

ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ В MATLAB С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SDR И SOC ТЕХНОЛОГИЙ

Кайденко Н.Н., Кайденко В.Н.

Научно-исследовательский институт телекоммуникаций НТУУ «КПИ»,

Украина, Киев

E-mail: kkk610@ukr.net

Hardware-in-the-Loop Simulation of telecommunication processes and systems in Matlab using the SDR and SoC technology

This article presents principles of Hardware-in-the-Loop Simulation of telecommunication processes. An example of the construction of the model, and the results of simulation of clock and phase synchronization circuits using HIL Simulation where given .

Программно-аппаратное моделирование (Hardware-in-the-Loop Simulation, HIL) представляет собой метод, который используется в разработке и испытании сложных технических и технологических встроенных систем реального времени. Использование программно-аппаратного моделирования позволяет проводить внутрисхемное и внутрисистемное тестирование разработанных решений и математических моделей, существенно сокращать сроки и стоимость разработки.

Процесс HIL - симуляции в общем виде состоит из трех основных этапов:

- создание математической модели реальной среды, в которой будет использоваться аппаратное устройство;
- тестирование разработанной математической модели на реальном аппаратном устройстве;
- реализация процесса в реальном устройстве с учетом результатов тестирования модели.

При HIL - симуляции возможны как варианты с математическим описанием (программной моделью) среды и внутрисхемным моделированием разрабатываемого процесса, так и с математическим описанием процесса (программной моделью) и внутрисистемным моделированием его поведения в реальной среде.

С появлением технологий программно определяемых радиосистем (Software-defined radio, SDR) и системы на кристалле (System-on-chip, SoC) возможности HIL - симуляции телекоммуникационных процессов и систем существенно расширились, чему способствовало также обеспечение поддержки такого вида симуляции программными средами моделирования, в частности Matlab. Одним из самых новых решений является использование SDR технологии Analog Devices на базе AD9361 совместно с SoC Altera или Xilinx.

Программно аппаратное моделирование телекоммуникационных процессов и систем в Matlab базируется на использовании ИО System Object, который в свою очередь основан на спецификации системных объектов Matlab

[1]. ИО System Object работает как с Matlab, так и Simulink и предназначен для обмена данными по сети Ethernet с ADI аппаратной платформой, подключенной к платформе FPGA/SoC, которая работает под управлением распределенной ADI Linux.

ИО System Object построен на библиотеке libiio [2] и позволяет модели Matlab или Simulink обмениваться потоками данных с аппаратной платформой, контролировать ее установки, а также осуществлять мониторинг различных параметров. На рис. 1 представлена схема уровней, показывающая архитектуру системы.

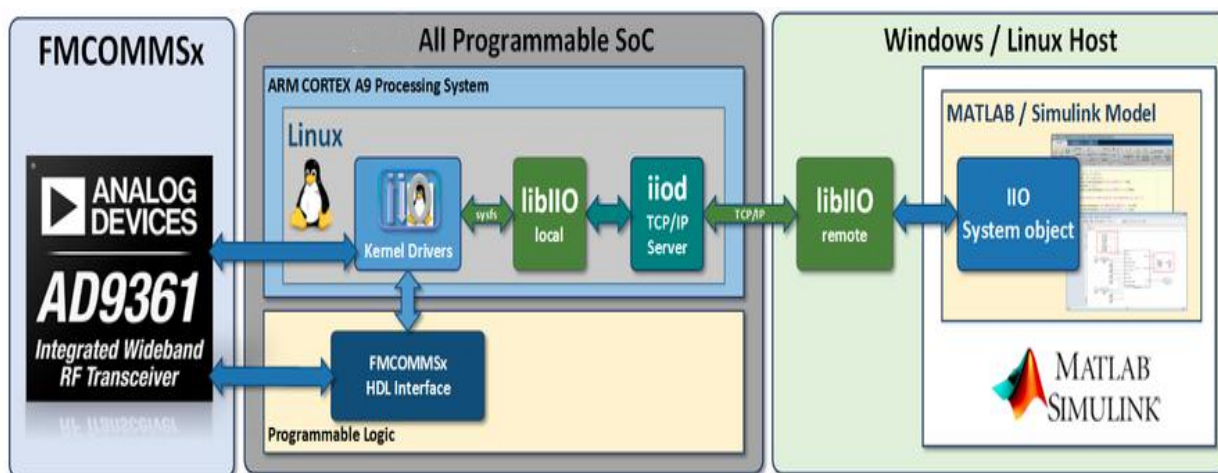


Рис.1 Схема уровней системы программно-аппаратного моделирования.

Для работы из среды Matlab с программно аппаратной платформой создается конфигурационный файл с расширением .cfg и именем, совпадающим с именем устройства, установленным в диалоговом окне конфигурации блока. Этот файл, содержит набор полей, которые определяют драйверы Linux для целевого устройства и каналы конфигурации, которые будут использоваться блоком Simulink или скрипт MATLAB. Конфигурационный файл должен содержать следующие поля:

- data_in_device** — имя Linux драйвера для передачи данных в устройство;
- data_out_device** - имя Linux драйвера для чтения данных из устройства;
- ctrl_device** - имя Linux драйвера для контроля и мониторинга устройства;
- channel** — назначение канала, последовательность параметров <имя канала, тип канала, Linux атрибуты, устройство>.

Ниже представлен пример конфигурационного файла для AD9361.

```
data_in_device = cf-ad9361-dds-core-lpc
data_out_device = cf-ad9361-lpc
ctrl_device = ad9361-phy
channel = RX_LO_FREQ,IN,out_altvoltage0_RX_LO_frequency,
.....
channel = TX_SAMPLING_FREQ,IN,out_voltage_sampling_frequency,
channel = TX_RF_BANDWIDTH,IN,out_voltage_rf_bandwidth.
```

Входные и выходные порты блока Simulink, соответствующие ПО System Object определяются посредством его свойств, а также с помощью файла конфигурации, специфичного для целевого устройства. Входные и выходные порты классифицируются как порты передачи данных и управления. Порты данных используются для приема/передачи буферов непрерывных данных из/в целевое устройство в режиме обработки кадров, в то время как порты управления используются для конфигурации и мониторинга различных параметров устройства. Число и размер портов данных настраиваются в диалоговом окне конфигурации блока, в то время как порты управления определены в конфигурационном файле.

На рис.2 показана схема модели Simulink, которая обеспечивает взаимодействие с модулем SDR на основе AD9361 посредством платформы SoC Altera CyclonV и моделирует процесс фазовой и тактовой синхронизации по алгоритмам, представленным в [3] при использовании QPSK модуляции со скруглением с индексом 0,5.

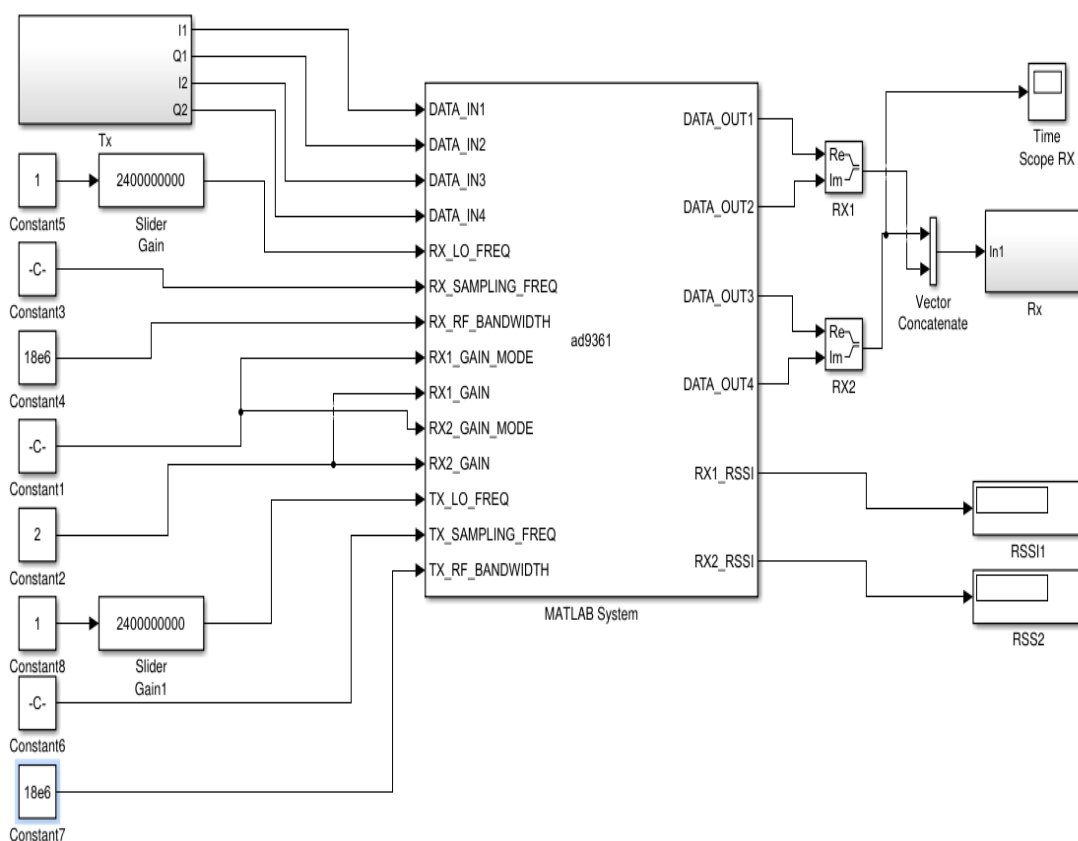


Рис.2 Схема модели Simulink, реализующая HIL симуляцию процесса фазовой и тактовой синхронизации.

В диалоговом окне конфигурации блока настраиваются следующие параметры:

IP address - IP адрес программно аппаратной платформы;

Device name — имя устройства к которому подключается блок, причем имя устройства и имя конфигурационного файла должны быть одинаковыми;

Number of input data channels - количество входных портов данных блока;
Input data channel size — количество отсчетов входного буфера данных;
Number of output data channels - количество выходных портов данных блока;
Output data channel size - количество отсчетов входного буфера данных.

Результат симуляции показан на рис. 3: сигнальное созвездие принятых символов до фазовой и тактовой синхронизации и выборки значащего отсчета (рис а); после процесса синхронизации и выборки значащего отсчета (рис. б).

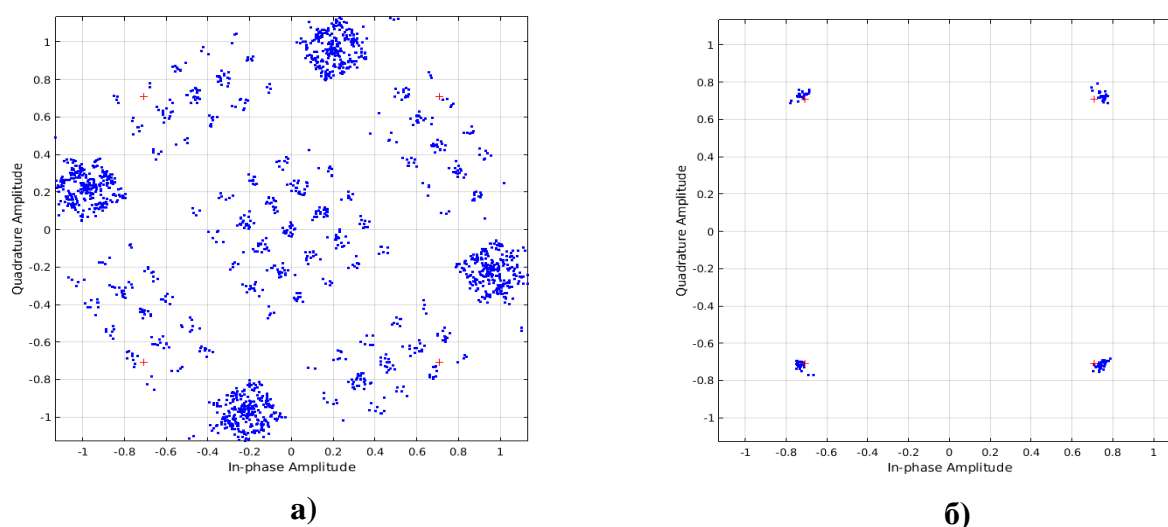


Рис. 3. Результаты программно-аппаратного моделирования передачи/приема QPSK сигнала через радиоканал на основе AD9361 и работы модели схемы фазовой и тактовой синхронизации: сигнальное созвездие до синхронизации и выборки значащего отсчета (а) и после синхронизации (б).

Результаты программно аппаратного моделирования показывают, что использование этого метода позволяет более точно оценивать эффективность использования математических моделей с учетом особенностей реализации реальных телекоммуникационных устройств и систем, причем эта оценка может быть осуществлена в том числе и в реальном масштабе времени.

Литература

1. <http://www.mathworks.com/help/dsp/gs/what-are-system-objects.html>.
2. <https://wiki.analog.com/resources/tools-software/linux-software/libiio>.
3. Michael Rice, “Digital Communications: A Discrete-Time Approach”, Prentice Hall, 2008.