

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ОПТИКИ АТМОСФЕРЫ СО РАН им. В.Е. ЗУЕВА



НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИССЛЕДОВАНИИ СЛОЖНЫХ СТРУКТУР

**МАТЕРИАЛЫ
ДВЕНАДЦАТОЙ КОНФЕРЕНЦИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
4–8 июня 2018 г.**

*Мероприятие проведено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-07-20033)*

Томск
Издательский Дом Томского государственного университета
2018

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТА, ОПИСЫВАЮЩЕГО СИСТЕМУ «МИКРОКОНТРОЛЛЕР-ПРОГРАММА»

Ю.Д. Бабенко, М.Л. Громов

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия
audio2009@gmail.com, maxim.leo.gromov@gmail.com

Развитие микроэлектроники привело к широкому распространению электронных цифровых устройств. Одним из основных управляющих элементов стал цифровой микроконтроллер. Микроконтроллер представляет собой вычислительный элемент малой мощности, обладающий рядом полезных свойств, таких как малые размеры, небольшое энергопотребление, дешевизна и универсальность. Универсальность микроконтроллеров достигается возможностью «вшить» в него нужную в конкретном случае программу, выполняя которую, он будет реализовывать необходимую логику управления. Таким образом, готовый к использованию управляющий элемент на базе микроконтроллера представляет собой аппаратно-программный комплекс. И как любое другое устройство этот комплекс необходимо протестировать перед использованием, чтобы избежать в будущем непредвиденных или нежелательных ситуаций. Один из возможных способов построить тесты для комплекса микроконтроллер-программа – это представить желаемое поведение этого комплекса в виде некоторой формальной модели, а затем воспользоваться известными методами построения тестов для этой модели. Также такая модель должна учитывать временные задержки, а полученные тесты затем можно подать на микроконтроллер.

Один из способов задания конечного автомата – задать упорядоченную пятерку элементов: $A = (S, I, O, T_S, s_0)$, где S – конечное, (непустое) множество состояний автомата; I – входной алфавит; O – выходной алфавит; T_S – множество переходов, s_0 – начальное состояние [1]. Автомат принимает на вход сигналы из множества I , меняет своё состояние и выдаёт на выход сигналы из множества O . Временной автомат с таймаутами – это шестерка $M = (S, I, O, \lambda_S, s_0, \Delta_S)$, где S – конечное непустое множество состояний; I – входной алфавит; O – выходной алфавит; s_0 – начальное состояние; $\lambda_S \subseteq S \times I \times O \times S$ – отношение переходов; $\Delta_S: S \rightarrow S \times (\mathbb{N} \cup \{\infty\})$ – функция таймаутов, где \mathbb{N} – множество натуральных чисел. Если для некоторого состояния s $\Delta_S(s) = (s', n)$, то, попав в состояние s и не получив никаких воздействий в течение n единиц времени, автомат перейдёт в состояние s' .

Поскольку на кафедре ИТИДиС НИ ТГУ хорошо изучены автоматные модели, для которых предложены оригинальные методы построения проверяющих тестов, то в данной работе предполагается использовать конечные автоматы и их расширения для описания спецификаций управляющих элементов на базе микроконтроллера. Однако достаточно серьёзной проблемой становится задача подачи полученных тестов на исследуемое устройство в виду большого объёма данных и утомительности проведения этой процедуры. Поэтому в данной работе ставится цель автоматизации подачи тестовых наборов на микроконтроллер с «вшитой» в него программой [2]. В качестве аппаратной части автоматизации предполагается использовать метод параллельного запуска двух контроллеров (проверяемого и тестирующего) [3], предложенный Андреем Владимировичем Лапутенко, аспирантом кафедры ИТИДиС НИ ТГУ, в своей магистерской диссертации [4].

Доступная реализация на микроконтроллер STM32F407VG, для которой уже есть построенный автомат, описывающий её желаемое поведение, был представлен в работе [4]. Нами были построены полуавтоматы для каждого из блоков данной программы, а затем мы измерили временную задержку при выполнении команд с использованием встроенного в архитектуру ядра ARMv7 микроконтроллера STM32F407VG счётчика. Для расчета задержек при выполнении отдельных блоков программы используется следующий алгоритм. Выполним 100 раз в цикле фрагмент кода, время выполнения которого необходимо измерить. Измерим момент времени (в тактах процессора) до выполнения и после выполнения этого цикла. Разница этих величин даст нам время стократного выполнения фрагмента кода. Разделим эту разность на 100. Повторим процедуру 100 раз и усредним время.

Мы проделали всю процедуру для каждого фрагмента кода и получим все необходимые задержки. Это позволило полностью задать временной автомат, описывающий систему «микроконтроллер-программа». Анализ показал, что автомат в работе [4] построен правильно.

Литература

1. Гилл А. Введение в теорию конечных автоматов. М. : Наука, 1966. 272 с.
2. Лапутенко А.В., Громов М.Л., Торгаев С.Н. Реализация и тестирование системы сигнализации на базе микроконтроллера STM32F407VG // Известия вузов. Физика. 2016. Т. 59, № 8/2. С. 61–64.
3. Громов М.Л., Евтушенко Н.В., Лапутенко А.В. Использование временных автоматов при тестировании киберфизических систем // Известия вузов. Физика. 2016. Т. 59, № 12. С. 174–176.
4. Лапутенко А.В. Реализация, верификация и тестирование управляющих систем на базе микроконтроллеров с использованием временных автоматов : дис. ... магистра радиофизики. Томск, 2016. 59 с.