

Диссертация магистра техники и технологии по направлению
«Проектирование и технология производства ЭС» на тему:

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ЦИФРОВОЙ РАДИОСВЯЗИ

Яшин Александр, ИУ 4-Д2

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.И. Власов

2006 г



ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Разработка перепрограммируемого пакетного радиомодема (ППР) в соответствии с ТЗ, отвечающего последним достижениям в области беспроводной связи.

РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ:

1. исследование принципов построения и организации сетевого взаимодействия цифровых систем радиосвязи (ЦСР);
2. анализ и выбор элементной базы реализации цифровых алгоритмов ЦСР;
3. анализ и выбор средств моделирования и проектирования устройств ЦСР;
4. моделирование канала связи разрабатываемого ППР;
5. разработка принципиальной схемы ППР;
6. разработка программы, реализующей пакетную связь ППР.

Классификация ЦСР

Цифровые системы радиосвязи

По назначению

- СР между стационарными объектами;
- СР между подвижными объектами;
- системы радиорелейной связи;
- спутниковые системы связи;
- системы радиовещания и телевидения;
- радиотелеметрические системы;
- системы передачи команд

По назначению передаваемых сообщений

- телефонные;
- телеграфные;
- фототелеграфные;
- телевизионные;
- телеметрические;
- системы телеуправления;
- системы передачи данных

По числу каналов

- одноканальные системы;
- многоканальные системы

По режиму использования канала

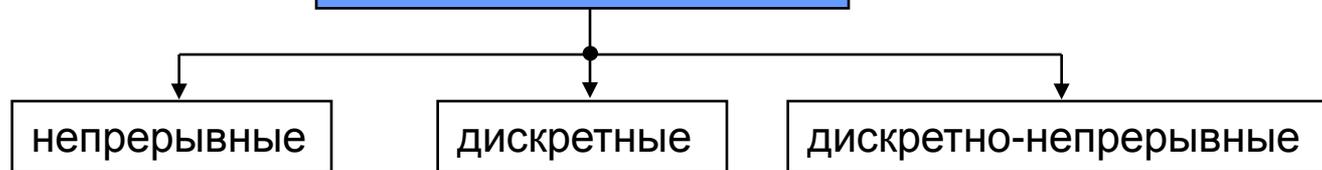
- симплексные системы;
- дуплексные системы;
- полудуплексные системы

По наличию обратного канала

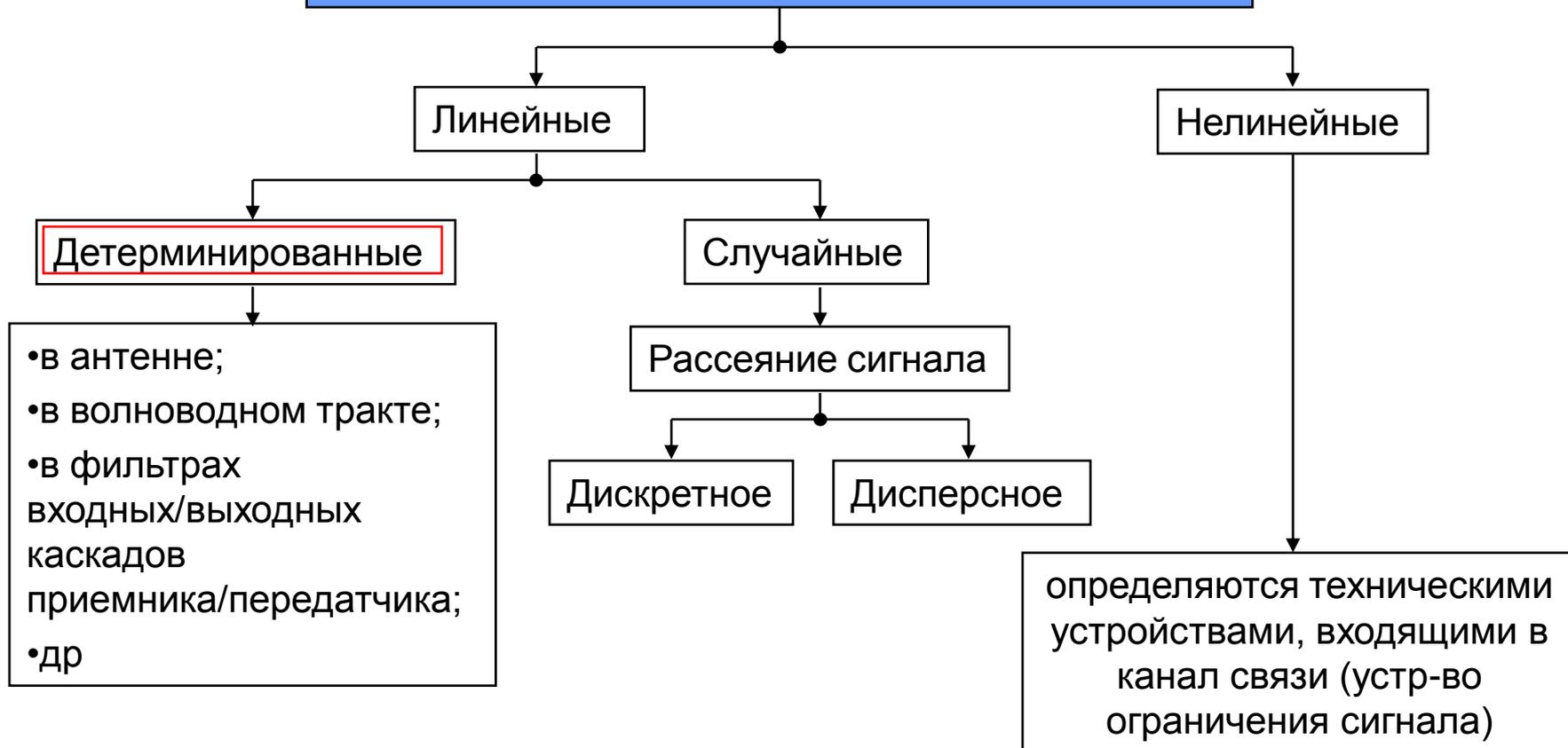
- системы без обратной связи;
- системы с обратной связью

Искажения в радиоканалах связи

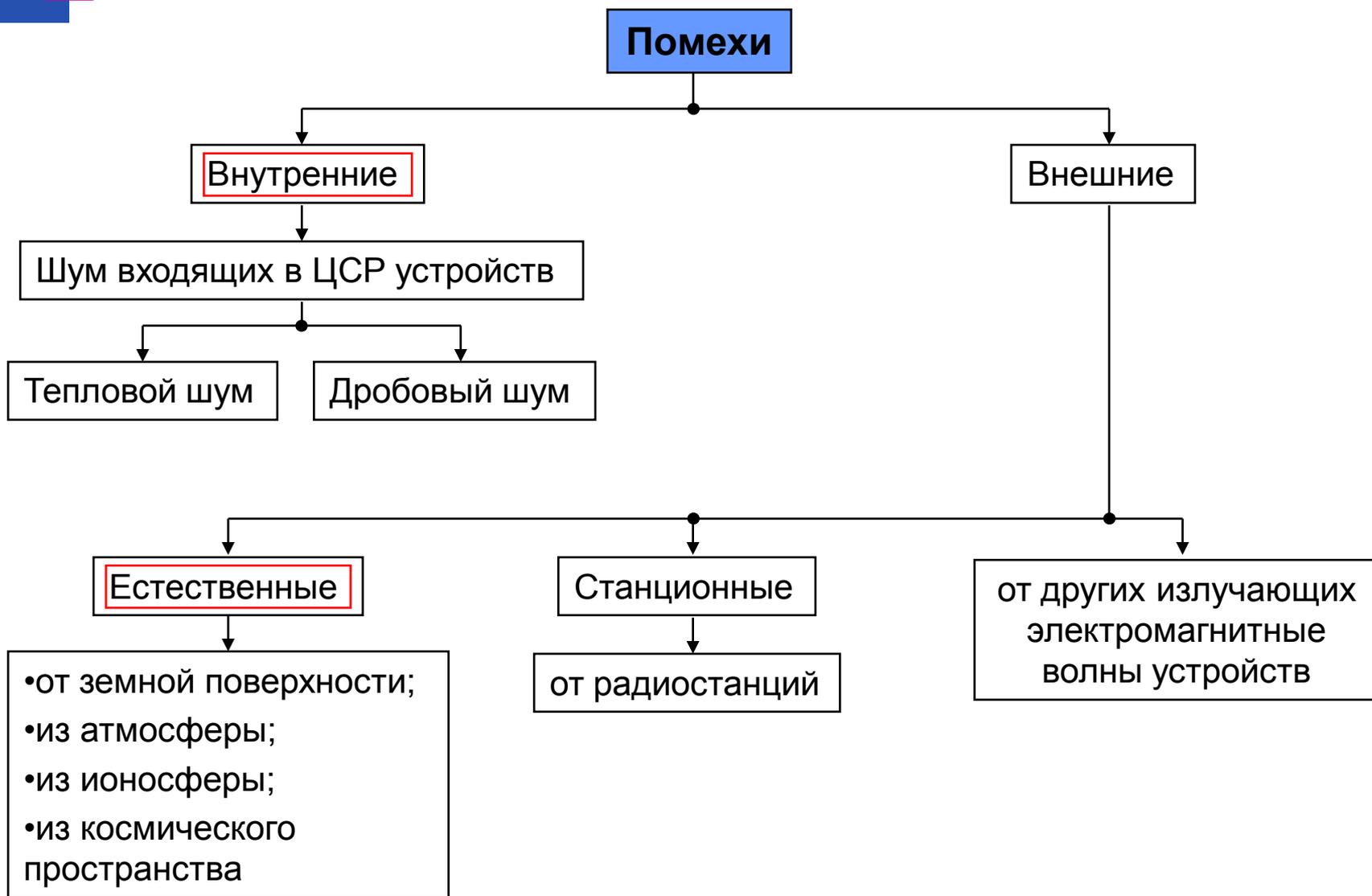
Радиоканалы связи



Искажения в непрерывных каналах связи



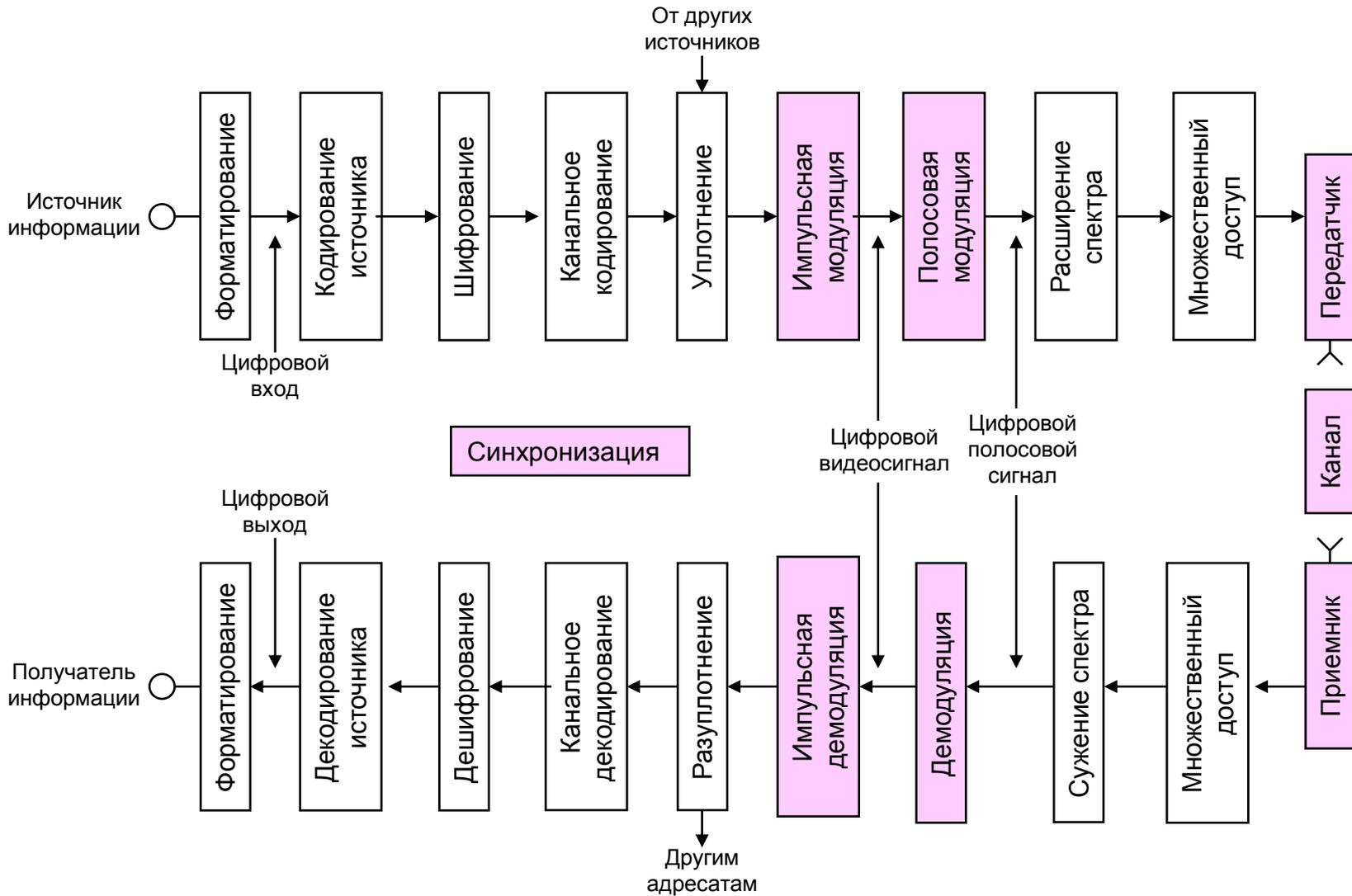
Помехи в радиоканалах связи



Математические модели радиоканалов связи

Название модели	Математическое выражение
Идеальный канал без помех	$u(t) = \mu \cdot s(t - \tau)$
Канал с гауссовским белым шумом (гауссовский канал)	$u(t) = \mu \cdot s(t - \tau) + n(t)$
Гауссовский канал с неопределенной фазой сигнала	$u(t) = \mu \cdot s(t - \tau, \varphi) + n(t)$
Гауссовский канал с неопределенной амплитудой и фазой сигнала	$u(t) = \mu(t) \cdot s(t - \tau, \varphi) + n(t)$
Гауссовский канал с линейными искажениями (линейный канал)	$u(t) = \int_0^t h(t, \tau) \cdot s(t - \tau) \cdot d\tau + n(t)$
Гауссовский канал с нелинейными искажениями	$u(t) = F[s(t) + n(t)]$
Линейный канал со сложной аддитивной помехой	в зависимости от решаемой задачи

Функциональное построение типичной ЦСР



Протоколы управления передачей данных

Название	Характеристики			
	Основное предназначение	Скорость передачи данных	Соответствие ТЗ	Сложность реализации протокола (по 10-балльной шкале, прибл.)
ISDN	интегрированные телекоммуникационные услуги (телефон, факс)	64 Кбит/с	-	2
Frame Relay	сети с интеграцией услуг (речь, видео)	1,5 Мбит/с	+	5
ATM	объединение локальных сетей	622 Мбит/с	+	10
SDH/SONET	межрегиональные каналы	52 Мбит/с и >	-	8
X.25 (AX.25)	радиосвязь	$n \cdot 2400$ бит/с, где $n=1, 2, \dots$	+	3

Обоснование выбора протокола AX.25

- ориентирован на использование в радиосвязи;
- обеспечение всех функций, требуемых по ТЗ;
- простота реализации по сравнению с другими протоколами

Гибридная модель взаимодействия ЦСР



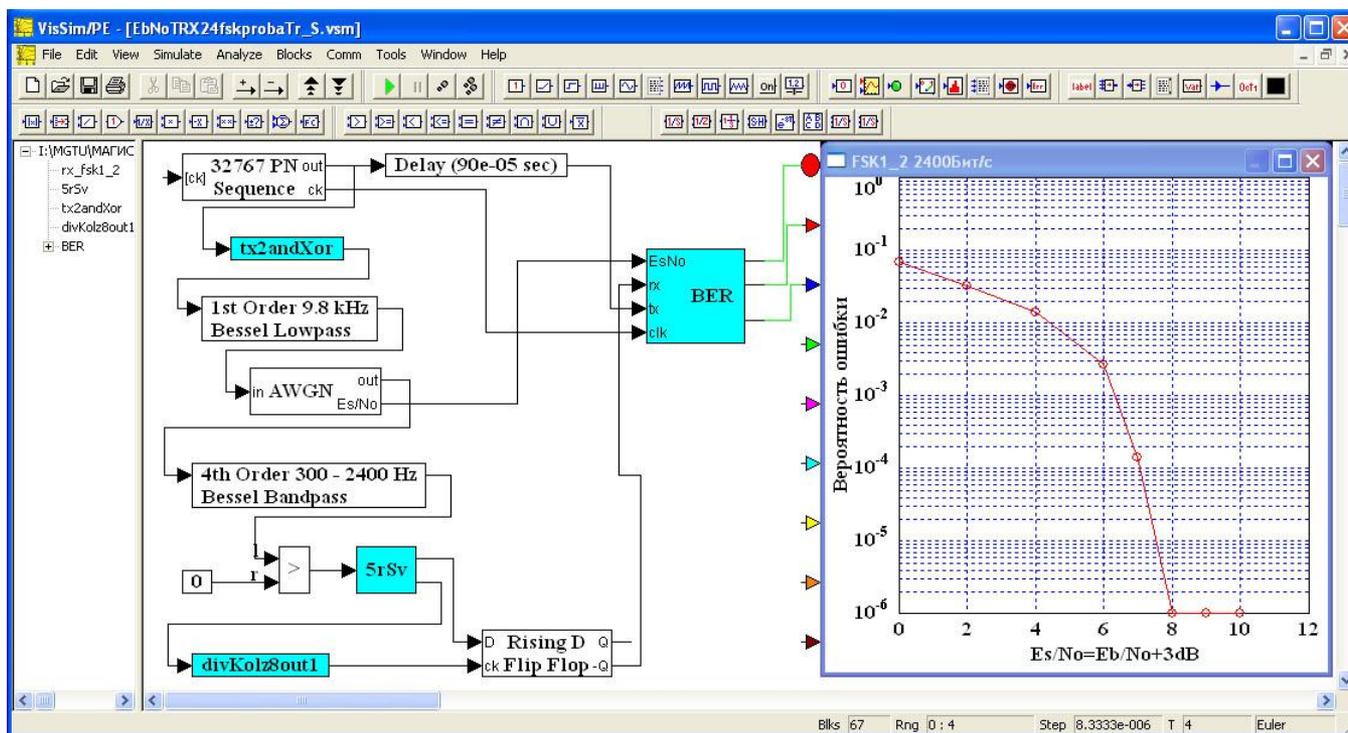
Элементная база реализации цифровых алгоритмов ЦСП

Элементная база	Производительность одного кристалла	Обработка больших потоков данных	Переносимость алгоритма на другие кристаллы	Стоимость
Микроконтроллеры	средняя	нет	нет	средняя
ЦСП	средняя	нет	нет	средняя
ПЛИС	высокая	да	да	высокая

Обоснование выбора ПЛИС

- возможность функционирование на высоких частотах, что необходимо при работе с высокочастотными сигналами;
- возможность обрабатывать большие потоки данных;
- возможность изменения конфигурации непосредственно в системе;
- переносимость алгоритмов на другие кристаллы

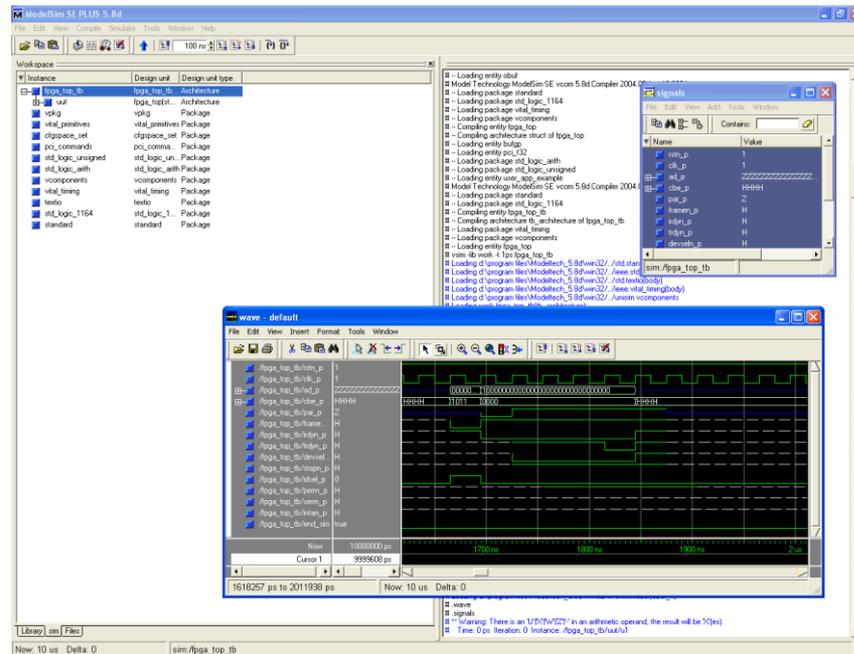
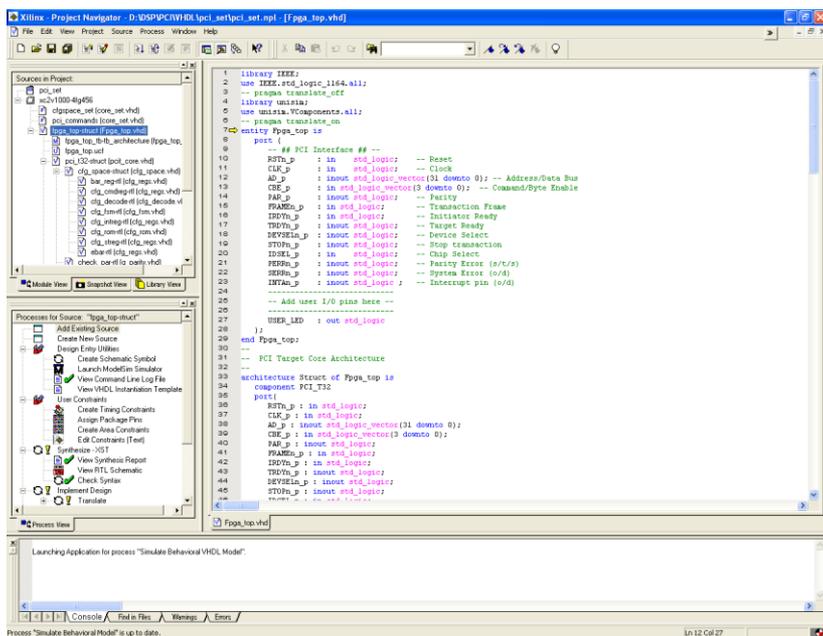
Средства моделирования каналов цифровой радиосвязи



Обоснование выбора среды VisSim

- среда ориентирована на моделирование средств телекоммуникации;
- наличие компонентов, необходимых в использовании для моделирование канала связи разрабатываемого радиомодема;
- гибкость в настройке библиотечных компонентов;
- удобство в использовании среды

Средства моделир-я и проектир-я систем на основе ПЛИС



Обоснование выбора среды проектирования Xilinx ISE

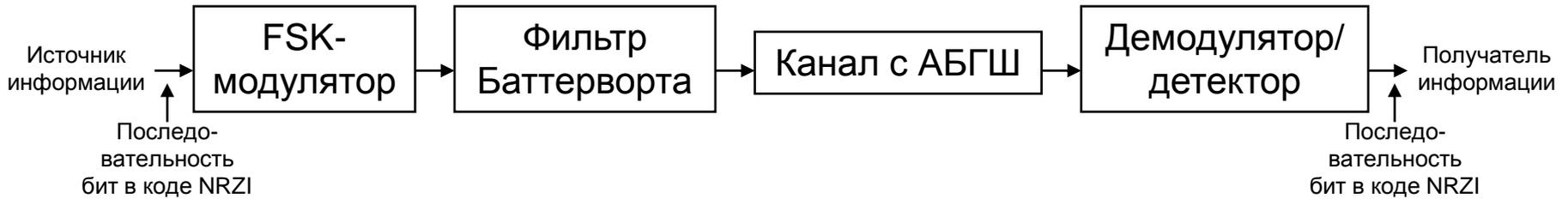
- поддержка всех семейств фирмы Xilinx;
- обеспечивает полный цикл проектирования систем на основе ПЛИС;
- большой набор приложений, способствующих основным этапам проектирования

Обоснование выбора среды моделирования Mentor Graphics ModelSim

- среда ModelSim интегрируется в среду Xilinx ISE;
- большие возможности анализа результатов моделирования

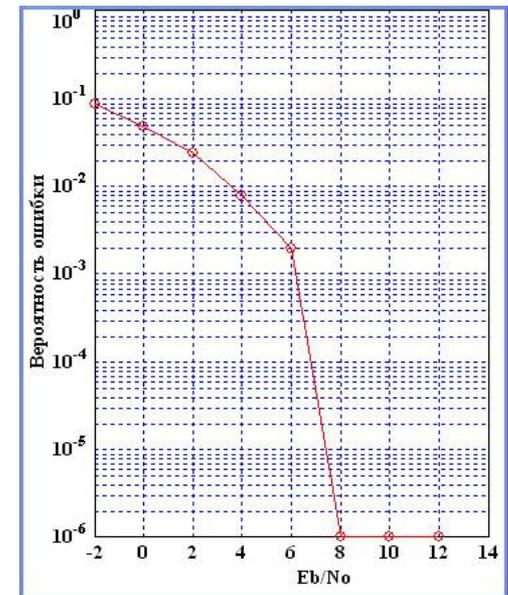
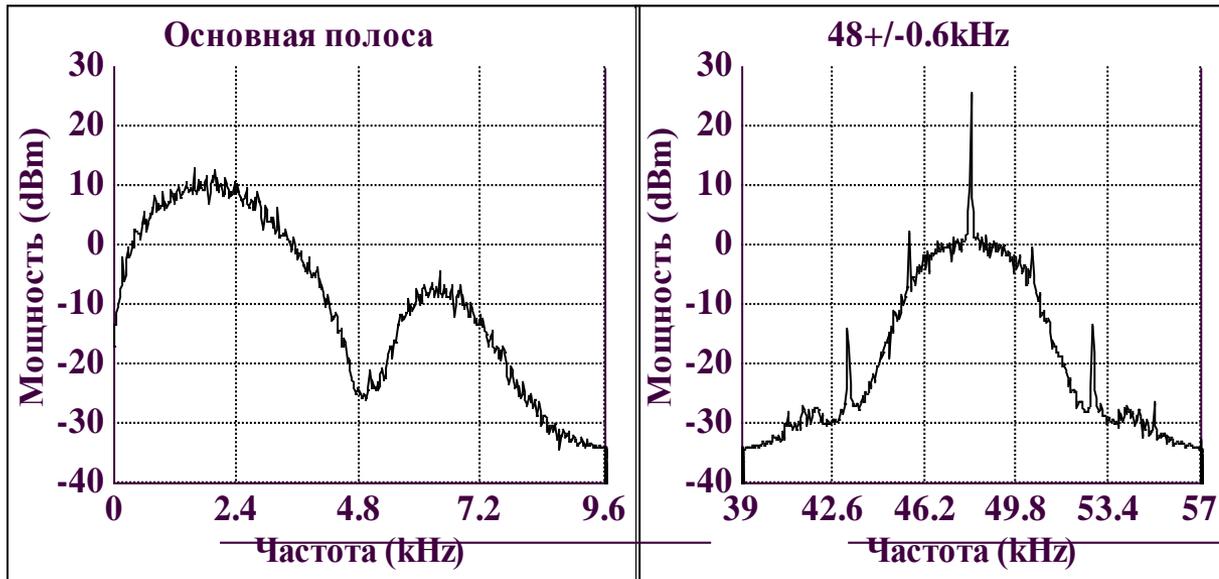
Моделирование канала связи ППР

Структурная схема канала связи

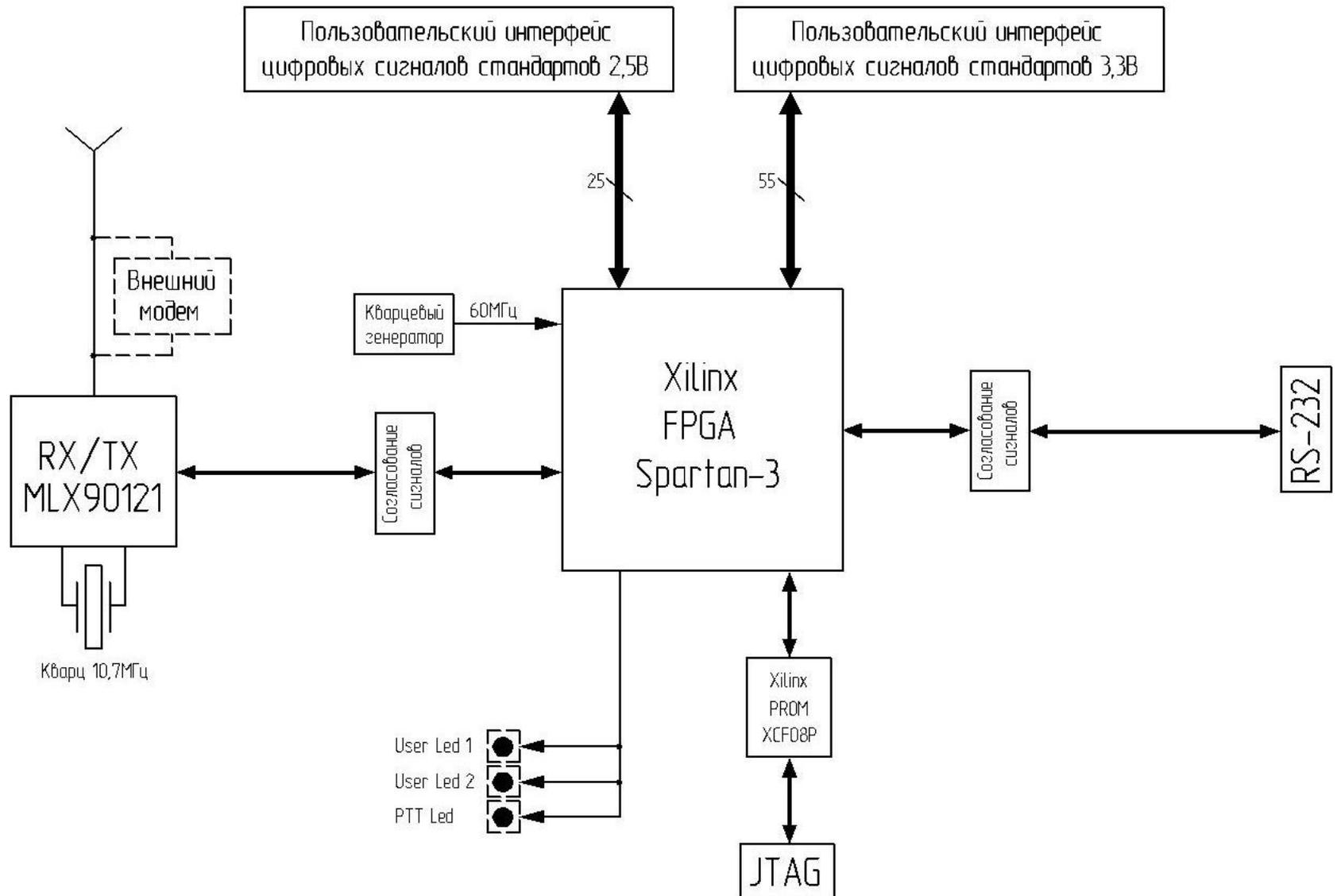


Формула оптимального приема: $\int_0^{T_c} u(t)s_l(t)dt - \frac{E_l}{2} \geq \int_0^{T_c} u(t)s_r(t)dt - \frac{E_r}{2}$, $l, r = 1, 2, \dots, m$, $l \neq r$

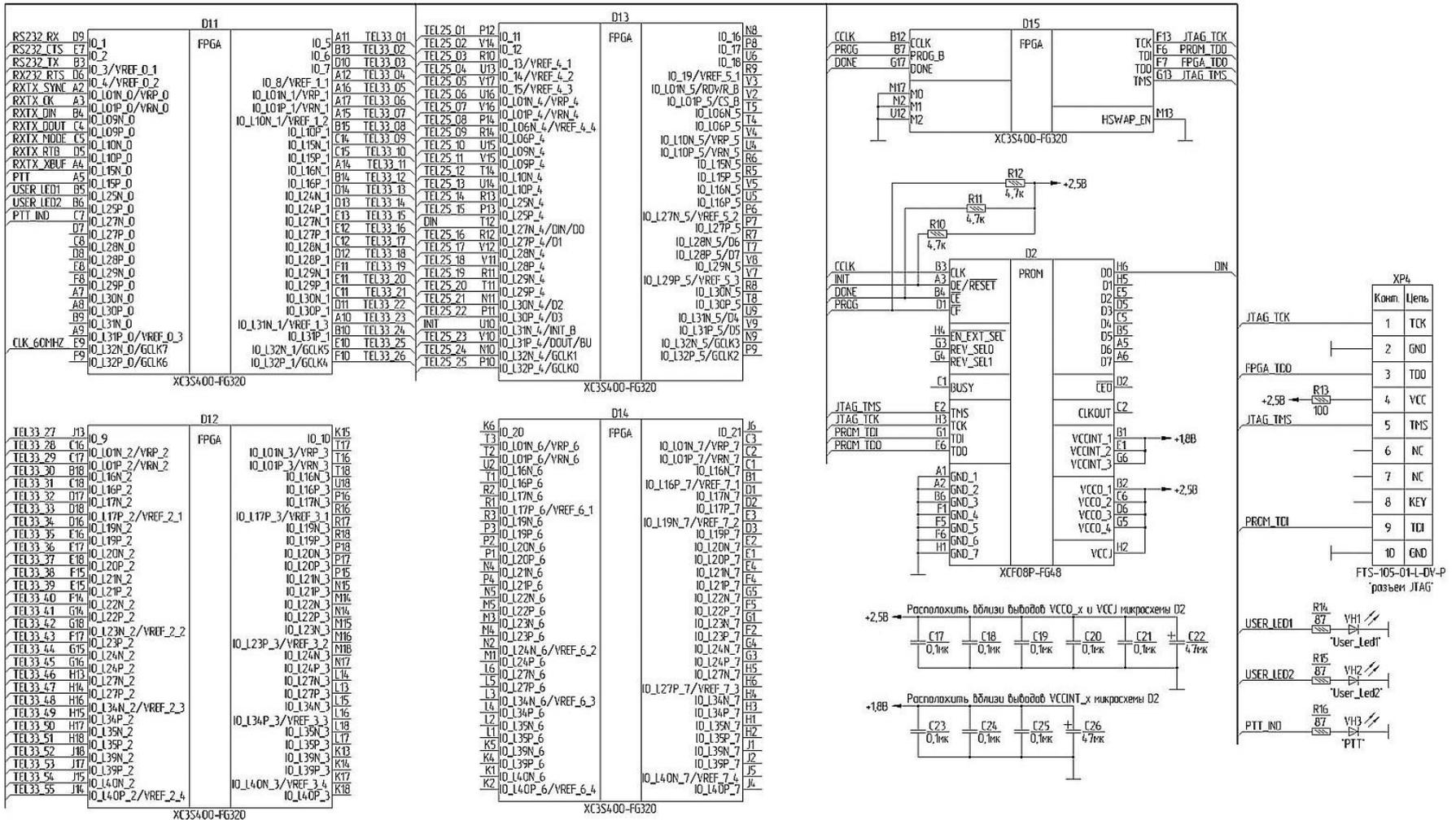
Результаты моделирования



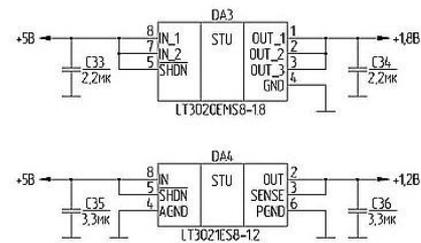
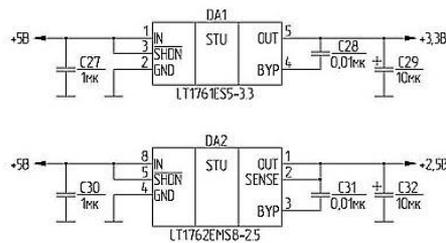
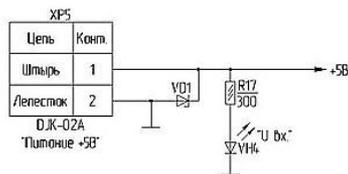
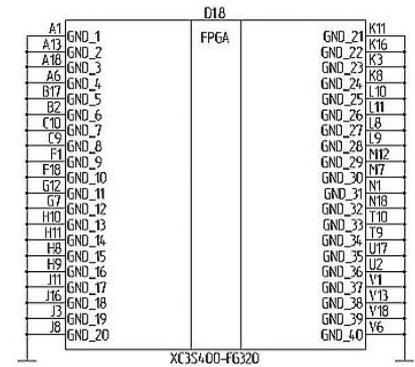
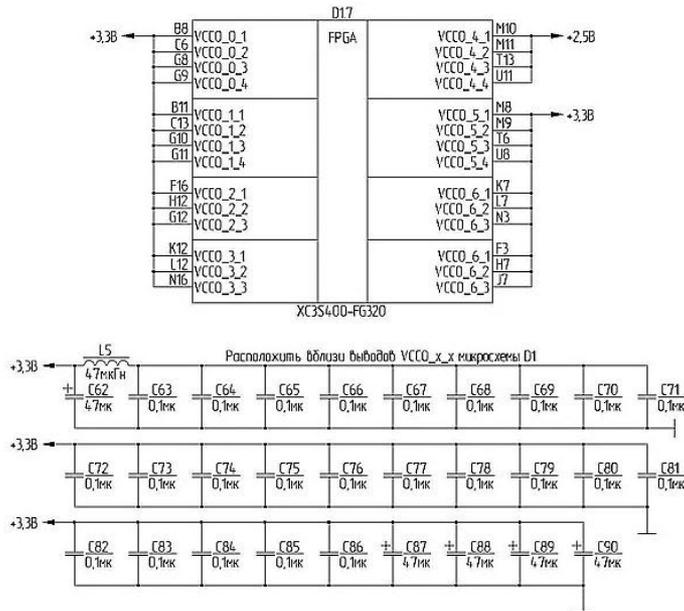
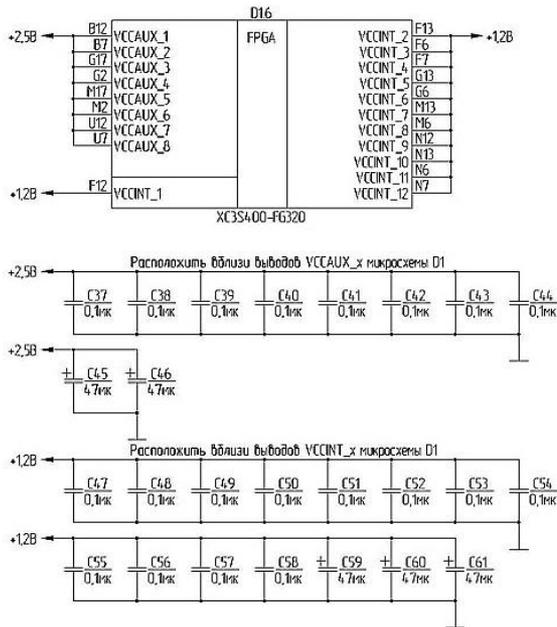
Структурно-функциональная схема ППР



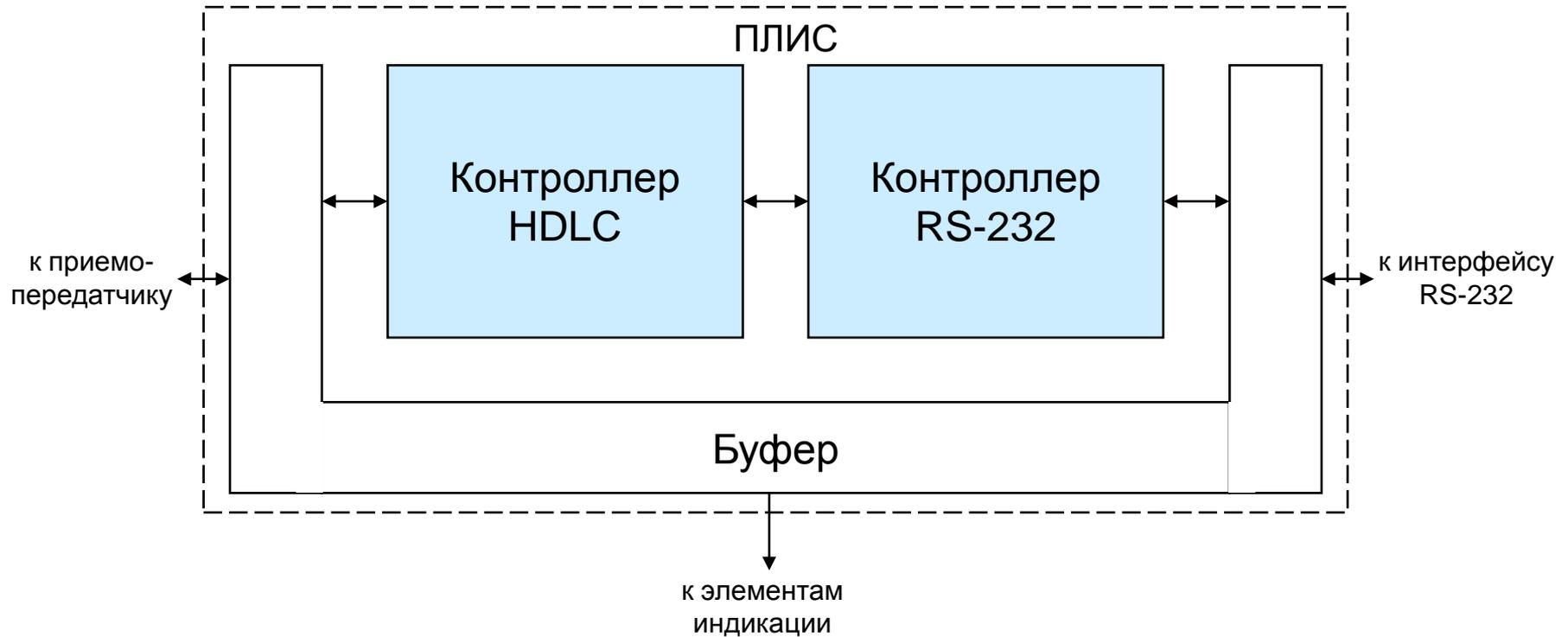
Разработка принципиальной схемы ППР. Лист 2



Разработка принципиальной схемы ППР. Лист 3



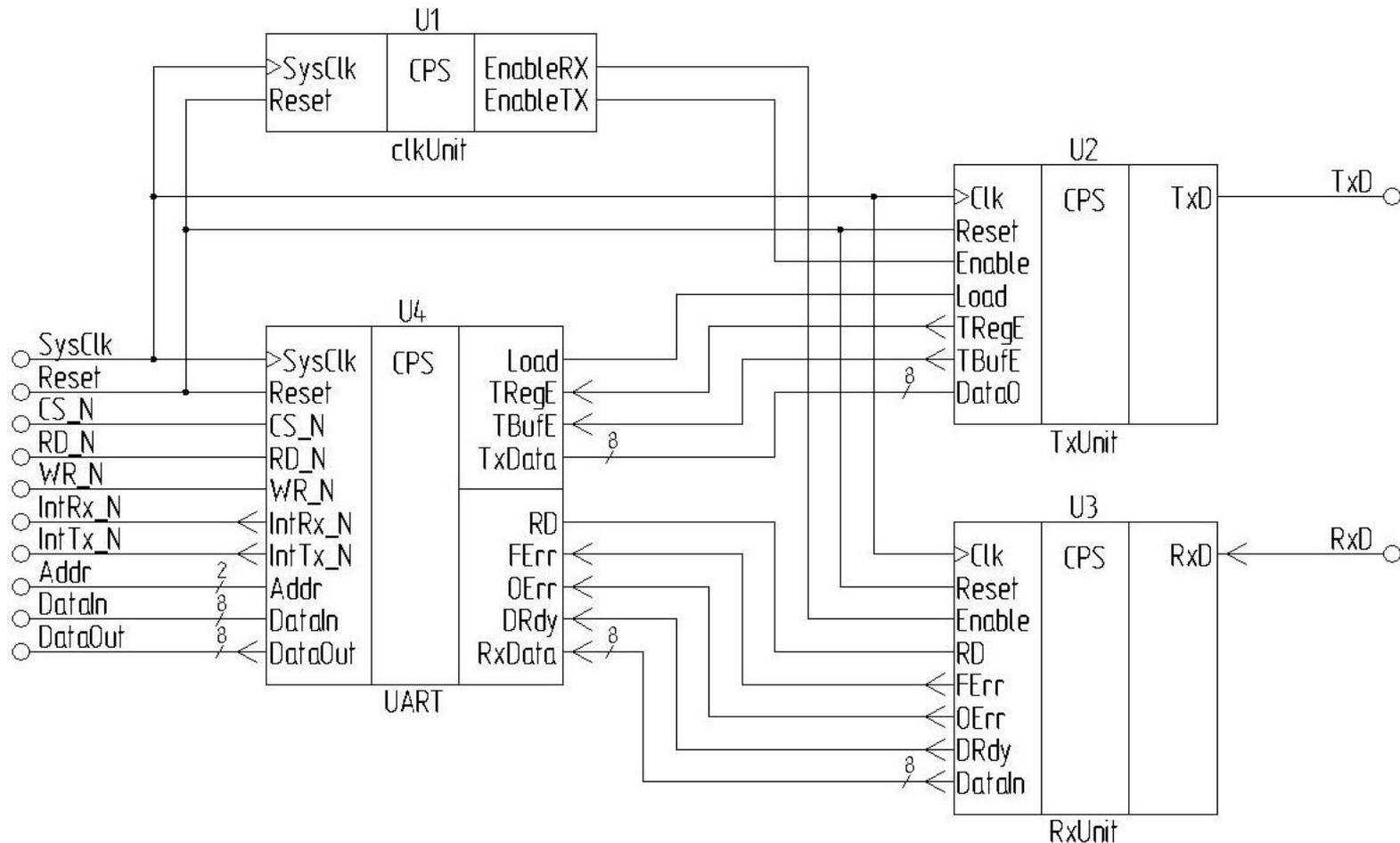
Структура программы ПЛИС



Структурная схема программы (прошивки) ПЛИС

Разработка прошивки ПЛИС контроллера HDLC

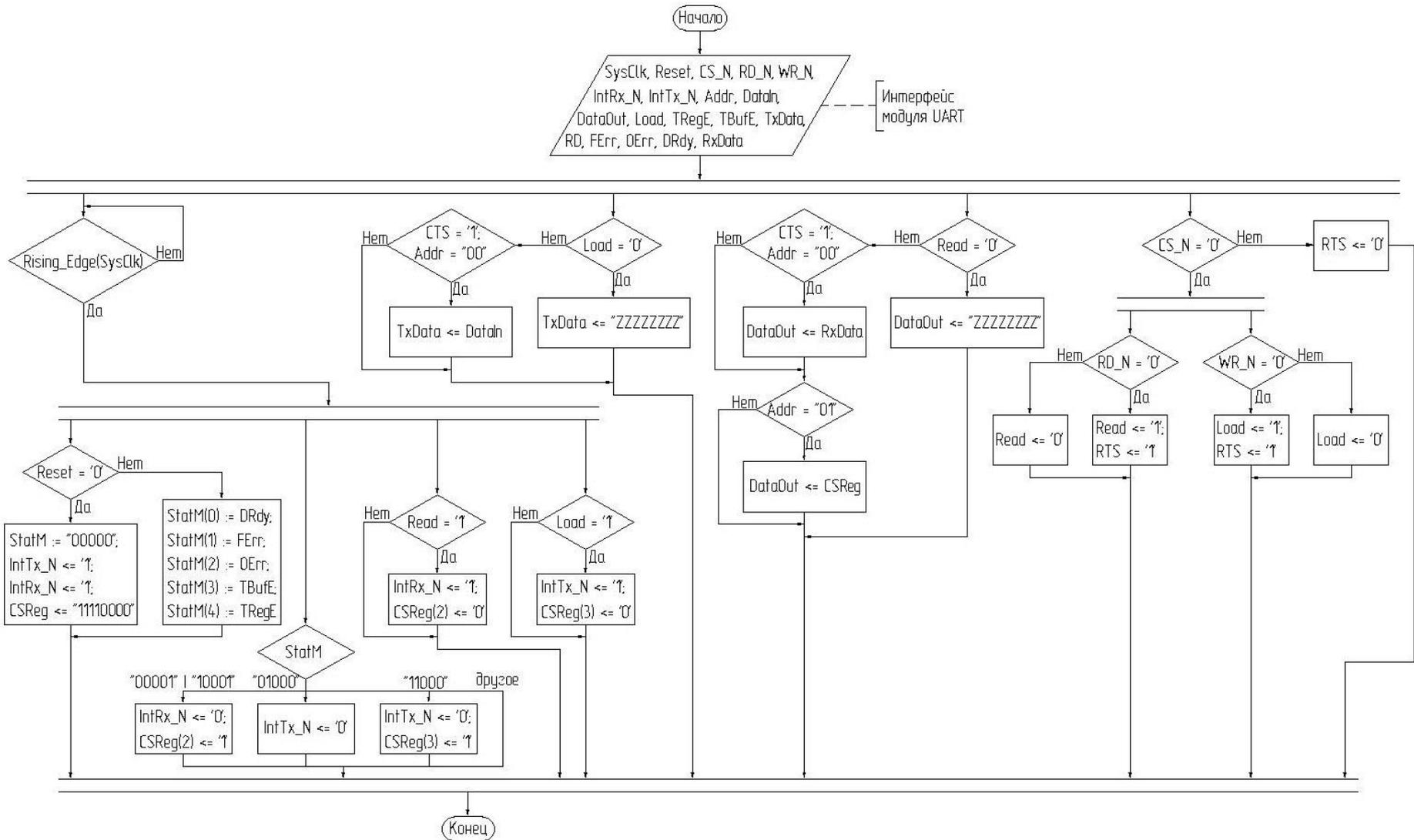
Разработка контроллера интерфейса RS-232



Структурная схема контроллера интерфейса RS-232

Разработка прошивки ПЛИС контроллера HDLC

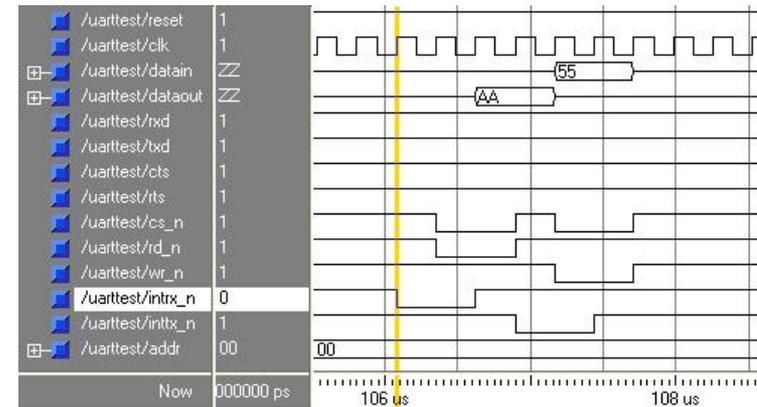
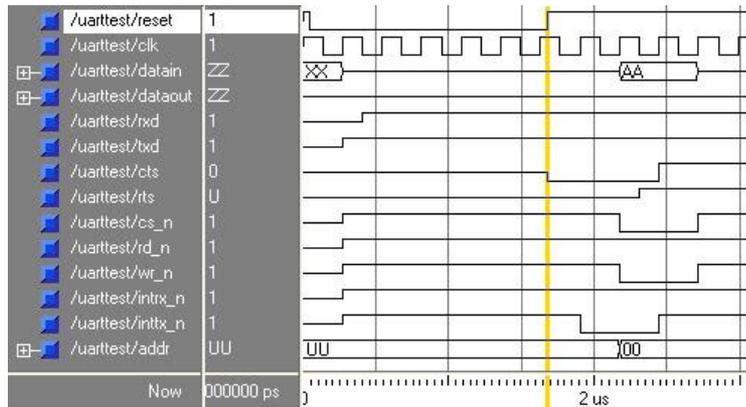
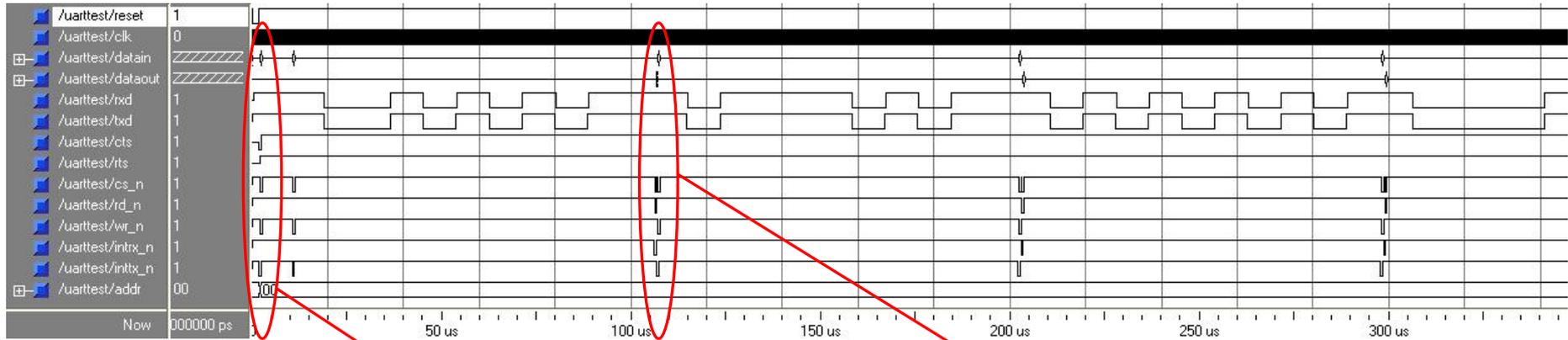
Разработка контроллера интерфейса RS-232



Алгоритм работы модуля UART

Разработка прошивки ПЛИС контроллера HDLC

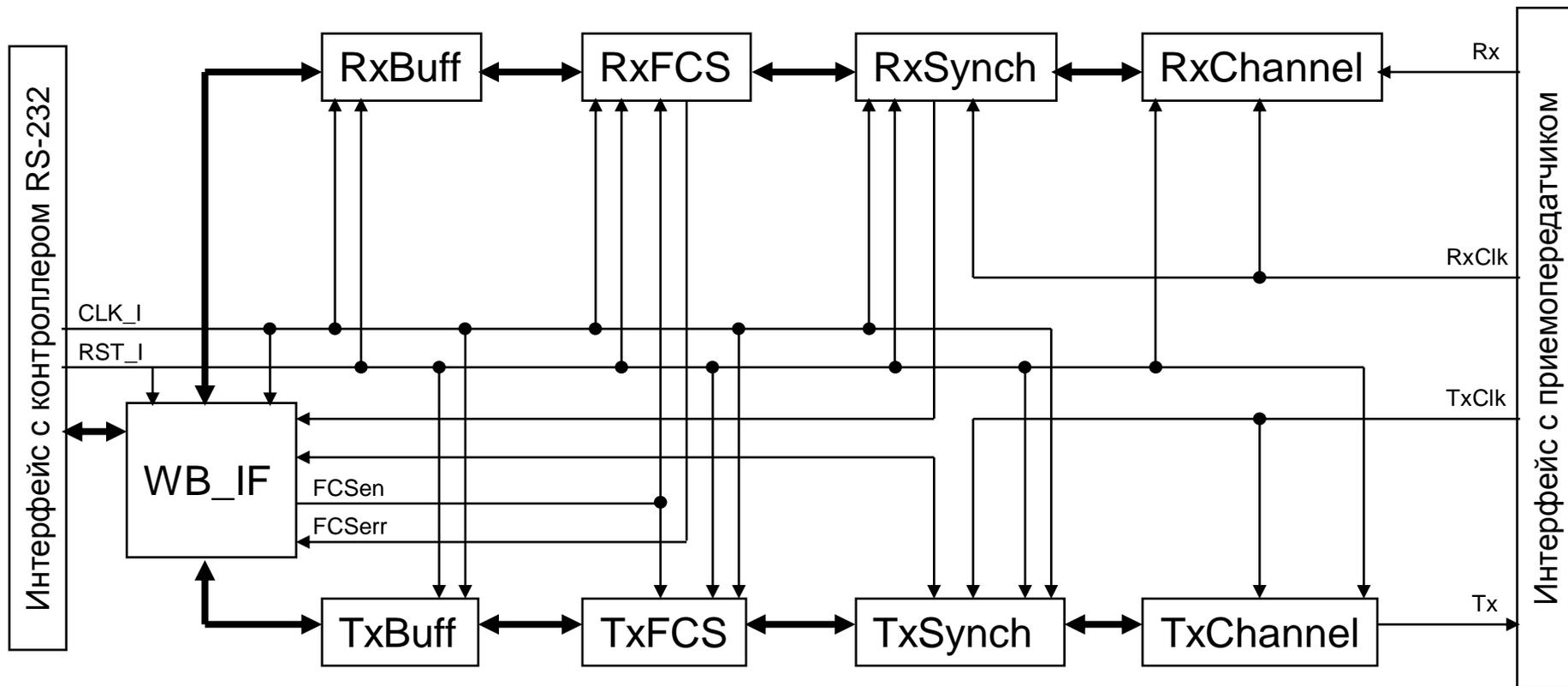
Разработка контроллера интерфейса RS-232



Временная диаграмма работы контроллера RS-232

Разработка прошивки ПЛИС контроллера HDLC

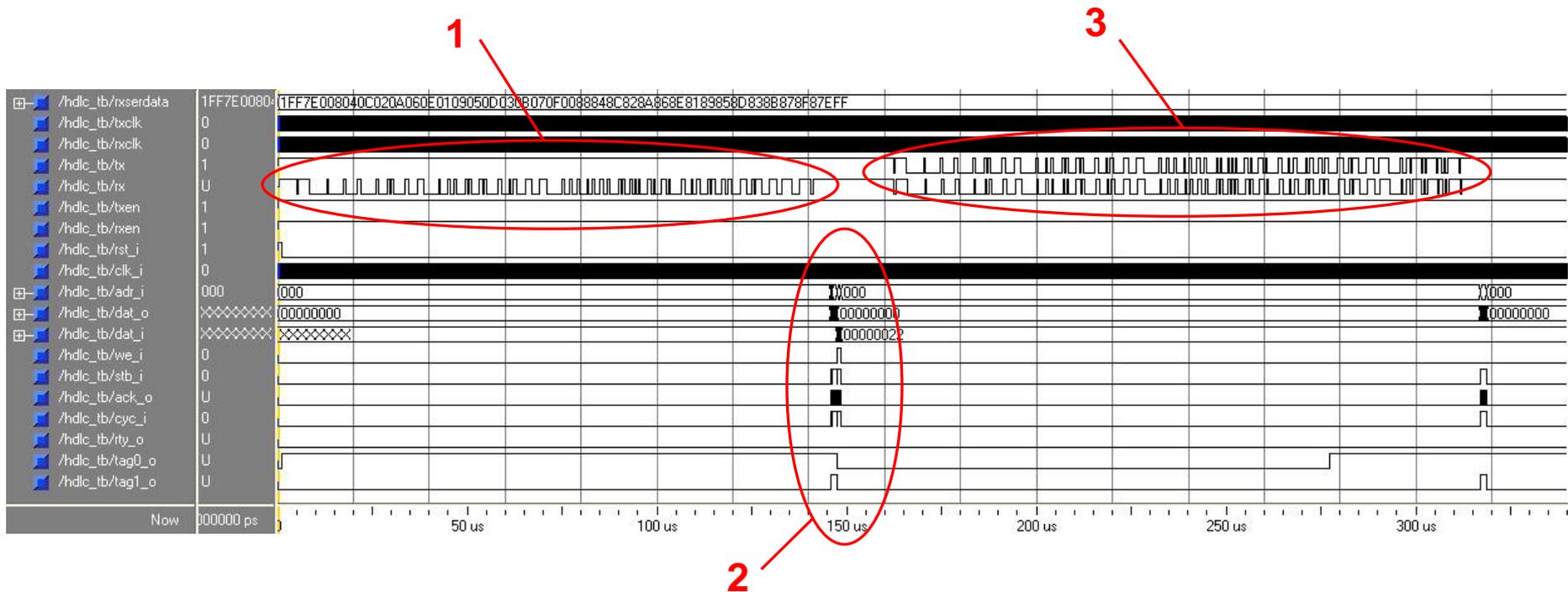
Разработка контроллера HDLC



Структурная схема контроллера HDLC

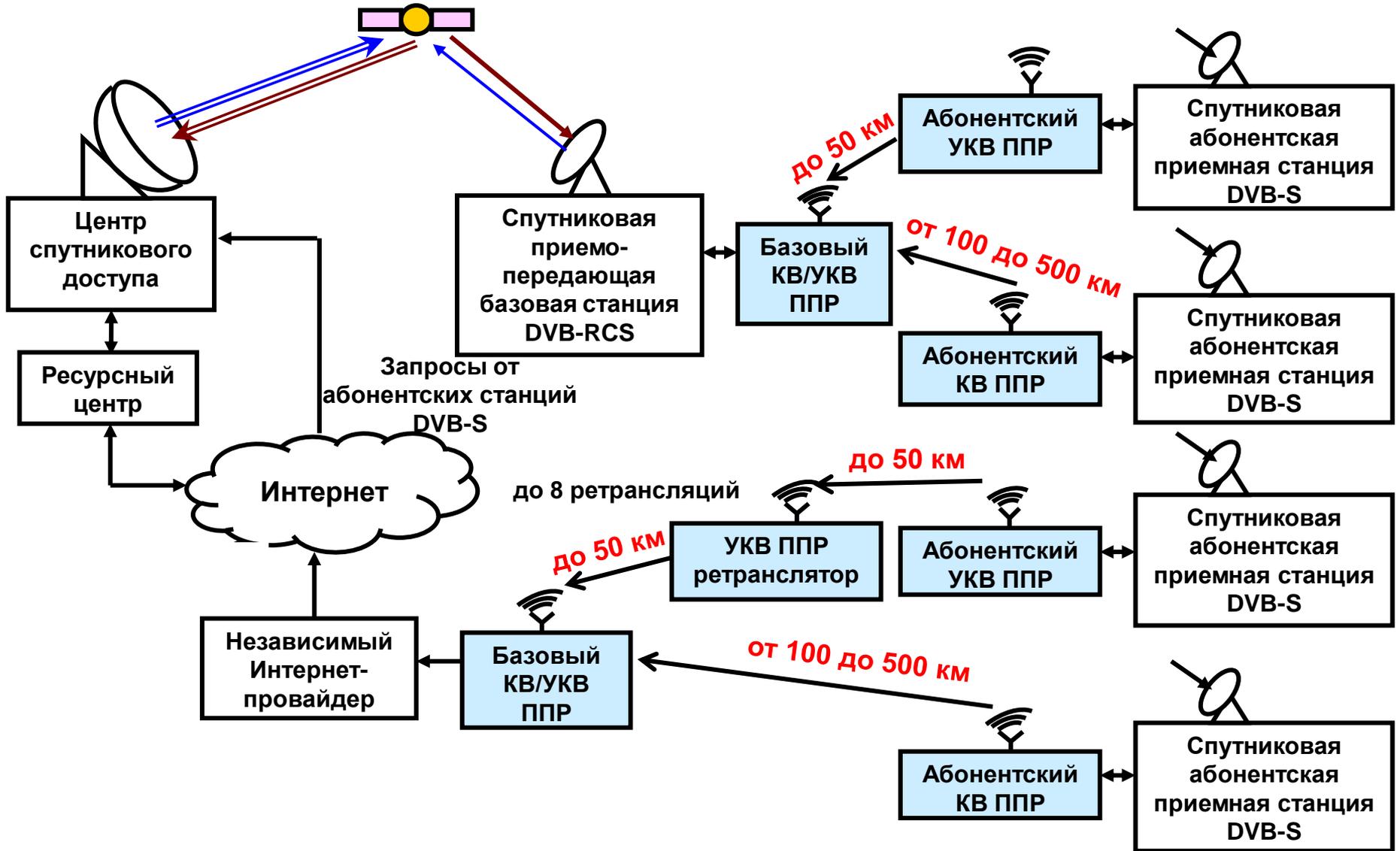
Разработка прошивки ПЛИС контроллера HDLC

Разработка контроллера HDLC



Временная диаграмма работы контроллера HDLC (общий вид)

Вариант построения сети с использованием ППР



ВЫВОДЫ:

В результате работы были решены все поставленные задачи, в том числе:

- предложена сетевая модель взаимодействия цифровых радиоустройств, отражающая современное состояние развития сетевых технологий;
- произведено моделирование канала радиосвязи, наиболее соответствующего требованиям ТЗ с целью получения спектральных и вероятностных характеристик;
- разработана принципиальная схема ППР с использованием современной элементной базы и отвечающая требованиям ТЗ;
- разработана прошивка ПЛИС, обеспечивающая:
 - связь радиомодема с ПК по интерфейсу RS-232;
 - пакетирование цифрового потока в соответствии с протоколом HDLC.

Разработанный ППР может применяться для:

- сбора информации инженерной телеметрии;
- ретрансляция радиосигналов;
- организации доступа в Интернет удаленных абонентов;
- непосредственной связи удаленных абонентов.