

1. Как расшифровывается аббревиатура USART?

USART — (последовательный) универсальный синхронно-асинхронный приемо-передатчик (universal synchronous-asynchronous receiver-transmitter - USART). Передача данных в USART осуществляется через равные промежутки времени.

2. Что такое бод? Какие стандартные режимы работы USART, измеряемые в бодах, Вам известны?

Передача данных в USART осуществляется через равные промежутки времени. Этот временной промежуток определяется заданной скоростью USART и указывается в бодах (для символов, которые могут принимать значения равные только нулю или единице, бод эквивалентен битам в секунду). Существует общепринятый ряд стандартных скоростей: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800, 921600 бод.

3. Какова структура битового пакета, передаваемого или принимаемого USART?

Помимо битов данных USART автоматически вставляет в поток синхронизирующие метки, так называемые стартовый и стоповый биты. При приёме эти лишние биты удаляются. Обычно стартовый и стоповый биты отделяют один байт информации (8 бит). Однако встречаются реализации USART, которые позволяют передавать по 5, 6, 7, 8 или 9 бит. Биты, отделённые стартовым и стоповым сигналами, являются минимальной посылкой. USART позволяет вставлять два стоповых бита при передаче для уменьшения вероятности рассинхронизации приёмника и передатчика при плотном трафике. Приёмник игнорирует второй стоповый бит, воспринимая его как короткую паузу на линии.

4. Какова длина битового пакета, используемого для обмена данными с помощью USART?

Принято соглашение, что пассивным (в отсутствие данных) состоянием входа и выхода USART является логическая «1» (рис. 1). Стартовый бит всегда логический «0». Поэтому приёмник USART ждёт перепада из «1» в «0» и отсчитывает от него временной промежуток в половину длительности бита

(середина передачи стартового бита). Если в этот момент на входе всё ещё «0», то запускается процесс приёма минимальной посылки. Для этого приёмник отсчитывает 9 битовых длительностей подряд (для 8-бит данных) и в каждый момент фиксирует состояние входа. Первые 8 значений являются принятыми данными, последнее значение проверочное (стоп-бит). Значение стоп-бита всегда «1», если реально принятое значение иное, USART фиксирует ошибку

5. Как рассчитать битовую скорость данных для заданной конфигурации USART? Приведите пример.

Поскольку синхронизирующие биты занимают часть битового потока, то результирующая пропускная способность USART не равна скорости соединения.

Например, для 8-битных посылок формата 8-N-1 синхронизирующие биты занимают 20% потока, что для физической скорости 115 200 бод даёт битовую скорость данных 92160 бит/с или 11 520 байт/с

6. Каким образом осуществляется синхронизация передатчика и приемника?

USART позволяет вставлять два стоповых бита при передаче для уменьшения вероятности рассинхронизации приёмника и передатчика при плотном трафике. Приёмник игнорирует второй стоповый бит, воспринимая его как короткую паузу на линии

7. Какой уровень сигнала соответствует стоп-биту?

Значение стоп-бита всегда «1», если реально принятое значение иное, USART фиксирует ошибку.

8. Как приемник определяет количество стоп-бит в полученном пакете?

Принято соглашение, что пассивным (в отсутствие данных) состоянием входа и выхода USART является логическая «1» (рис. 1). Стартовый бит всегда логический «0». Поэтому приёмник USART ждёт перепада из «1» в «0» и отсчитывает от него временной промежуток в половину длительности бита

(середина передачи стартового бита). Если в этот момент на входе всё ещё «0», то запускается процесс приёма минимальной посылки. Для этого приёмник отсчитывает 9 битовых длительностей подряд (для 8-бит данных) и в каждый момент фиксирует состояние входа. Первые 8 значений являются принятыми данными, последнее значение проверочное (стоп-бит). Значение стоп-бита всегда «1», если реально принятое значение иное, USART фиксирует ошибку.

9. Как опознается старт-бит в линии приемника?

Принято соглашение, что пассивным (в отсутствие данных) состоянием входа и выхода USART является логическая «1» (рис. 1). Стартовый бит всегда логический «0». Поэтому приёмник USART ждёт перепада из «1» в «0» и отсчитывает от него временной промежуток в половину длительности бита (середина передачи стартового бита). Если в этот момент на входе всё ещё «0», то запускается процесс приёма минимальной посылки. Для этого приёмник отсчитывает 9 битовых длительностей подряд (для 8-бит данных) и в каждый момент фиксирует состояние входа. Первые 8 значений являются принятыми данными, последнее значение проверочное (стоп-бит). Значение стоп-бита всегда «1», если реально принятое значение иное, USART фиксирует ошибку.

10. Что понимается под контролем четности передаваемых данных?

Контроль чётности. В протоколе USART можно автоматически контролировать целостность данных методом контроля битовой чётности. Когда эта функция включена, последний бит данных («бит чётности») всегда принимает значение 1 или 0, так чтобы количество единиц в байте всегда было четным.

11. Какова максимальная скорость передачи может быть достигнута при обмене данными с помощью USART микроконтроллера STM32F072RBT, тактируемого с частотой 8 МГц?

Следующий шаг - настройка скорости работы приемника и передатчика выполняется в соответствии с тактовой частотой микроконтроллера 8 МГц и скорость обмена данными 115200 бит/с. Определим коэффициент деления

частоты тактового генератора для модуля USART1: $USARTDIV = 8000000 / 115200 = 69,4$. Округление до целого даст значение 69. Его нужно поместить в регистр USART1_BRR командой USART1->BRR=69;

12. Какие регистры используются передатчиком для отправки данных в линию?

Флаг TXE автоматически устанавливается в единицу, когда завершается копирования битового пакета из TDR в сдвиговый регистр передатчика, и в буферный регистр передатчика можно помещать новые данные. Этот флаг показывает, что данные поступили в передатчик для отправки в линию и в буферном регистре можно размещать новые данные. Сброс флага TXE происходит при записи в регистр TDR нового битового пакета.

Флаг TC автоматически устанавливается в единицу, когда завершается передача битового пакета и на выходе Tx устанавливается логическая «1». Сброс флага происходит при копировании данных из регистра TDR в сдвиговый регистр. Этот флаг, как правило, используется когда нужно выключать модуль USART после завершения передачи данных.

Флаг RXNE автоматически устанавливается в единицу, когда завершается копирование данных из сдвигового регистра приемника в буферный регистр RDR. Этот флаг показывает, что полученные приемником из линии битовые данные перемещены в буферный регистр RDR и их можно считать в программу. Сброс флага происходит при последовательном чтении регистров ISR и RDR.

Значение регистра Регистр USARTx_ISR по умолчанию: 0x0000 00C0h.

Регистр USARTx_RDR (программный доступ: USART1->RDR) (x – буква порта, изменяется от A до F) является буфером приемника. В нем размещается принятый битовый пакет. Данные из RDR должны быть считаны за время приема следующего пакета. Если этого не происходит, то следующий битовый пакет уничтожит предыдущий при копировании из сдвигового регистра приемника. Количество значащих бит в регистре RDR определяется длиной данных, заданной с помощью регистра CR1.

Значение регистра Регистр USARTx_ISR по умолчанию: не определено.

Регистр USARTx_TDR (программный доступ: USART1->TDR) (x – буква порта, изменяется от A до F) является буфером передатчика. В нем размещается битовый пакет, который требуется передать через интерфейс. Данные в TDR

из программы можно копировать только когда установлен флаг TXE. В противном случае возможно наложения битовых пакетов и их уничтожение.

13.Как организована буферизация данных в приемнике?

Передачик включает два регистра: регистр сдвига (Transmit Shift Register) и буферный регистр (Transmit Data Register - TDR). Программный доступ организован только к TDR. Данные, требующие передачи, следует загрузить в TDR. Если передача предыдущего битового пакета закончена и регистр сдвига пуст, то пакет данных из TDR автоматически копируется в сдвиговый регистр. Затем под действием тактовых импульсов данные сдвигаются и побитно поступают на выход TX. После копирования данных в сдвиговый регистр есть время на запись новых данных в буферный регистр, равное времени передачи. Если успевать заполнять буферный регистр, то данные будут передаваться сплошным потоком без пауз между битовыми пакетами. Так организована буферизация данных передатчика.

14.Каково назначение регистра TDR?

Регистр USARTx_TDR (программный доступ: USART1->TDR) (x – буква порта, изменяется от A до F) является буфером передатчика. В нем размещается битовый пакет, который требуется передать через интерфейс. Данные в TDR из программы можно копировать только когда установлен флаг TXE. В противном случае возможно наложения битовых пакетов и их уничтожение

15.Каким образом задается скорость обмена данными в модуле USART?

Регистр USARTx_BRR (программный доступ: USART1->BRR) (x – буква порта, изменяется от A до F) задает коэффициент деления тактовой частоты и определяет скорость приема и передачи битовых пакетов (рис. 9).

USARTDIV[0:15] – 16-ти разрядный коэффициент деления частоты тактового генератора. Биты 16 – 31 не используются и должны быть равны нулю. Для битов 4 – 15: $BRR[4:15] = USARTDIV[4:15]$. Для битов 0 – 3 действует следующее правило:

если бит OVER8=0 (регистр USARTx_CR1), то $BRR[3:0] = USARTDIV[3:0]$;

если бит OVER8=1, то $BRR[2:0]=USARTDIV[3:0]$ (сдвиг на 1 бит вправо).

При этом BRR[3] должен быть сброшен.

Коэффициент деления тактовой частоты рассчитывается по формуле

$$\text{USARTDIV} = \text{round}(\text{Fclk}/\text{BAUD}),$$

где Fclk – частота тактирования микроконтроллера, BAUD – скорость обмена битами по USART, бит/с, round() – оператор округления.

Значение регистра Регистр USARTx_BRR по умолчанию: 0x0000 0000h.

16. Поясните назначение подтягивающего резистора на входной линии приемника USART?

Включение подтягивающего резистора гарантирует, что вход приемника не окажется в «плавающем режиме», и так как в режиме ожидания на линии приемника должен быть уровень логической единицы, то в качестве подтягивающего нужно выбрать резистор «pullup».

17. Какой регистр изучаемого микроконтроллера позволяет управлять контролем четности USART?

Регистр USARTx_CR1 (программный доступ: USART1->CR1) (x – буква порта, изменяется от A до F) используется для разрешения работы модуля USART, включения приемника и передатчика, настройки длины битового пакета, разрешения прерываний по флагам и др.

Бит PCE разрешает аппаратный контроль четности в принимаемых и передаваемых битовых пакетах. При PCE=1 перед стоп-битом в пакете будет вставляться или анализироваться дополнительный бит – бит контроля четности, значение которого зависит от селектора четности (бит PS).

18. Что произойдет с конфигурацией USART, если в регистр USARTx_CR2 поместить значение 0x00003000h?

19. Какой флаг USART показывает, что передача данных в линию завершена?

Флаг TC автоматически устанавливается в единицу, когда завершается передача битового пакета и на выходе Tx устанавливается логическая «1».

Сброс флага происходит при копировании данных из регистра TDR в сдвиговый регистр. Этот флаг, как правило, используется, когда нужно выключать модуль USART после завершения передачи данных.

20. Назовите номер бита статусного регистра USART, содержащего флаг TXE?

7

21. Когда происходит сброс флага RXNE?

Флаг RXNE автоматически устанавливается в единицу, когда завершается копирование данных из сдвигового регистра приемника в буферный регистр RDR. Этот флаг показывает, что полученные приемником из линии битовые данные перемещены в буферный регистр RDR и их можно считать в программу. Сброс флага происходит при последовательном чтении регистров ISR и RDR.

22. По какой причине возможна потеря данных в приемнике USART?

23. При каком условии изменение конфигурации USART невозможно?

24. Каким образом можно подключить модуль USART1 изучаемого микроконтроллера к порту B? Какие настройки нужно для этого сделать?

25. Каково назначение команды USART1->ISR & USART_ISR_TXE ?

Событие готовности принятых данных к чтению. (прерывание произошло по завершению приёма)

26. Какая команда включает тактирование модуля USART3?

27. Какой ASCII-код, принимаемый через порт «Serial» в PuTTY приводит к стиранию символов в окне этого приложения?

0x08

28.Как можно определить значение цифры по ее ASCII-коду?

Для определения значений цифры по её ASCII-коду существует соответствующая таблица: «Таблица кодов ASCII Windows»

29.Каким образом в PuTTY осуществляется настройка параметров соединения с лабораторным комплексом STM_01?

Подключаем наш стенд к компьютеру с помощью провода, USB на квадратный адаптер порта. Далее открываем программу PuTTY, выбираем тип режим работы по «Serial», выбираем наш COM-порт и скорость обмена данными, в нашем случае это 115200 бит/с. Нажимаем подключиться и всё.

30.Каким образом организуется отправка целой строки символов из STM_01 в PuTTY?

Передачик включает два регистра: регистр сдвига (Transmit Shift Register) и буферный регистр (Transmit Data Register - TDR). Программный доступ организован только к TDR. Данные, требующие передачи, следует загрузить в TDR. Если передача предыдущего битового пакета закончена и регистр сдвига пуст, то пакет данных из TDR автоматически копируется в сдвиговый регистр. Затем под действием тактовых импульсов данные сдвигаются и побитно поступают на выход TX. После копирования данных в сдвиговый регистр есть время на запись новых данных в буферный регистр, равное времени передачи. Если успевать заполнять буферный регистр, то данные будут передаваться сплошным потоком без пауз между битовыми пакетами. Так организована буферизация данных передатчика. Об окончании передачи данных регистром сдвига и освобождении буферного регистра сообщают специальные флаги – TC и TXE соответственно. По ним могут генерироваться прерывания.

Приемная часть устройства также состоит из двух регистров: регистра сдвига (Receive Shift Register) и буферного регистра (Receive Data Register - RDR). С входа Rx биты поступают на сдвиговый регистр, сдвигаются под действием тактовых импульсов и, после формирования полного битового пакета, автоматически копируются в буферный регистр. Буферный регистр имеет программный доступ. О поступлении в него новых данных сообщает специальный флаг - RXNE, по которому может генерироваться прерывание. Если данные поступают сплошным потоком, без пауз, то полученный пакет

должен быть считан из буферного регистра за время меньшее, чем время приема следующего пакета. Иначе, следующий пакет при автоматическом копировании из сдвигового регистра в буферный уничтожит ранее принятые данные.