**Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Основы инфокоммуникационных технологий»**

Курсовая работа по дисциплине «Основы инфокоммуникационных технологий» состоит из двух частей.

В первой части курсовой работы Вам необходимо ответить на 10 вопросов, в соответствии со своим вариантом. Ответы на вопросы контрольной работы должны быть краткими и точными.

Номер варианта выбирается по двум последним цифрам пароля.

Во второй части курсовой работы необходимо выполнить практические задания. Для задания №1 номер варианта выбирается по двум последним цифрам пароля.

Для задания номер №2 индивидуальный вариант, для его определения необходимо внимательно прочитать условие.

**Правила оформления курсовой работы**

1.     В пояснительной записке все пункты выполнения курсовой работы должны располагаться в последовательности.

2.     Рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и озаглавлены.

3.     При вычислениях по формулам должна приводиться исходная формула, затем та же формула с подставленными в нее численными данными, и в конце — результат вычисления.

5.     Библиография используемой литературы должна быть составлена в соответствии с существующими требованиями.

**Задание на курсовую работу**

1.     Ответить на вопросы, в соответствии со своим вариантом.

2.     Выполнить практические задания

* Задание 1

Рассчитать сколько STM и какого уровня иерархии можно использовать для передачи следующих потоков. Расчеты показать и аргументировать.

* Задание 2.

Закодировать кодом ASCII (рисунок 5б) 9 первых символов своей фамилии и имени.В каждую комбинацию добавить бит проверки на четность. Сформировать структуру трех кадров в формате, принятом в протоколе передачи файлов X-Modem. В поле <данные> каждого кадра должно содержаться по три комбинации из предыдущего пункта задачи. Изобразить в виде таблицы (см. пример рисунок 10) процесс передачи этих трех кадров по протоколу X-Modem. Считать, что приемник обнаружил ошибку в кадре с номером К. <К> рассчитывается как остаток от деления последней цифры пароля на 3 (если остаток равен 0, то считать К=1).

**Если задания выполнены не по варианту, работа рецензироваться не будет!**

**Исходные данные**

**I часть**

Вариант 5

1.    Электросвязь - это...

2.    Принцип электросвязи.

3.    Виды электросвязи.

4.    Перечислите услуги электросвязи, которые Вы знаете?

5.    Проводные линии электросвязи.

6.    Кабельные линии связи.

7.    Оптическое волокно.

8.    Технология Bluetooth.

9.    Транковая связь.

10. Спутниковые системы связи.

**II часть**

**Исходные данные для выполнения задания №1**

|  |  |
| --- | --- |
| № варианта |   |
| 1 | 2Е4, 15Е3,180Е1 |
| 2 | 3Е4, 12Е3,179Е1 |
| 3 | 4Е4,9Е3,178Е1 |
| 4 | 5Е4, 6Е3,177Е1 |
| 5 | 6Е4, 3Е3,176Е1 |
| 6 | 5Е4, 12Е3,175Е1 |
| 7 | 4Е4, 9Е3,174Е1 |
| 8 | 3Е4, 6Е3,173Е1 |
| 9 | 2Е4, 3Е3,172Е1 |
| 10 | 1Е4, 15Е3,171Е1 |
| 11 | 2Е4, 12Е3,170Е1 |
| 12 | 3Е4, 9Е3,169Е1 |
| 13 | 4Е4, 6Е3,168Е1 |
| 14 | 5Е4, 3Е3,167Е1 |
| 15 | 6Е4, 15Е3,166Е1 |
| 16 | 5Е4, 12Е3,165Е1 |
| 17 | 4Е4, 9Е3,164Е1 |
| 18 | 3Е4, 6Е3,163Е1 |
| 19 | 2Е4, 3Е3,162Е1 |
| 20 | 1Е4, 15Е3,161Е1 |
| 21 | 2Е4, 12Е3,160Е1 |
| 22 | 3Е4, 9Е3,159Е1 |
| 23 | 4Е4, 6Е3,158Е1 |
| 24 | 5Е4, 3Е3,157Е1 |
| 25 | 6Е4, 15Е3,156Е1 |

**ПРИМЕР выполнения задания №1**

Рассчитать сколько STM и какого уровня иерархии можно использовать для передачи следующих потоков. Расчеты показать и аргументировать.

3Е4; 9Е3; 159Е1

Поток Е1 имеет скорость передачи 2048 кбит/с из 32, из которых 30 байт несут информационную нагрузку.

Поток Е3 состоит из 16 потоков Е1 имеет скорость передачи 34368 кбит/с состоит из 537 байт.

Поток Е4 состоит из 64 потоков Е1, имеет скорость передачи 139264 кбит/с и состоит из 2176 байт.

Структура цикла STM-1

 Цикл STM -1 представляют в виде матрицы, (270\*9 байт), имеющей длительность т=125 мкс и скорость передачи B= 155520 кбит/с.

Структура цикла STM-N.

Структура цикла STM-N, представленная в виде матрицы. Данная матрица имеет формат на 270\*N столбцов (2430\*N байт) имеет длительность Т= 125 мкс и скорость передачи В=155520\*Nкбит/с.

**Решение**

**3Е4**: Рассчитаем скорость передачи В для потока 3Е4

В = 139264 \* 3= 417792 кбит/с

Так как скорость передачи цикла STM – 1 равна 155520 кбит/с, рассчитаем, сколько и какой иерархии можно использовать для передачи данного потока потоков

N = 417792/155520 = 3 STM – 1 или STM – 4

**9Е3:** Рассчитаем скорость передачи В для потока 9Е3

В = 34368 \* 9 = 309312 кбит/с

Так как скорость передачи цикла STM – 1 равна В 155520 кбит/с рассчитаем, сколько и какой иерархии можно использовать для передачи данного потока потоков.

N = 309312/155520 = 2 STM – 1

**159Е:** Рассчитаем скорость передачи В для потока 159Е1

В = 2048 \* 159 = 325632 кбит/с

Так как скорость передачи цикла STM – 1 равна В = 155520 кбит/с рассчитаем, сколько и какой иерархии можно использовать для

передачи данного потока потоков.

N = 325632/155520 = 2 STM – 1 или STM – 4

*Данная иерархия, порождена скоростью 2048 кбит/с, и дает последовательность Е1 - E2 -ЕЗ - Е4 - Е5 или последовательность 2048 - 8448 - 34368 - 139264 - 564992 - кбит/с (ряд приближенных величин составляет 2 - 8 - 34 - 140 - 565 Мбит/с), что соответствует ряду коэффициентов п=30 (32), m=4, 1=4, k=4, i=4, (т.е. коэффициент мультиплексирования в этой иерархии выбирался постоянным и кратным 2). Указанная иерархия позволяет передавать соответственно 30, 120, 480, 1920 и 7680 каналов DSO, что отражается и в названии ИКМ систем: ИКМ-30, ИКМ-120, ИКМ-480 и т.д..*

*Итак, необходимо:*

*Первичный уровень цифровой иерархии- 156х30= 4680 каналов 64 кбит/с, - STM-4*

*Третичный уровень цифровой иерархии- 15х480= 7200 каналов 64 кбит/с, - STM-4*

*Четвертичный уровень цифровой иерархии- 6х1920=11520 каналов 64кбит/с, - STM-16*

*STM-1 – имеет 63 х 64кбитных потоков или 1890 каналов;*

*STM-4 – имеет 63 \*4 = 252х 64кбитных потоков или 7650 каналов;*

*STM-16 – имеет 63 \* 16 = 1008х64кбитных потоков или 30240 каналов;*

**Задание №2**

**Многофункциональный терминал на базе персонального компьютера.**

**1. Назначение и структурная схема многофункционального терминала.**

Основой персонального компьютера является системный блок, к нему подключен дисплей, клавиатура, манипуляторы, модем, принтер и другие внешние устройства.

Внутри системного блока находится системная плата, на которой размещаются основные микросхемы, а также системная шина, через которую они общаются между собой.

На системной плате размещаются разъемы (слоты расширения), в которые вставляются платы адаптеров для связи с внешними устройствами.

Кроме системной платы в системном блоке находится накопитель на жестком диске (НЖМД), накопитель на оптическом диске (НОД), накопитель на магнитном диске (НГМД) и блок питания.



Рисунок 1. - Структурная схема системного блока.

Назначение микросхем:

Микропроцессор.

* Управляет работой компьютера;
* Координирует работу блоков компьютера;
* Реализует управление программ;
* Контролирует работоспособность компьютера.

Сопроцессор - помогает микропроцессору выполнять некоторые специфические задачи:

* Выполнять действия над числами с плавающей запятой;
* Работать с графикой, с трехмерными изображениями.

ОЗУ (оперативное запоминающее устройство):

* В ОЗУ при включении компьютера с жесткого диска загружается операционная система;
* Размещаются программы прикладных задач;
* Размещаются программы - драйверы, управляющие работой внешних устройств;
* Хранится информация промежуточных вычислений.

ПЗУ (постоянное запоминающее устройство) хранит некоторые программы необходимые для работы компьютера, в том числе :

* Программы загрузки операционной системы в ОЗУ;
* Программы самотестирования персонального компьютера, в том числе памяти;
* BIOS - базовую систему ввода/вывода, которая обрабатывает сигналы, поступающие с клавиатуры и других вводно-выводных устройств.

Таймер - вырабатывает тактовые импульсы различных частот, обеспечивающие согласованную работу всех устройств персонального компьютера.

Блок прямого доступа к памяти. Обычно внешние устройства взаимодействуют с ОЗУ компьютера через его микропроцессор, такая процедура обращения к памяти компьютера со стороны внешних устройств замедляет процесс обмена данными. Для ускорения используется блок прямого доступа к памяти (минуя микропроцессор).

Контроллер прерываний. Блоки компьютера и внешние устройства сигнализируют микропроцессору о своих «потребностях» с помощью специальных сигналов, которые называются сигналами прерывания. Эти сигналы передаются по линиям прерываний к контролеру прерываний. Контролер прерываний прекращает текущую задачу и выполняет запрошенную. Все линии прерываний имеют разные приоритеты. Самый высший приоритет имеет прерывание, вызванное неисправностью какого-либо блока персонального компьютера, второй приоритет имеет прерывание от клавиатуры, третий может иметь модем или манипулятор типа «мышь», и т.д.

Контроллер шины следит за состоянием шины (свободна шина или не свободна), обрабатывает запросы она передачу данных через шину.

Буфер данных и адресов - служебная микросхема, которая используется при пересылке и адресации данных в микропроцессор через системную шину. Следит за состоянием клавиатуры.

Системная шина - через неё осуществляется обмен информацией между микросхемами системной платы, а также обмен информацией с внешними устройствами через платы адаптеров связи. Представляет собой несколько групп проводников. Одна группа называется шиной команд - по ней передаются команды чтения, записи.

Вторая группа - шина адресов, предназначена для передачи адресов источника и получателя информации, расположенных внутри персонального компьютера.

Третья группа - информационная шина, или шина передачи данных - по ней передается собственно информация параллельным кодом.

Существует несколько архитектур системных шин. Разные архитектуры различаются разными способами обмена, адресации и быстродействием. В состав системной шины могут входить микросхемы, на пример усилители и формирователи сигналов.

Связные адаптеры - осуществляют связь с внешними устройствами. Платы связных адаптеров вставляются в слоты расширения материнской платы. По способу обмена платы адаптера разделяются на платы последовательного и параллельного способа передачи. В последних моделях компьютеров микросхемы связных адаптеров могут, располагаются непосредственно на материнской плате.

**2. Плата адаптеров последовательного порта ПК, её устройство и выполняемые функции.**

Компьютер может быть оснащен одним или двумя адаптерами портов последовательной передачи данных. Эти адаптеры портов расположены либо на материнской плате, либо на отдельных платах, вставляемых в слоты расширения материнской платы.

Бывают также платы, содержащие четыре или восемь адаптеров последовательной передачи данных. Их часто используют для подключения нескольких компьютеров или терминалов к одному, центральному компьютеру. Эти платы имеют название «мультипорт».

Аппаратная реализация интерфейса RS-232 включает в себя последовательный адаптер и собственно механический интерфейс (разъемное соединение).



Рисунок 2 - Структурная схема платы адаптера последовательного порта.

Преобразование ТТЛ-уровней в уровни интерфейса RS-232 и наоборот, производится передатчиками и приемниками EIA, входящими в состав микросхем.

Обычно передача данных осуществляется на одной или нескольких стандартных скоростей: 50, 75, 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600 или 115200 Бод. Средства BIOS компьютера поддерживают скорости только до 9600 Бод включительно.

Тактовая частота составляет 1,432 МГц и стабилизирована благодаря использованию кварцевого генератора. Из этой частоты формируются все остальные необходимые частоты.

В основе последовательного порта передачи данных лежит микросхема INTEL 8250 или ее современные аналоги - INTEL 16450, 16550, 16550А. Эта микросхема является универсальным асинхронным приемопередатчиком (UART - Universal Asynchronous Transmitter). Микросхема содержит несколько внутренних регистров, доступных через команды ввода-вывода.

Микросхема 8250 содержит регистры передатчика и приемника данных. При передачи байта он записывается в буферный регистр передатчика, оттуда затем переписывается в сдвиговый регистр передатчика. Байт «выдвигается» из сдвигового регистра по битам.

Точная последовательности операции, выполняемых UART в каждой конкретной ситуации, контролируется внешними параметрами. В общих чертах работу UART в режимах приема/передачи можно описать следующим образом.

При передачи символа UART должен выполнить следующие операции:

* Принять кодовую комбинацию символа в параллельной форме через системную шину компьютера;
* Преобразовать кодовую комбинацию символа в последовательность отдельных битов (параллельно-последовательное преобразование);
* Сформировать старт-стоповую кодовую комбинацию символа путем добавления к информационным разрядам стартового, стопового и, возможно, бита паритета (четности или нечетности).
* Передать старт-стопную комбинацию символа на интерфейс с требуемой скоростью;
* Сообщить о готовности к передаче следующего символа.

При приеме символа UART должен выполнить обратную последовательность действий:

* Принять данные в последовательной форме;
* Проверить правильность структуры старт-стопной комбинации: стартовый бит, информационные разряды, бит паритета; если выявлена ошибка - выдать сигнал ошибки;
* Осуществить проверку паритета - если выявлена ошибка, то выдать сигал ошибки;
* Преобразовать старт-стопную комбинацию символа в последовательность информационных разрядов и передать их а параллельной форме в оперативную память компьютера;
* Сообщить, что символ принят.

Первые адаптеры последовательной связи фирмы IBM были построены по микросхеме Ins 8250. За прошедшее время эта микросхема несколько раз модернизировалась. Выпускались и многочисленные функциональные аналоги другими производителями микросхем. Тем на менее, все модификации микросхемы 8250 идентичны между собой по большинству своих функциональных характеристик. Микросхемы 8250 рассчитаны на максимальную скорость 38400 бит/с. В настоящее время UART такого типа не используют.

Появившиеся позже микросхемы UART серии 16450 рассчитаны на максимальную скорость 115200 бит/с.

Однако на сегодняшнем уровне техники связи с ее высокими скоростями передачи информации и многозадачными операционными системами микросхемы такого типа стали «узким местом» коммуникационной аппаратуры. Чтобы исправить ситуацию, были разработаны и выпущены микросхемы типа 16550 (PC 16550С/NS 16550 AF и ряд функциональных аналогов).

По умолчанию микросхема 16550 работает в режиме микросхемы 8250 и может быть установлена вместо микросхемы 8250. В совместном режиме она является полным функциональным аналогом UART 8250 и 16450 и, в отличие от микросхем UART более ранних выпусков, микросхема 16550 имеет второй режим работы, предусматривающий сокращение вмешательства центрального процессора в процедуру последовательной передачи данных. В этом режиме внутренние буферные регистры приемника и передатчика расширяются от одного до 16 байтов и управляются с использованием логики FIFO (First In First Out - первым вошел - первым вышел). Буфер FIFO приемника используется также для хранения трех битов информации об ошибках для каждого символа. Ошибки паритета, форматирования и сигналы прерывания буферируются вместе с символом, к которому они относятся.

Микросхема 16550 выполняет следующие функции:

* Обеспечивает простой интерфейс между шиной компьютера и модемом или другими внешними устройствами;
* Автоматически добавляет, удаляет и проверяет форматирующие биты;
* Генерирует и проверяет биты паритета под управлением специальной программы;
* Выделяет указатели состояния операции передачи и приема, а также состояния линии передачи данных и устройства сопряжения;
* Содержит сдвиговые регистры и регистры хранения для операции передачи и приема данных, что исключает необходимость точной синхронизации работы процессора с потоком данных;
* Содержит программируемый генератор-контролер скорости передачи, работающий с внешним опорным сигналом частотой до 24 МГц;
* Содержит встроенные средствам самотестирования;
* Может работать под управлением программного обеспечения, разработанного для микросхем 8250 и 16450;
* Внутренние буферы позволяют хранить до 16 символов и связанную с ними служебную информацию при операциях передачи и приема данных.

Программа имеет доступ только к буферным регистрам, копирование информации в сдвиговые регистры и процесс сдвига выполняется микросхемой UART автоматически.

К внешним устройствам асинхронный последовательный порт подключается через специальный разъем. Существует два стандарта на разъемы интерфейса RC-232С, это DB-25 и DB-9. первый имеет 25, а второй 9 выводов.

**3. Назначение и устройство модема.**

Основной функцией модема является согласование спектра сигнала источника сообщений с частотными характеристиками канала ТЧ. Кроме этого современные модемы обеспечивают защиту от ошибок, сжатие данных, шифрацию информации.

Модемы обеспечивают преобразование цифрового информационного сигнала в аналоговый для передачи по аналоговым линиям связи, и обратное преобразование принятого аналогового сигнала снова в цифровой.

При работе модем входит в соединение с другим модемом по схеме «точка-точка» по каналу ТЧ, поэтому третий модем не может подключиться к созданному соединению. Модем должен уметь «бороться» с помехами, возникающими в канале тональной частоты.



Рисунок 3 - Структурная схема модема.

1 - интерфейс с телефонной линей; 2 - дифференциальная система; 3 - АЦП; 4 - ЦАП; 5 - сигнальный процессор; 6 - контроллер; 7 - интерфейс с компьютером RS-232С; 8 - интерфейс с пользователем; 9 - панель индикации; 10 - панель управления.

Цель дифференциальной системы - переход от двухпроводной к четырехпроводной схеме аналогового окончания модема. Узел компенсирует проникновение выходного сигнала во входной сигнал (ближнее эхо), что повышает реальную чувствительность.

Известно несколько типов «пассивных» реализаций:

* Трансформаторная, при которой вторичная обмотка трансформатора имеет срединную точку, подключаемую через балансный резистор к земле;
* Электронные, для схем с однополярным и двухполярным питанием, в этом случае выходной сигал вычитается из входного на операционном усилителе, а частотная зависимость минимизируется использованием форсирующего каскада.

Слабым местом этих схем является зависимость от сопротивления конкретной телефонной линии. Несколько типов модемов имеют аппаратную подстройку, но до конца справиться с зависимостью сопротивления от частоты в пассивных системах не удается.

Активная дифференциальная система используется в дорогих модемах. Необходимый для компенсации эха сигнал постоянно вычисляется посессором. Сформированный дополнительным ЦАП и сглаженный фильтром, он вычитается из входного сигнала, обеспечивая высокое качество компенсации.

Аналоговый фронт (ЦАП-АЦП) обеспечивает преобразование аналоговых сигналов в цифровые сигналы и наоборот. Также осуществляет сглаживание помех.

Сигнальный процессор выполняет основные функции по модуляции и демодуляции. Обеспечивает коррекцию частотных характеристик канала связи в режиме передачи данных, а также компенсацию эхо-сигналов. Особенность сигнального процессора состоит в том, что основные операции, используемые в процессе модуляции и демодуляции - сложение и умножение, выполняются процессором за один такт работы (аппаратно). Для обработки высокоскоростных данных от сигнального процессора требуется высокое быстродействие (30 МГц).

Контроллер обеспечивает реализацию протокола коррекции ошибок и сжатия информации, управление пользовательским интерфейсом и взаимодействие с сигнальным процессором.

Интерфейс с компьютером. Внешние модемы взаимодействуют с компьютером по цепям интерфейса RS-232С/V.24. Полный набор цепей позволяет работать как в асинхронном, так и в синхронном режимах. Микросхемы обеспечивают сопряжение биполярной логики интерфейса с внутренними ТТЛ уровнями.

Внутренние изделия могут работать только в асинхронном режиме, так как в их состав входит микросхема асинхронного последовательного порта (СОМ-порта) - UART. Есть реализации, в которых порт эмулируется контроллером, при этом достаточно буфера и дешифратора для подключения UART к общей шине компьютера. Джамперы (миниатюрные переключатели, находящиеся на плате панели управления) позволяют настроить номер СОМ-порта со стандартными или расширенным номером прерывания.

Интерфейсы с пользователем.

1.1 Звук. Встроенный в модем динамик озвучивает процессы, происходящие в телефонном канале. В качественных моделях используются магнитоэлектрические динамики с линейной полосой воспроизведения, в более простых - пьезоэлектрические. Для удобства пользователя громкость звука можно регулировать.

1.2. Панель индикации. Внутренние модемы не имеют панелей индикации. Во внешних модемах используют светодиоды. В относительно дорогих устройствах применяют символьные двух строчные жидкокристаллические индикаторы. Используя панель управления, можно отобразить состояние модема, характеристики физической линии, вывести меню для программирования режимов.

1.3. Панель управления. В большинстве модемов панель сводиться к набору джамперов и переключателей. В изделиях с жидкокристаллическими индикаторами кнопочная панель сосредотачивает все функции по управлению режимами работы.

**ПРИМЕР выполнения задания №2**

1. Закодировать кодом ASCII (рисунок 5б) 9 первых символов своей фамилии и имени.

В каждую комбинацию добавить бит проверки на четность.

2. Сформировать структуру трех кадров в формате, принятом в протоколе передачи файлов X-Modem. В поле <данные> каждого кадра должно содержаться по три комбинации из предыдущего пункта задачи.

3. Изобразить в виде таблицы (см. пример рисунок 10) процесс передачи этих трех кадров по протоколу X-Modem. Считать, что приемник обнаружил ошибку в кадре с номером К. <К> рассчитывается как остаток от деления последней цифры пароля на 3 (если остаток равен 0, то считать К=1).

 **Решение**

1. Закодировать кодом ASCII (рисунок 4) 9 первых символов своей фамилии и имени. Фамилия «Лукьяненко»



Рисунок 4 – таблица кода ASCII

Таблица 2 - Кодовые комбинации.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Кодируемые символы | Кодовая комбинация | Бит проверки на четность |
| L | 1001100 | 1 |
| U | 1010101 | 0 |
| K | 1001011 | 0 |
| Y | 1011001 | 0 |
| A | 1000011 | 1 |
| N | 1001110 | 0 |
| E | 0101100 | 1 |
| N | 1001110 | 0 |
| K | 1001011 | 0 |

2. Сформировать структуру трех кадров в формате, принятом в протоколе передачи файлов X-Modem. В поле «данные» каждого кадра должно содержаться по три комбинации из предыдущего пункта задачи.

Решение.

Таблица 4. Структура трех кадров.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № кадра | Инвертирован-ный № кадра | Поле данных | Контрольная сумма |
| 00000001 | 11111110 | 10011001 | 10101010 | 10010110 | 11100011 |
| 00000010 | 11111101 | 10110010 | 10000111 | 10011100 | 11011010 |
| 00000011 | 11111100 | 01011001 | 10011100 | 10010110 | 11101011 |

1.4.3. Изобразить в виде таблицы процесс передачи этих трех кадров по протоколу X-Modem. Считать, что приемник обнаружил ошибку в кадре с номером К (К=1).

Решение.

Передающий ПК начинает передачу файла только после приема от принимающего ПК знака. Принимающий ПК передает знак до тех пор, пока не начинается передача файла. Если передано 9 знаков, а передача не началась, то процесс возобновляется вручную.

После приема знака передающий ПК посылает знак начала блока, два номера блока (сам номер и дополнение по «единицам») блоки нумеруются по модулю 256, блок данных из 128 байт и контрольную сумму. Контрольная сумма (1 байт) представляет собой остаток от деления на 255 суммы значений кодов знаков, входящих в блок данных.

В свою очередь, передающий ПК тоже вычисляет контрольную сумму и сравнивает ее с принятой. Если сравниваемые значения различны или если прошло 10с и не завершен прием блока, принимающий ПК посылает передатчику знак, означающий запрос на повторную передачу последнего блока. В случае принятия правильного блока приемник передаст, а если следующий блок не поступил в течение 10с, то передача знака повторяется до тех пор, пока блок не будет правильно принят. После десяти неудачных попыток передачи блока связь прерывается.

Для исключения повторной передачи одного и того же блока из-за потери подтверждающего сообщения в протоколе используется двукратная передача номера. Принимающий ПК контролирует неповторяемость принятого блока, и если блок ошибочно передан вторично, то он сбрасывается. После успешной передачи всех данных передающий ПК посылает знак завершения передачи, сообщающий об окончании передачи файла.

Перерыв в передаче блока свыше 1с считается разрывом связи.

Преимуществами данного протокола по сравнению с другими является его доступность для разработчиков программных средств, простота реализации на языках высокого уровня, малый объем приемного буфера (256 байт), возможность передачи не только символьных, но и исполняемых файлов (с расширениями \*\*\*.сом и \*\*\*.ехе). Последнее возможно вследствие того, что конец файла определяется подсчетом переданных байтов и используется специальный сигнал завершения. Эффективность обнаружения ошибок данным протоколом составляет 99,6%.

К основным недостатком этого протокола можно отнести низкое быстродействие, большую вероятность необнаружения ошибок, необходимость задания имени файла при приеме, относительно большой объем передаваемой служебной информации.

Последовательность действий, выполняемых при передаче файла с помощью протокола X-modem, показана в таблице 5.

Таблица 5. Процесс передачи.



**Пример расчета контрольной суммы**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № кадра | Инвертированный № кадра | Поле данных | Контрольнаясумма |
| 00000001 | 11111110 | 10100110 | 10010101 | 10100100 | 11100000 |

Пример:

*1 кадр*

101001101001010110100100в десятичном виде: 10917284, делим на 255

10917284/255=42812,878

Находим остаток от деления: целую часть умножаем на 255:

42812∙255=10917060

10917284-10917060 = 224 в двоичном виде 11100000

Или

101001102=16610

100101012=14910

101001002=16410

166+149+164=479

Находим остаток от деления: целую часть умножаем на 255:

479/255=1,878

1∙255=255

479-255= 224 в двоичном виде 11100000