

# USART

Основная часть любого последовательного интерфейса передачи данных – это сдвиговой регистр. В USART-е их 2: один на передачу (Transmit Shift Register), другой на прием (Receive Shift Register). Каждый из этих сдвиговых регистров имеет свой буферный регистр данных: Transmit Data Register (**TDR**) и Receive Data Register (**RDR**).

Для того, чтобы отправить слово данных в USART (намеренно говорю «слово», а не «байт», так как размер слова может быть 8 или 9 бит), нужно его загрузить в регистр передачи TDR. После записи в TDR это значение «провалится» в сдвиговой регистр передатчика и процесс передачи будет запущен. Стоит обратить внимание, что как только значение из TDR было отправлено в сдвиговой регистр, в TDR можно загрузить **еще данные**, которые будут там ждать окончания передачи из сдвигового регистра. Таким образом, у нас есть как бы буфер на 2 слова: одно находится в сдвиговом регистре, другое в TDR, что позволяет передавать данные по USART сплошным потоком без пауз между соседними передачами.

## Флаги

- Если регистр передатчика TDR пуст, и в него можно записать очередное слово, то в регистре статуса будет установлен в 1 специальный флаг **TXE** (Transmit data register empty). Стоит отметить, что установка флага TXE в 1 вовсе не означает окончание процесса передачи данных. TXE говорит только о том, что можно записать очередное значение в регистр передатчика.
- Для того, чтобы убедиться в окончании передачи данных по ножке Tx, есть другой флаг в регистре статуса: **TC** (Transmission complete). Он устанавливается только в случае, если передача данных завершена и нет очередных данных в регистре передатчика для загрузки в сдвиговой регистр (установлен флаг TXE). Флаг TC может быть полезен при реализации интерфейса RS485, когда направление драйвера интерфейса можно переключить только после завершения передачи данных.
- Перейдем к приему данных. В регистре статуса есть флаг **RXNE** (Read data register not empty). Он устанавливается в 1, если в буфере приемника есть новые данные.
- Кроме того, при установке в 1 одного из рассмотренных флагов, есть возможность разрешить генерацию прерывания USART, что очень полезно при передаче данных через прерывания.

## Регистры

### USART\_SR

- **TXE**: регистр передатчика пуст. Этот бит устанавливается аппаратно, когда содержимое регистра передатчика TDR (TDR не доступен напрямую из программы, но туда попадают данные при записи в USART\_DR) было передано в сдвиговой регистр. Если в USART\_CR1 был установлен бит разрешения прерывания TXEIE, то в этот момент генерируется запрос прерывания USART. TXE сбрасывается при записи значения в регистр данных USART\_DR.
- **TC**: передача завершена. Этот бит устанавливается аппаратно, если UART завершил передачу данных, при этом бит TXE установлен в единицу. Этот бит может быть полезен для реализации интерфейса RS485 для переключения направления драйвера RS485.
- **RXNE**: регистр приемника не пуст. Этот бит устанавливается в единицу, когда содержимое сдвигового регистра приемника передается в регистр данных USART. Если в регистре USART\_CR1 установлен бит RXNEIE, то генерируется запрос прерывания USART. Бит RXNE сбрасывается при чтении регистр данных USART\_DR.

#### USART\_DR

- **DR[8:0]**: данные. Этот регистр содержит 2 теневого регистра: TDR и RDR. При чтении из DR будет прочитано значение регистра данных приемника RDR, при записи в DR значение будет записано в регистр данных передатчика TDR. Если используется контроль четности (бит PCE в регистре USART\_CR1 установлен в 1), то при записи в DR значение старшего бита будет игнорироваться, так как при передаче он будет заменен битом четности. При приеме с включенным контролем четности старший бит будет содержать бит четности.

#### USART\_CR1

- **UE** : включить USART.
- **M** : длина слова данных. Этот бит определяет длину передаваемых данных. Устанавливается и очищается программно.
- **TXEIE** : разрешить прерывание при опустошении буфера передатчика. Если установлен в 1, то генерируется запрос прерывания USART при установке бита TXE регистра USART\_SR.
- **TCIE** : разрешить прерывания окончания передачи. Если 1, то генерируется запрос прерывания USART при установке флага TC в регистре USART\_SR.
- **TE**: включить передатчик USART
- **RE**: включить приемник USART