



БУДУЩЕЕ
В НАШИХ
РУКАХ

Метод создания стратегии верификации

Максим Мороз



Максим Мороз

Руководитель отдела системного программирования СнК

- Разработка сложных СнК
- Несколько Tape-Out

В данном докладе представлен метод формирования стратегии верификации при проектировании систем на кристалле (SoC). Основной упор делается на анализ рисков, что позволяет приоритизировать усилия по верификации.



01

Ценность верификации

02

Инструменты верификации систем на кристалле

03

Вызовы

04

Метод создания стратегии верификации



Определение верификации

Верификация — это проверка, определяющая, соответствует ли дизайн требованиям и спецификациям, заявленным заранее.

Верификация включает в себя проверку того, что все компоненты системы работают вместе, как предусматривалось, и что система будет работать правильно в предполагаемых условиях использования.



Ценность верификации

01

Сокращение издержек
на всех стадиях

02

Сокращение времени
до выхода на рынок

03

Соответствие требованиям
и стандартам

04

Уверенность всех
заинтересованных сторон

05

Упрощение сопровождения
и обновлений

06

Улучшение дизайна
системы

Ariane 5

01

Крушение ракеты Ariane 5 в июне 1996 года — яркий пример несовершенной верификации.

02

Причина аварии — переполнение переменной в ПО системы инерциальной навигации.

03

Ракета самоуничтожилась — навигационные данные интерпретировали неправильно.

04

Инцидент доказал: экономия на этапе верификации может привести к катастрофе.





Доля верификации в создании дизайна

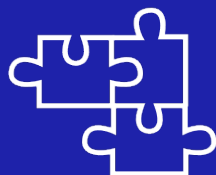
Median project time spent in verification

50%-60%

Source: Wilson Research Group and Siemens EDA,
2022 Functional Verification Study

Стратегия верификации

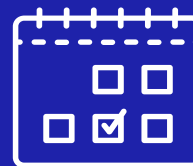
Детально разработанный план, включающий в себя:



Методологии



Инструменты



График



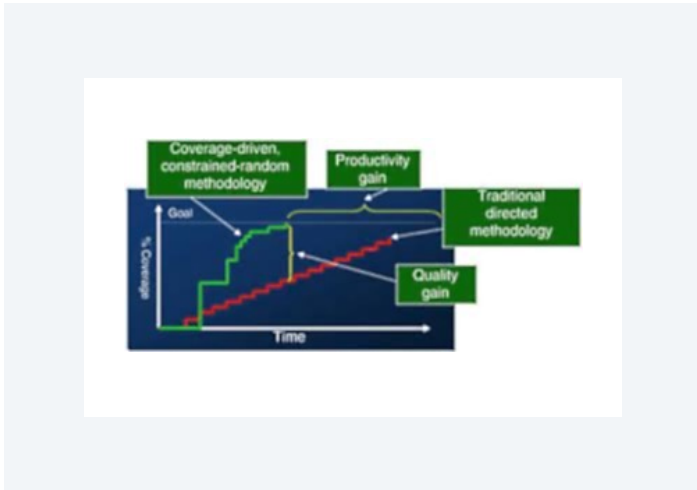
Ресурсы

Благодаря этому плану можно гарантировать, что продукт разработки соответствует всем сформулированным требованиям и спецификациям.



Пример подходов верификации

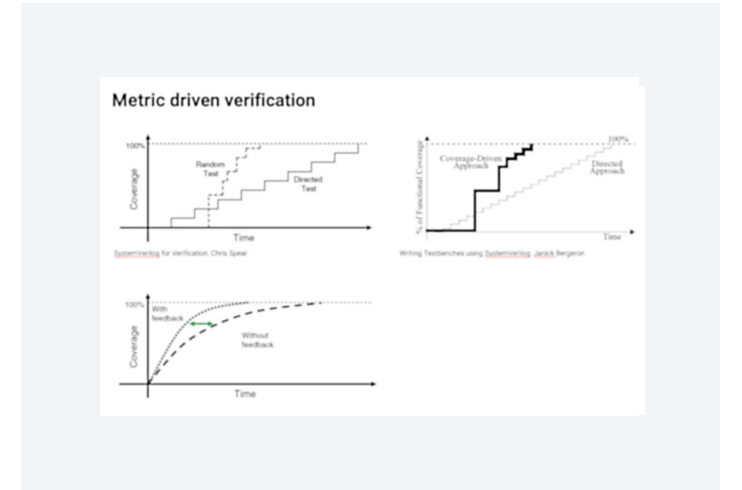
01



02

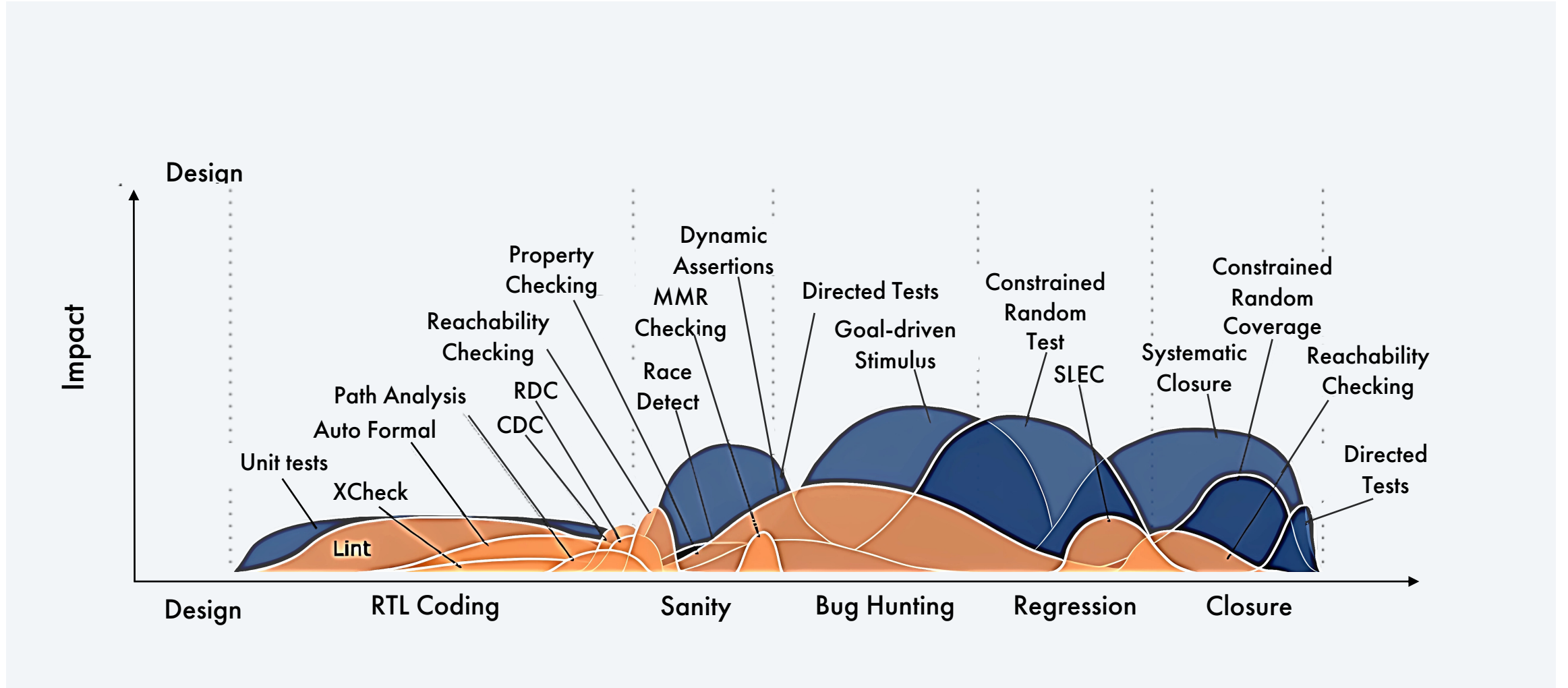


03





Идеальный таймлайн by Siemens





Критический ресурс верификации — время

Времени не хватает никогда

Целостность и систематичность подхода

Все компоненты и сценарии должны быть верифицированы

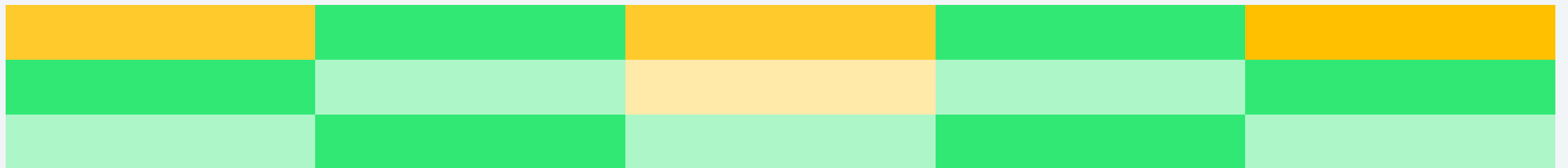


Потенциальные проблемы

Возможное состояние на момент окончания времени на верификацию



Улучшенное состояние на момент окончания времени на верификацию



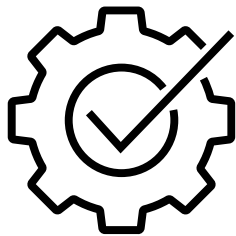
Перепрыгнуть пропасть на 98%



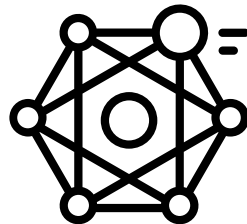
Метод создания стратегии верификации

Риск-адаптивная стратегия верификации — это методология разработки стратегии верификации для систем на кристалле.

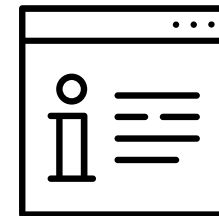
Она основывается на **оценке риска**, связанного с:



зрелостью отдельных
компонентов



взаимодействием
компонентов
внутри системы



требованиями
к системе



Обзор метода создания стратегии

01

Перечень требований

04

Интерфейсы компонентов

02

Перечень функций

05

Матрица взаимодействий (DSM)

03

Перечень компонентов



Требования

Business Requirements with Priority

ID	Requirement	Priority	Source
REQ 1.	The SoC must integrate a RISC-V processor with a minimum performance benchmark of 1 GHz clock speed and a coremark score of 5 per MHz.	Medium	Design Specifications
REQ 2.	The SoC must support at least 8 GB of DDR4 RAM with a minimum data transfer rate of 2400 MT/s.	Medium	Market Requirements
REQ 3.	The SoC must provide at least four USB 3.0 ports, one HDMI output, and two SATA III interfaces.	Medium	Stakeholder Inputs
REQ 4.	The SoC must include support for both eMMC 5.1 and NVMe storage options.	Medium	Technical Research
REQ 5.	The SoC must implement advanced power management features, including dynamic voltage and frequency scaling (DVFS) and various sleep states (C-states).	Low	Energy Efficiency Standards
REQ 6.	The SoC must incorporate hardware security features such as secure boot, cryptographic accelerators, and support for a Trusted Execution Environment (TEE).	Low	Security Guidelines
REQ 7.	The SoC must be fully compatible with the latest Linux kernel, including support for RISC-V-specific optimizations and features.	High	OS Compatibility Requirements



Функциональная декомпозиция

Функциональная

декомпозиция определяет иерархию функций системы, начиная с самых высокоуровневых и переходя к более детализированным, для реализации требований или User Stories.

Все требования должны быть реализованы функциями.

Таблица соответствия RTM

Основа для функциональных сценариев в HVP

Отсортированы по приоритетам функций

Перечень функций является основой для верификации функциональности.

Назначение приоритетов функциям

Требования/ Функции	Требование 1	Требование 2	Требование 3	Требование 4	Требование 5
Функция 1	1		0.2		
Функция 2	0.7				
Функция 3		0.1			0.4
Функция 4		0.8			
Функция 5					
Функция 6			1		
Функция 7	0.2			1	
Функция 8		0.5		0.3	
Функция 9			0.6		0.2



Компонентный (модульный) синтез

На основе функционального разбиения строится компонентная (модульная) схема.

Компоненты и их комбинации реализуют функции системы.

Каждая функция должна быть поддержана компонентами.



Оценка важности компонентов

Бизнес-
требования

Функции

Компоненты



Оценка зрелости компонентов

Важность

Зрелость
(вероятность проблем!)

Использование TRL

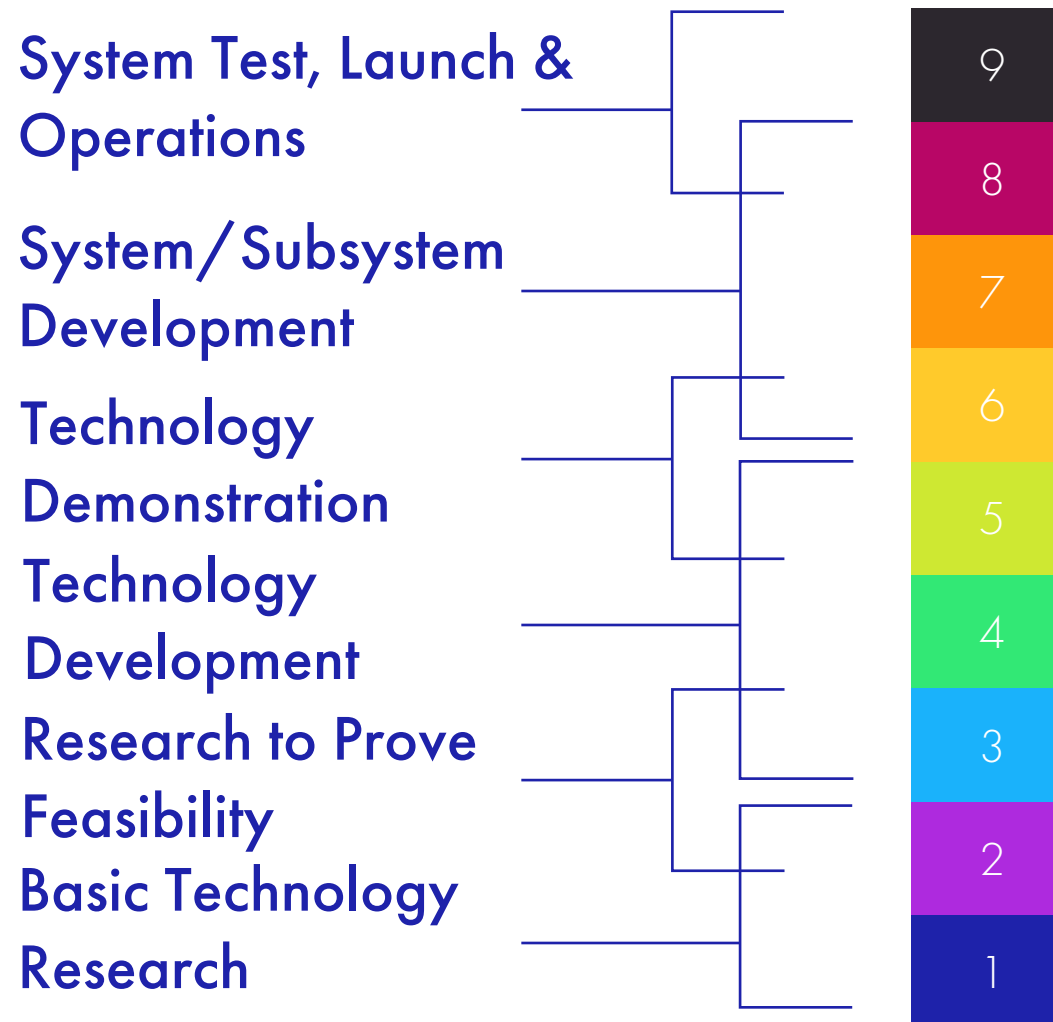


Оценка зрелости компонентов ::TRL

Technology readiness levels (TRLs)

A method for estimating the maturity of technologies during the acquisition phase of a program.

Определение зрелости <https://www.gao.gov/assets/710/706680.pdf>





TRL :: Низкая зрелость

TRL 1:

Базовые научные исследования. Идея технологии исследуется на научном уровне, но еще не применяется.

TRL 2:

Формирование концепции. Научные исследования приводят к практическим идеям.

TRL 3:

Экспериментальное доказательство концепции. Проводятся первые лабораторные тесты.



TRL :: Средняя готовность

TRL 4:

Валидация технологии в лаборатории. Технология тестируется в контролируемой среде.

TRL 5:

Валидация технологии в реальной среде. Технология тестируется в условиях, максимально приближенных к реальным.

TRL 6:

Демонстрация технологии в реальной среде. Технология полностью тестируется и готова к коммерческому использованию.



TRL :: Готовность к коммерческому использованию

TRL 7:

Полная демонстрация системы. Система тестируется в реальных операционных условиях.

TRL 8:

Полная система передана заказчику для окончательного тестирования.

TRL 9:

Полная система успешно прошла все тесты и успешно эксплуатируется.



Планы повышения зрелости компонентов

Важным аспектом методологии TRL является создание **планов повышения зрелости компонентов.**



Вероятность проблем как обратная величина зрелости

TRL	Очень высокая	Высокая	Средняя	Низкая	Очень низкая
1	✓				
2	✓				
3		✓			
4		✓			
5			✓		
6			✓		
7				✓	
8				✓	
9					✓



Вероятность проблем как обратная величина зрелости

← Impact →

		Negligible	Minor	Moderate	Significant	Severe
Likelihood ↑	Very Likely	Low Med	Medium	Med Hi	High	High
	Likely	Low	Low Med	Medium	Med Hi	High
	Possible	Low	Low Med	Medium	Med Hi	Med Hi
	Unlikely	Low	Low Med	Low Med	Medium	Med Hi
	Very Unlikely	Low	Low	Low Med	Medium	Medium



Тестирование компонентов

01

Наличие матрицы рисков компонентов позволяет определить объём и приоритеты тестирования

02

Для рискованных компонентов с большим влиянием на успех проекта: Модульные окружения и комплекс методов верификации

03

Для компонентов средней степени зрелости: ограниченный объём тестирования и прототипирование

04

Для компонентов с низким уровнем и низкими последствиями: Smoke-тесты, аналитические методы, #верим



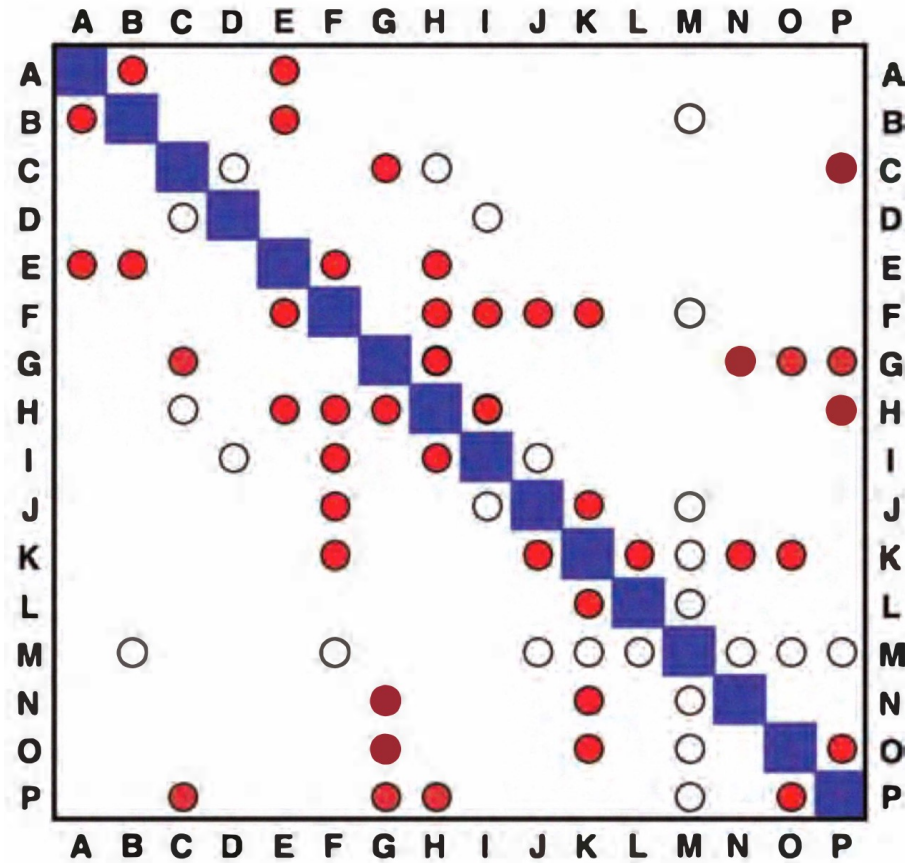
Оценка зрелости взаимодействия

Определяет усилия по тестированию сценариев взаимодействия и выявлению **нежелательных** взаимодействий.

Факторы тестирования взаимодействий:

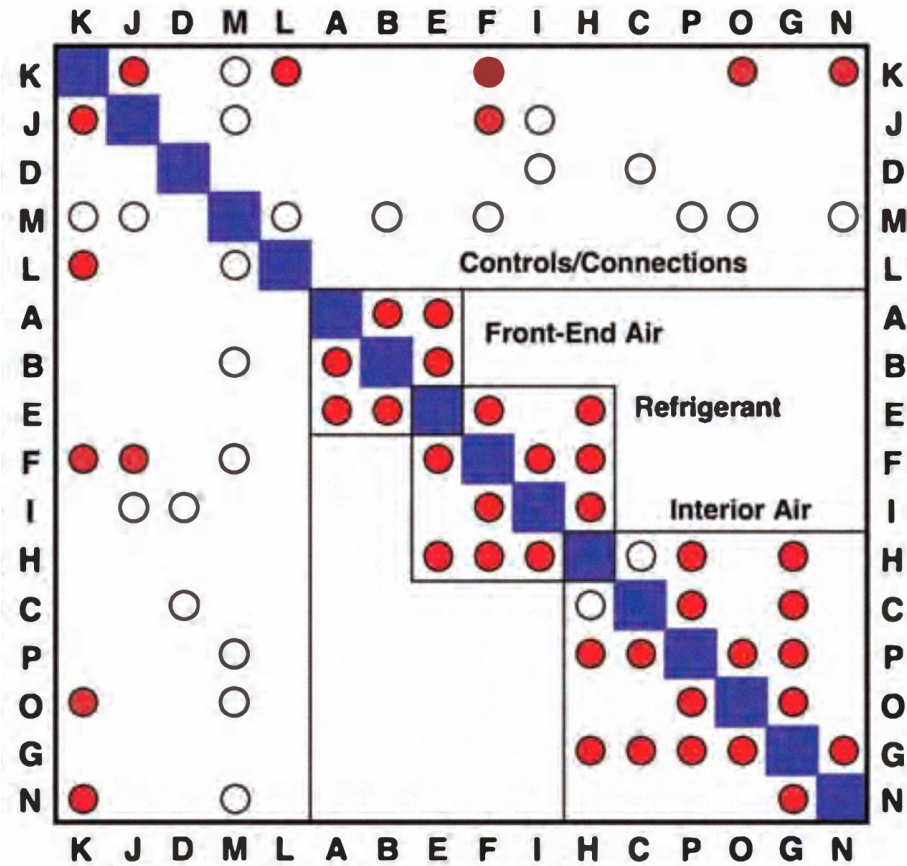
- Зрелость компонентов
- Зрелость взаимодействия

Матрица взаимодействий :: Риски



Описываем взаимодействия и их зрелость в DSM-матрице.

Матрица взаимодействий :: Группировка



● Strong Interactions
○ Weak Interactions

Использование DSM матриц позволяет группировать компоненты для создания минимальных DUT.



Распределение ресурсов верификации

First things first

Усиленная
верификация
«незрелых»
компонентов
(или замена)

Полная верификация
нестандартных
интерфейсов

Верификация
взаимодействий
с высокой степенью
риска

Обновление TRL/IRL
согласно Technology
Maturation Plan

Rinse and Repeat

ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ



БУДУЩЕЕ
В НАШИХ
РУКАХ

m.moroz@yadro.com

Партнеры конференции



Наши ресурсы



Как найти
сообщество

FPGA-Systems.ru

[FPGA-Systems Magazine \(FSM\)](#)

[@fpgasystems](#)

admin@fpga-systems.ru

[Youtube](#)

[@fpgasystems](#)