

МАРШРУТ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПУЛЬТОВОЙ АППАРАТУРЫ

А. О. Серова, А. Г. Кузякин, Е. А. Осипова, Н. В. Цепцова, А. А. Чеснов

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

Введение

В ходе разработки электронной аппаратуры периодически возникает необходимость проверки работоспособности разрабатываемого устройства. С увеличением сложности разрабатываемых устройств значительно увеличивается сложность этапа контроля. Большое количество контрольно-измерительных операций повышает риск возникновения ошибки, связанной с «человеческим фактором».

Автоматизированный контроль исключает «человеческий фактор» и позволяет повысить надежность измерений, точность получаемых результатов и значительно сокращает время на проведение этапа контроля.

В РФЯЦ-ВНИИЭФ в течении нескольких лет был разработан комплекс программ автоматизированного контроля и тестирования (ПАКТ). ПАКТ позволил добиться унификации в решении таких задач, как формирование интерфейса взаимодействия с пользователем, управление измерительной, пультовой и интерфейсной аппаратурой, обработка экспериментальных данных.

С каждым годом количество разработанных и внедренных программ автоматизированного контроля растет, на первый план выходят задачи сопровождения и метрологической аттестации. С целью систематизации накопленного опыта, упрощения процесса разработки и сопровождения, обеспечения надлежащего уровня документации создан маршрут разработки программ автоматизированного контроля.

Маршрут разработки программ автоматизированного контроля

Маршрут разработки программ автоматизированного контроля (рис. 1) включает в себя четыре

основных этапа. Первым этапом является анализ исходных данных, полученными от разработчиков объекта контроля (ОК), вторым этапом является разработка программного кода, третьим – проверка и четвертым – метрологическая аттестация.



Рис. 1. Маршрут разработки программы автоматизированного контроля

Анализ исходных данных

На первом этапе маршрута разработки ПАКТ требуется максимально формализовать исходные данные, поступающие от разработчика прибора автоматизации. Исходные данные приходят в виде документа, который включает в себя схемы, циклограммы, методы, перечни контролируемых параметров и требования к ним. Исходные данные – это документ ориентированный, прежде всего на человека, поэтому он допускает сокращения и упрощения, облегчающие понимание сути документа, порой в ущерб представления полноты картины (табл. 1).

Из табл. 1 может показаться, что нужно измерить 2 параметра: $U_{4,5}^1$ и $I_{5В}$, но параметров на самом деле 5. Параметр $I_{5В}$ должен быть измерен для двух

Таблица 1

Таблица исходных данных, поступающих от разработчика

№ тестов	Наименование параметра, единица измерения	Обозн. параметра	Норма параметра	Напряжение ИП G1, В
1	Амплитуда сигнала, В	$U_{4,5}^1$	$\geq 3,7$	4,5
2, 3	Ток в цепях +5В, +Е ВИП, мА	$I_{5В}$	$16,6 \pm 2$	$4,5^{+0,2}$
			$20,3 \pm 2$	$5,5_{-0,2}$

цепей и в двух режимах измерения. Только измерив все 5 параметров можно сказать, что ОК работоспособен.

На этапе анализа исходных данных формируется таблица «Развернутый перечень контролируемых параметров», включающая в себя все контролируемые параметры, необходимые для проверки ОК (табл. 2).

Таблица 2

Развернутый перечень контролируемых параметров

№ п-ра	№ теста	Норма	Обозначение	Сигнал	Режим измерения
1	1	U145	$U_{4,5}^1$		1
2	2	15v	I_{5B}	+5В	1
3	2	15v	I_{5B}	+5В	2
4	3	15v	I_{5B}	+Е ВИП	1
5	3	15v	I_{5B}	+Е ВИП	2

Примечание:
 В первой колонке таблицы представлен уникальный номер параметра. Во второй – номер теста(эксперимента), в ходе которого он может быть получен. В третьей – идентификатор нормы. В четвертой – обозначение в протоколе. В пятой – название сигнала (команды, цепи), к которому относится параметр. В шестой – идентификатор режима.

При составлении данной таблицы используются уникальные идентификаторы норм и режимов измерения, которые берутся из дополнительно подготовленных таблиц.

На рис. 2 представлена часть тестовой последовательности, раскрывающая ход эксперимента, настройки измерительной и пультовой аппаратуры, перечня контролируемых параметров, доступных к обработке. На основе этих данных формируется таблица настройки измерительной аппаратуры (табл. 3).

Контроль цепей LOG_UP1_1 (CH1), LOG_UP2_1 (CH2), LOG_UP3_1 (CH3), LOG_UP4_1 (CH4)

- 1 Задание режима осциллографа PS1: развёртка по вертикали – 2 В/дел, развёртка по горизонтали – 1 мс/дел, запуск по переднему фронту сигнала в канале CH1, задержка 3,5 мс.
- 2 Установить R = 1, BC = 01010, TST = 1.
- 3 Установить B3 = 0000 0010.
- 4 Установить B1 = 0010 0100 (подача питания G2 +, G2 –).
- 5 Установить B4 = 0100 0000 (подготовка синхроимпульса SI).
- 6 Установить B4 = 0000 0000 (подача синхроимпульса SI).
- 7 Выдержать паузу 50 мс.
- 8 Проконтролировать параметры U_0 , U^1 , T_1 , $T_{1.1}$, t_1 , $t_{1.1}$
- 9 Установить R = 0, BC = 11111, TST = 0.

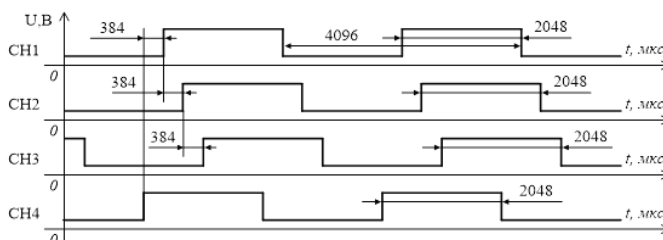


Рис. 2. Тестовая последовательность

Таблица настроек осциллографа позволяет ответить на вопрос: «Какие настройки осциллографа необходимы, чтобы признать ОК работоспособным?». В эту таблицу вносятся все настройки для осциллографа, которые содержатся в исходных данных. При этом достаточно легко определить одинаковые настройки для различных экспериментов, что позволяет формировать минимальные наборы настроек. Если в ходе эксплуатации программы возникает необходимость замены осциллографа на аналог, достаточно убедиться, что все представленные в таблице режимы им поддерживаются. Если нужно изменить настройку осциллографа, производится поиск подходящей настройки в списке имеющихся. В случае, когда ничего подходящего не найдено, просто создается новая настройка. Если после внесения изменений настройка больше не требуется, анализируется, что необходимо удалить, чтобы программный код оставался чистым.

Анализ алгоритмов экспериментов позволяет получить информацию о том, как именно будет вычислен контролируемый параметр. Зачастую параметр является результатом косвенных измерений, и требуется обработка экспериментальных данных для получения его значения.

Табл. 4 позволяет определить минимальный перечень функций, необходимый для получения значений всех контролируемых параметров. Уже на стадии анализа появляется возможность определиться с перечнем вновь разрабатываемого и повторно используемого кода.

Кроме таблиц формируются формализованные последовательности, описывающие алгоритмы проведения тестирования. В ходе разработки процесс получения контролируемых параметров разделяется на две составляющие: эксперимент и тест. Задача эксперимента – получить экспериментальные данные.

Таблица настроек осциллографа

	Тест	Способ обработки входного сигнала	Масштаб времени, с/ккл	Смещение запуска, с	Канал 1		Канал 2		Канал 3		Канал 4		Конфигурация запуска			
					развертка, В/ккл	смещение, В	развертка, В/ккл	смещение, В	развертка, В/ккл	смещение, В	развертка, В/ккл	смещение, В	Режим запуска	Номер канала	Уровень сигнала	Фронт
2	6		0,001	0,0035	2						2		Single	1	1,8	передний
3	7–15,20		0,001	0,0035	2		2		2		2					

Таблица 4

Перечень методов обработки экспериментальных данных

№	№№ п-ов	Название метода обработки	Название функции	Входные аргументы	Результат
1	14, 17, 20, 23	Уровень 0 по осциллограмме	get_U0	Осциллограмма	Плавающая точка
2	15, 18, 21, 24	Уровень 1 по осциллограмме	get_U1	Осциллограмма	Плавающая точка
3	16, 19, 22, 25	Длительность импульса по осциллограмме	get_T1	Осциллограмма	Плавающая точка
4	26	Количество импульсов по осциллограмме	get_N	Осциллограмма	Целое
5	27	Декодирование посылки	get_OC	Массив байт	Логический

Задача теста – сформировать набор контролируемых параметров из доступного набора экспериментальных данных.

Пример описания эксперимента:

Эксперимент 4

1. Установить на осциллографе PS1 режим 1.
2. Установить на пульте АЗ режим 4.
3. Установить на пульте АЗ режим 6.
4. Пауза 50 мс.
5. Получить данные с осциллографа PS1.
6. Установить на пульте АЗ режим 1.

Пример описания теста:

Тест 3.

1. Получить доступ к осциллографу PS1, пульту АЗ.
2. Провести эксперимент 4.
3. Получить параметр 14 из осциллограммы канала 1
4. Получить параметр 15 из осциллограммы канала 1
- ...

В результате анализа исходные данные перерабатываются в набор таблиц и формализованные последовательности действий, позволяющих значительно сократить время разработки программного кода, его отладки и подготовки документации.

Разработка программы автоматизированного контроля

Программа автоматизированного контроля (ПАК) решает множество задач прикладного программирования: формирование интерфейса взаимодействия с пользователем, настройка измерительной аппаратуры, проведение эксперимента, обработка данных и представление результатов. Часть этих задач решается комплексом ПАКТ (пользовательский интерфейс, механизмы взаимодействия с измерительной аппаратурой, библиотеки обработки данных), но ПАКТ не специфицирует то, как программа тестирования должна быть построена. Где должны быть функции обработки и должны ли они быть вообще? Где должны лежать драйвера устройств? Как описывается эксперимент, и представляются его результаты? Различные разработчики могут по-разному организовывать работу своих программ.

Разные подходы в решении однотипных задач затрудняют сопровождение программного обеспечения.

В рамках маршрута разработки программ автоматизированного контроля предлагается единая структура программного каталога.

Этап разработки начинается с создания проектной директории, имеющей определенную структуру, представленную на рис. 3.

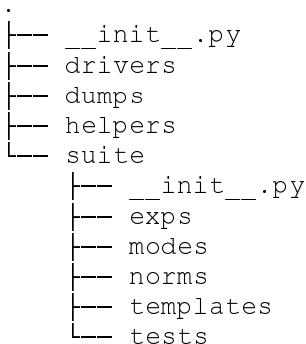


Рис. 3. Структура программы автоматизированного контроля

На первом уровне располагаются папки: drivers, dumps, helpers, suite.

Папка drivers предназначена для хранения всех необходимых драйверов для взаимодействия с внешними программными и аппаратными средствами.

Папка dumps предназначена для хранения экспериментальных данных.

Папка helpers содержит программные модули и сторонние библиотеки для организации работы ПАК.

Папка suite – содержит программные код для проверки ОК.

Второй уровень иерархии расположен в папке suite.

Папка exps – алгоритмы проведения экспериментов.

Папка modes – режимы настройки аппаратуры.

Папка norms – нормы контролируемых параметров, в зависимости от режимов измерения.

Папка templates – шаблоны для формирования протокола проверки.

Папка tests – алгоритмы тестирования.

Данная структура каталогов позволяет обеспечить быструю навигацию внутри проекта, её определенность позволяет различным разработчикам поддерживать код, разбиение задач на папки позволяет нескольким разработчиком вести разработку ПАК.

В ходе разработки ПАК с использованием маршрута, задачи получения экспериментальных данных и их обработки разделены, что позволяет начать разработку задолго до появления тестовой схемы с ОК или даже её макета.

Для разработки программного кода обработки данных разработаны программы, позволяющие генерировать результаты эксперимента. Например, для

разработки функций обработки осциллограмм разработана программа, генерирующая набор точек, отвечающих требованиям исходных данных. Результат ее работы помещается в папку dumps. До появления возможности проведения реальных экспериментов сгенерированные данные используются программой. Такой подход позволяет вести разработку и отладку ПАК без привлечения аппаратных средств.

Проверка

Проверка, как этап маршрута разработки ПАК, - это комплекс мероприятий, направленных на подтверждение корректной работы разработанного программного обеспечения модульно, в зависимости от решаемых задач, и всего комплекса в целом, в подтверждение выполнения основной функции. На данном этапе подводится итог всего этапа разработки.

Разработанные программные средства еще раз сверяются с результатами, полученными в ходе анализа исходных данных. Подтверждается наличие всех режимов настройки, всех функций для обработки данных, всех норм и режимов измерения, проверяются все тесты на состав возвращаемых контролируемых параметров, проверяются шаблоны.

Проверка производится как на основе тестовых данных, так и на основе взаимодействия с измерительной системой.

Прежде чем подключать ОК к измерительной системе, проверяются все режимы настройки и измерения.

Для удобства проверки разработаны программы, позволяющие отдельно проверить каждый режим настройки всех технических средств, получить визуальное подтверждение корректной установки нужного режима, что гарантирует безопасное подключение ОК к измерительной системе.

Кроме программ проверки настроек, разработаны программы проверки экспериментов и тестов, аналогично позволяющие проводить независимую проверку алгоритмов проведения эксперимента и обработки экспериментальных данных.

Этап проверки заканчивается проверкой всего программного обеспечения в целом, с участием измерительной системы и ОК.

В результате получается работоспособная, проверенная и выполняющая основную функцию программа автоматизированного контроля.

Метрологическая аттестация

Программы автоматизированного контроля подпадают под действие СТО А 4523-2017, как программное обеспечение в составе методик измерений. Следовательно, для законного использования разработанных ПАК и результатов контроля необходимо проведение метрологического исследования программного обеспечения, применяемого при измерениях, с получением соответствующего протокола.

Стандарт регламентирует минимальный состав документов для обязательного представления при испытаниях ПО:

- техническое задание на разработку программы по ГОСТ 19.201;
- спецификация по ГОСТ 19.202;
- описание применения по ГОСТ 19.502;
- схемы алгоритмов, программ, данных и систем по ГОСТ 19.701;
- руководство пользователя или руководство оператора по ГОСТ 19.505.

Результаты предыдущих этапов позволяют сформировать комплект документов с достаточной степенью полноты и адекватности относительно разработанного ПО.

Набор таблиц настроек детально раскрывает объем производимых настроек, его реализация в виде отдельного программного модуля позволяет достаточно точно соотнести режим со строкой в таблице, разработанные средства проверки позволяют быстро проверить конкретный режим. Набор таблиц является частью документа «Текст программы».

Развернутый перечень контролируемых параметров, методы обработки экспериментальных данных и наборы формализованных последовательностей используются не только в документе «Текст программы», но и в документе «Описание применения», позволяя предоставить достоверную информацию о возможностях программного обеспечения.

Применение комплекса ПАКТ позволяет не тратить время на описание пользовательского интерфейса и алгоритма работы оператора, а использовать ранее разработанный документ «Руководство оператора».

Все это позволяет значительно сократить сроки разработки комплекта документов и поддерживать документацию кода на приемлемом уровне.

Заключение

Применение маршрута разработки программ автоматизированного контроля позволяет организовать работу по созданию ПАК, формализует исходные данные, требуемые для разработки, подготавливает данные для включения в документацию. Структура проектной папки позволяет организовать распределенную работу нескольких разработчиков и упрощает решение задач поддержки кода.

Внедрение маршрута позволило значительно сократить сроки разработки ПАК.

Литература

1. Раннев, Г. Г. Измерительные информационные системы М.: Академия, 2010.
2. Режим доступа: <http://www.sqlite.org/> [Электронный ресурс].
3. Режим доступа: <http://www.python.org/> [Электронный ресурс].