Программирование SPI-USB-моста для Probe-2

**Описание**

На плате Probe-2 имеется чип STM32F042F4P6, задача которого – пересылать данные от чипа nRF на PC через USB.

Когда USB-подключения нет, STM32 должен засыпать с минимальным энергопотреблением и не реагировать на внешние раздражители; все IO-выводы устанавливаются в High-Z или GND.

Когда есть USB-подключение (определяется через USB\_DET), чип должен определяться на PC (Windows) как USB Serial port.

STM32 получает данные от nRF через SPI, работая в режиме slave, и передает их без изменений на PC. В заголовке сообщения от nRF должен находиться размер очередного пакета данных. В ответной SPI-посылке STM32 сообщает, 1) было ли уже отправлено на PC предыдущее сообщение, 2) будет ли отправлено текущее сообщение (напр., есть ли USB-подключение), 3) сколько байтов ожидает передачи в обратном направлении, с PC на nRF.

Оставшееся место в ответной SPI-посылке заполняется данными, следующими в обратном направлении, с PC на nRF.

Фиксированный размер SPI-сообщения – 256 бит, задается константой в коде.

протокол обмена по SPI со стороны nRF.

**Взаимодействие с мостом USB-SPI**  
Наличие USB-подключения определяется по уровню сигнала RF\_RX. Высокий уровень обозначает, что устройство подключено к USB-порту. Низкий уровень означает, что все операции с USB-SPI мостом следует прекратить. Сигнал формируется чипом STM.

После того как устройство было подключено к USB-порту, nRF присылает на STM SPI-**сообщение статуса** (см. ниже). Если в ответном сообщении **бит-признак ошибки USB-соединения** и **бит-признак переполнения буфера** сброшены, передача данных через USB возможна.

Если в каком-либо ответом SPI-сообшении от STM выставлен **бит-признак ошибки USB-соединения**или **бит-признак переполнения буфера**, передача данных через USB невозможна. В этом случае nRF начинает повторять последнее SPI-сообщение и проверять флаги в ответном сообщении. Это делается до тех пор, пока в ответном сообщении от STM оба бита-признака не будут сброшены.

**Формат SPI-сообщения nRF→ STM**  
Most Significant Bit First. Размер SPI-фрейма – 16 бит. Первый байт фрейма – заголовок. Второй байт фрейма – данные, полученные от акселерометра или ответ на команду. Первые 4 бита заголовка фрейма содержат тип данных, передаваемых в байте данных. Последние 4 бита заголовка – счетчик фреймов.

**Формат ответного SPI-сообщения STM→ nRF**  
Most Significant Bit First, 16 бит. Первый байт – заголовок, второй байт – данные.

* Первый бит заголовка –\* признак ошибки USB-соединения\*. Выставляется STM. Если первый бит выставлен, текущий фрейм nRF→ STM не будет добавлен в буфер и отправлен на PC, и его нужно выдать повторно, с тем же самым значением счетчика фреймов.
* Второй бит заголовка – **признак переполнения буфера на стороне STM**. Выставляется STM. Если предыдущий фрейм уже был отправлен на PC и буфер на стороне STM пуст, этот бит сброшен. Если STM еще не успел переправить один или несколько фреймов на PC, то бит установлен. В этом случае текущий фрейм nRF→ STM не будет добавлен в буфер на STM, и его нужно выдать повторно, с тем же самым значением счетчика фреймов.
* Третий бит заголовка – **признак наличия данных** во втором байте ответного фрейма. Если этот бит сброшен, nRF игнорирует второй байт ответного фрейма STM→ nRF. Устанавливается STM.

Последние 4 бита заголовка – **счетчик фреймов.** Устанавливается STM.

**SPI-сообщение статуса**  
Сообщение статуса выдается на STM через каждые 16 фреймов, например, при значении счетчика фреймов 0000. При отсутствии данных для PC сообщение статуса выдается несколько раз в секунду. В байте данных сообщения статуса кодируется:

* третий бит – признак переполнения буфера данных на nRF. Если этот бит выставлен, поступающие с акселерометра данные игнорируются.
* последние 4 бита – количество фреймов, ожидающих передачи с nRF на STM, или 1111, если их число больше 15.

**Обработка SPI-сообщений nRF→STM на STM**  
STM передает на PC все фреймы, полученные с nRF, как есть и без изменений. Единственное исключение – если какой-либо фрейм был повторен два или более раз подряд и повторные фреймы побитово совпадают с оригинальным, включая поле счетчика фреймов. В этом случае повторные фреймы отбрасываются.

Упрощая вырезку из ТЗ выше:

* Обнаружив физическое подключение USB, STM выставляет сигнал RF\_RX.
* STM работает как SPI Slave получает 16-битные фреймы от nRF через SPI и помещает их во внутренний буфер.
* Если во внутреннем буфере STM уже есть фреймы и последний из них побитово совпадает с новым фреймом, то новый фрейм отбрасывается.
* STM пытается переслать байты из внутреннего буфера на PC.
* STM сигнализирует об отсутствии USB-соединения, выставляя первый бит в ответном SPI-фрейме (нумерация с единицы).
* STM сигнализирует о заполнении внутреннего буфера, выставляя второй бит в ответном SPI-фрейме.
* STM поддерживает еще один буфер для данных PC -> nRF. Байты из него STM пересылает один за одним на nRF в ответных SPI-фреймах, помещая их во второй байт ответного фрейма. В этом случае выставляется третий бит ответного фрейма.
* Кроме того, 5-8 биты ответного SPI-фрейма содержат 4-битный счетчик ответных фреймов, который STM увеличивает.

Размеры буферов – 1-10 КБайт. Бит переполнения внутреннего буфера можно выставить в случае заполнения его наполовину.