

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТАБЛИЧНЫХ И ТЕКСТОВЫХ СРЕДСТВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АППАРАТУРЫ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ

Малиновский М. Л.<sup>1</sup>, Конищева А. П.<sup>2</sup>, Аленин Д. А.<sup>2</sup>, Пушкар А. Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко,

<sup>2</sup> Научно-производственное предприятие "Стальэнерго" (Харьков)

*Выполнен выбор и оценка метрик сложности программ, созданных при помощи табличных и текстовых средств проектирования аппаратуры цифровых систем.*

**Постановка задачи.** Благодаря преимуществам в гибкости и быстродействию ПЛИС находят все большее применение. В то же время, ПЛИС-технологии имеют ряд особенностей, которые препятствуют их быстрому распространению. Среди них сложность технологии проектирования и высокие требования к квалификации разработчиков.

Существующие среды проектирования цифровых устройств на основе ПЛИС (ISE, Quartus, ActivHDL и др.) содержат средства проектирования, которые можно разделить на текстовые и графические. К текстовым относятся языки описания аппаратуры VHDL, Verilog и др., к графическим - средства структурного описания (в виде блоковых диаграмм) и поведенческого описания (в виде диаграмм состояний).

Графические средства наглядны и компактны. Их использование способствует упрощению взаимодействия и улучшению взаимопонимания в коллективе разработчиков разного профиля. Программы, подготовленные в графических редакторах, лучше поддаются анализу.

Тем не менее, большинство разработчиков в качестве основного используют текстовый инструментарий. Это объясняется как субъективными, так и объективными факторами, в том числе тем, что текстовые средства обладают большими возможностями и гибкостью при описании устройств, требующих использования вложенных конструкций, параметризуемых устройств с регулярной архитектурой и т. д.

В [1] авторами разработаны основные принципы создания табличных средств проектирования аппаратуры цифровых систем, которые сочетают в себе основные достоинства как текстовых, так и графических средств проектирования и позволяют преодолеть противоречие между ними.

В то же время объективные оценки эффективности использования табличных средств проектирования на сегодняшний день отсутствуют.

В связи с этим задача определения, оценки и сравнительного анализа метрик сложности различных средств проектирования аппаратуры цифровых систем является актуальной.

**Анализ публикаций.** Подходы к оценке сложности ПО представлены в [2], описание табличных языков проектирования – в [3], [4], описание языка Verilog в [5]. Анализ публикаций подтверждает наличие предпосылок применения табличных языков и актуальность задачи

исследования эффективности их использования для проектирования аппаратуры цифровых систем.

**Целью исследования,** проводимого авторами, является сравнительный анализ табличных и текстовых средств проектирования аппаратуры цифровых систем.

**Основные материалы исследования.** При оценке сложности ПО, как правило, выделяют следующие группы метрик:

- 1) метрики размера программ;
- 2) метрики сложности потока управления программ;
- 3) метрики сложности потока данных программ.

Для анализа эффективности использования табличных и текстовых средств проектирования цифровых систем метрики второй и третьей группы не использовались в связи с тем, что синтаксис языка описания не влияет на их значение. Наибольшее влияние синтаксис языка оказывает на метрики первой группы, среди которых наиболее популярны метрики Холстеда.

Сравнительный анализ проведен на основе программного кода, описывающего последовательный периферийный интерфейс SPI при помощи двух различных классов средств проектирования – текстового (Verilog) и табличного (THDL).

Анализ проведен на основе расширенных метрик Холстеда и дополнен такими характеристиками, как объем словаря языка программирования и полнота его использования. Важность данных характеристик при оценке сложности языка обусловлена тем, что они позволяют оценить сложность с точки зрения изучения языка проектирования аппаратуры цифровых систем и его избыточности. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Графическое отображение результатов вычислений иллюстрируется рисунком 1, где значение метрик отражено на осях радиальных Kiviat-диаграмм. Окружность на Kiviat-диаграмме соответствует максимально допустимым пределам значений метрик. Исходя из этого, для каждой оси было проведено масштабирование.

В данном расчете использовался пример с невысоким уровнем сложности, для которого все полученные значения метрик не достигают максимально допустимых показателей. Приведенный пример показывает, что значения некоторых метрик отличаются в несколько раз в пользу табличных

средств и таким образом подтверждают их эффективность.

Таблица 1 – Показатели сложности табличного и текстового описаний

Характеристика	Формула, (значение для THDL/значение для Verilog)	THDL/Verilog
Количество строк кода	LOC	39/64
Длина программы по Холстеду	$HPLen = N1 + N2$ , где $N1(54/182)$ - число операторов в программе; $N2(43/76)$ - число операндов в программе.	97/258
Объем программы по Холстеду	$HPVol = HPLen \log_2 n$ , где $n(44/50)$ – словарь программы	529/1456
Макс. глубина вложенности условных операторов	MNOL	1/1
Сложность программы	$D = (n1 / 2)(N2 / n2)$ , где $n1(27/28)$ – словарь операторов, $n2(17/22)$ – словарь операндов	34,15/48,36
Количество ошибок	$B = HPVol / 3000$	0,18/0,49
Количество интеллектуальных усилий	$E = HPLen \log_2(n / HPLen)$	2088,13/2615,63
Объем словаря языка	LD	30/123
Полнота использования словаря языка	$PD = UK/LD$ , где $UK(18/13)$ – количество уникальных ключевых слов в программе	0,6/0,1

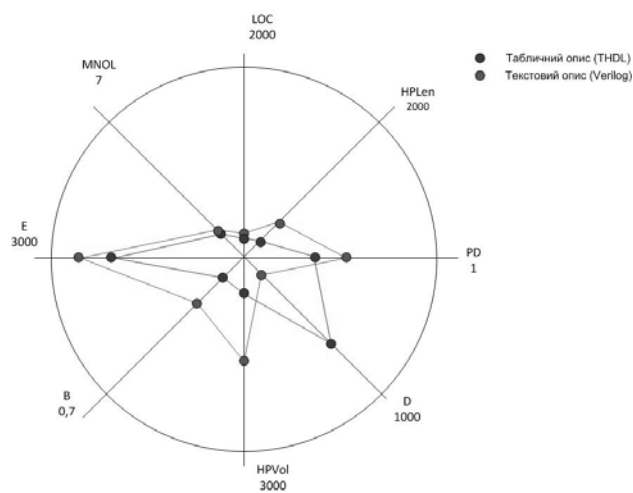


Рисунок 1 – Kiviat-диаграмма показателей сложности табличного и текстового описаний

**Выводы.** Альтернативой универсальным текстовым и наглядным графическим средствам проектирования цифровых систем являются

табличные средства, обладающие достоинствами тех и других. Сравнительный анализ показал преимущества табличных средств по сравнению с текстовыми в части снижения трудозатрат программистов, объема программы, ее сложности и количества ошибок.

Таким образом, табличные средства проектирования аппаратуры цифровых систем являются эффективной альтернативой и обладают достоинствами существующих текстовых и графических средств и сочетают достоинства обоих подходов.

#### Список использованных источников

1. Концепция создания табличных языков описания аппаратуры. Малиновский М.Л., Фурман И.А., Аллашев А.Ю., Конищева А.П., Святобатько А.В. // *Радиоелектронні і комп'ютерні системи*, 2010, № 6 (47), с. 289-291
2. Применение метрик сложности при разработке программных средств. Бахтизин В.В., Глухова Л.А.
3. Languages and General Software Aspects for Telecommunication Systems. The Tree and Tabular Combined Notation. v.3 07/2001 ITU
4. Методы и средства табличного описания аппаратуры цифровых устройств. Малиновский М.Л., Конищева А.П., Сидоренко А.В., Казинов И.А. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті – УкрДАЗТ – 2011.* - №4. – С. 69-72
5. IEEE Standard Verilog. Hardware Description Language 03/2001

#### Анотація

### ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТАБЛИЧНИХ І ТЕКСТОВИХ ЗАСОБІВ ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТУРИ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ

Малиновський М. Л., Коніщева А. П., Аленін Д. О., Пушкар О. М.

*Виконано вибір та оцінку метрик складності програм, створених за допомогою табличних і текстових засобів проектування апаратури цифрових систем*

#### Abstract

### COMPARATIVE ANALYSIS OF TABULAR AND TEXT MEANS OF HARDWARE DESIGN OF DIGITAL SYSTEMS

M. Malinovsky, A. Konicsheva, D. Alenin, A. Pushkar

*The metrics of programs created using tabular and textual design tools of digital systems are rated.*