

**А. А. Смолий** – студент учебного военного центра

**В. В. Котович** (канд. техн. наук) – научный руководитель

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ СИГНАЛАМИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОВЕРКИ АПД-99

Проверка АПД-99 (автомата запуска двигателя самолёта СУ-27, далее – АПД) сводится к подаче на его входы последовательности релейных сигналов и контролю временных параметров сигналов от-вета на его выходах. Эта задача в настоящее время решается с помощью установки, состоящей из пульта переключателей и блока секундомеров. Первый оператор с помощью переключателей на пуль-те задает входные сигналы АПД, второй оператор фиксирует временные параметры выходных сиг-налов с помощью блока секундомеров. Данный процесс требует повышенной концентрации внимания в течение значительного периода времени, возрастает вероятность ошибки оператора, при возникнове-нии которой проверку приходится начинать из исходного состояния. Это делает процесс проверки весьма трудоемким. Очевидно, что существующая система проверки АПД неэффективна и требует ав-томатизации.

Автоматизация процесса проверки АПД-99 позволит исключить ошибки оператора, сократить ко-личество операторов, увеличить точность измерения временных интервалов, сократить время провер-ки, а так же упростить обработку результатов и оформление отчета о проверке.

Структурная блок-схема устройства управления сигналами автоматизированной установки для проверки АПД-99 приведена на рис. 1. Внешний вид устройства представлен на рис. 2. В рамках разра-ботки установки принято следующее именование направленности сигналов: **ВЫХОДНЫМИ** называются сигналы, подаваемые установкой на входы АПД, **ВХОДНЫМИ** называются сигналы, принимаемые установкой с выходов АПД.

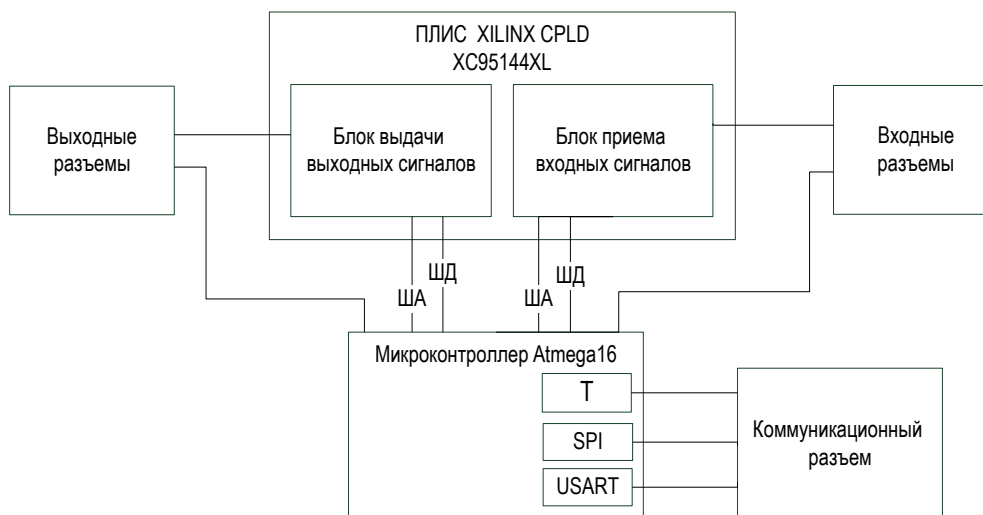


Рис. 1. Структурная блок-схема устройства управления сигналами автоматизированной установки для проверки АПД-99:  
ШД – шина данных, ША – шина адреса, SPI – Serial Peripheral Interface (последовательный периферийный интерфейс),  
USART – Universal Serial Asynchronous Receiver-Transmitter (универсальный асинхронный приёмопередатчик),  
Т – вход образцовой тактовой частоты таймера

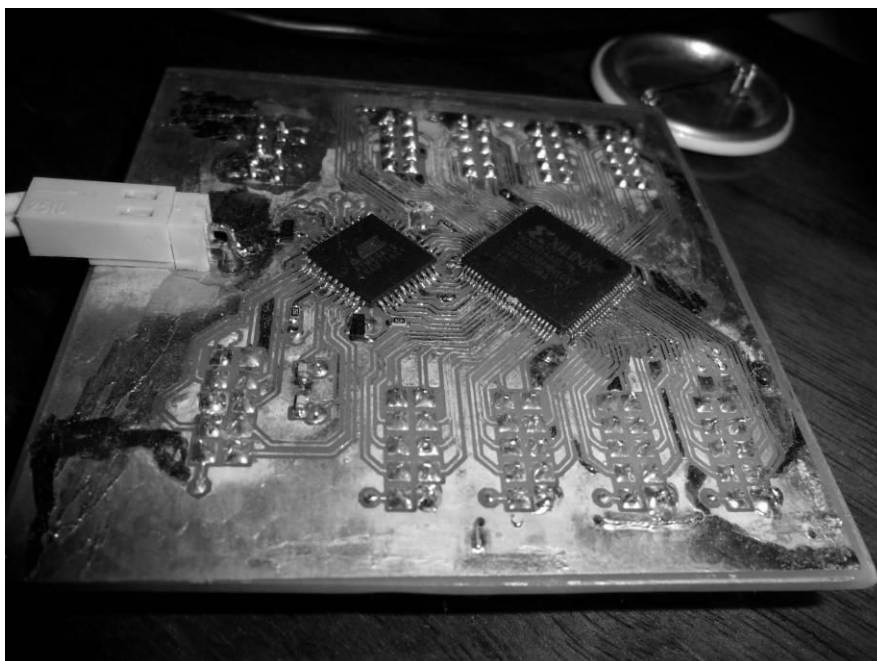


Рис. 2. Внешний вид устройства управления сигналами

Устройство управления сигналами состоит из двух основных частей: микроконтроллера и ПЛИС (Программируемой Логической Интегральной Схемы). Микроконтроллер осуществляет обмен данными с персональным компьютером (ПК), обрабатывающим полученные данные и отображающим результаты, и управляет устройствами, реализованными на ПЛИС. ПЛИС расширяет возможности периферии микроконтроллера по работе с релейными сигналами.

Применение ПЛИС преследовало две цели: технологическую и методическую. Технологическая цель заключалась в том, что на момент проектирования устройства не представлялось возможным получить в распоряжение контроллер с достаточным количеством каналов ввода-вывода общего назначения, что решилось их наращиванием с помощью схемы последовательно-параллельного преобразователя, выполненного на аппаратной логике. Методическая цель заключалась в освоении ПЛИС, как платформы разработки устройств на аппаратной логике, позволяющей значительно удешевить и ускорить процесс конструирования устройств подобного класса по отношению к конструированию с использованием элементной базы дискретной логики.

Выбор типа ПЛИС – CPLD (Complex Programmable Logic Device) был обусловлен тем, что подобные устройства, как правило, дешевы, имеют энергонезависимую память для хранения конфигурационной прошивки, емкость по оборудованию достаточную для решения задач низкой и средней сложности и не требуют конфигурирования перед каждым началом работы. Это позволило значительно упростить проект по отношению к вариантам при возможном выборе других типов ПЛИС.

На ПЛИС реализовано два независимых устройства:

- блок выдачи выходных сигналов, представляющий собой набор четырехбитных регистров с разделенными адресами установки и сброса значений;

- блок приема входных сигналов, представляющий собой демультиплексор 32/1.

При разработке комплекса программного обеспечения (ПО), состоящего из управляющей программы для микроконтроллера и программы для ПК, к нему предъявлялись следующие требования.

ПО должно позволять:

- производить проверку АПД-99 в соответствии с технологическими картами;
- использовать установку для решения не только задачи проверки АПД-99, но и всех задач этого класса в пределах возможностей аппаратного обеспечения;
- изменять порядок и время выдачи выходных сигналов без изменения самого ПО;
- вводить последовательность и время выдачи выходных сигналов в наглядном виде, доступном для оперативного редактирования;

- выводить полученные данные в наглядном виде, доступном для оперативной оценки;
- проводить проверку целостности электрических цепей каналов ввода и вывода без применения специального оборудования;

- сохранять полученные данные для дальнейшего анализа.

При тестировании были выявлены следующие недостатки:

- малая пропускная способность канала связи;
- относительная сложность алгоритма считывания и выдачи сигналов микроконтроллером из-за применения последовательно-параллельного преобразователя;
- недостаточная скорость обработки сигнала на ПК.

Последнее особенно критично. Устройство способно отправить на ПК данные об изменении входных сигналов с точностью  $-1 \dots +2$  мс каждые 5 мс. Обработка одного пакета данных о состоянии 32 входов персональным компьютером занимает около 30 мс из-за относительно медленной реакции на системные события и слишком высокоуровневой реализации программы обработки. Во время обработки на ПК, контроллер не формирует и не отправляет пакеты. Таким образом, все изменения входных сигналов, произошедшие во время обработки, остаются неучтенными, а при условии сохранения состояния учитываются, как произошедшие сразу по сигналу окончания обработки. Предлагаются следующие решения для устранения вышеописанных недостатков:

- увеличение скорости передачи данных за счет применения кварцевого резонатора с частотой, из которой может быть синтезирована аппаратными средствами микроконтроллера тактовая частота модуля USART, соответствующая более высокой стандартной скорости передачи данных;

- использование сигналов аппаратного квитирования RS-232 для обозначения границ пакета данных вместо фиксированного размера пакета;

- замена микроконтроллера на другой из того же семейства, располагающий достаточным количеством каналов ввода-вывода общего назначения, например Atmega1280;

- реализация буфера FIFO в алгоритме получения входных сигналов и передачи их на ПК, что возможно только при замене микроконтроллера на другой, располагающий большим объемом оперативной памяти.