроллера адреса может не быть. Монитор шины – устройство, также подключенное к шине данных. Но он ведет себя абсолютно пассивно и занимается только отслеживанием и записью передаваемой по шине информации. Монитор сети зачастую совмещают с удаленным терминалом.

Информационный поток кодируется посредством так называемого бифазного кода Манчестер-2 – пожалуй, самого простого самосинхронизирующегося линейного кода. Его суть: логическая "1" кодируется импульсом длительностью T с перепадом от положительного (U) до отрицательного ($-U$) напряжения, логический "0" – таким же импульсом, но с перепадом от $-U$ до U (рис. 1). В результате с заданной частотой, равной $1/T$, напряжение в линии оказывается равным нулю, что и определяет самосинхронизирующие свойства кода. Значение же информационного бита определяется исключительно направлением перехода сигнала через ноль (от плюса к минусу или наоборот) и не зависит от амплитуды сигналов, что существенно снижает требования к линии передачи. Достаточно сказать, что длина шины данных стандартом не нормирована и может достигать сотен метров.

MIL-STD-1553 определяет частоту следования импульсов порядка 1 МГц, соответственно, скорость обмена – 1 Мбит/с. Разумеется, реальная скорость обмена, с учетом накладных расходов на синхронизацию и служебные данные, существенно ниже.

Весь информационный обмен в сети происходит посредством слов длиной 20 битовых интервалов. Из них первые три битовых

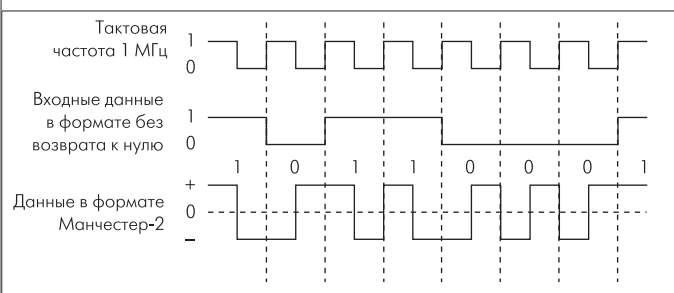


Рис. 1. Линейный код Манчестер-2



интервала предназначены для синхропоследовательности, последний – для бита контроля четности. Синхропоследовательность (SYNC) представляет собой импульс длительностью в три битовых интервала с переходом через ноль в середине второго интервала. Направление перехода через ноль определяет тип слова: отрицательный перепад (от U к $-U$) предшествует командному слову или слову статуса, положительный – слову данных (рис.2).

Коротко рассмотрим механизм обмена в сети. Инициатором любой активности, как уже говорилось, выступает только контроллер шины. Он выдает в сеть командные слова (команды), посредством которых принуждает удаленные терминалы к определенным действиям, включая прием и передачу данных. Командное слово после синхропоследовательности содержит пять бит адреса удаленного терминала, которому предназначена команда (см. рис.2). Адрес 11111_2 зарезервирован для широковещательной команды. За ад-

информационного обмена. Всего предусмотрено 10 типов сообщений. Например, передача данных от контроллера шины к удаленному терминалу происходит посредством сообщения вида

<Команда приема [адрес удаленного терминала]>
<Слово данных 1> <Слово данных 2> ... <Слово данных N>
<Слово статуса (подтверждение приема)>

Сообщение передачи данных между двумя удаленными терминалами выглядит как

<Команда приема [адрес удаленного терминала 1]>
<Команда передачи [адрес удаленного терминала 2]>
<Слово статуса (подтверждение приема команды от терминала 2)>
<Слово данных 1> <Слово данных 2> ... <Слово данных N>
<Слово статуса (подтверждение приема данных от терминала 1)>

Важно отметить, что поскольку стандарт MIL-STD-1553 разрабатывался для специальных применений, требующих высокой надежности работы сети, зачастую в реальных сетях одновременно используются две шины данных. Причем и контроллер шины, и удаленные терминалы подключены к каждой из них (рис.3).

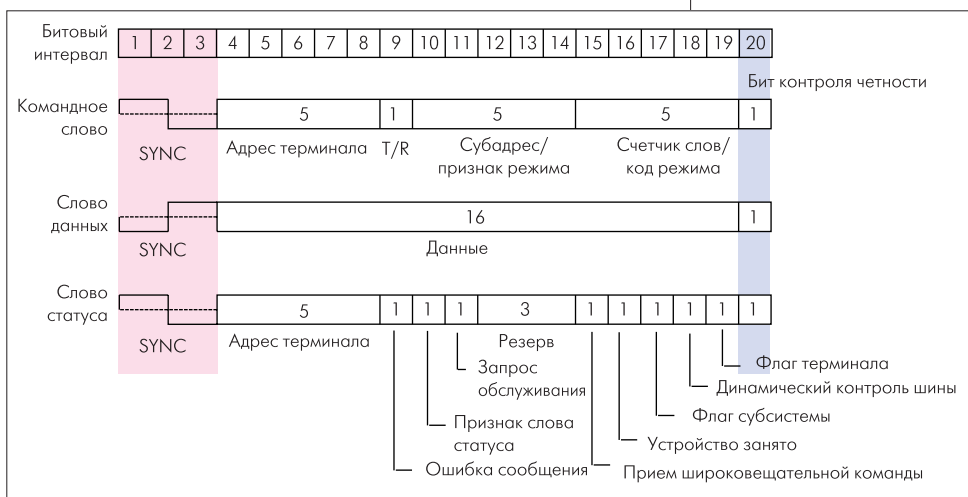


Рис.2. Тип и структура слов стандарта MIL-STD-1553

ресом размещен бит T/R, предписывающий удаленному терминалу направление предстоящего обмена – прием или передачу данных (если он равен 1, удаленный терминал должен передавать данные).

Далее следуют пять бит поля субадреса или признака так называемого кода режима (Mode Code). В последнем случае значения этих полей – 11111_2 или 00000_2 . Иные коды означают субадрес – обращение к определенным функциям или устройствам подключенной через удаленный терминал системы (например, код 00001_2 может означать скорость передачи данных, 00010_2 – тестовую информацию и т.п.).

Последние пять информационных бит командного слова – это счетчик слов/код режима (в зависимости от того, установлен в предыдущем поле признак кода режима или нет). Счетчик слов показывает, сколько слов данных должно быть передано/принято вслед за командой (до 32 слов данных, значение 00000_2 соответствует 32 словам). Код режима (Mode Code) – это специальные команды, оговоренные в стандарте MIL-STD-1553 (динамический контроль шины, синхронизация, передача слова состояния и т.п.).

Данные в сети передаются посредством слов данных, в которых для этого отведено 16 бит. Начало передачи слов данных возможно только после командного слова.

Слова статуса – это короткие сообщения, с помощью которых удаленные терминалы информируют контроллер шин об ошибках приема, о своем состоянии и исправности подключенного к ним оборудования, подтверждают прием команды и данных и т.п.

Наборы слов (команд данных и статуса) формируют сообщения. В терминологии MIL-STD-1553 сообщения – это устойчивые формы

работы сети, зачастую в реальных сетях одновременно используются две шины данных. Причем и контроллер шины, и удаленные терминалы подключены к каждой из них (рис.3). Эти шины могут использоваться как независимо, так и в качестве основной и дублирующей. Часто на схемах их обозначают как шины А и В. Поэтому практически все современные ИС трансиверов для сетей стандарта MIL-STD-1553 содержат две пары приемник/передатчик.

Подключение устройств к шине данных возможно двумя способами – напрямую (через разделительные резисторы) и через согласующий трансформатор. В первом случае нормированная длина шлейфа – 1 фут. Используя же согласующий трансформатор, можно удалить устройство от шины на 20 футов (т.е. свыше 6 м).

Используя же согласующий трансформатор, можно удалить устройство от шины на 20 футов (т.е. свыше 6 м).

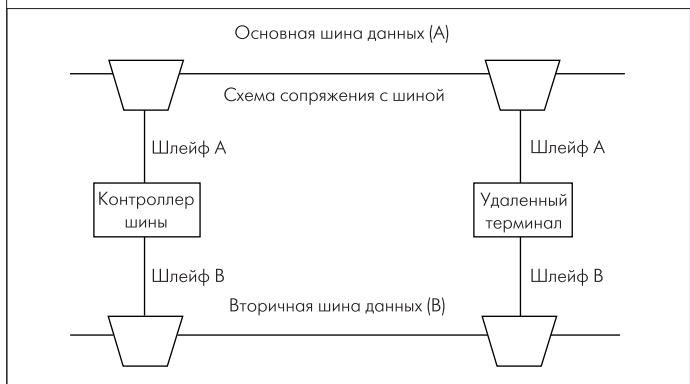


Рис.3. Применение двух шин в сети стандарта MIL-STD-1553

ЭЛЕМЕНТАРНАЯ БАЗА КОМПАНИИ HOLT IC ДЛЯ СТАНДАРТА MIL-STD-1553B

Одним из наиболее известных и признанных мировых производителей электронных компонентов для шины данных стандарта MIL-STD-1553/1760 является компания Holt IC. Одна из ее последних разработок в данной области – специальная серия микросхем сдвоенных трансиверов и кодера Манчестер-2 (см. таблицу). Все они выполнены на основе КМОП-технологии с низким энергопотреблением.

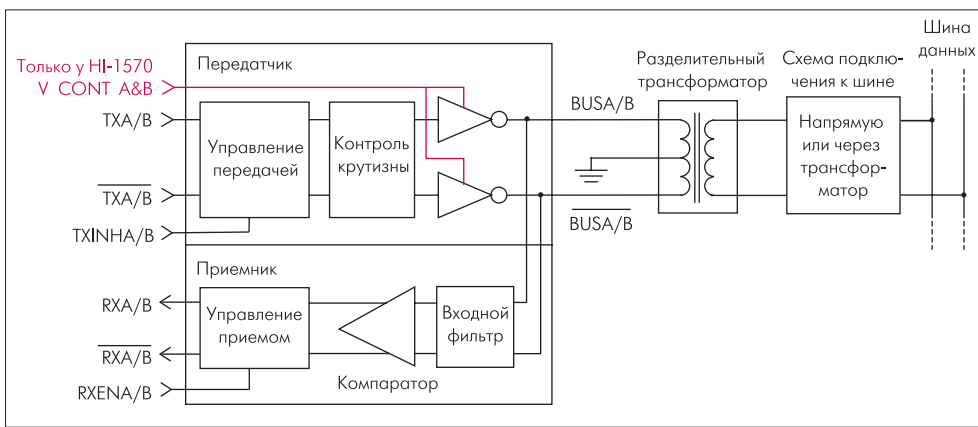


Рис.4. Блок-схема одного канала трансиверов типа HI-1567–HI-1570 компании Holt IC

Блок-схемы всех трансиверов данной серии практически одинаковы (рис.4). Наиболее простыми являются ИС HI-1567 / HI-1568. Они содержат по два трансивера (каналы А и В). ИС трансиверов HI-1573 / HI-1574 отличаются от них пониженным до 3,3 В напряжением питания. При этом размах напряжения бифазного сигнала, поступающего в шину данных, остается не менее 7,5 В – как у 5-В микросхем. Отметим, что снижение до 3,3 В напряжения питания у трансиверов HI-1573/HI-1574 нисколько не влияет на их помехоустойчивость, как этого можно было бы ожидать, учитывая предполагаемые условия эксплуатации.

Серия ИС компании Holt IC для последовательной шины стандарта MIL-STD-1553/1760

Название	Функциональное назначение	Тип корпуса
HI-1567 HI-1568	5-В однокристалльные сдвоенные трансиверы	Пластмассовый CSP-44, пластмассовый ESOIC-20 WB, керамический DIP-20
HI-1569	5-В однокристалльный сдвоенный трансивер	Пластмассовый PQFP-64
HI-1570	5-В однокристалльный сдвоенный трансивер с регулируемым выходным напряжением	Пластмассовый ESOIC-20 WB, керамический DIP-20
HI-1573/ HI-1574	5/3,3-В однокристалльные сдвоенные трансиверы	Пластмассовый CSP-44, пластмассовый ESOIC-20 WB, керамический DIP-20
HI-15530	5/3,3-В кодер/декодер кодов типа Манчестер-2	Керамический DIP-20, пластмассовый SSOP-24, керамический безвыводной LCC-28

Для передатчиков входными сигналами являются двоичные последовательности в коде Манчестер-2 (с КМОП/ТТЛ-уровнями), поступающие от кодера на прямой и инверсный входы TX A/B. Передатчики преобразуют их в дифференциальный бифазный сигнал (рис.5) с размахом 7,5 В, который через разделительный трансформатор и схему сопряжения поступает в шину данных. Если значения сигналов на прямом и инверсном входах передатчика совпадают, его выходы переводятся в высокоимпедансное состояние. Для этой же цели служит вход TXINH A/B.

Приемник реализует обратную функцию – преобразует биполярный сигнал в сигнал с уровнями КМОП/ТТЛ для сопряжения с

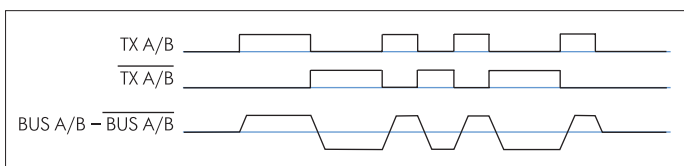


Рис.5. Пример преобразования сигнала передатчиком ИС типа HI-1567

декодером. У каждого приемника есть отдельный вход RXEN A/B, подача на который "0" приводит к появлению на выходе приемника ИС HI-1567 логического "0", а на выходе ИС HI-1568 – логической "1". В этом – единственное различие данных микросхем, такое же, как и в паре HI-1573 / HI-1574.

Сдвоенный трансивер HI-1570 позволяет изменять напряжение выходного сигнала передатчика. При подаче сигнала "0" на вход RXEN A/B приемника на выходе появится логический "0", как у трансивера HI-1567.

Кодек Манчестер-2 в серии микросхем компании Holt IC представлен ИС HI-15530, содержащей независимые кодер и декодер Манчестер-2. Кодер преобразует двоичные данные (по 16 бит) в формат Манчестер-2, вычисляет и добавляет к ним бит контроля четности, а также формирует синхоропоследовательность заданного типа и добавляет ее в начало 20-битного слова стандарта MIL-STD-1553. Декодер непрерывно контролирует линию и, как только распознает синхоропоследовательность и два правильных бита данных в формате Манчестер-2, приступает к декодированию всего слова, выдавая двоичные данные в формате без возврата к нулю (NRZ). Он также определяет тип слова по синхоропоследовательности и производит контроль четности принятого слова.

Шина данных, несмотря на свою простую структуру, требует тщательности в согласовании импедансов линии и подключаемых устройств (рис.6). Компания Holt IC выпускает разнообразные согласующие и разделительные трансформаторы для использования с ИС ее производства. Такой комплексный подход компании Holt IC максимально упрощает проектирование, построение и наладку последовательной шины данных, сводит все к решению типовой задачи по стандартному алгоритму.

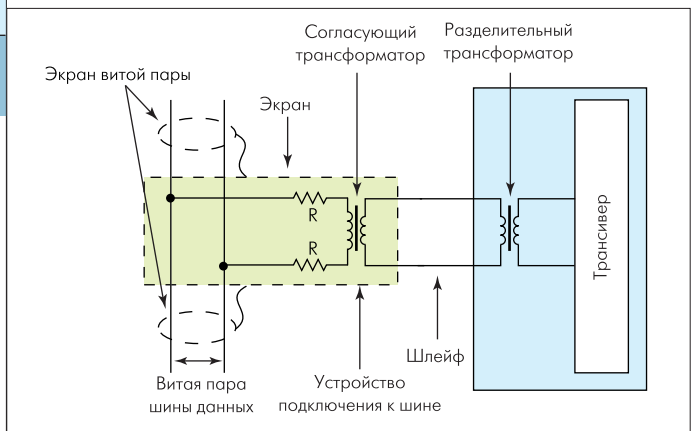


Рис.6. Схема подключения устройства к шине данных посредством согласующего трансформатора

В заключение добавим, что описанная серия ИС компании Holt IC для передачи данных по стандартам MIL-STD-1553/1760 сегодня применяется не только в авиакосмических и оборонных областях. Простота построения ЛВС с помощью этой серии ИС, высокая скорость передачи и надежность привлекают внимание разработчиков оборудования для скоростного железнодорожного транспорта, промышленной автоматики, медицины и т.д.