

# РЕАЛИЗАЦИЯ И ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СИГНАЛИЗАЦИИ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32F407VG

А.В. Лапутенко<sup>1</sup>, М.Л. Громов<sup>1</sup>, С.Н. Торгаев<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

<sup>2</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

<sup>3</sup> Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия  
laputenko.av@gmail.com

В настоящее время особое внимание уделяется качественному тестированию систем, обеспечивающих безопасность, таких как охранные системы, системы сигнализаций и др. При тестировании аппаратно реализованных систем с помощью формальных моделей реализация проверяется на соответствие своей спецификации, отражающей корректное поведение системы [1]. Примером таких формальных моделей являются конечные автоматы. При тестировании систем, имеющих временные аспекты в своем функционировании, необходимо использовать временные конечные автоматы [2].

В ходе данной работы была реализована модель системы комнатной сигнализации с использованием микроконтроллера STM32F407VG [3]. Система предполагает наличие внешних сигналов с датчиков открытия двери и окна, сигнала активации и введения кода, деактивирующего систему. Временные аспекты данной модели отражают свойства безопасности системы, например временной промежуток для введения кода деактивации, по истечении которого происходит передача сигнала на пост охраны либо в полицию.

Спецификация данной системы представлена четырьмя конечными автоматами с таймаутами. В управляющей части системы используются детерминированный и частичный автоматы, имеющие 32 состояния, 62 перехода (из них 8 переходов по таймауту), 10 входных и 11 выходных действий. Процесс введения пользовательского кода деактивации сигнализации, кода охраны и кода полиции специфицируется соответствующими автоматами, число состояний которых пропорционально длине деактивирующей кодовой последовательности.

Была построена композиция автоматов, специфицирующих управляющую часть системы, и автоматов, специфицирующих введение кодов деактивации. Полученный автомат имеет порядка 80 состояний, 15 входных действий, 11 выходных действий. Для автоматического построения тестовых последовательностей был использован обход графа переходов композиции. Программная реализация данного метода принимает описание детерминированного, полностью определенного, минимального конечного временного автомата в формате fsm и выдает набор проверяющих тестов для данного автомата. Используемый формат представления автоматов содержит информацию о типе автомата, количестве состояний, переходах, а также список переходов автомата. Полученная композиция автоматов была минимизирована и доопределена до полностью определенного автомата с использованием дополнительного состояния *don't care state* и выходного действия *don't care*.

Процесс тестирования проводился с использованием дополнительного микроконтроллера, осуществляющего подачу тестовых сигналов на входы микроконтроллера, реализующего поведение исследуемой системы.

Известно, что тестовые последовательности, построенные обходом графа переходов, гарантируют обнаружение всех ошибок выходных символов. Для повышения полноты построенного теста относительно ошибок другого вида, например ошибок переходов, используются принципы мутационного тестирования. В автомат-спецификацию вносится ошибка, и если эта ошибка не обнаруживается построенным тестом, то в тест добавляется соответствующая различающая последовательность. Другой подход к построению мутаций заключается во внесении ошибок непосредственно в код программы для микроконтроллера.

## Литература

1. Гилл А. Введение в теорию конечных автоматов. М.: Наука, 1966. 272 с.
2. Zhigulin M., Yevtushenko N., Maag S., Cavalli A.R. FSM-Based Test Derivation Strategies for Systems with Time-Outs // Proceedings of the international conference QSIC. 2011. P. 141–149.
3. Discovery kit for STM32F407/417 line. URL: [http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/data\\_brief/DM00037955.pdf](http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/data_brief/DM00037955.pdf).
4. Практическое руководство по программированию STM-микроконтроллеров: учебное пособие / С.Н. Торгаев, М.В. Тригуб, И.С. Мусоров, Д.С. Чертихина; Том. политехн. ун-т. Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2015. 111 с.