

РАЗРАБОТКА СОГЛАСУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ИЗ СОСТАВА ПЕРСПЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИКИ И УПРАВЛЕНИЯ

*Беняш Мария Анатольевна (staff@vniief.ru), Дёмин Александр Николаевич,
Коянкин Сергей Николаевич*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Сложность в организации сопряжения между собой приборов систем автоматике и управления (САУ) приводит к необходимости разрабатывать специализированные согласующие устройства. Главным требованием к таким устройствам является обеспечение согласования бортовой цифровой вычислительной системы (БЦВС) с другими функциональными блоками из состава САУ как в части информационного, так и в части электрического взаимодействия.

Основная цель данной работы – разработка согласующего устройства из состава перспективной САУ, функциями которого является обеспечение информационного взаимодействия по магистральному последовательному интерфейсу в соответствии с ГОСТ Р 52070-2003 между системой управления и другими устройствами САУ, а также формирование электрических команд при получении соответствующих кодовых команд от БЦВС. За выполнение алгоритма в составе согласующего устройства отвечает модуль вычислительный, реализованный на основе микросхемы базового матричного кристалла (БМК). Для ускорения процесса разработки, отладки и последующей корректировки логического проекта для БМК алгоритм экспериментального образца согласующего устройства реализован на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС).

В докладе рассмотрены структурная схема согласующего устройства, алгоритм его работы, основные характеристики, а также представлены результаты функционального моделирования логического проекта для ПЛИС.

Ключевые слова: согласующее устройство, блок вычислительный, информационное взаимодействие.

THE DEVELOPMENT OF MATCHING DEVICE FROM THE COMPOSITION OF PROMISING AUTOMATION AND CONTROL SYSTEM

*Benyash Mariya Anatolyevna (staff@vniief.ru), Dyomin Aleksandr Nikolaevich.,
Koyankin Sergey Nikolaevich*

FSUE «RFNC-VNIIEF», Sarov Nizhny Novgorod region

The complexity in the organization of interfacing devices of automation and control system leads to the need to develop specialized matching devices. The main requirement for such devices is to ensure the coordination of the on-board digital computer system with other function blocks from the automation and control system both in terms of information and electrical interaction.

The main purpose of this work is the development of a matching device from the composition of a promising automation and control system, the function of which are to ensure information interaction along the main serial in accordance with GOST R 52070-2003 between system of control and other devices of automation and control system, as well as the formation of electrical commands when receiving appropriate code commands from the on-board digital computer system. For the execution of the algorithm as part of the matching device is responsible for the computer unit. Implemented on the basis of the chip of the base of GA. To speed up the process of development, debugging and subsequent adjustment of the logical project for the GA, the algorithm of the experimental sample of matching device is implemented on a FPGA.

The report considers the structural diagram of the matching device, the algorithm of his operation, the main characteristics and present the results of functional of the logical project for FPGA.

Key words: matching device, computer unit, information interection.

Введение

Устройство согласующее (УС) обеспечивает организацию информационной магистрали между составными частями (СЧ) системы автоматики и управления (САУ) [1]. Обеспечивает подключение устройств интерфейса в режиме с согласующим трансформатором с резервированием. УС формирует соответствующие исполнительные команды (ИК) в САУ и систему контроля (СК).

Структурная схема согласующего устройства

Обобщенная структурная схема и перечень основных функциональных блоков, входящих в УС, представлены на рис. 1 [2].

БПВ обеспечивает преобразование напряжения питания от 20 до 30 В, поступающего от СУ и СА по шинам, в стабильное напряжение ($5 \pm 0,5$) В, используемое для электропитания БВ и БФК.

БВ выполняет следующие функции:

- информационное взаимодействие УС с СУ или САУ;

- формирование ИК в БФК;

- формирование электрических команд в СК.

СНУ формирует сигналы блокировки при подаче питания и отключении питающего напряжения.

ГОЧ1 – термокомпенсированный кварцевый генератор. Конструкция данного генератора гарантирует время выхода на режим не более 5 мс.

ГОЧ2 – термокомпенсированный спецстойкий генератор опорный, применен совместно с ГОЧ1 для повышения надежности и отработки логического проекта системы на кристалле. Время выхода на режим около 1 с.

БО предназначен для организации информационного взаимодействия между СЧ САУ ГОСТ Р 52070-2003.

ППУ – микросхемы 5559ИН67Т производства АО «Интеграл» с трансформаторами ТИЛ6В производства ПАО «Мстатор» (Боровичи) обеспечивают электрическое сопряжение БВ по МПИ с СЧ САУ.

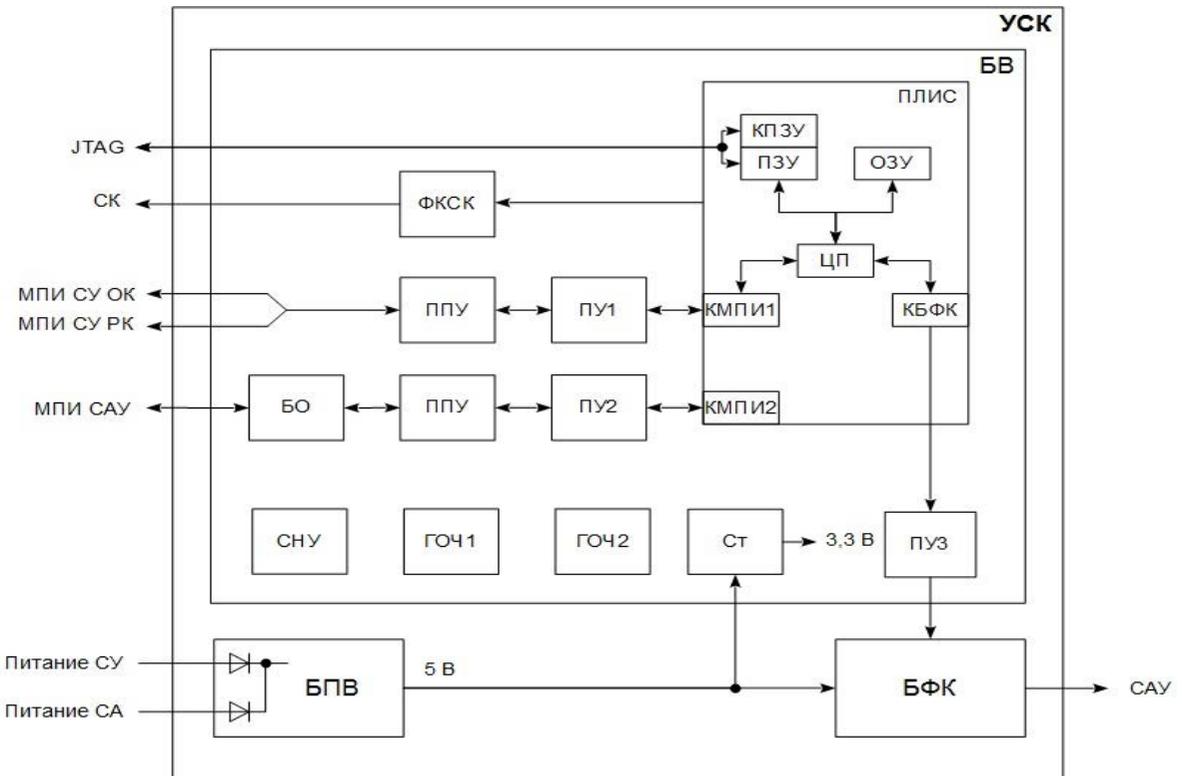


Рис. 1. Электрическая структурная схема УС: БВ – блок вычислительный; БО – блок ответителей; БПВ – блок питания вторичный; БФК – блок формирования команд; ГОЧ – генератор опорной частоты; КБФК – контроллер блока формирования команд; КМПИ – контроллер магистрального последовательного интерфейса; КПЗУ – конфигурационное постоянное запоминающее устройство; МПИ – магистральный последовательный интерфейс; ОЗУ – оперативное запоминающее устройство; ОК – основной канал; ПЗУ – постоянное запоминающее устройство; ПЛИС – программируемая логическая интегральная схема; ППУ – приемно-передающее устройство; ПУ – преобразователь уровня; РК – резервный канал; СА – система автоматики; САУ – система автоматики и управления; СНУ – схема начальной установки; СУ – система управления; Ст – стабилизатор напряжения; ФКСК – формирователь команд в систему контроля; ЦП – центральный процессор

ПУ – микросхемы 5584ТЛ2АТ, 5584АП5АТ и 1594АП5Т производства ОАО «Интеграл» – обеспечивают электрическое сопряжение микросхем с различными уровнями логических сигналов.

Ст – микросхема линейного стабилизатора напряжения 1303ЕН3.3П производства «ЭлТом» (Томилино) формирует напряжение 3,3 В из напряжения «5 В» от МВП для питания микросхем БВ.

ФКСК обеспечивает преобразование логических сигналов от ПЛИС в сигналы с амплитудой от 3,5 до 7 В для СК.

ПЛИС – микросхема 10М50SAE14417G производства «Intel». ПЛИС обеспечивает выполнение всех возложенных на БВ алгоритмов и представляет собой систему на кристалле. В ее состав входят следующие основные элементы: КПЗУ, ЦП, ПЗУ, ОЗУ, КМПИ1 и КМПИ2, КБФК.

ЦП – высокопроизводительный 32-разрядный ЦП с сопроцессором вещественной арифметики двойной точности, обеспечивающий выполнение алгоритма работы УС.

В ПЗУ на этапе производства БВ записывается программное обеспечение (ПО) для ЦП.

ОЗУ предназначено для хранения переменных данных при исполнении ЦП ПО.

КМПИ1 предназначен для информационного взаимодействия с СУ по ГОСТ Р 52070-2003 по одному резервированному каналу связи.

КМПИ2 предназначен для связи с САУ по ГОСТ Р 52070-2003 по нерезервированному каналу.

КБФК отвечает за управление БФК, в котором происходит формирование исполнительных команд посредством открывания полевых транзисторов и замыкания контактов реле.

КПЗУ предназначено для хранения конфигурации ПЛИС.

БВ также обеспечивает программирование и отладку функционального ПО УСК по интерфейсу «JTAG» через внешний соединитель УС.

БФК обеспечивает преобразование логических сигналов, поступающих от БВ, в силовые ИК.

БВ на ПЛИС отличается от БВ на БМК тем, что современные ПЛИС позволяют реализовывать систему на кристалле с высокопроизводительными ЦП и всеми необходимыми периферийными блоками.

Данное решение позволяет минимизировать массогабаритные характеристики и время разработки за счет применения САПР, которые позволяют проводить совместное моделирование программной и аппаратной частей.

При такой реализации БВ есть возможность менять ЦП без доработки печатной платы. Например, в зависимости от требований технического задания, выбрать ЦП не только с целочисленным ядром, но

и с ядром вещественной арифметики одинарной или двойной точности.

Алгоритм работы согласующего устройства

СУ производит подачу питания напряжением от 20 до 30 В на вход БПВ, где преобразуется в стабильное напряжение, которое используется для питания всех функциональных узлов УС. При этом на выходе из СНУ формируется сигнал начальной установки, который приводит элементы памяти в начальное состояние.

По окончании сигнала начальной установки, формируемого СНУ, УС устанавливается в режим ожидания ввода кодовой команды (КК) от СУ или БЦВС.

При получении КК УС выполняет формирование электрических ИК.

КМПИ принимает информацию от БЦВС и передает ее декодеру. Декодер сохраняет информационное сообщение во внутреннем регистре (48 бит), затем производит сравнение содержимого регистра с эталонным значением КК и, в случае их совпадения, подает в БФК сигналы на формирования ИК.

Временные диаграммы формирования ИК представлены на рис. 2.

При поступлении КК на формирование ИК происходит синхронизация внутреннего сигнала метки времени CLK500hz с периодом 2 мс для увеличения точности формирования задержки от КК до начала формирования ИК. Значения длительности команд, длительности задержки исполнения команд после прихода данной КК по информационной магистрали и длительности задержки между парными командами передаются в слове данных информационного сообщения. Сигналы управления на реле и транзисторы БФК выдаются таким образом, чтобы в момент коммутации контактов реле ток нагрузки не протекал: сначала срабатывает реле, затем на время команды открывается транзистор, после закрывания транзистора размыкаются контакты реле.

Для оценки работоспособности при летных испытаниях УС обеспечивает формирование контрольных сигналов по двум выходам. В момент формирования первой ИК ПЛИС формирует в ФКСК логический сигнал команды «КНО», в момент формирования каждой ИК – сигнал команды «КТ». ФКСК обеспечивает преобразование логических сигналов в сигналы амплитудой от 3,5 до 7 В для СК. Длительность команд «КТ» и «КНО» соответствует длительности текущей ИК.

Временная диаграмма формирования электрических команд «КТ» и «КНО» представлена на рис. 2.

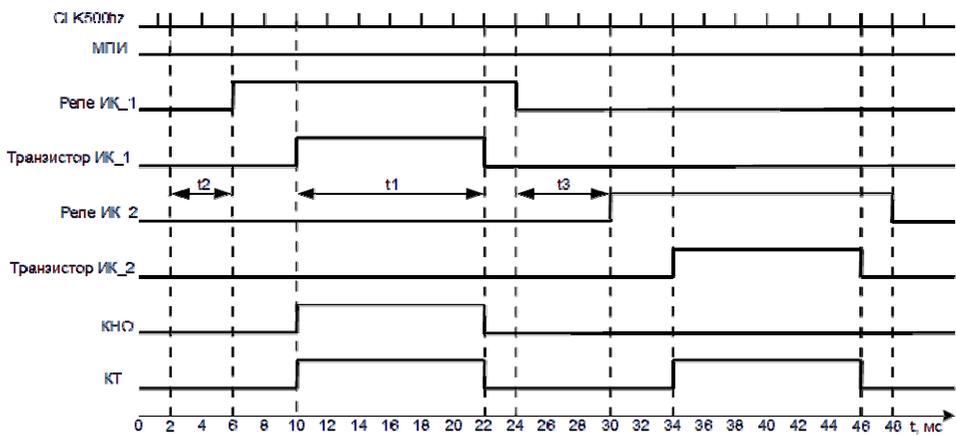


Рис. 2. Временная диаграмма формирования ИК: t_1 – длительность ИК, команд «КНО» и «КТ»; t_2 – задержка от кодowego слова; t_3 – задержка между каналами

Основные технические характеристики УС

Основные технические характеристики УС приведены в таблице.

Основные технические характеристики

Характеристика	Значение параметра
Объем, дм ³	0,9
Масса, кг	1,6
Напряжение питания от ИП СУ, В	от 18,5 до 30
Напряжение питания от ИП СА, В	от 18,5 до 30
Ток потребления от ИП СУ и ИП СА, А, не более	0,5
Разрядность шины данных	32
Объем ПЗУ, Кбайт	736
Объем ОЗУ, Кбайт	205
Время выполнения одной микрокоманды, нс	42
Количество исполнительных команд	42
Интерфейс между УСК и СУ	Одна резервированная линия по ГОСТ Р 52070-2003
Интерфейс между УСК и САУ	Одна резервированная линия по ГОСТ Р 52070-2003

Результаты экспериментальной отработки БВ

Самым сложным функциональным блоком является БВ, реализующий алгоритм функционирования УС. Для его отработки была разработана поведенческая модель системы на кристалле из состава ПЛИС и разработан действующий макет БВ А1103-Л695 на основе макетной платы «Марсоход 3», в составе которой применяется ПЛИС 10M50SAE144GES. Отработка остальных блоков не требуется, так как все схемотехнические решения БФК заимствованы из ранее разработанных устройств, а БПВ выполнен на базе готового модуля и выполняет единственную функцию формирования напряжения питания.

Отработка алгоритма функционирования БВ была проведена в следующем объеме:

- проверка информационного взаимодействия с БЦВС;

- проверка факта формирования ИК.

Схема экспериментальной отработки (рис. 3) включает в себя источник питания, осциллограф, персональную электрическую вычислительную машину (ПЭВМ), устройство MB26.20 и комплект жгутов.

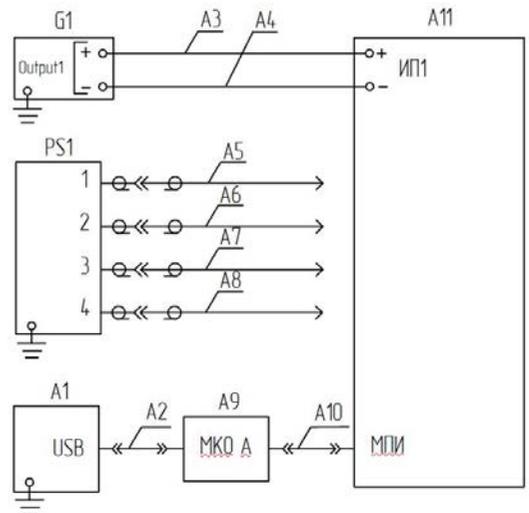


Рис. 3. Схема экспериментальной отработки БВ: А1 – ПЭВМ; А2 – Кабель USB А – USB В; А3 – Кабель РМК 611-302-200 красный; А4 – Кабель РМК 611-302-200 черный; А5-А8 – Осциллографический щуп; А9 – Устройство MB26.20 (ЗАО НТЦ "Модуль"); А10 – Жгут МПИ; А11 – Макет БВ; G1 – Мера напряжения и тока Keysight E3648A; PS1 – Осциллограф цифровой Keysight MSO-X 3014Т

Во время проведения отработки алгоритма функционирования с помощью программы «ПУРУМК» в режиме контроллера шины (КШ) были сформированы КК по магистральному последовательному интерфейсу. На рис. 4 представлена временная диаграмма формирования первой ИК и второй ИК. На рис. 5 и рис. 6 представлены временные диаграммы формирования команд «КТ» и «КНО».

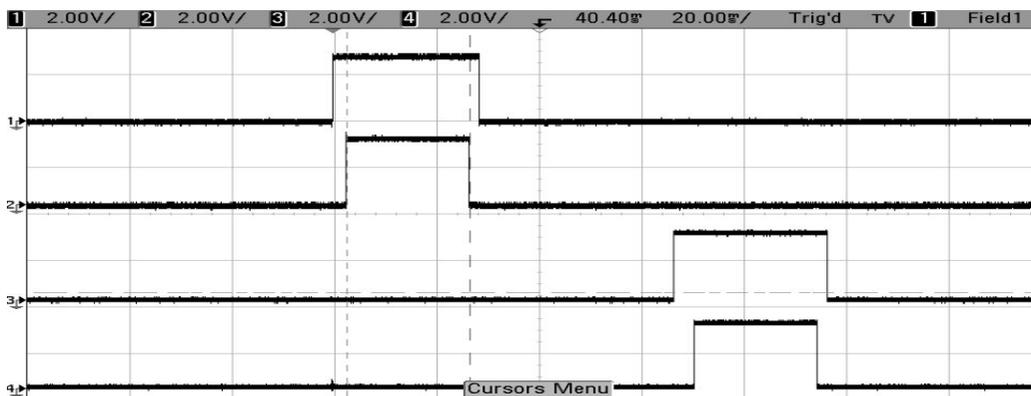


Рис. 4. Временная диаграмма формирования ИК: 1 – сигнал на срабатывание реле ИК; 2 – сигнал на срабатывание транзистора ИК; 3 – сигнал на срабатывание реле ИК; 4 – сигнал на срабатывание транзистора ИК

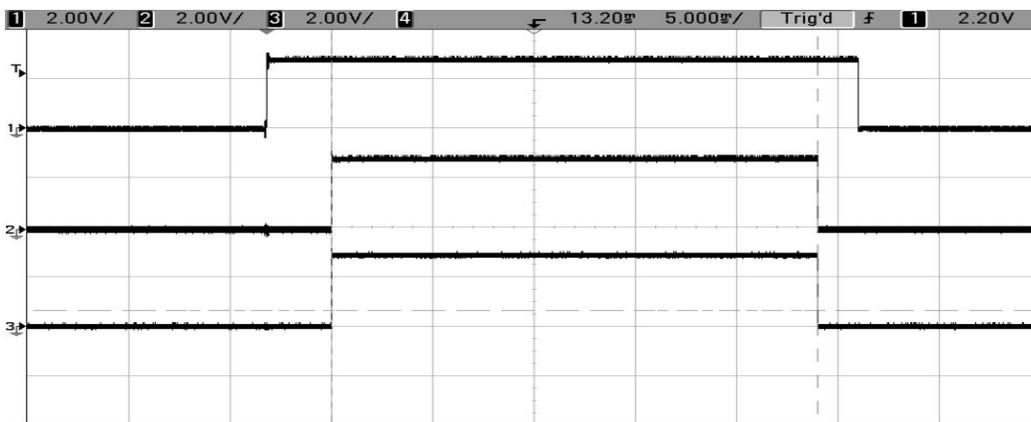


Рис. 5. Временная диаграмма формирования команды «КТ»: 1 – сигнал на срабатывание реле ИК; 2 – сигнал на срабатывание транзистора ИК; 3 – сигнал на формирование команды «КТ»

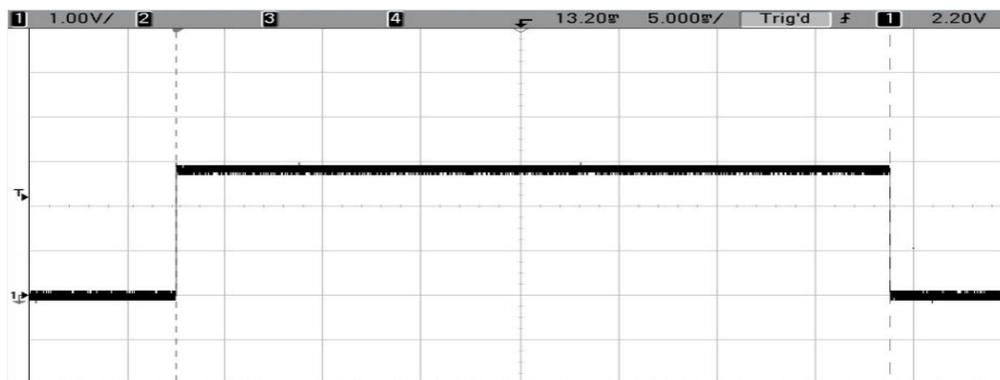


Рис. 6. Временная диаграмма формирования команды «КНО»

Заключение

В докладе были рассмотрены особенности проектирования УС. Проведен анализ разработанных блоков для устройства. Представлены основные характеристики УС, а также результаты функционального моделирования логического проекта для ПЛИС.

Была создана научно-техническая основа для разработки согласующих устройств из состава перспективных САУ с расширенными функциональными

возможностями, повышенной надежностью передачи информации.

Список литературы

1. ГОСТ Р 52070-2203. Интерфейс магистральный последовательный. Системы электронных модулей. Общие требования.
2. Бровкин А. Г., Бурдыгов Б. Г., Гордийко С. В. Бортовые системы управления космическими аппаратами: Учебное пособие / Под ред. Сырова А. С. М.: МАИ-ПРИНТ, 2010. С. 304.