



NIDays ENGINEER
NEXT

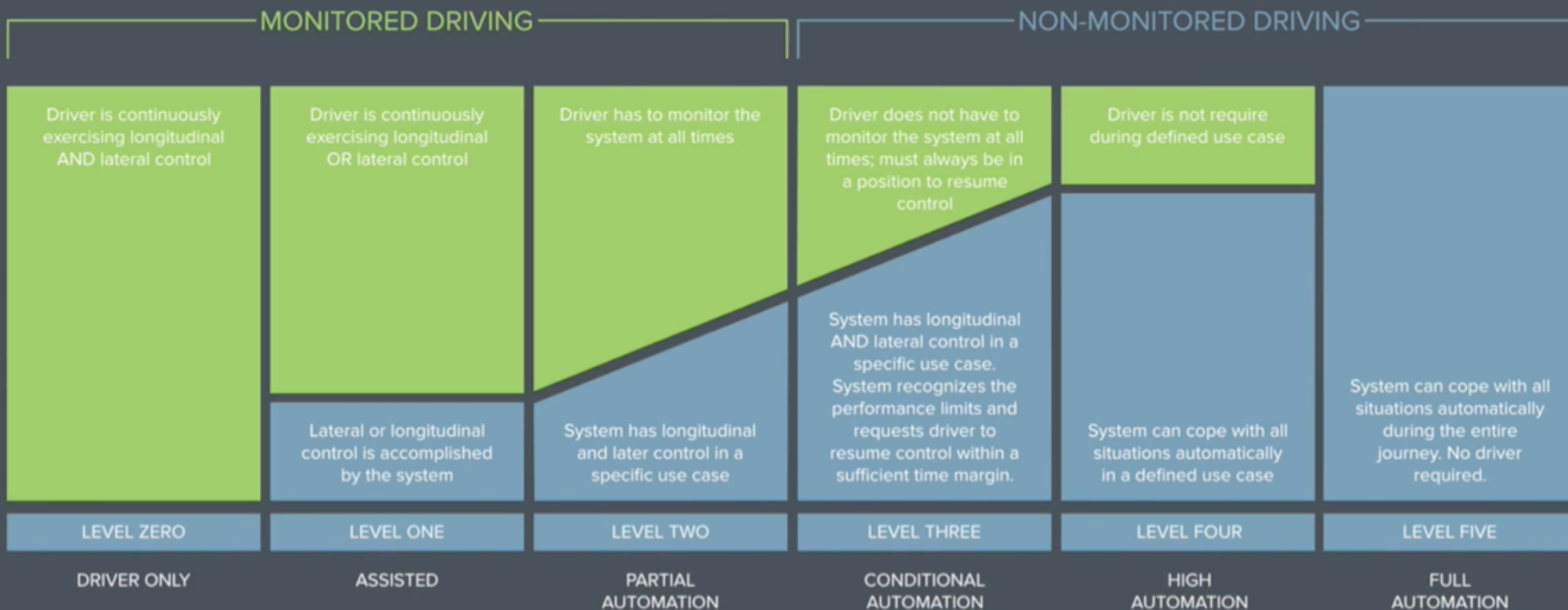
The logo features the text "NIDays" in white inside a white rectangular box, positioned to the left of the words "ENGINEER" and "NEXT". "ENGINEER" is in a smaller, white, sans-serif font, while "NEXT" is in a larger, bold, white, sans-serif font. A yellow graphic element, consisting of three parallel lines forming a stylized arrow or chevron shape, points towards the "NEXT" text. The background is a gradient of blue with diagonal stripes in various shades of blue, orange, and green.

Современные подходы к разработке, прототипированию и тестированию систем ADAS нового поколения

Содержание

- Введение: развитие систем ADAS и их структура
- Традиционные подходы тестирования систем ADAS
- Необходимость применения новых подходов тестирования
- Технологии и платформа National Instruments
- Тестирование автомобильных РАДАР-ов
- Тестирование систем машинного зрения
- Прототипирование систем машинного зрения
- Тестирование автомобильных ЛИДАР-ов
- Тестирование ЭБУ Sensor Fusion
- Тестирование системы ADAS
- Уровни тестирования и опции

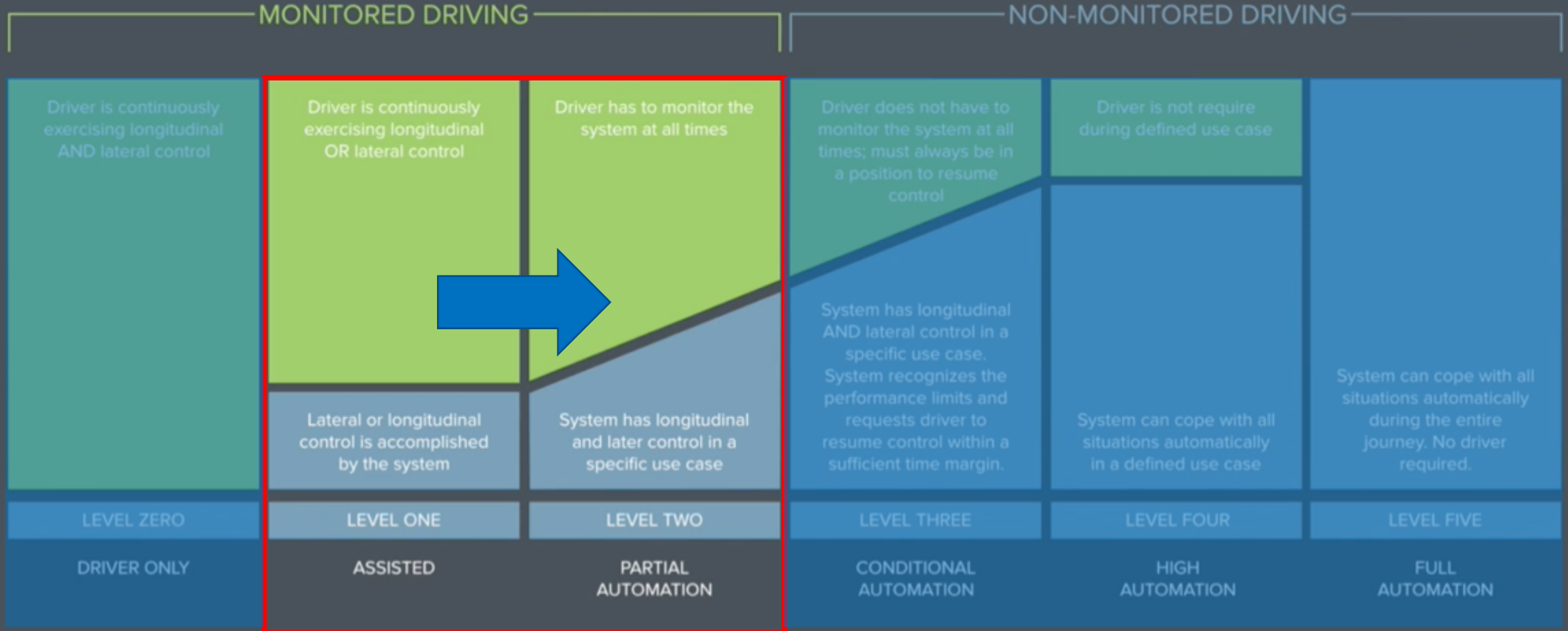
Пять ступеней беспилотного вождения



Современные системы содействия водителю (ADAS)

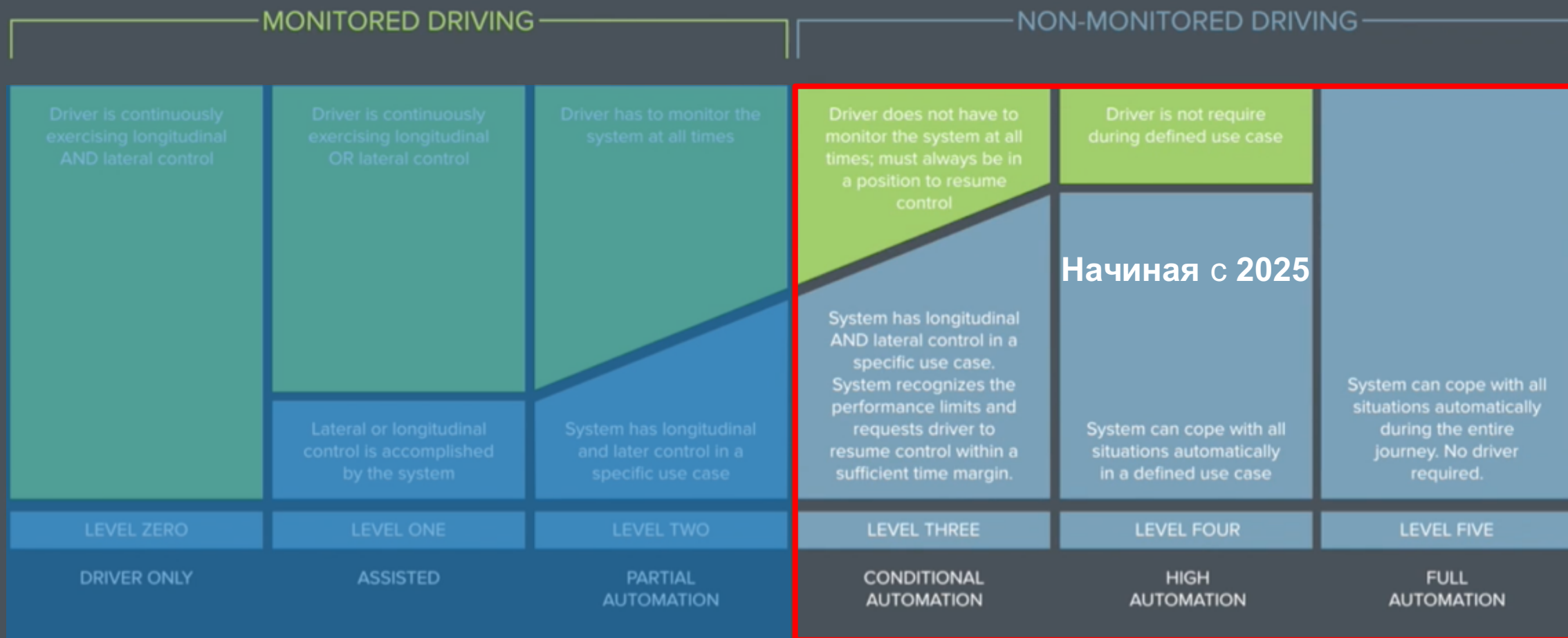
Рынок США: 8% (100% до 2025)

Европейский рынок: 12% (100% до 2025)



Беспилотное вождение

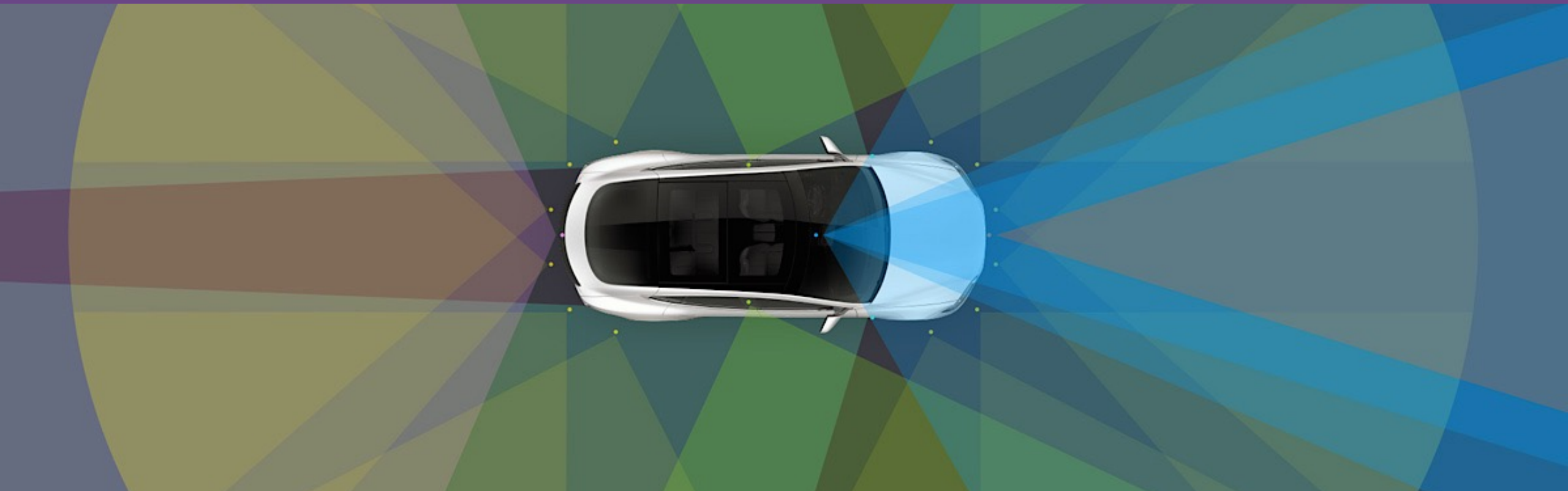
Научные исследования



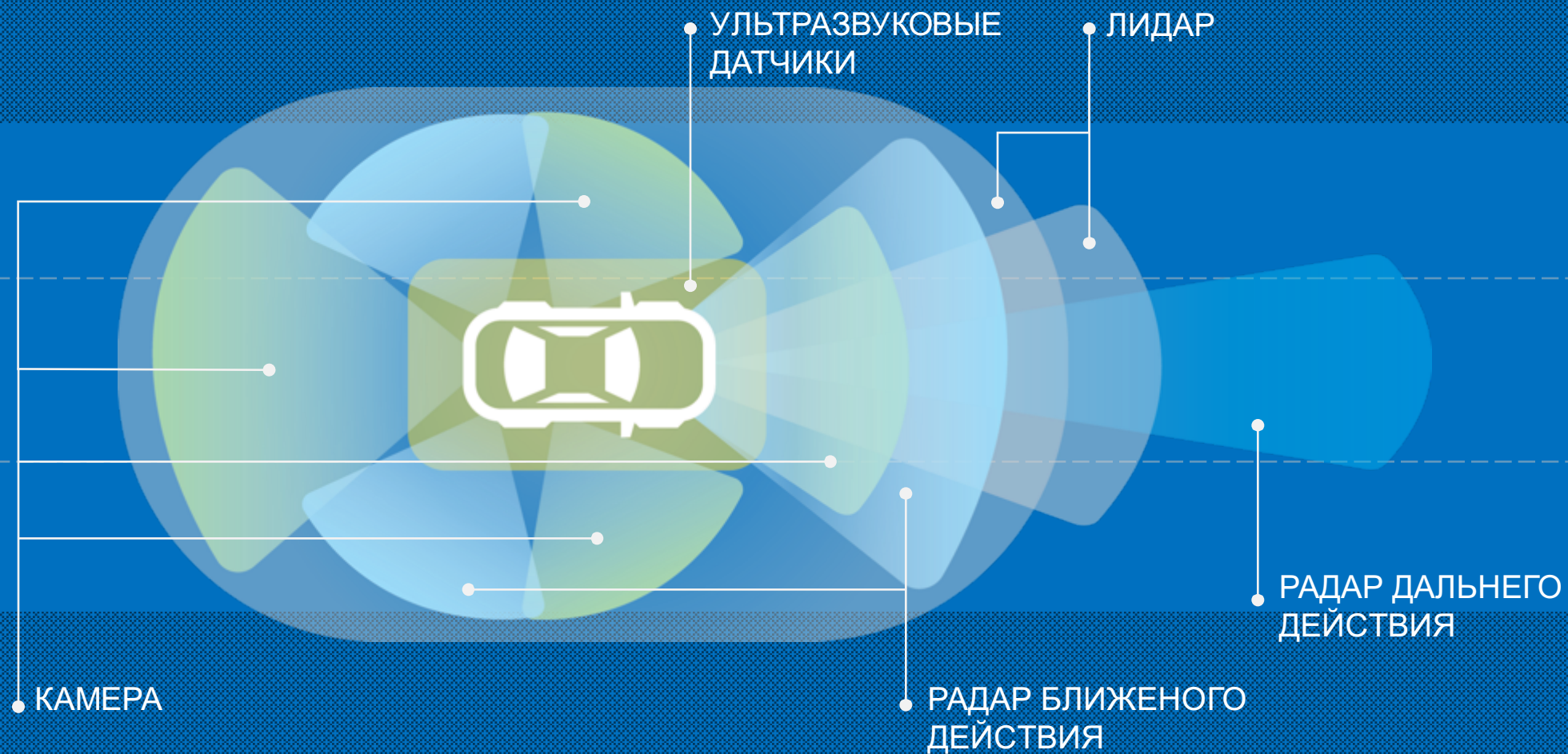
Tesla Motors

Все автомобили Tesla, производящиеся в настоящее время, оснащаются системой полностью автоматического движения

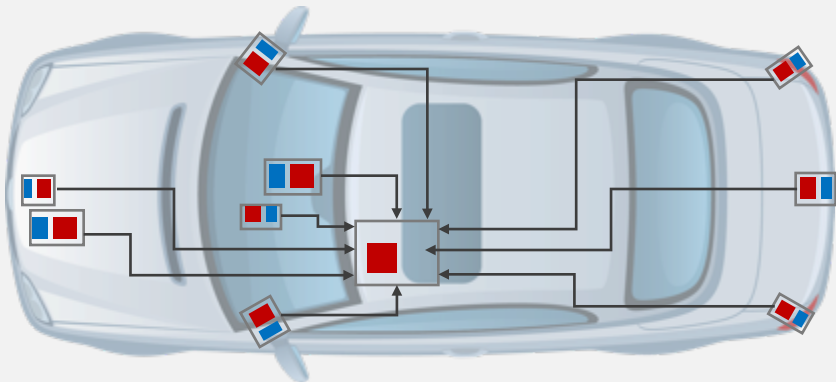
19 октября, 2016



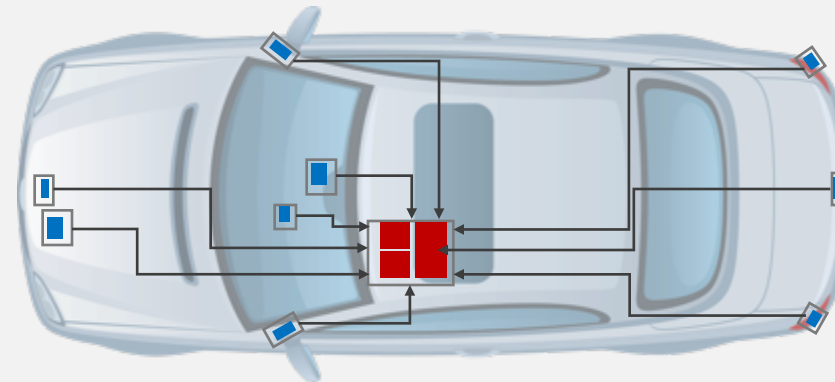
ADAS - Современная система содействия водителю



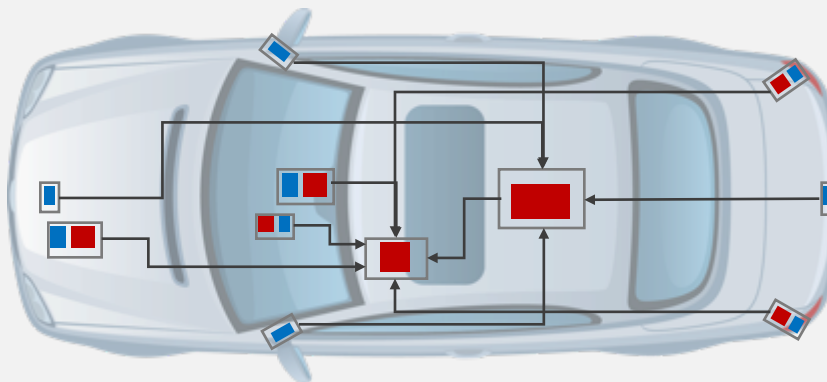
Архитектуры ADAS эволюционируют



Умные сенсоры/Распределенная обработка данных



Пассивные сенсоры/Централизованная обработка данных



Гибридная схема

■ Сенсор

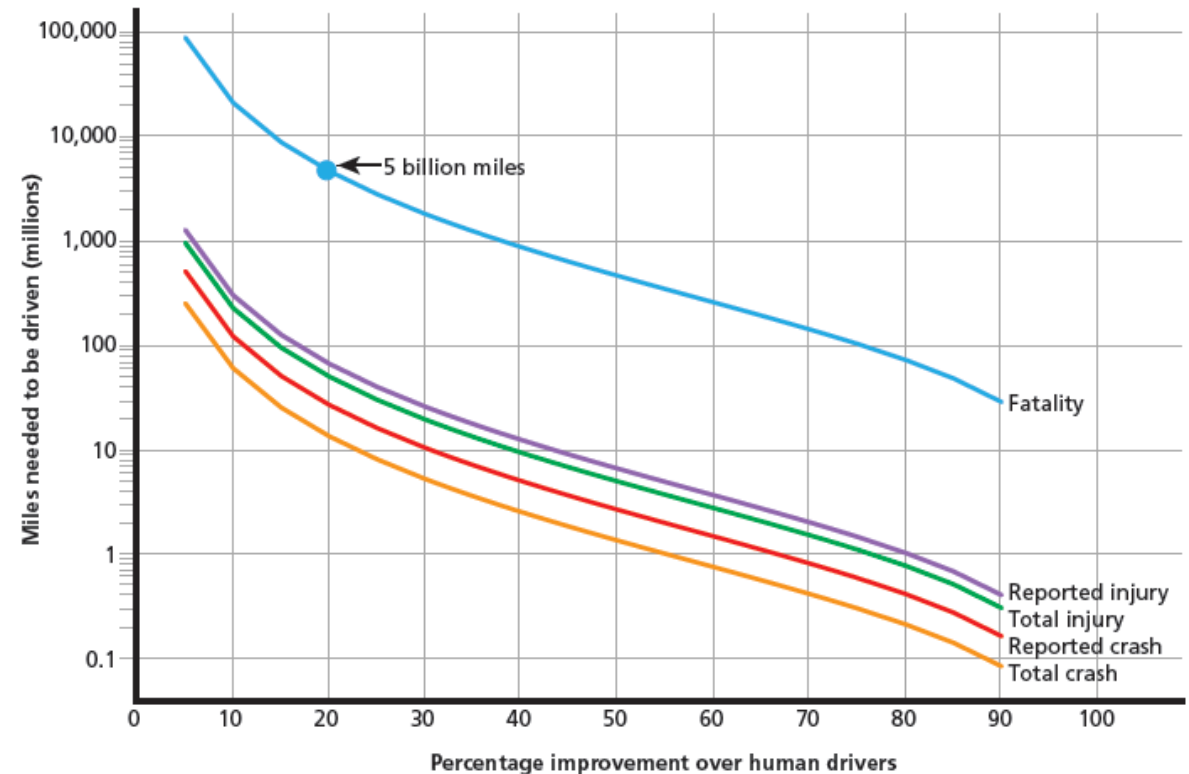
■ Электронный блок управления (ЭБУ)

Испытания на надежность

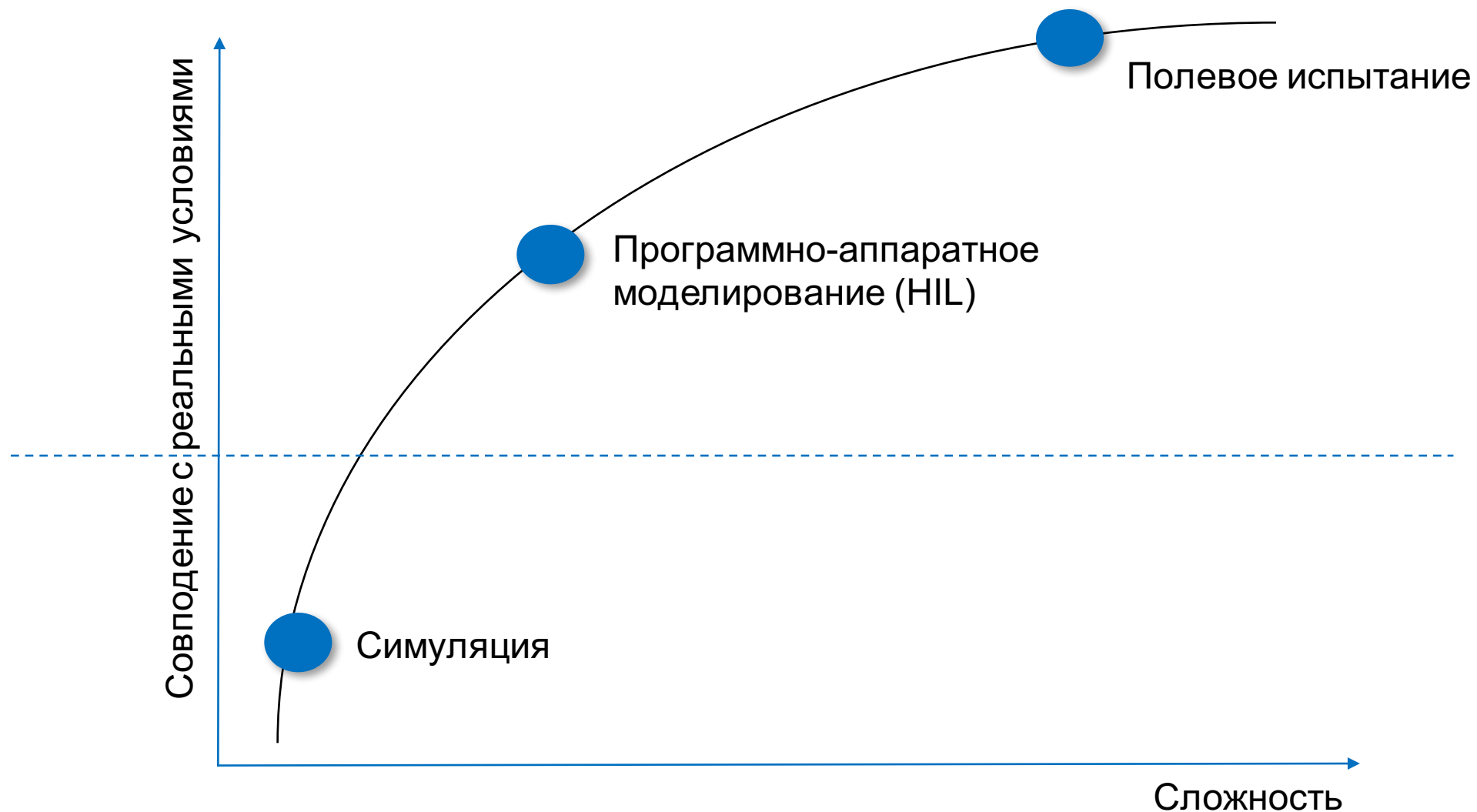
“Беспилотные автомобили не могут тестироваться на дорогах достаточное количество километров чтобы доказать их безопасность – нужны альтернативные методы тестирования”.

Кривые демонстрируют количество километров необходимых для 95% уверенности, что степень надежности беспилотников выше, чем степень надежности водителя.

- Фатальность - 8 миллиардов км
- Повреждение - 130 миллионов км
- Авария - 20 миллионов км



Имитация реальных условий



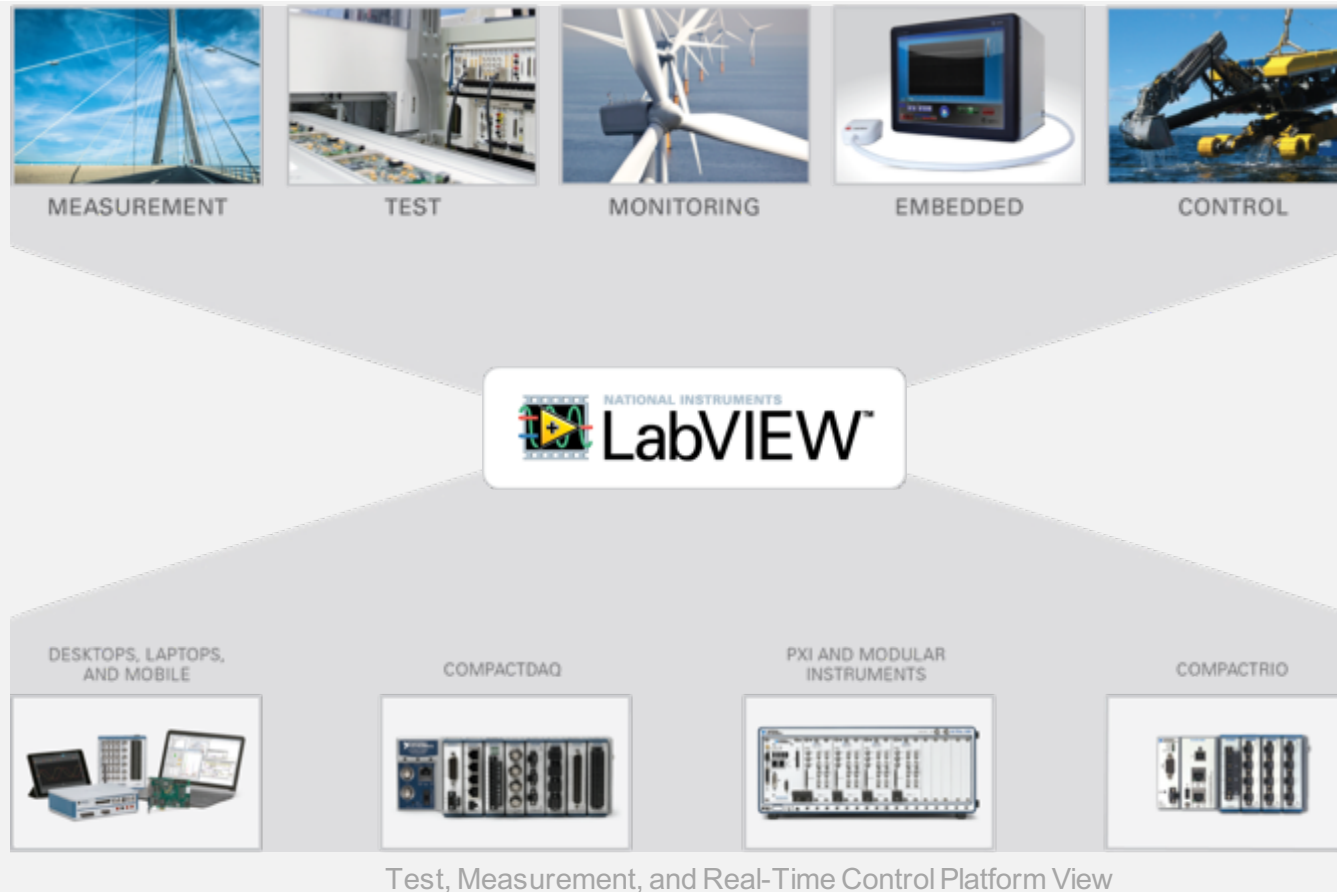
Тестирование – традиционный метод (Тест-драйв)



Тестирование – современная методика



Платформа для Разработки и Тестирования



Подходы к Тестированию и Измерениям

ЗАКРЫТЫЙ ПОДХОД

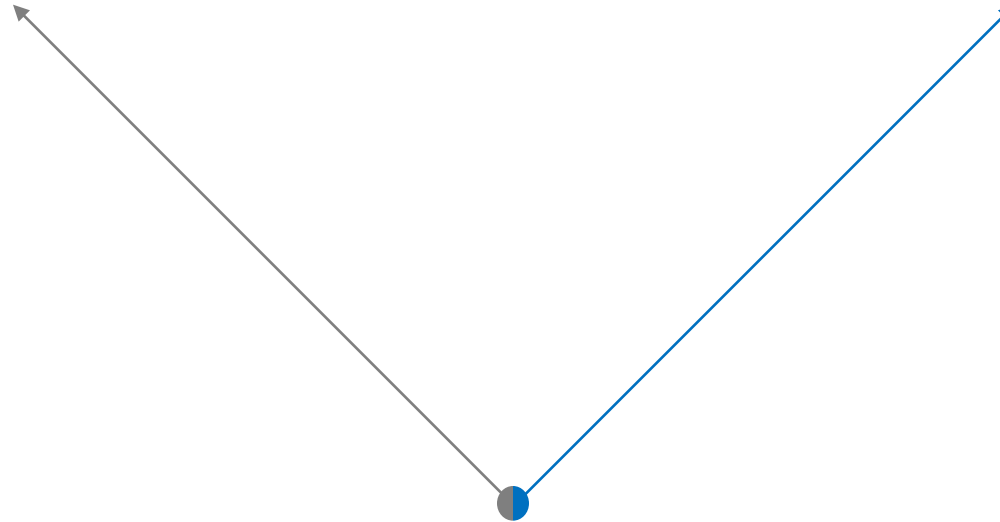
“Определяемо Поставщиком ”

- Приборы с фиксированной функциональностью
- Расширение функциональности только при вовлечении поставщика
- Фиксированные программные средства
- Монолитный дизайн инструмента
- Закрытая экосистема вокруг поставщика

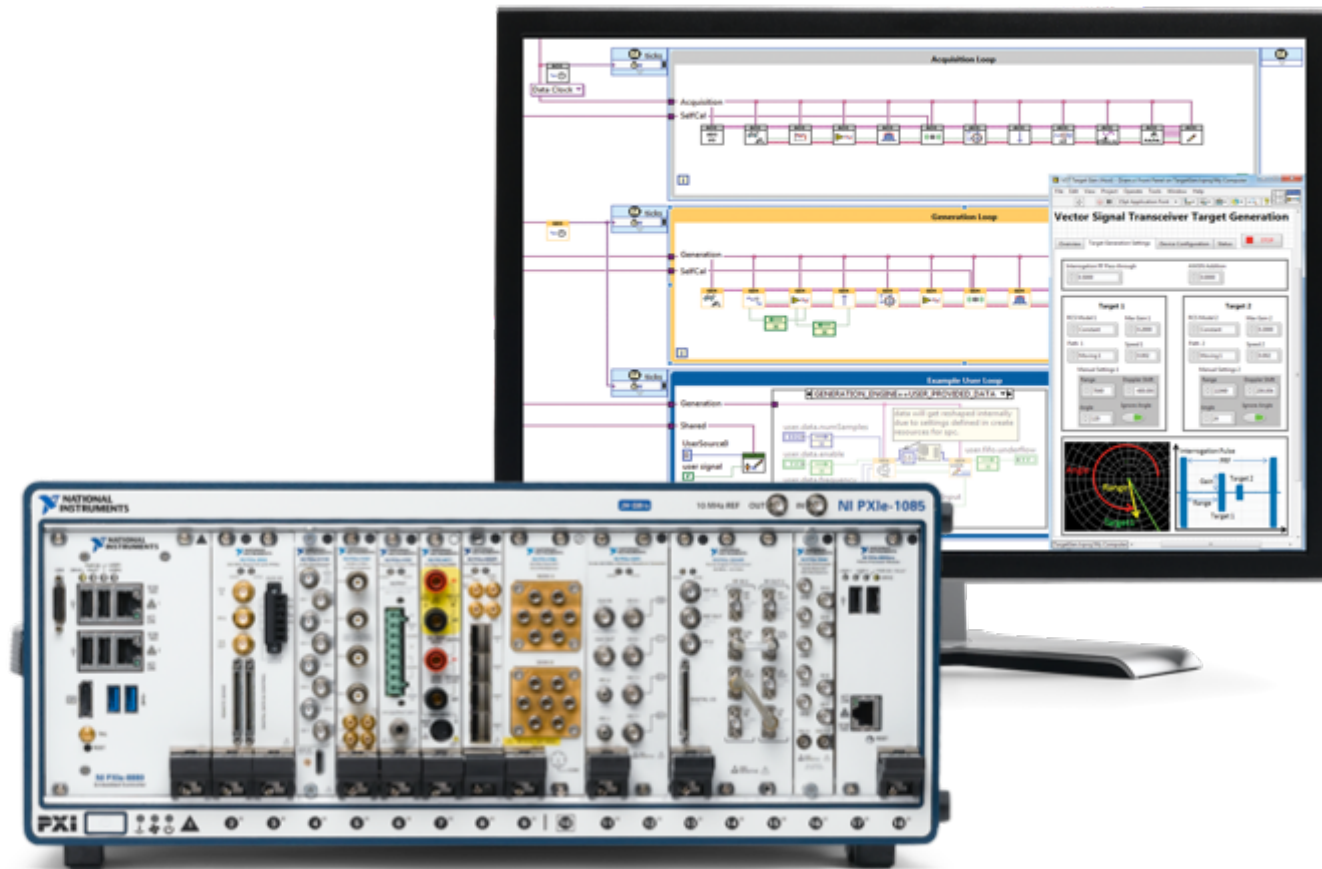
ПЛАТФОРМЕННЫЙ ПОДХОД

“Определяемо заказчиком”

- Готовность к измерениям в исходном состоянии
- Возможность расширения функциональности самим заказчиком
- Продуктивные и доступные программные средства
- Модульный дизайн инструмента
- Открытая экосистема партнеров, пользователей и IP



Гибкость PXI для разработки и тестирования в автомобилестроении



Тестирование V2X

Имитация GNSS

Тестирование Infotainment

Имитация целей радара

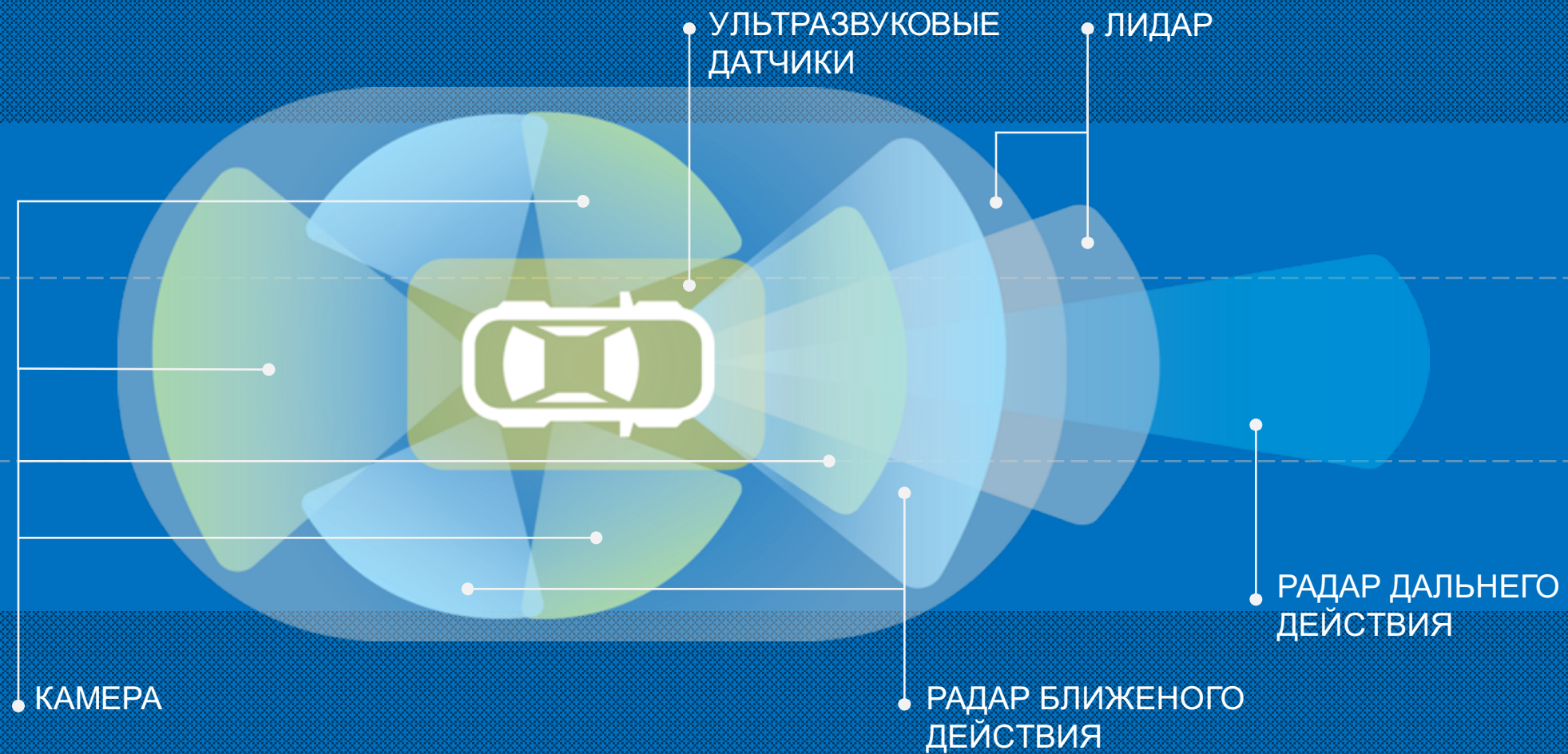
Hardware-in-the-Loop

Шины данных

Приложения в Автомобилестроении

				
ADAS	Связь	Infotainment	Двигатель/коробка передач	Шасси
<p>Радар ближнего действия</p> <p>Радар дальнего действия</p> <p>Камера</p> <p>Лидар</p> <p>Ультразвуковые датчики</p>	<p>802.11p</p> <p>DSRC</p> <p>E-Call</p> <p>LTE-V</p> <p>5G технологии будущего</p>	<p>GPS, GLONASS</p> <p>AM,FM,RDS</p> <p>DVB, DAB</p> <p>Bluetooth</p> <p>NFC</p> <p>WPC</p>	<p>Мотор</p> <p>Трансмиссия</p> <p>HEV/EV</p> <p>...</p>	<p>Двери</p> <p>Свет</p> <p>Рулевое управление</p> <p>...</p>
				

ADAS - Современная система содействия водителю



Рекомендации Euro NCAP

- Lane Support Systems
 - Lane Departure Warning (LDW)
 - Lane Keeping Assist (LKA)
- Speed Assist Systems
 - Manual Speed Assistance (MSA)
 - Intelligent Speed Assistance (ISA)
- AEB Systems
 - Autonomous emergency breaking (AEB)
 - Forward Collision Warning (FCW)
 - Dynamic Brake Support (DBS)

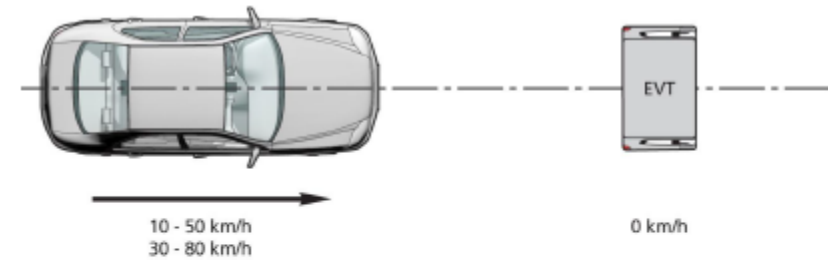


Figure 6a: CCRs scenario

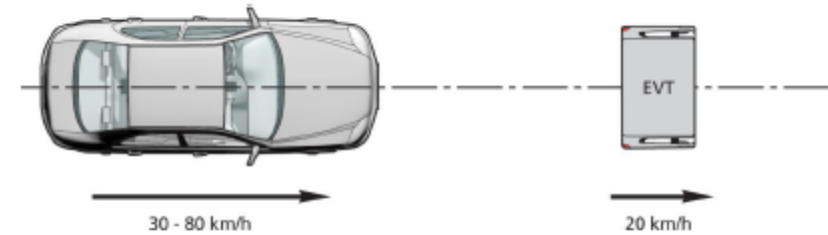


Figure 6b: CCRm scenario

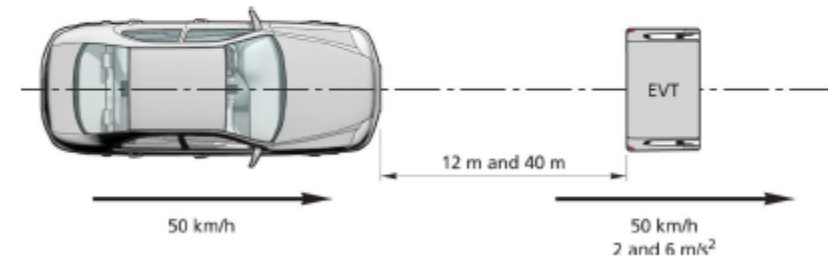


Figure 6c: CCRb scenario


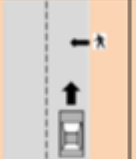
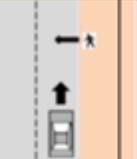
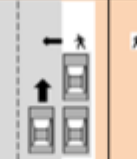
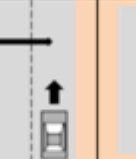
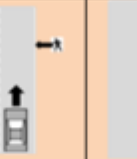
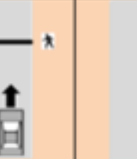
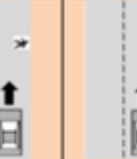


Рекомендации NHTSA

- AEB

- BSD

- LDW

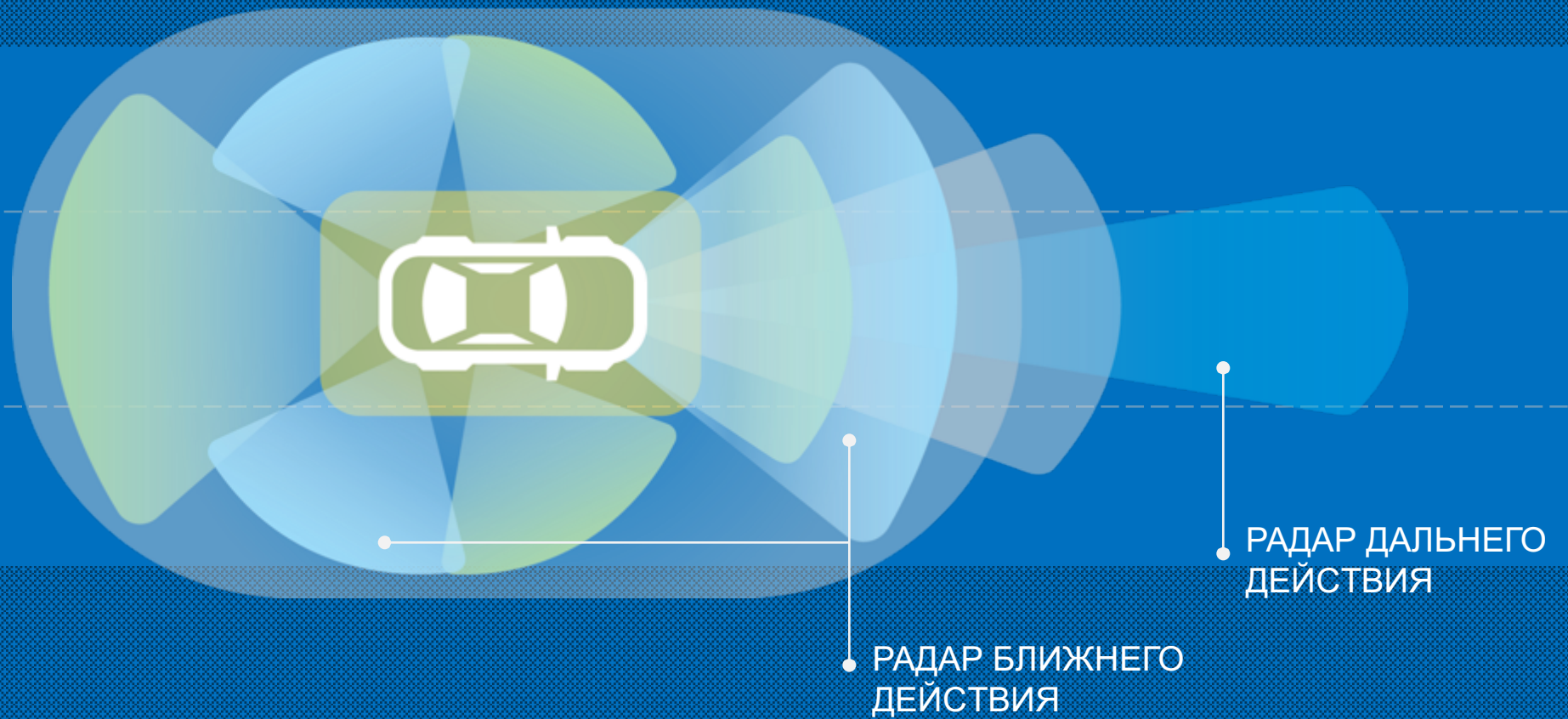
- FCW

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
										
Mannequin Size	Adult	Adult	Adult	Child	Adult	Adult	Adult	Adult	Adult	Adult
Mannequin Clothing Color (upper/lower)	Black/Blue	Black/Blue	Black/Blue	Black/Blue	Black/Blue	Black/Blue	Black/Blue	Black/Blue	Black/Blue	Black/Blue
Mannequin Motion Profile	Walk	Walk	Walk	Run	Run	Walk	Walk	Stationary	Stationary	Walk
Overlap (%)	25	50	75	50	50	Stop Short	Clear Path	25	25	25
Mannequin Start Location (relative to test vehicle)	Nearside	Nearside	Nearside	Nearside	Offside	Nearside	Nearside	Nearside	Nearside	Nearside
Mannequin offset Distance from SV path (before motion) meter (feet)	3.5 (11.4)	3.5 (11.4)	3.5 (11.4)	3.5 (11.4)	5.5 (18.0)	3.5 (11.4)	3.5 (11.4)	25% SV Width	25% SV Width	25% SV Width
Mannequin Orientation (direction facing)	Offside	Offside	Offside	Offside	Offside	Offside	Offside	Away from SV	Towards SV	Away from SV
SV Test Speed km/h (mph)	16/40 (10/25)	16/40 (10/25)	16/40 (10/25)	16/40 (10/25)	16/40 (10/25)	16/40 (10/25)	16/40 (10/25)	16/40 (10/25)	16/40 (10/25)	16/40 (10/25)
Mannequin Speed km/h (mph)	5 (3.1)	5 (3.1)	5 (3.1)	5 (3.1)	8 (4.9)	5 (3.1)	5 (3.1)	0.0	0.0	5 (3.1)
Mannequin Acceleration Distance meter (feet)	0.5 (1.64)	0.5 (1.64)	0.5 (1.64)	0.5 (1.64)	1.0 (3.28)	0.5 (1.64)	0.5 (1.64)	NA	NA	0.5 (1.64)

Рекомендации для тестирования функций ADAS

	NCAP	NHTSA	SAE
AEB	https://cdn.euroncap.com/media/20876/euro-ncap-assessment-protocol-sa-v70.pdf	https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/812166-2014automaticemergencybrakingtesttrackeval.pdf https://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv23/23ESV-000168.PDF	c
BSD BSM		https://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NVS/Crash%20Avoidance/Technical%20Publications/2014/812045_Blind-Spot-Monitoring-in-Light-Vehicles-System-Performance.pdf	
RCTA			
LKA LDW	https://cdn.euroncap.com/media/20895/euro-ncap-lss-test-protocol-v10.pdf	https://www.safercar.gov/staticfiles/safercar/NCAP/LDW_LKS_2-7-2013.pdf	https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/sae2017manahan.pdf
FCW FCA		https://www.safercar.gov/staticfiles/safercar/NCAP/FCW_NCAP_Test_Procedure_2-7-2013.pdf	
ACC	https://cdn.euroncap.com/media/1378/new-ncap-test-and-assessment-protocols-for-speed-assistance-systems-esv-2013-0-bc62bedc-5ccc-4df2-a65a-dd12b6f07a12.pdf		

Тестирование автомобильных РАДАР-ов



Эволюция технологии автомобильных радаров

24 GHz Radar



BW = 200 MHz
Разрешение 1.5 m

77 GHz Radar

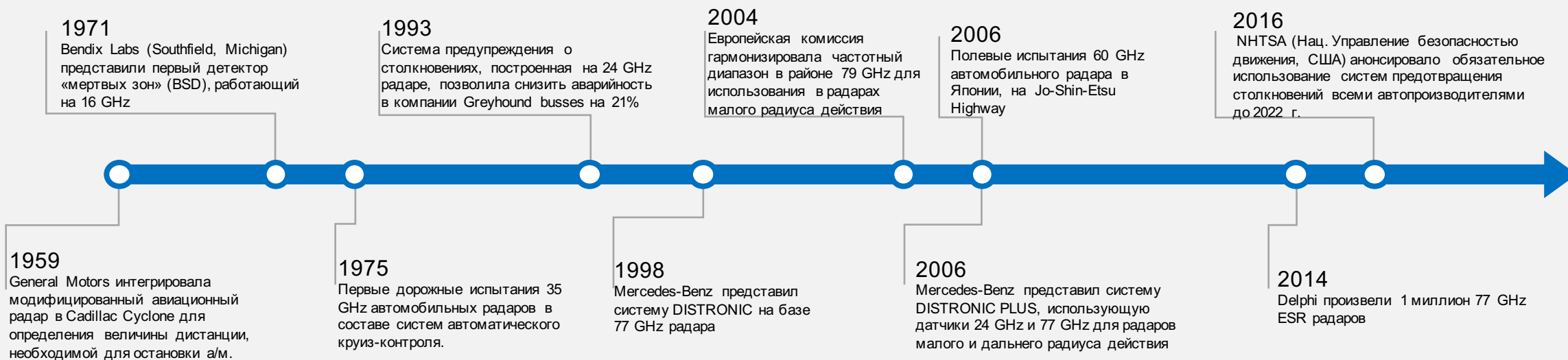


BW = 600 MHz
Разрешение 0.5 m

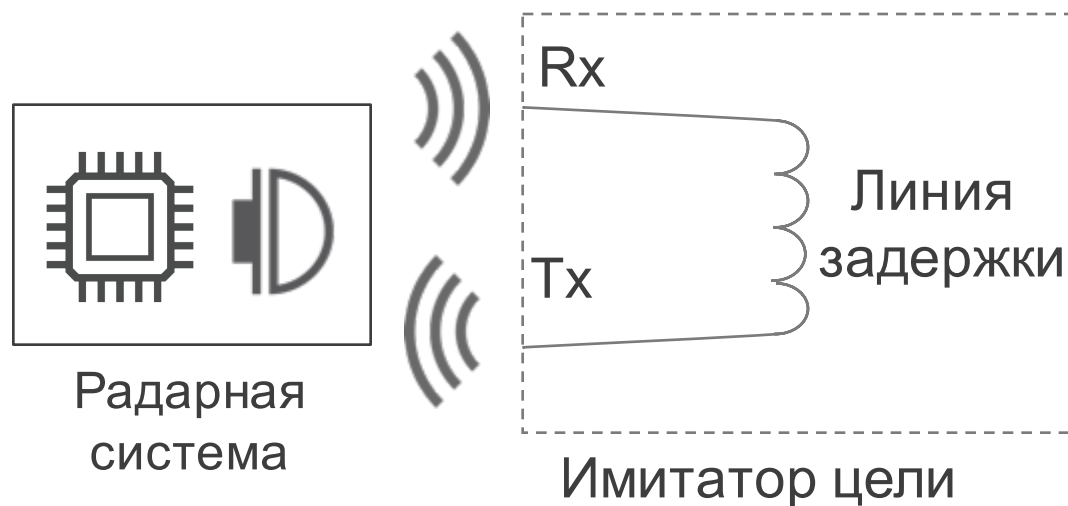
79 GHz Radar



BW = 4 GHz
Разрешение 0.1 m



ПАССИВНЫЙ ИМИТАТОР ЦЕЛЕЙ



АКТИВНЫЙ ИМИТАТОР ЦЕЛЕЙ



- Простая настройка
- Подходит для фиксированных целей
- Имитирует заданный диапазон дальностей
- Ограничения на доплеровский сдвиг и ЭПР

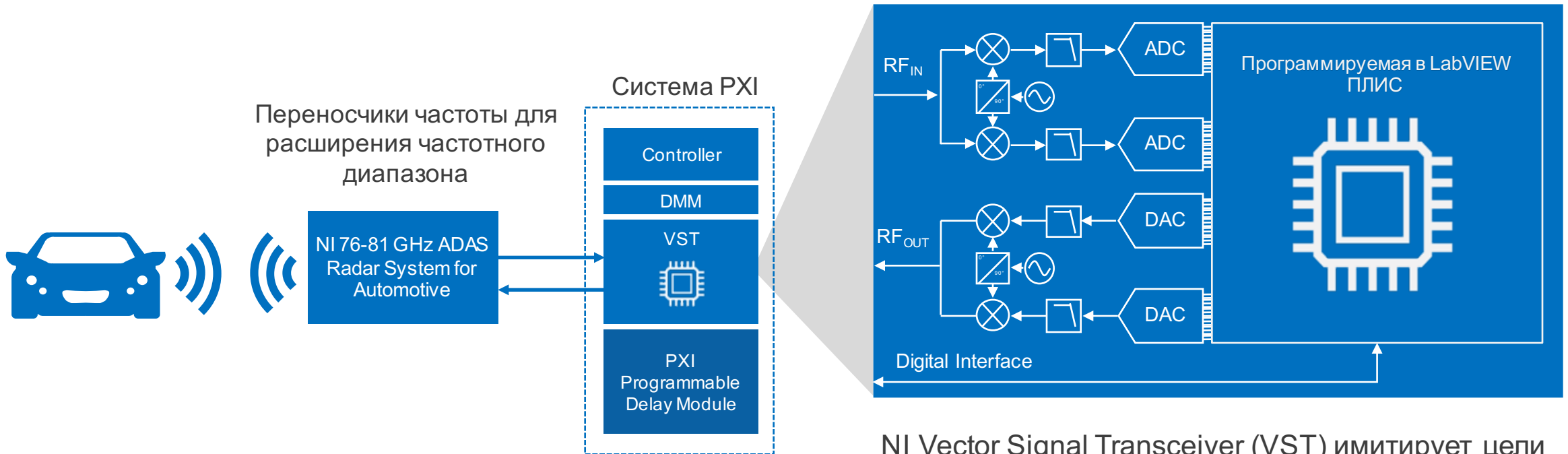
- Имитация нескольких независимых целей
- Сложная имитация Доплера
- Переменное управление целью
- Сложные сценарии
- Минимальная дальность определяется задержкой в радиомодуле

NI VRTS – система тестирования автомобильных радаров

- Система для лабораторного тестирования при:
 - Прототипировании радаров
 - Разработке радаров
 - Измерение качества излучаемых сигналов
 - Имитация движущихся целей под разными углами
- Производстве радаров
 - Имитация фиксированных целей
 - Оптимизация по времени тестирования
- Программно-аппаратное моделирование (HIL) автомобиля
 - Тестирование ADAS системы
- Тестирование автомобиля в симулируемых дорожных условиях



Архитектура системы NI VRTS



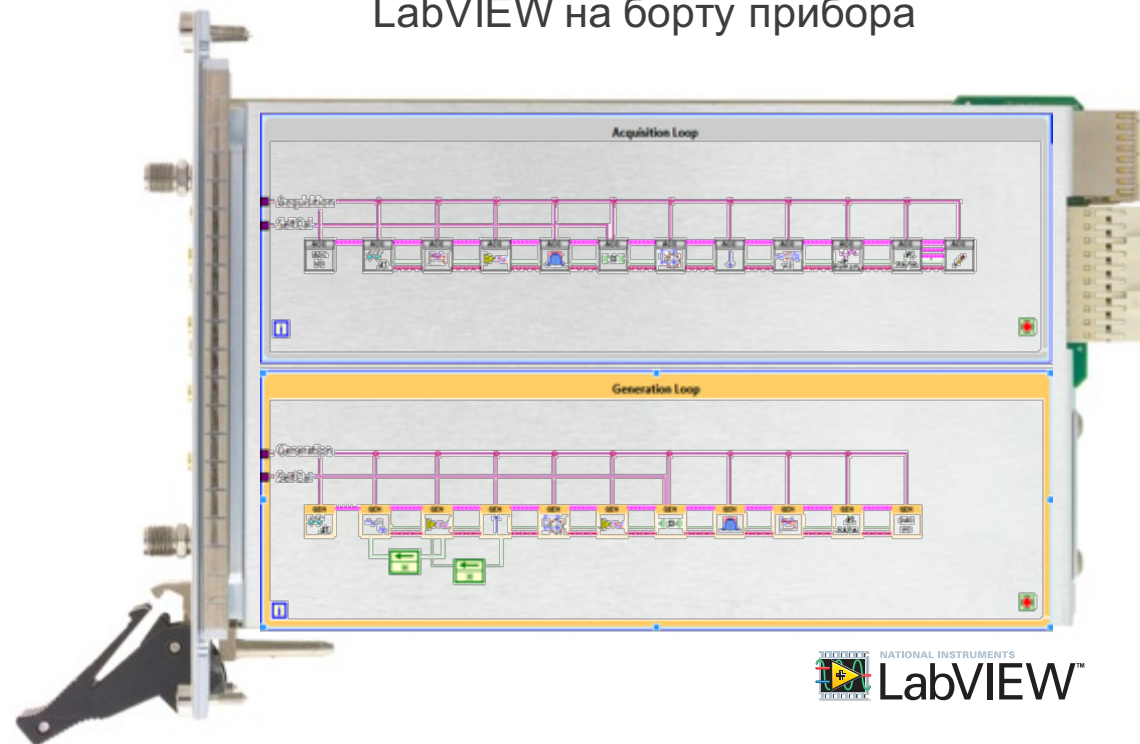
NI Vector Signal Transceiver (VST) имитирует цели на основе обработки сигналов на ПЛИС в LabVIEW FPGA

- Доплеровский сдвиг с помощью отстройки передатчика от приемника
- Дальность путем задержки
- Множественные цели

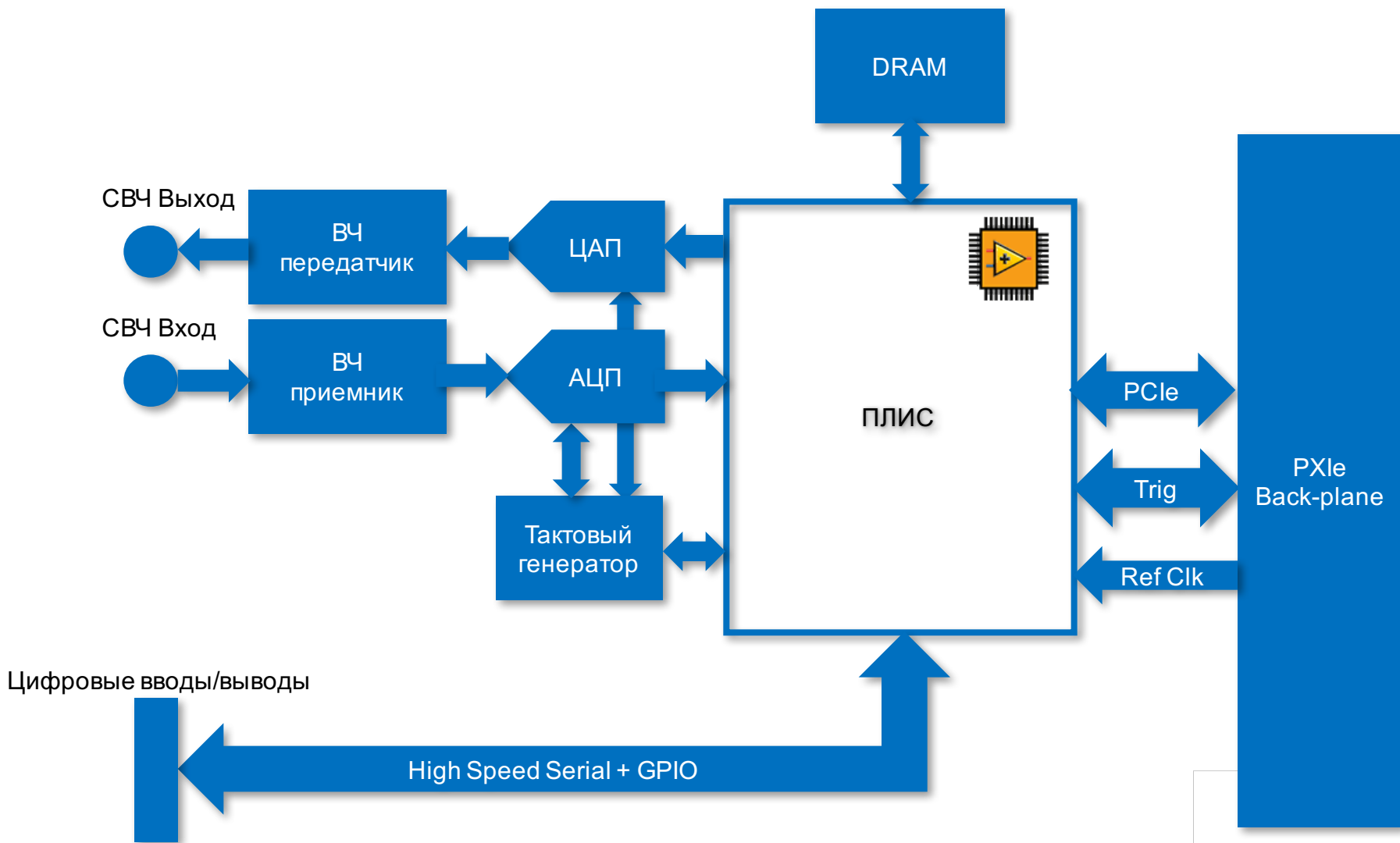
Векторный трансивер сигналов (VST) 2^{го} поколения: PXIe-5840

Характеристика	PX1e-5840
Частотный диапазон	От 9 кГц до 6.5 ГГц
Макс. выходная мощность	+20 дБм
Полоса	1 ГГц
EVM	-50 дБ (802.11ах, в петле, внешний гетеродин)
Точность амплитуды Tx/Rx	± 0.5 дБ /± 0.5 дБ
Время перестройки	300 мкс
Слоты PX1e	2
ПЛИС	VIRTEX 7 690T
Цифровые линии	60 МГц, 8 портов high-speed parallel 12 Gbps, 4 порта high-speed serial

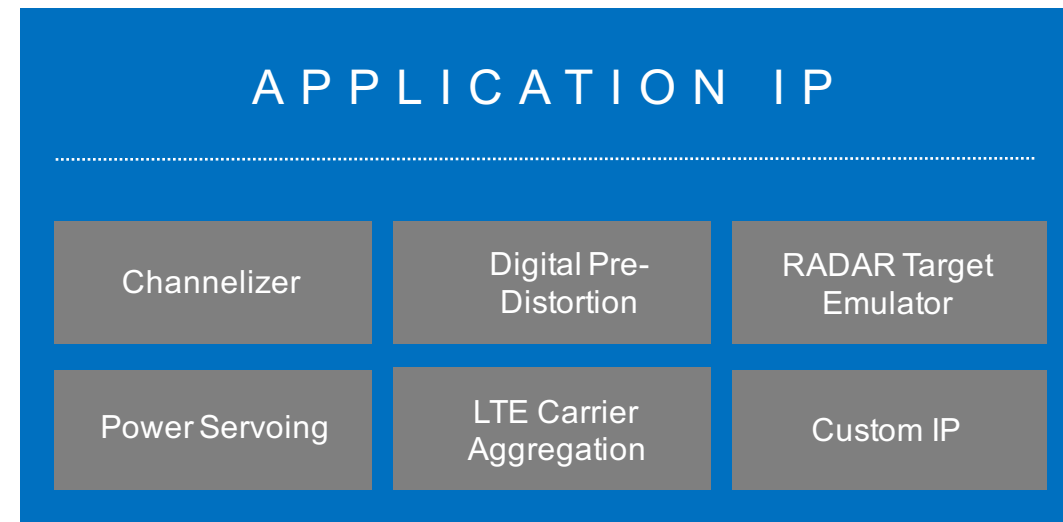
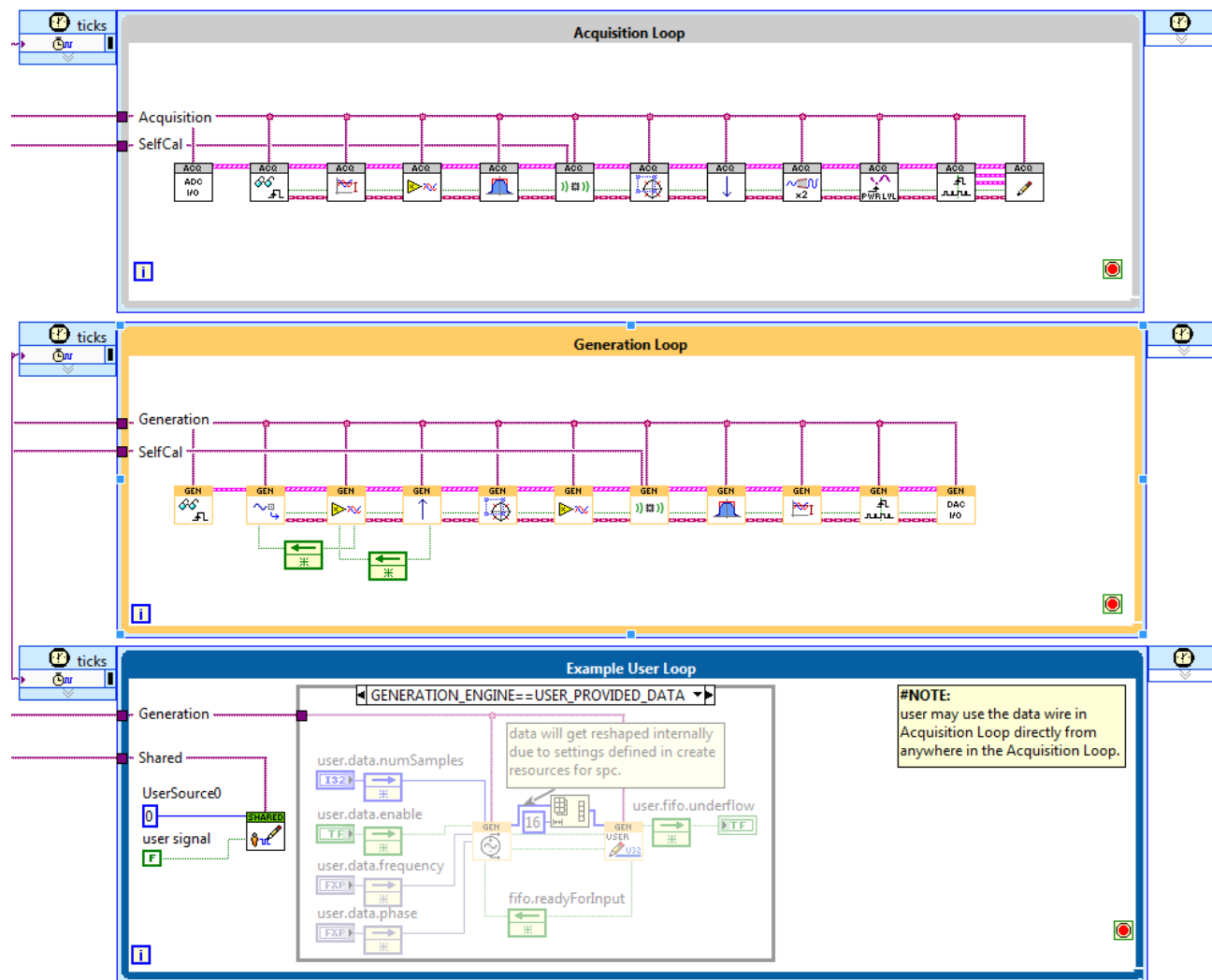
Открытая ПЛИС позволяет исполнять код LabVIEW на борту прибора



Векторный Трансивер Сигналов - архитектура



Индивидуализация VST с помощью открытого ПЛИС



Использование LabVIEW FPGA для

- Обработки сигналов с высокими скоростями
- Синхронизация параллельных потоков данных
- Дубликация потоков данных и параллельная обработка
- Добавление новых дорожных сценариев
- Добавление характеристик беспроводного канала в реальном времени

Преимущества ПО от NI

ИЗМЕРЕНИЯ

Диаграмма направленности
ЭИИМ (EIRP)

Фазовые шумы

Полоса сигнала

Демодуляция сигнала

Анализ модулирующего
сигнала

RFmx API

Примеры по умолчанию

ИМИТАЦИЯ ЦЕЛЕЙ

NI Target Simulation Reference
Architecture

- Цели (2 Per VST)
- Точечные (4м to 300м,
с разрешением 0.1 м)
- Дорожные сценарии с
множественными целями
 - Скорость
 - ЭПР
 - Угол падения

РЕКОНФИГУРИРУЕМОСТЬ



Гибкость ПО для добавления
своих дорожных сценариев

Работа с мировыми лидерами



“The combination of the industry’s widest bandwidth and low latency software-designed instrument allowed us to discover our automotive radar sensors as never before, and even allowed us to identify problems very early in the design phase that were previously impossible to catch. With the VST and FPGA programmable by LabVIEW, we were able to rapidly emulate a wide range of diverse scenarios, thus influencing safety and reliability aspects in autonomous driving.”

-- Neils Koch, Component Owner Radar Systems, Audi AG. “

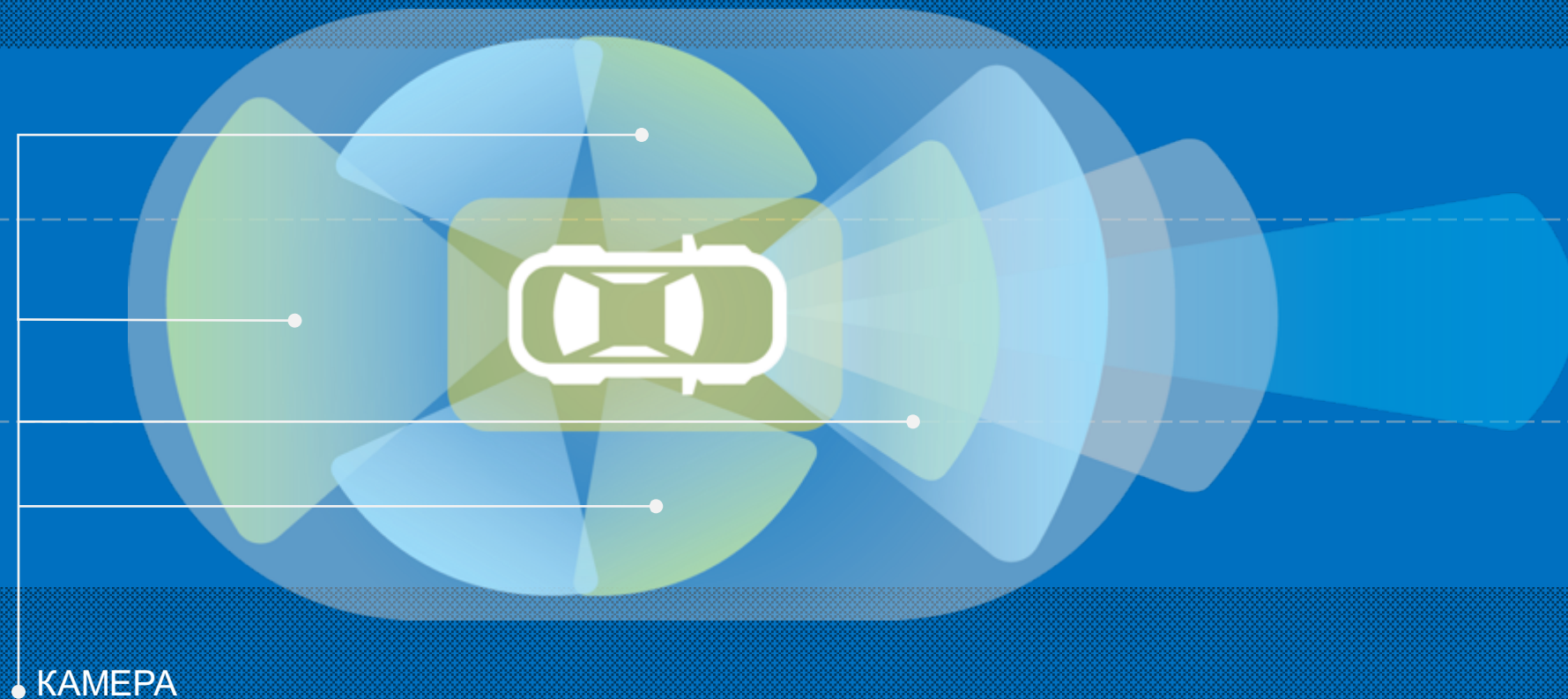
Внешний вид системы



Внешний вид системы

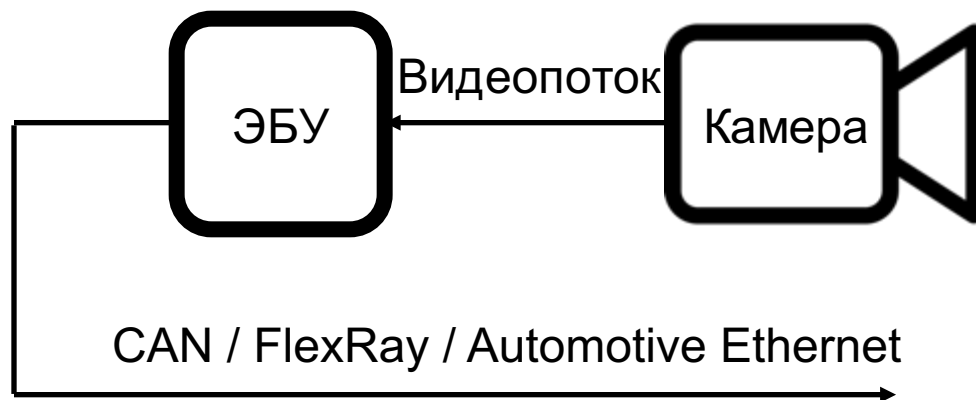


Тестирование систем машинного зрения

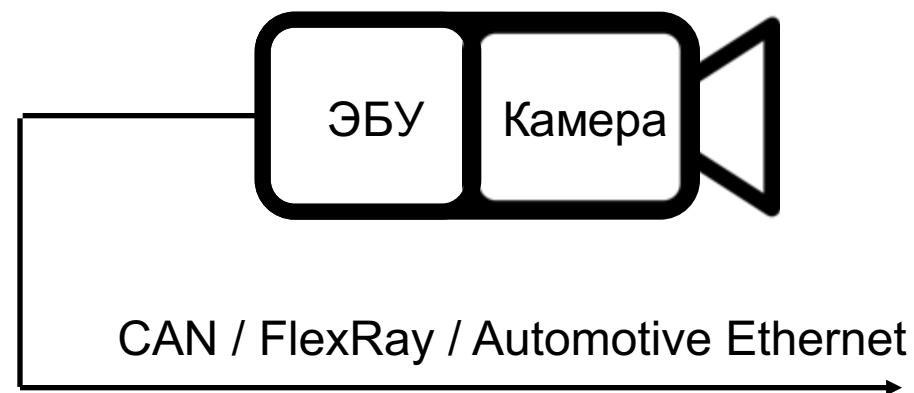


Разновидности систем машинного зрения

Внешний ЭБУ



Внедренный ЭБУ



- Возможно отдельное тестирование камеры и ЭБУ
- Возможно совместное тестирование камеры и ЭБУ

- Возможно только совместное тестирование Камеры и ЭБУ

Система совместного тестирования камеры и ЭБУ

Возможности

- Системное тестирование
- Тестирование оптической части камеры
- Тестирование цифрового интерфейса передачи видеопотока
- Тестирование ЭБУ камеры
- Воспроизведение записанного видеоизображения
- Проекция изображения на линзу камеры
 - Камера испытаний с проектором
 - Камера испытаний с монитором
 - Оснастка в промышленном формате

Испытуемая система



Система совместного тестирования камеры и ЭБУ

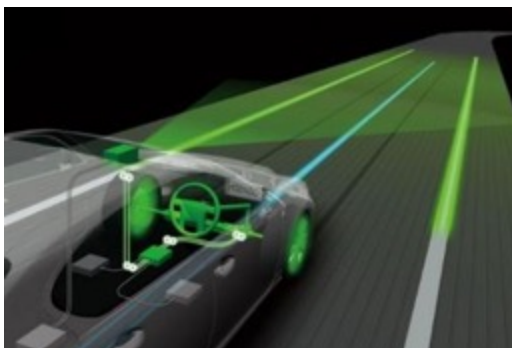
Возможности

- Поддержка разных интерфейсов
 - Camera Link
 - GigE-Vision
 - Camera Serial Interface
 - FBAS (PAL, NTSC)
 - HDMI / DVI
- Ввод видеоданных непосредственно в ЭБУ камеры
- Реалистичная симуляция линзы и датчики изображения
- Возможность симуляции стереокамеры
- Воспроизведение записанного видеоизображения

Испытуемая система



Применение в тестировании алгоритмов



**Система удержания
полосы**



**Адаптивный круиз
контроль (АСС)**



**Беспилотное
Вождение**



**Распознавание
дорожных Знаков**



**Распознавание
пешеходов**



**Система помощи при
парковке**

Возможности Программного Обеспечения

- Имитация ситуаций на основе данных маневрирования, с настраиваемыми критериями событий
- Конфигурируемое поведение объектов дорожного движения
- Датчики окружающей среды, дороги и кузовные датчики
- Виртуальные камеры и поток видеоданных (VDS)
- Диспетчер тестов для автоматизированного тестирования
- Расширяемые модели (Simulink, код на С, и т.д.)

Модельная Среда

Имитация среды вождения



Дорога



Транспортное средство



Дорожное движение



Водитель

Транспортное средство

Модели пассажирских автомобилей

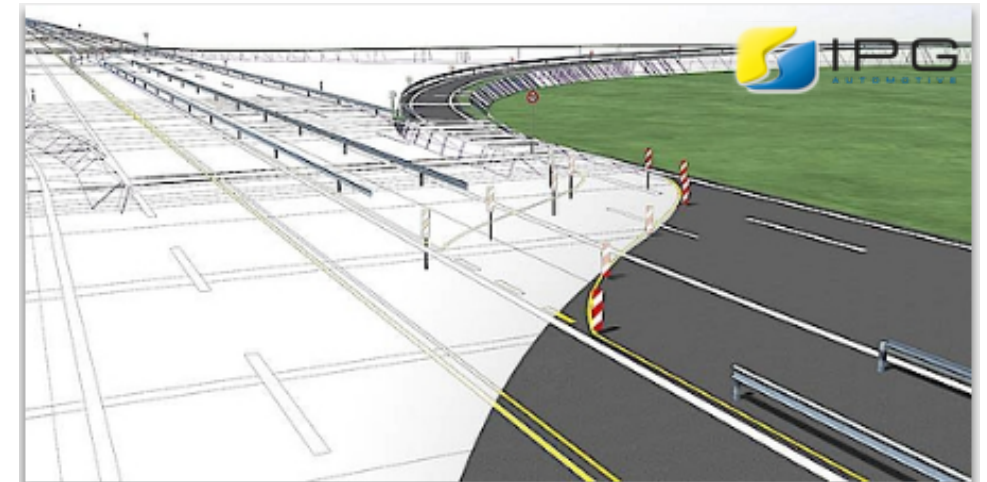
- Широкий выбор заданных моделей легковых автомобилей и прицепов, а также генератор наборов данных для быстрого определения новых моделей с высокой точностью
- Реалистичное поведение в пределах динамики автомобиля
- Эффективная реализация многокузовной системы – нелинейная, расширяемая и способная работать в режиме реального времени
- Простая настройка подсистем автомобиля, таких как рулевое управление (модель Pfeffer), тормоза или двигатель и коробка передач
- Гибкие, настраиваемые модели датчиков для систем помощи при вождении и обеспечения динамики автомобиля
- Простая верификация с использованием функции проверки модели



Дорога

Реальные дороги или тестовые маршруты с подробным окружением

- Быстрая и реалистичная генерация дорог или пользовательских тестовых треков
- Интуитивно понятный редактор для простой генерации реалистичных сценариев
- Импорт реальных дорожных сетей с использованием ADAS RP компании HERE maps
- Многополосные дороги, перекрестки и выезды
- Реалистичное представление дорожной обстановки, включая дорожную разметку, дорожные знаки, светофоры, ограждения, дорожные столбы, здания и растительность
- Определение характеристик дороги, таких как уклоны, склоны или повороты
- Моделирование различных неровных грунтов



Водитель

Адаптивная модель водителя с искусственным интеллектом

- Индивидуально конфигурируемое боковое и продольное управление транспортным средством, с опцией внешнего задания скорости и профилей руления
- Планирование маршрута и скорости в зависимости от характеристик дороги и автомобиля
- Заданные стили вождения, от безопасного до спортивного
- Поддержка сложных маневров вождения, в том числе сложных парковочных ситуаций, вождение в темпе пешехода, движение назад, остановка и движение по дорожной обстановке, гоночное вождение
- Адаптивное поведение водителя: адаптация к различным автомобилям, дорожным условиям, дорожным знакам и поведению участников дорожного движения при помощи функции автоматического обучения
- Взаимодействие с системами автомобиля
- Вождение в условиях дорожного движения



Дорожное Движение

Сложные сценарии с многочисленными объектами дорожного движения

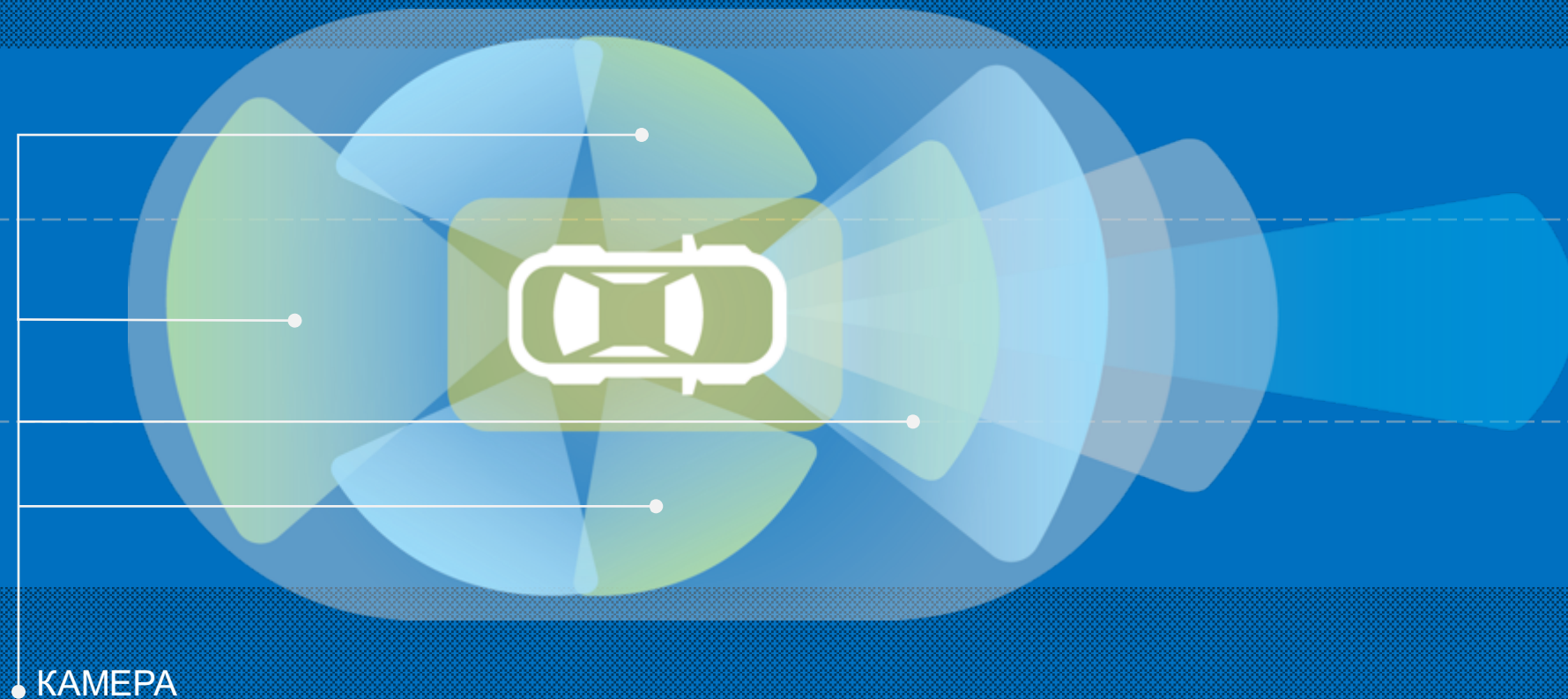
- Подробные и воспроизводимые сценарии дорожного движения с использованием маневрирования
- Почти неограниченное количество заданных транспортных объектов, таких как автомобили, велосипедисты и пешеходы, с реалистичными моделями движения, а также возможность интеграции ваших собственных объектов
- Событийный контроль объектов трафика, включая взаимодействие с автомобилями
- Назначение различных маршрутов объектам дорожного движения
- Воспроизведение записанных сцен



Спецификации аппаратного обеспечения

Параметр	Спецификация
Интерфейсы симулируемых камер	CameraLink GigE-Vision Camera Serial Interface FBAS (PAL, NTSC) HDMI / DVI
Контрастность видеопотока	> 8 бит на пиксель
Разрешение видеопотока	максимум 4096 x 2034
Пропускная способность	7,44 Гбит/с, все 4 канала вместе
Количество симулируемых камер	4
Цифровые интерфейсы	CAN LIN FlexRay BroadR-Reach

Прототипирование систем машинного зрения

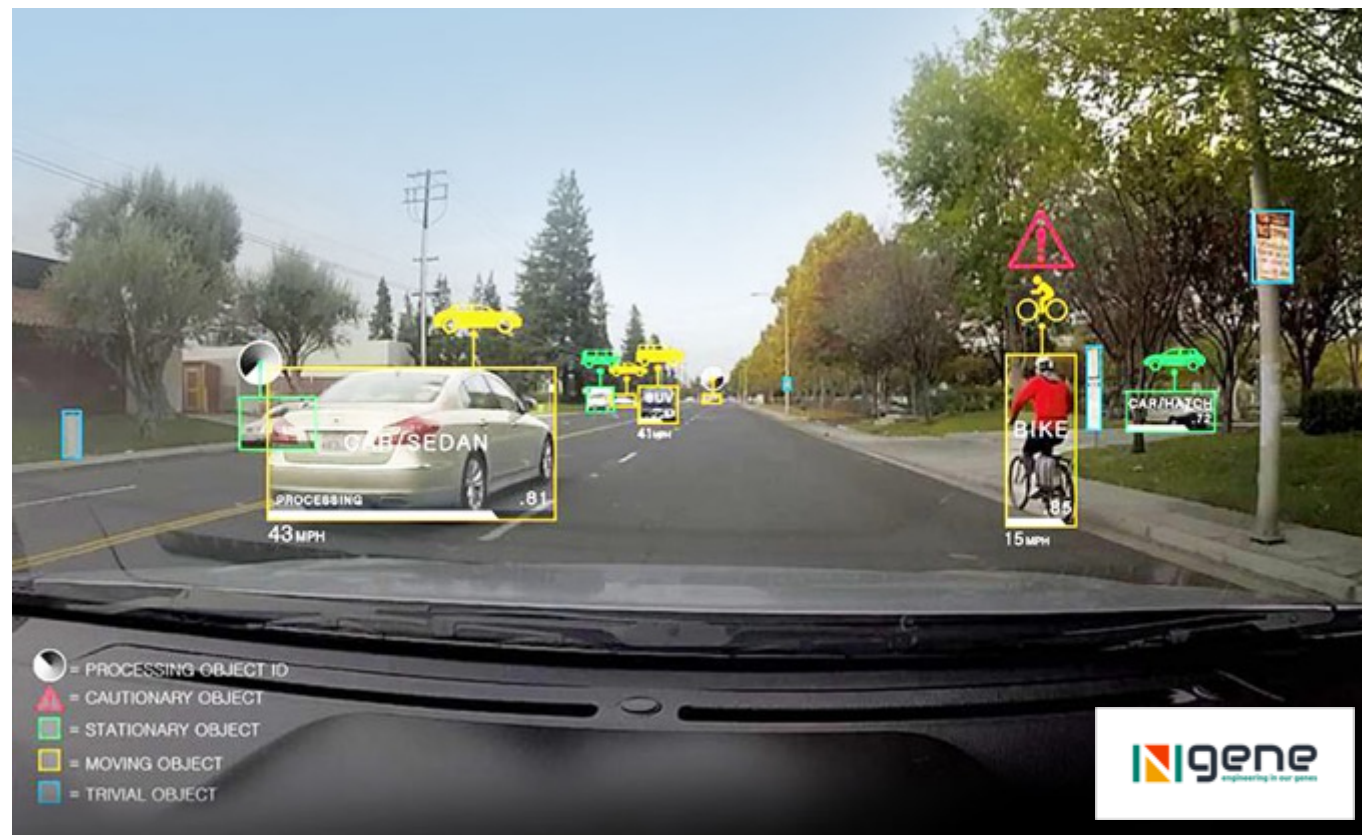


Прототипирование систем машинного зрения

Обучение ГНС для:

- Детектирования участников дорожного движения
- Детектирования и распознавание знаков дорожного движения
- Предсказания действий участников дорожного движения
- Определения безопасной зоны для вождения
- Планирования движения транспортного средства

Разработка Прототипа для Полевых Испытаний



Платформа National Instruments для машинного зрения

IC-3173 контроллер машинного зрения

- Производительный ЦПУ
- ПЛИС >120 GMACs
- Выделенное 2ГБ ОЗУ

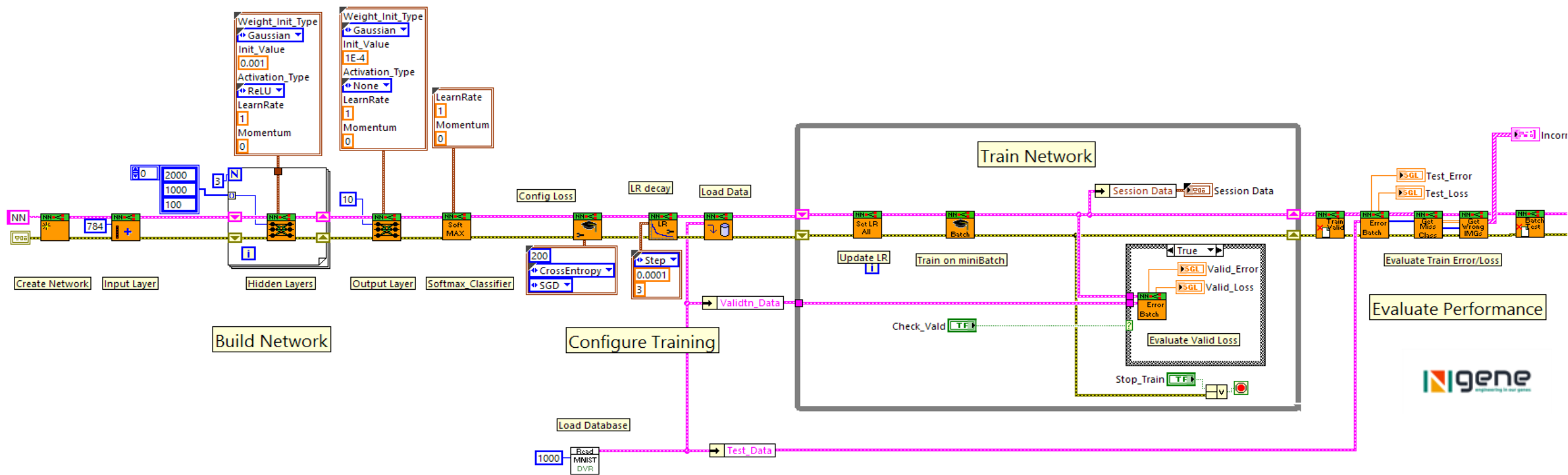
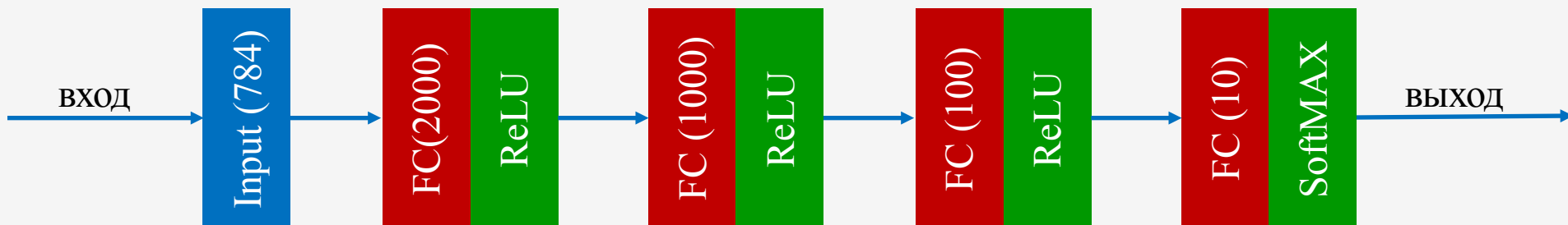


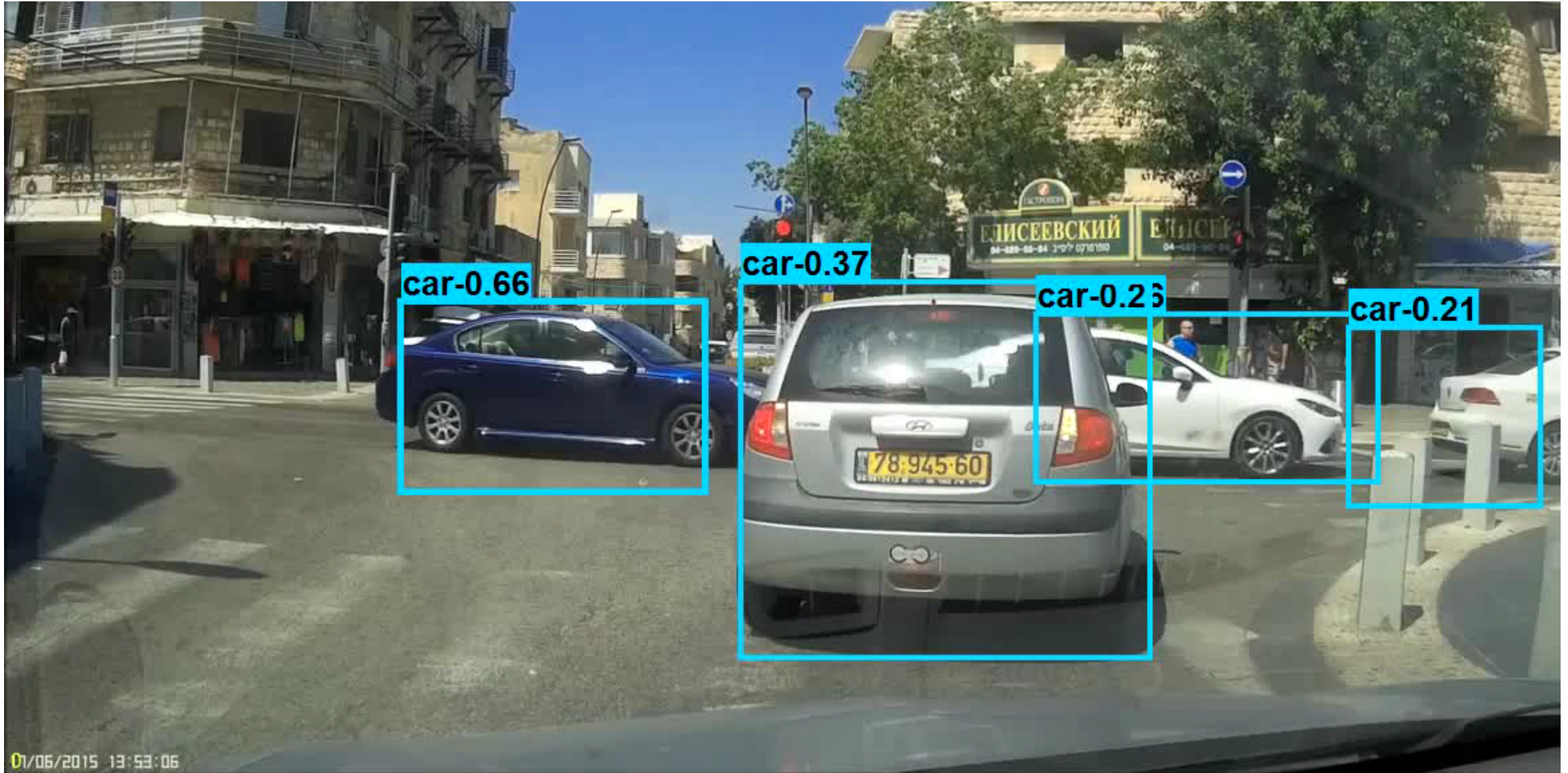
Контроллер для FlexRIO + NI 1483 для CameraLink

- Прямая связь ПЛИС с камерой
- ПЛИС >300 GMACs
- Выделенное 2ГБ ОЗУ

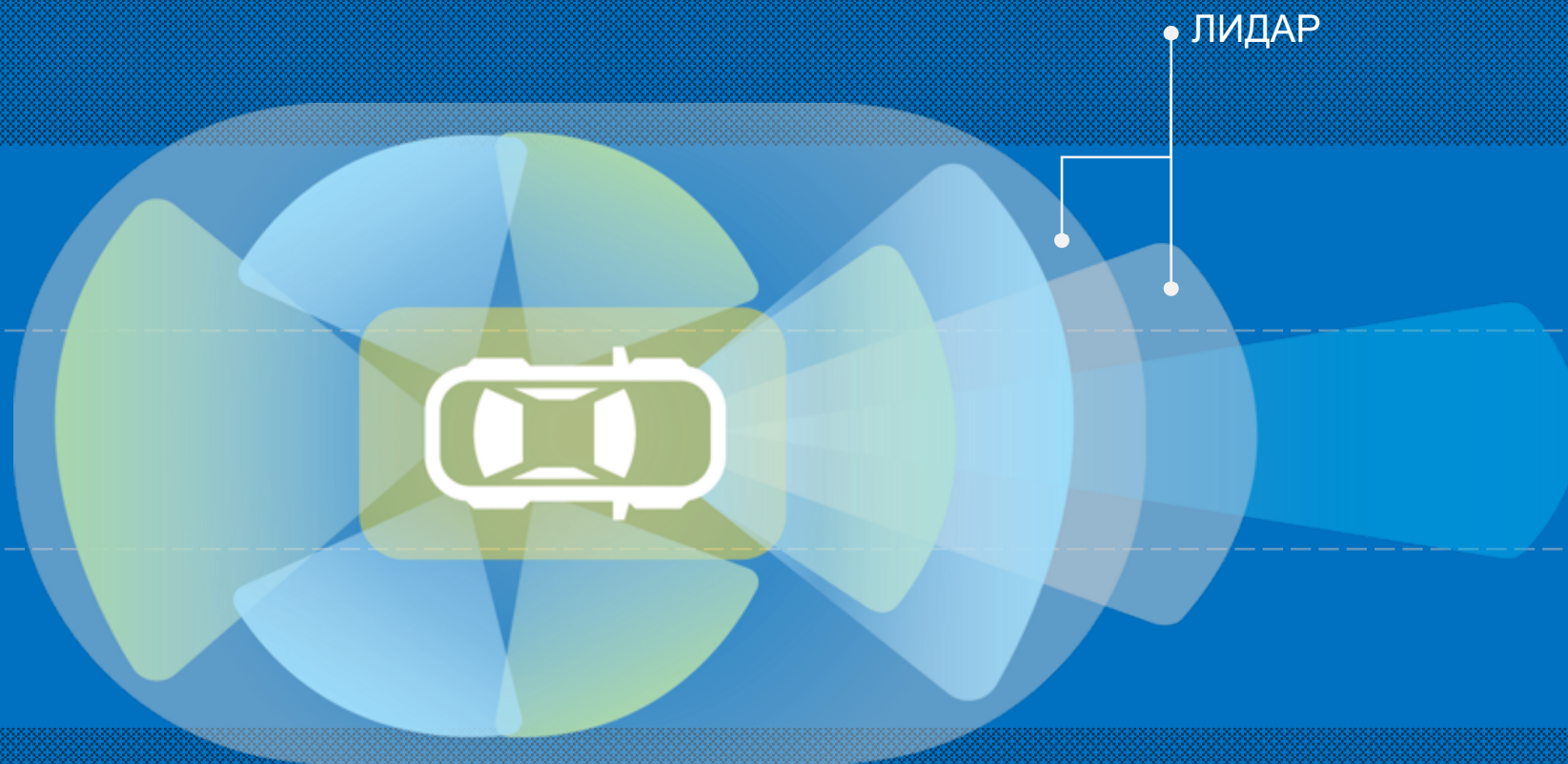


Построение/обучение/тестирование ГНС в LabVIEW



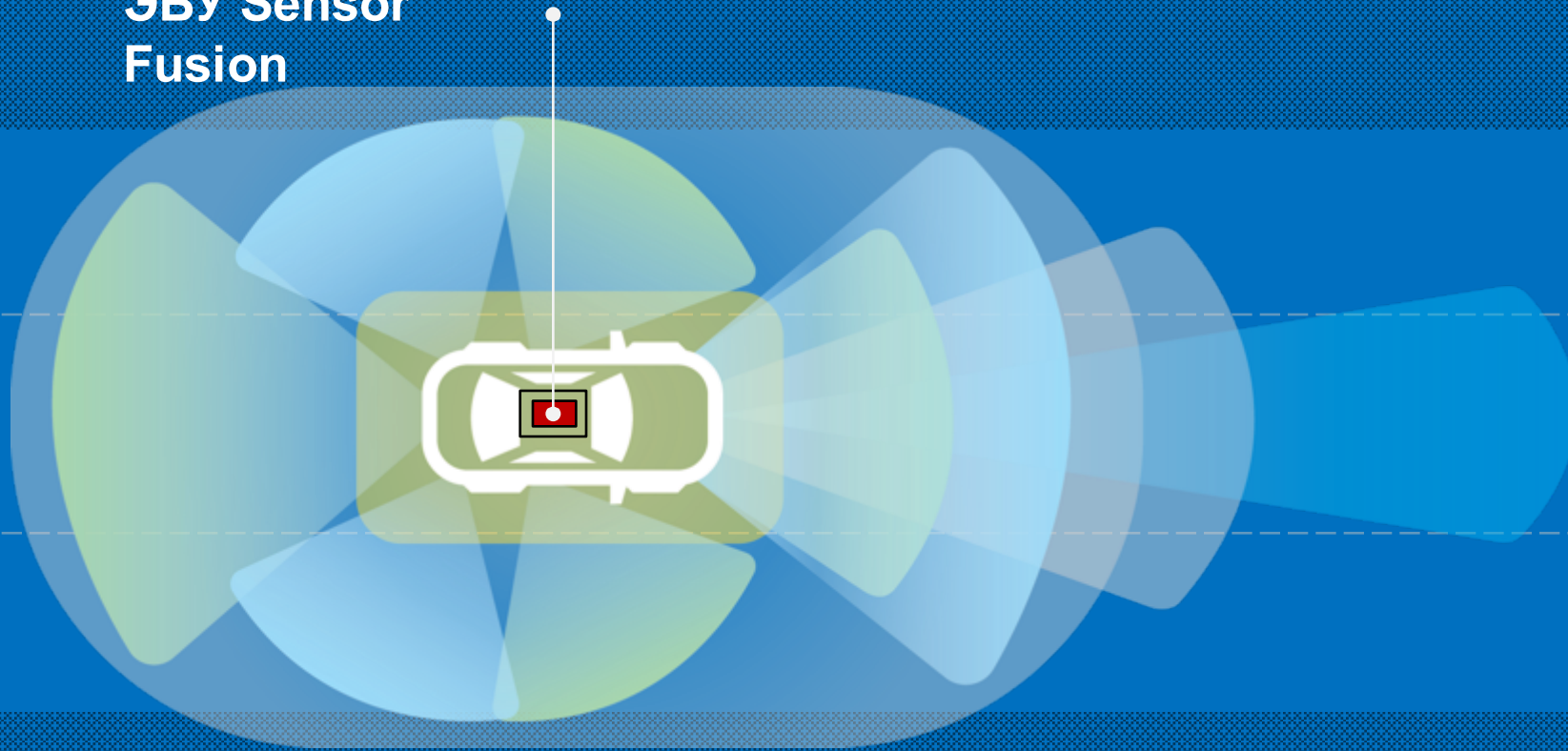


Тестирование автомобильных ЛИДАР-ов

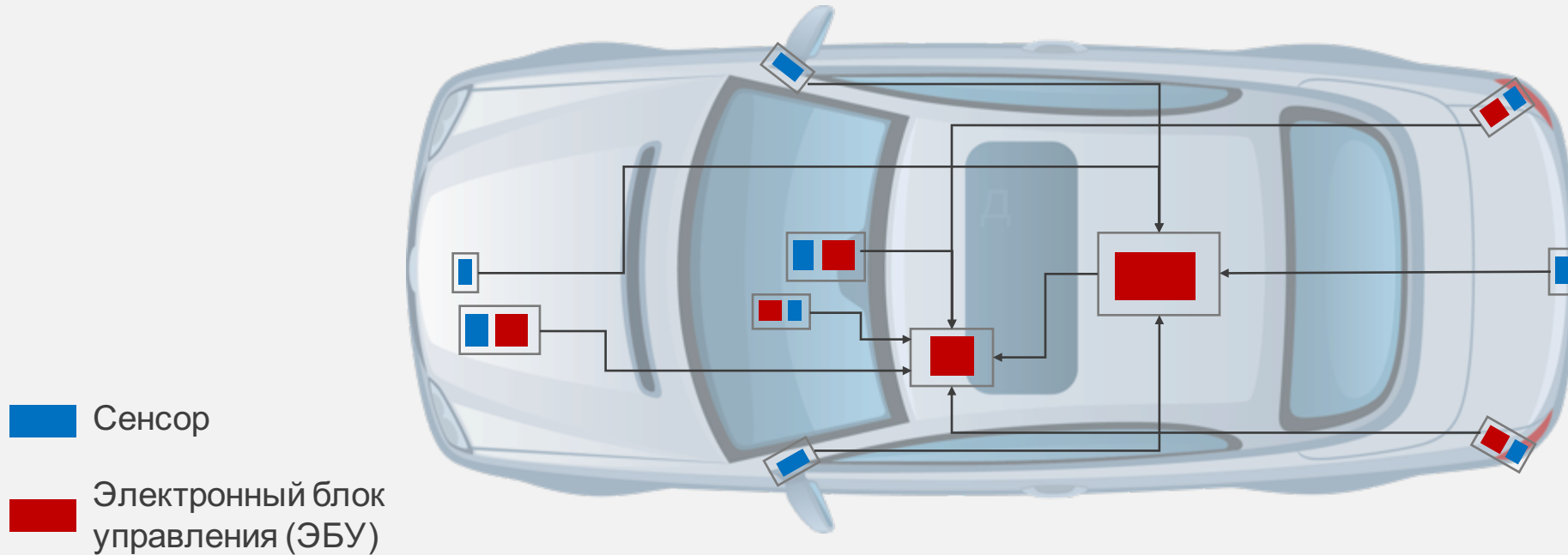
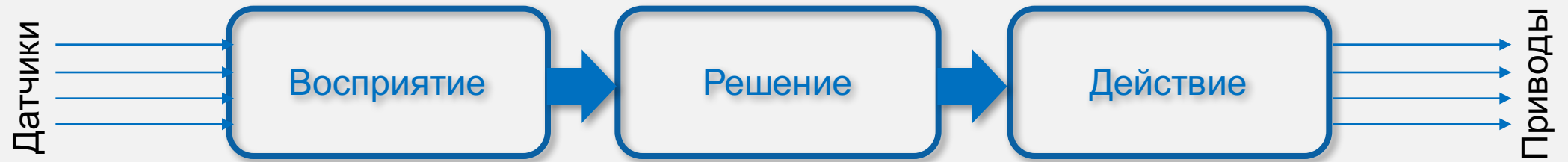


Система тестирования ЭБУ Sensor Fusion

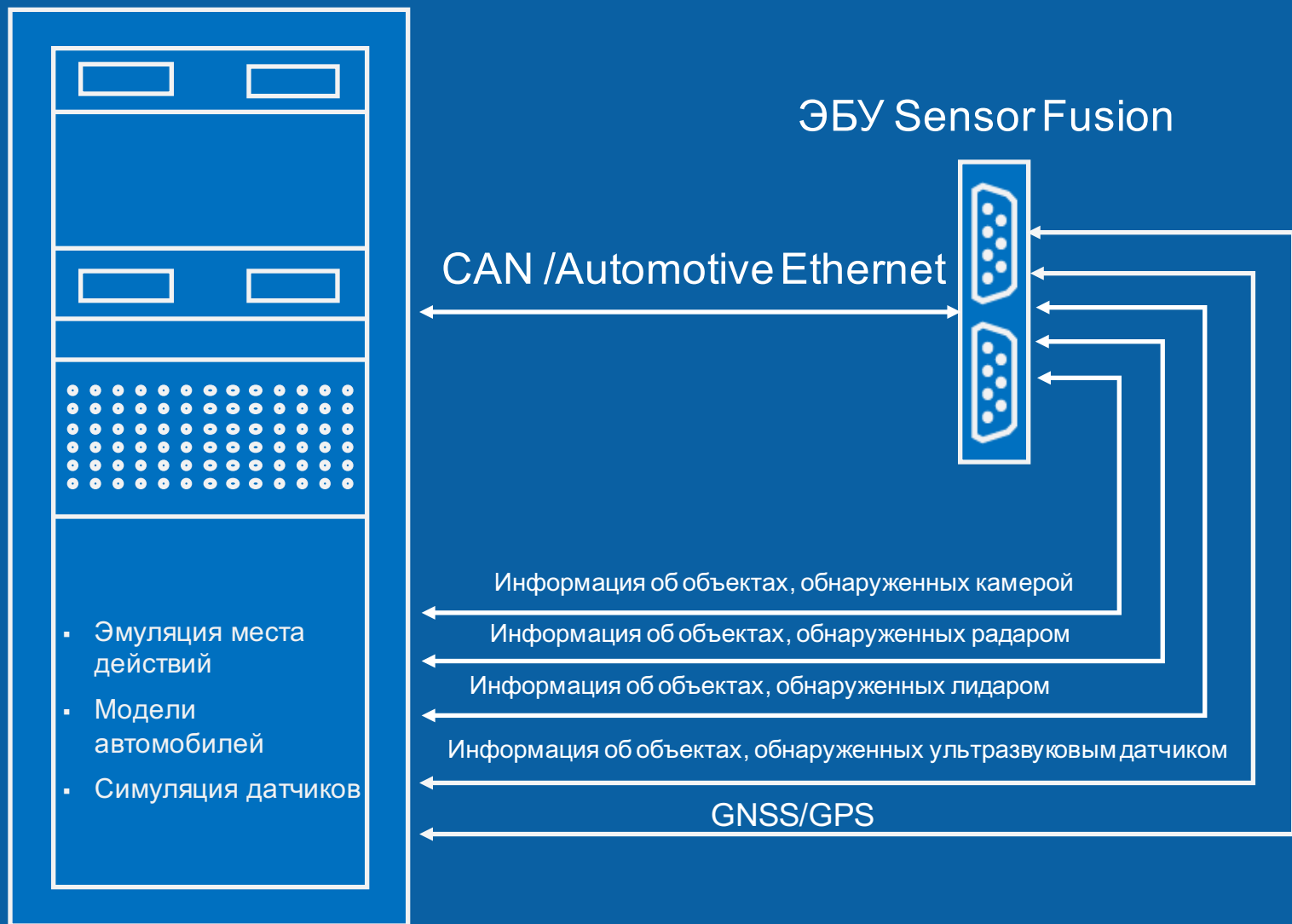
ЭБУ Sensor
Fusion



Функции ЭБУ Sensor Fusion



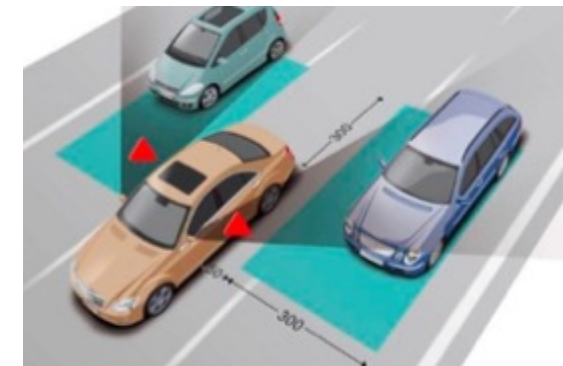
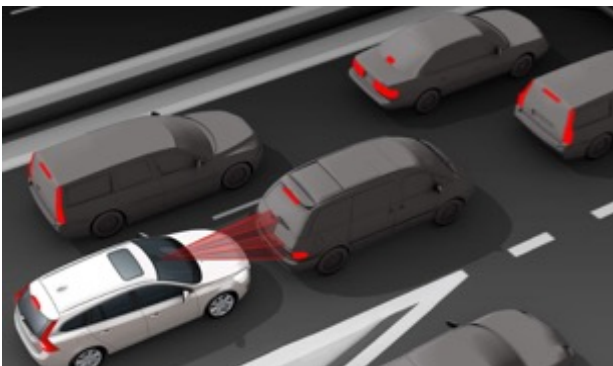
Программно-аппаратное моделирование ЭБУ Sensor Fusion



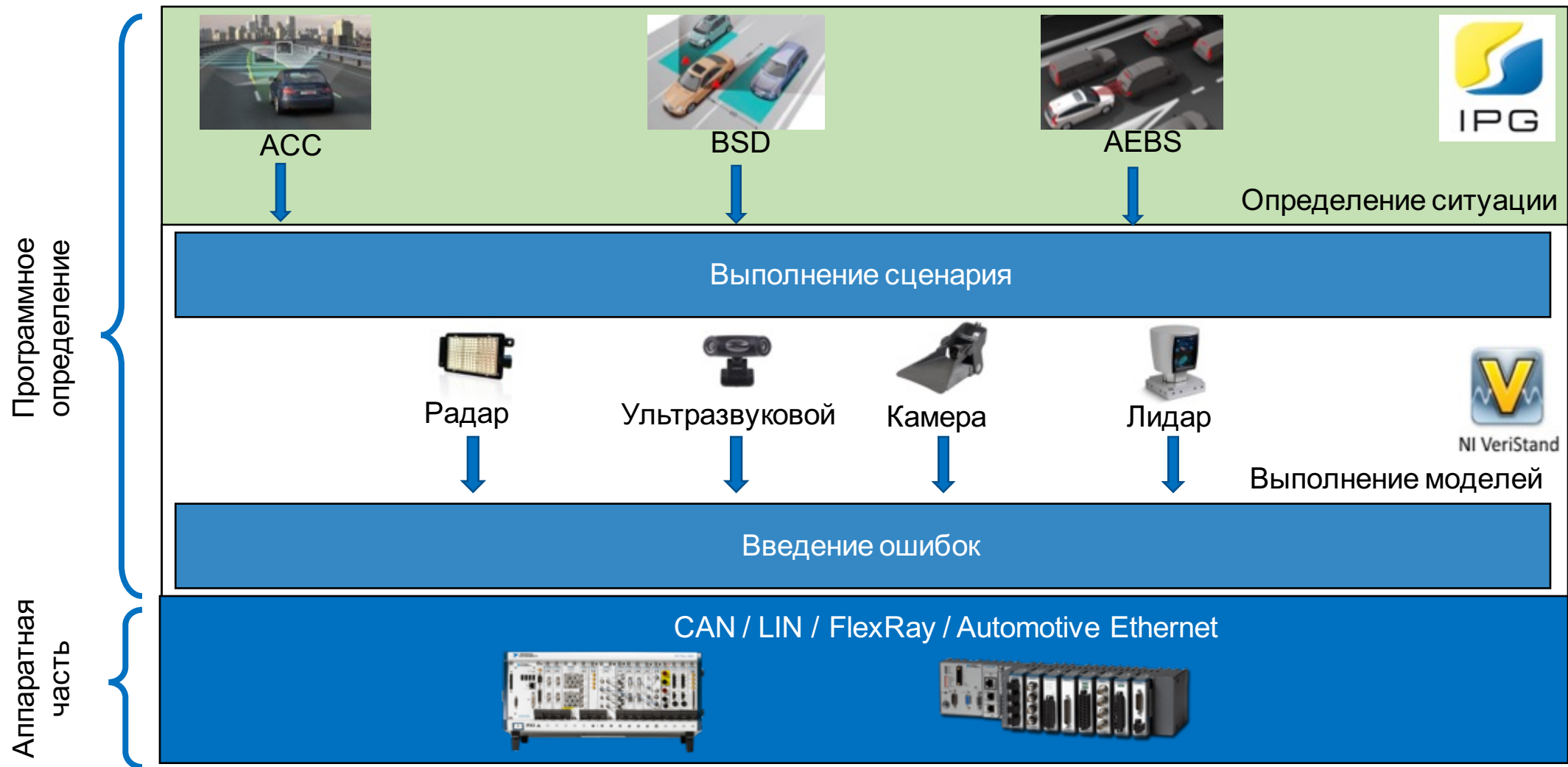
Поддерживаемые функции ЭБУ Sensor Fusion

- Адаптивный круиз контроль (ACC)
- Определение слепой зоны (BSD)
- Аварийное автоматическое торможение (AEB)

Тестирование функций со слиянием данных датчиков

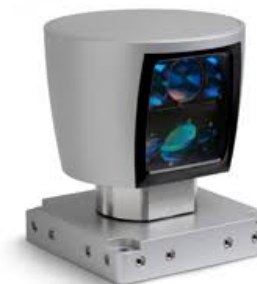


Датчики	АЕВ	ACC	BSD
РАДАР ближнего действия	✓		✓
РАДАР дальнего действия		✓	
Лидар	✓		✓
Ультразвуковой датчик			✓
Камера	✓	✓	✓



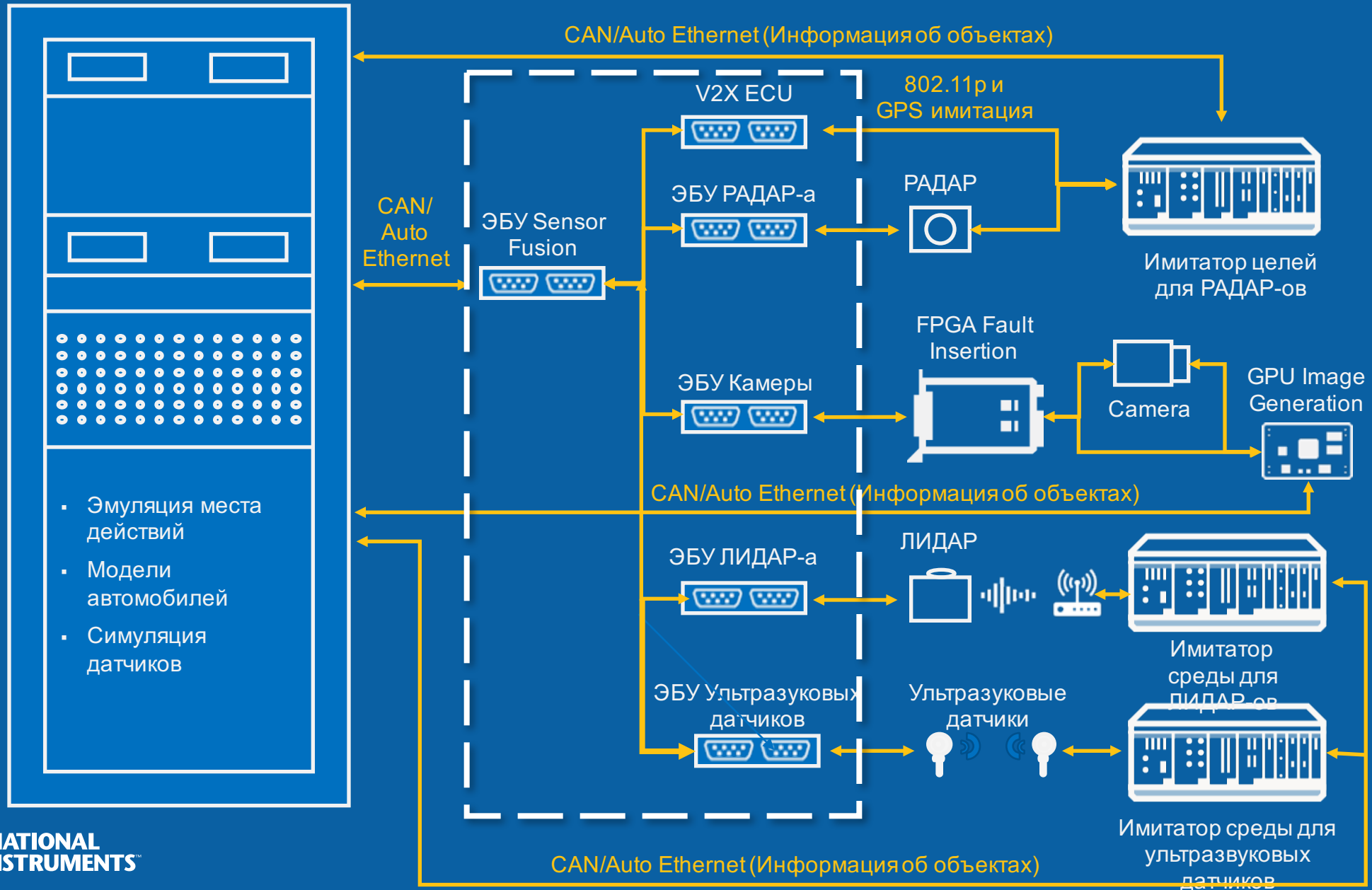
Имитируемые датчики

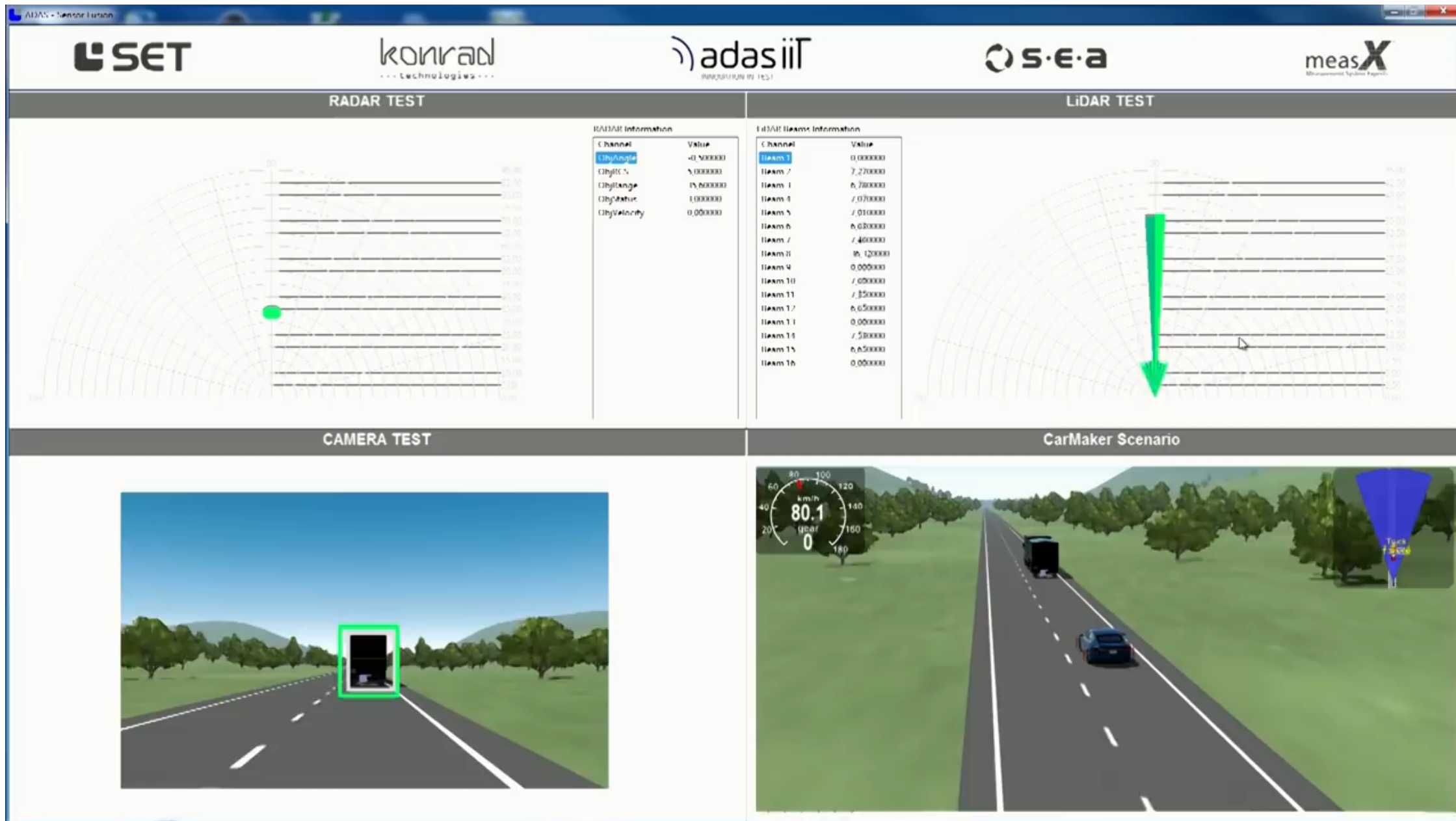
- **Камера RSI** – (raw signal interface)
 - до 4 камер
- **Радар** – физическая модель датчика выявления препятствий:
 - Характеристики антенны
 - Эффективная площадь рассеяния (RCS) объектов
 - Дальность объектов
 - Скорость передвижения объектов
 - Угол места объектов
 - Распространение волн / потери в атмосфере
- **ЛИДАР** – облако точек
- **Приемники навигационных сигналов (GNSS)**
- **Ультразвуковой датчик** свободного пространства
 - Дальность
 - Вектор нормали
 - Идентификатор объекта
 - Идентификатор материала
 - Радиальный компонент скорости



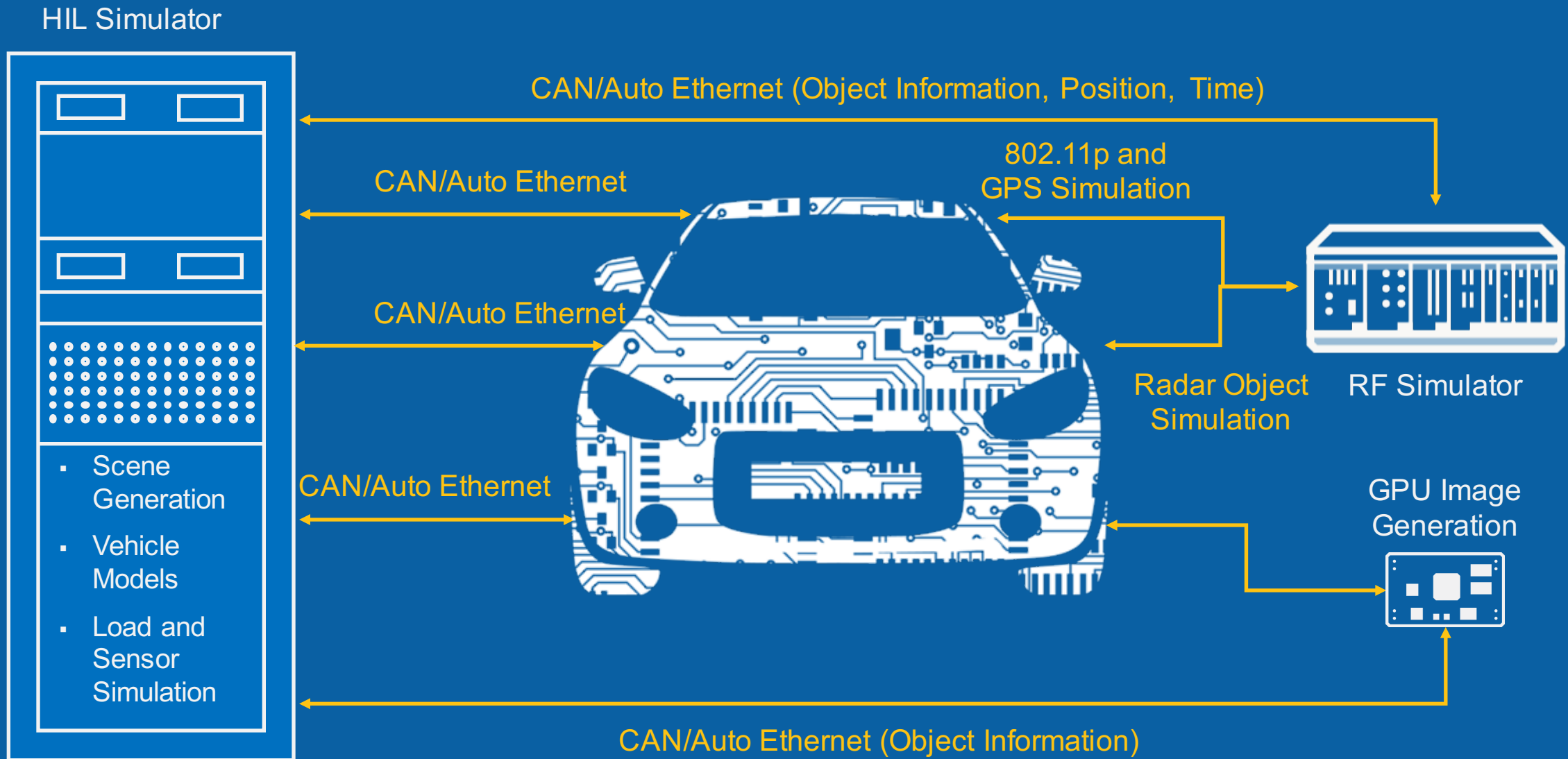
Система тестирования ADAS

Система HIL





Система тестирования ADAS (в составе автомобиля)



Уровни тестирования и опции

Уровень тестирования	Объект тестирования	Опции системы
Компонентный	Автомобильный РАДАР	Имитация целей
		Измерение качества сигнала
	Система машинного зрения	Совместное тестирование ЭБУ и камеры
		Тестирование ЭБУ
	Автомобильный ЛИДАР	Имитация внешней среды
	ЭБУ Sensor Fusion	Имитация РАДАР-ов
		Имитация систем машинного зрения
		Имитация ЛИДАР-ов
		Имитация ультразвуковых датчиков
Системный	Система ADAS	Замыкание контура с реальным РАДАР-ом
		Замыкание контура с реальной системой машинного зрения
		Замыкание контура с реальным ЛИДАР-ом
		Замыкание контура с реальным ультразвуковым датчиком

Спасибо !

СПАСИБО !