

Лабораторная работа №3

«Работа с последовательным интерфейсом передачи данных UART микроконтроллера семейства STM32»

1 Цель работы

Ознакомиться с программными средствами работы по последовательному интерфейсу UART микроконтроллера STM32.

2 Теоретические сведения

2.1 Контроллер последовательного интерфейса USART

UART/USART – это наиболее распространенный последовательный интерфейс передачи данных. Через него к микроконтроллеру подключаться различные устройства. Одним из наиболее распространенных применений является использование UART для отладки программ: интерфейс обеспечивает вывод отладочной информации в тестовом виде, а возможность передачи команд управления позволяет реализовать режим командной строки для микроконтроллера и, тем самым, управлять отладкой и функционированием.

Регистры контроллера USART:

- USART_SR (смещение 0x00) - регистр статуса - содержит флаги состояния приема, передачи и ошибок;
- USART_DR (смещение 0x04) - регистр данных - используется для записи данных в буферный регистр передатчика и чтения данных из буферного регистра приемника;
- USART_BRR (смещение 0x08) - регистр скорости обмена - содержит значение делителя частоты - USARTDIV, определяющего скорость передачи и приема данных;

– USART_CR1 (смещение 0x0C), USART_CR2 (смещение 0x10), USART_CR3 (смещение 0x14) - контрольные регистры - используются для задания режимов работы контроллера

– USART_GTPR (смещение 0x18) - регистр защитного времени.

Структура статусного регистра приведена на рис. 1.

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Reserved						CTS	LBD	TXE	TC	RXNE	IDLE	ORE	NE	FE	PE
						rw	rw	r	rw	rw	r	r	r	r	r

Рис. 1

Основные флаги регистра:

– TXE - буферный регистр передатчика пуст, устанавливается аппаратно и сбрасывается после записи байта в буферный регистр USART_DR;

– RXNE - буферный регистр приема не пуст, сбрасывается при чтении регистра USART_DR.

Структура регистра данных приведена на рис. 2.

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Reserved						DR[8:0]									
						rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

Рис. 2

Структура регистра скорости обмена приведена на рис 3.

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
DIV_Mantissa[11:0]											DIV_Fraction[3:0]				
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

Рис 3.

Для определения значения делителя частоты для контроллера USART используется следующая формула:

$$USARTDIV = \frac{F_{ck}}{(16 \times Baudrate)} \quad (1)$$

где:

- USARTDIV - значение делителя частоты контроллера USART;
- F_{ck} - частота тактового сигнала контроллера USART, Гц;
- Baudrate - скорость передачи, бод.

Для определения значения, записываемого в регистре скорости обмена BRR, используется формула:

$$BRR = USARTDIV \times 16 \quad (2)$$

Если получаемое значение не является целым числом, следует выбрать наиболее близкое целое, для получения наиболее близкого значения скорости передачи.

Контроллер USART1 тактируется сигналом PCLK2, контроллеры USART2 и USART3 тактируются сигналом PCLK1.

Структура контрольного регистра USART_CR1 приведена на рис 4.

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Reserved	UE	M	WAKE	PCE	PS	PEIE	TXEIE	TCIE	RXNEIE	IDLEIE	TE	RE	RWU	SBK	
	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	

Рис. 4

Основные флаги контрольного регистра USART_CR1:

- UE - разрешение работы UART (UE = 1);
- M - задает длину слова 8 бит (M=0) или 9 бит (M=1);
- PCE - разрешение контроля четности (PCE=1);
- TXEIE - разрешение прерывания по флагу TXE - буферный регистр передатчика пуст;

– RXNEIE - разрешение прерывания по флагу RXNE - в буферном регистре приемника есть данные;

– TE - разрешение работы передатчика;

– RE - разрешение работы приемника.

Для работы контроллера USART, необходимо выполнить настройку портов ввода-вывода, закрепленных за контроллером, согласно технической спецификации микроконтроллера. Для микроконтроллеров семейства STM32F1, порты каналов таймеров используемые как входные должны быть сконфигурированы как входные с подтягивающим резистором, порты каналов, используемые как выходные, должны быть определены как двухтактные выходы в режиме альтернативной функции с подтягивающим резистором.

Номера портов ввода-вывода, закрепленных за контроллерами USART, приведены в табл.1.

Табл.1

Порты ввода-вывода контроллеров UART

Контроллер	Назначение вывода	Номер вывода
USART1	RX	PA10
	TX	PA9
USART2	RX	PA3
	TX	PA2
USART3	RX	PB11
	TX	PB10

2.2 Программирование контроллера UART

Программирование контроллера последовательного интерфейса USART в среде Keil uVision5 может быть реализовано с использованием доступа к регистрам устройства через библиотеку CMSIS либо с использованием функций и структур данных библиотеки SPL.

Регистры контроллера описываются структурой данных USART_TypeDef. Для доступа к контроллерам используются

макроопределения USARTx, где x - номер контроллера, определенные в файле stm32f10x.h. Доступ к регистрам реализуется через обращение к полям структуры. Для работы с флагами регистров в файле stm32f10x.h содержатся битовые маски, соответствующие флагам регистров контроллера.

Например, чтение статусного регистра контроллера USART1 и выделение флаг отсутствия данных в буферном регистре передатчика может быть реализовано следующим образом:

USART1->SR & USART_SR_TXE

Для работы с контроллерами USART в библиотеки SPL определены файлы stm32f10x_usart.h и stm32f10x_usart.c.

Для инициализации контроллера используется структура USART_InitTypeDef. Базовое заполнение структуры выполняется функцией USART_StructInit. Инициализация контроллера с использованием настроенной структуры выполняется функцией USART_Init.

Для чтения полученных данных из контроллера USART используется функция USART_ReceiveData. Для отправки данных используется функция USART_SendData. Для получения значения флагов контроллера используется функция USART_GetFlagStatus.

Источники прерываний контроллера USART приведены в файле stm32f10x_usart.h. Для контроля передачи используется прерывание USART_IT_TXE, формирующиеся по завершении передачи байта данных. Для контроля приема используется прерывание USART_IT_RXNE, формирующиеся по завершении приема байта данных. Включение источников прерываний реализуется функцией USART_ITConfig. Определение состояния прерывания по источнику прерывания выполняется функцией USART_GetITStatus. Для снятия флага отложенного прерывания в контроллере используется функция USART_ClearITPendingBit. Объявления функций обработчиков прерываний контроллеров USART находятся в файле startup_stm32f10x_md.s в секции Default_Handler.

2.3 Настройка симуляции последовательного интерфейса

Для работы с контроллером последовательного интерфейса USART в симуляторе среды Keil uVision5 необходимо:

- запустить соответствующий терминал последовательного интерфейса: в режиме отладки выберите вкладку «View-Serial Windows-UART #» с номером используемого контроллера;
- запустить средства мониторинга аппаратных ресурсов - вкладка «Peripherals», где выбрать используемые контроллеры USART, TIM и GPIO;
- запустить анализатор «View-Analysis Windows-Logic Analyzer» и добавить в анализатор вывод канала таймера, приемный (SxIN) и передающий (SxOUT) интерфейсы последовательного интерфейса.

3 Задание

Разработать программу для микроконтроллера STM32F103RB, реализующую режим командной строки по каналу UART для управления таймером в режиме широтно-импульсной модуляции. Программа должна обеспечивать:

- получение байт данных из терминала по каналу UART и выдачу их обратно в терминал - режим «эхо»;
- формирование строк из получаемых данных (в качестве признака конца строки используется байт 0x0D), сравнение полученных строк с набором команд:
 - start - запуск формирования сигнала широтно-импульсной модуляции;
 - stop - остановка формирования сигнала широтно-импульсной модуляции;
 - period - передача параметра периода сигнала широтно-импульсной модуляции, значение передается в строке с командной, через пробел, в цифровом формате;

– pulse - передача параметра продолжительности сигнала широтно-импульсной модуляции, значение передается в строке с командной, через пробел, в цифровом формате;

– show - запрос вывода в терминал параметров сигнала широтно-импульсной модуляции: период, продолжительность, количество сформированных импульсов.

Для формирования сигнала широтно-импульсной модуляции использовать первый канал таймера TIM3, один отсчет таймера - 1 мкс.

Параметры работы контроллера USART выбираются по табл. 2.

Табл.2

Варианты заданий к лабораторной работе №3

Номер варианта	Контроллер	Скорость передачи, бод
1	USART1	2400
2		4800
3		9600
4		19200
5		38400
6		57600
7		115200
8	USART2	2400
9		4800
10		9600
11		19200
12		38400
13		57600
14		115200
15	USART3	2400
16		4800
17		9600
18		19200
19		57600
20		115200

4 Порядок выполнения работы

4.1 Получить вариант задания у преподавателя.

4.2 Рассчитать значение делителя частоты и регистра BRR контроллера USART в соответствии с заданием.

4.3 Создать проект в среде Keil uVision5 для микроконтроллера STM32F103RB.

4.4 Выбрать программные компоненты:

- CMSIS/Core,
- Device/Startup,
- Device/StdPeriph Drivers/Framework,
- Device/StdPeriph Drivers/GPIO,
- Device/StdPeriph Drivers/RCC;
- Device/StdPeriph Drivers/TIM;
- Device/StdPeriph Drivers/USART.

4.5 Выполнить настройку режима отладки для проекта.

4.6 Разработать программу согласно задания.

4.7 Выполнить симуляцию разработанной программы.

4.8 Зафиксировать результаты функционирования программы:

- настройки аппаратных средств;
- содержимое терминала последовательного интерфейса;
- параметры формируемых сигналов.

4.9 Сделать выводы по проделанной работе и оформить отчет.

5 Содержание отчета

В отчете по результатам лабораторной работы должны быть приведены:

- используемые периферийные модули микроконтроллера;
- расчет параметров делителя частоты и значения регистра BRR;
- словесное описание алгоритма работы разработанной программы;
- текст разработанной программы;

- результаты работы разработанной программы в симуляторе;
- содержимое терминала последовательного интерфейса.

6 Контрольные вопросы

1. Какие режимы реализует контроллер USART микроконтроллеров семейства STM32F1?
2. Как реализуется передача в асинхронном режиме последовательного интерфейса?
3. Какой флаг используется для сигнализации получения данных по последовательному интерфейсу USART?
4. Какой флаг используется для включения прерывания по получению данных в контроллере USART?
5. Как задается скорость обмена контроллера USART?