



**ЭКСПОНЕНТА**  
ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
И МОДЕЛИРОВАНИЯ

**VII ВСЕРОССИЙСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ**

# Система управления верхнего уровня электробуса



Бауржан Оспанбеков  
Руководитель группы электроники службы  
электрифицированных автомобилей  
ООО «Инновационный центр «КАМАЗ»

## ООО «ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР «КАМАЗ»

Научно-исследовательская и опытно-конструкторская деятельность по разработке инновационных решений под коммерческие задачи в области грузоперевозок и пассажирского автотранспорта.



ООО «Инновационный центр «КАМАЗ» является дочерней организацией ПАО «КАМАЗ», а также участником фонда Сколково.

# Направления деятельности



Проекты

## Интеллектуальные транспортные системы

Исследования и разработка инновационных решений для контроля и регулирования транспортных потоков с использованием информационных и коммуникационных технологий. Мониторинг, оценка качества вождения, снижение эксплуатационных затрат и рисков на коммерческом автотранспорте.



Проекты

## Электрифицированные автомобили

Модельно-ориентированное проектирование транспортных средств с тяговым электрическим приводом с различными системами хранения энергии. Проектирование и калибровка систем управления тяговым электрооборудованием электромобилей, разработка средств оптимизации системы управления транспортным средством.



Проекты

## Разработка агрегатов

Разработка семейства коробок передач нового поколения. Проведение НИОКР в области разработки семейства перспективных независимых подвесок нового поколения.



Проекты

## Автономные автомобили

Разработка системы автономного движения транспортных средств. Создание беспилотной и роботизированной автомобильной техники и систем помощи водителю. Организация взаимосвязей вида V2V, V2I, V2P, V2H.

# Электронный блок управления высоковольтным электрооборудованием электробуса

Программное обеспечение разработанное для электронного блока реализует алгоритмы управления высоковольтным и низковольтным (периферийным) электрооборудованием электробуса:

- коммуникация между электронными блоками по CAN-шине в соответствии с протоколом J1939
- управление исполнительными механизмами подключенными к аналоговой и цифровой периферии блока управления.
- диагностика согласно протоколу J1939-73 (формирование мультипакетных сообщений)
- Процедура заряда электробуса от ультрабыстрой зарядной станции

## Сложности проекта

Для организации системы управления необходимо обрабатывать большое количество данных передаваемых/принимаемых по CAN-шине. Обмен информацией происходит между большим количеством компонентов:

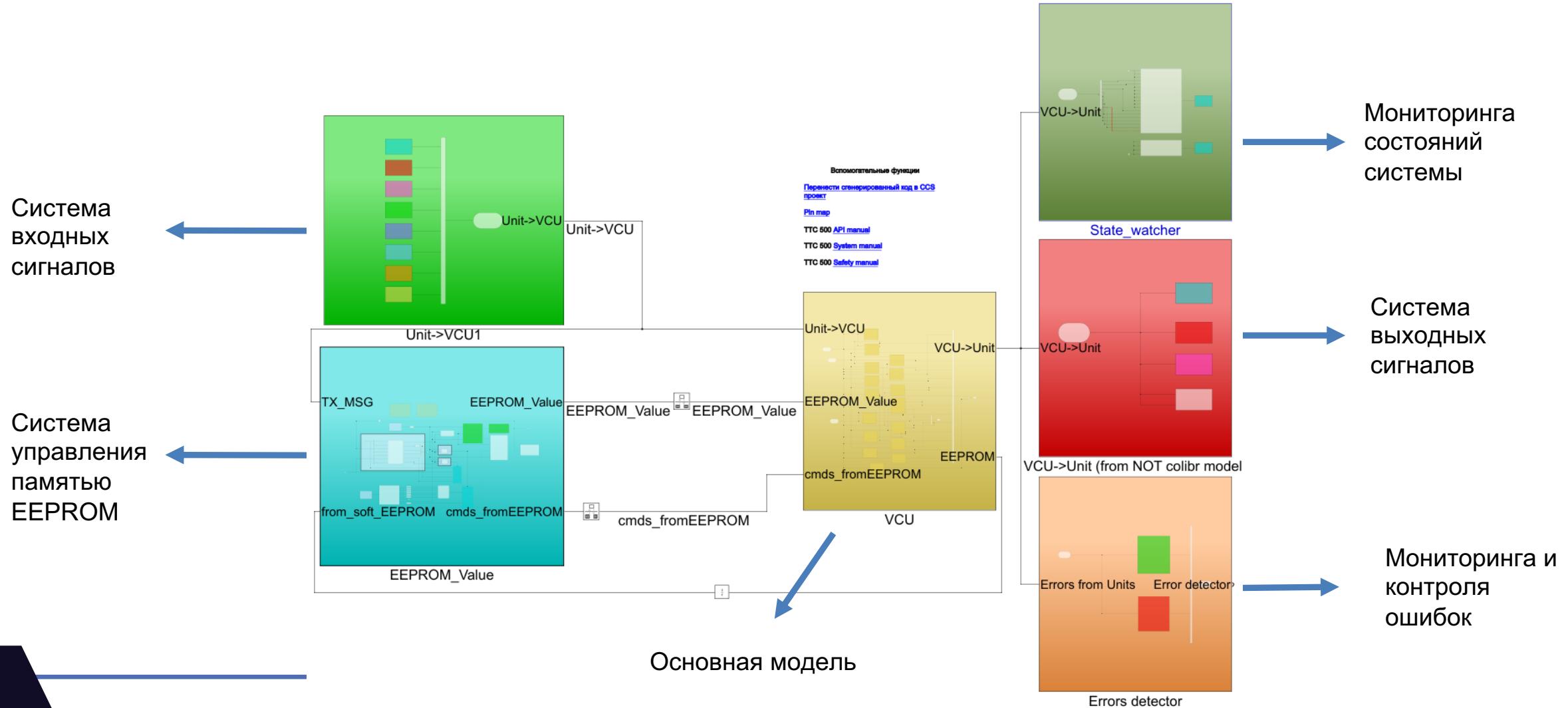
- Тяговый электропривод
- Система управления батареей (BMS)
- Устройство контроля изоляции
- Преобразовательное оборудование (DC/DC, DC/AC преобразователи)
- Измерительное оборудование (датчики тока, напряжения, температуры, давления)
- Электронная тормозная система
- Блок управления процедурой заряда
- Контроллер управления токоприемником
- Бортовое зарядное устройство

# Выбор решения

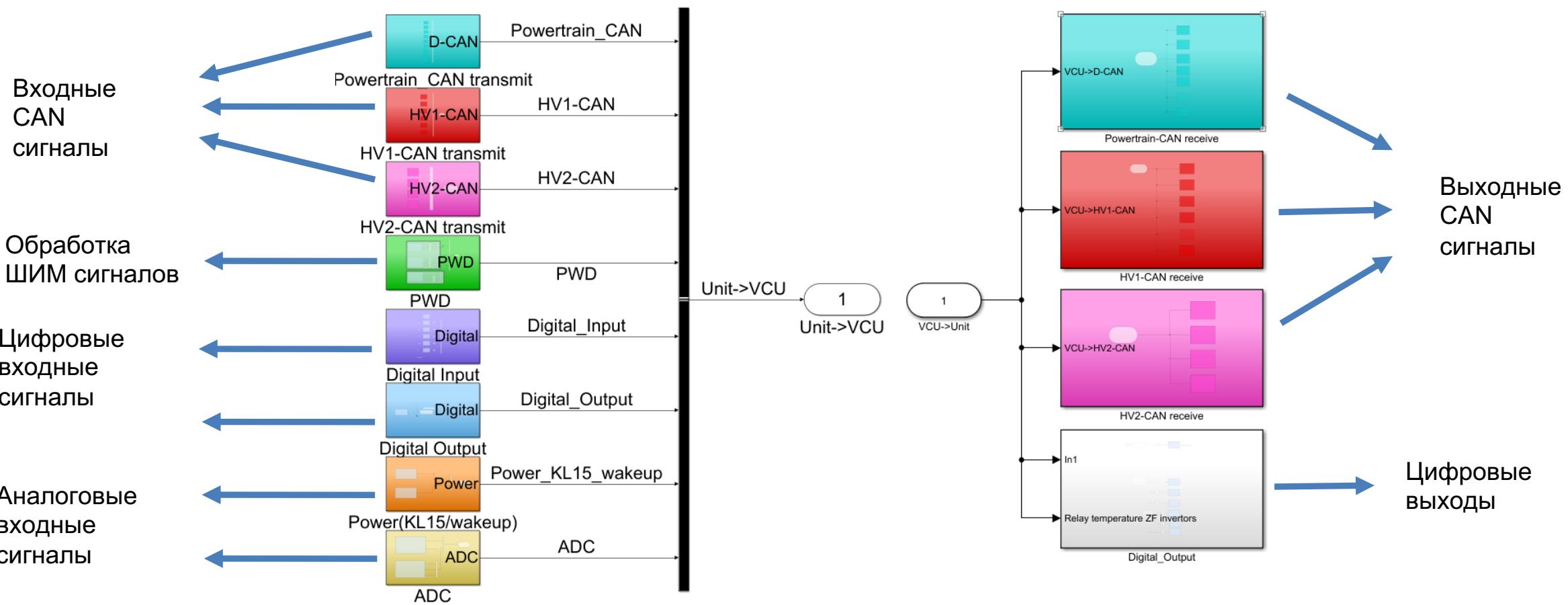
Преимущества МОП:

- Возможность работы на необходимом уровне абстракции, при котором инженер может использовать весь инструментарий MATLAB
- Быстрое прототипирование (генерация кода под любую платформу)
- Проверка разработанных алгоритмов и внесение изменений на разных стадиях разработки
- Низкий уровень вхождения в процесс разработки ПО
- Позволяет построить процесс разработки с участием как программистов , так и инженеров

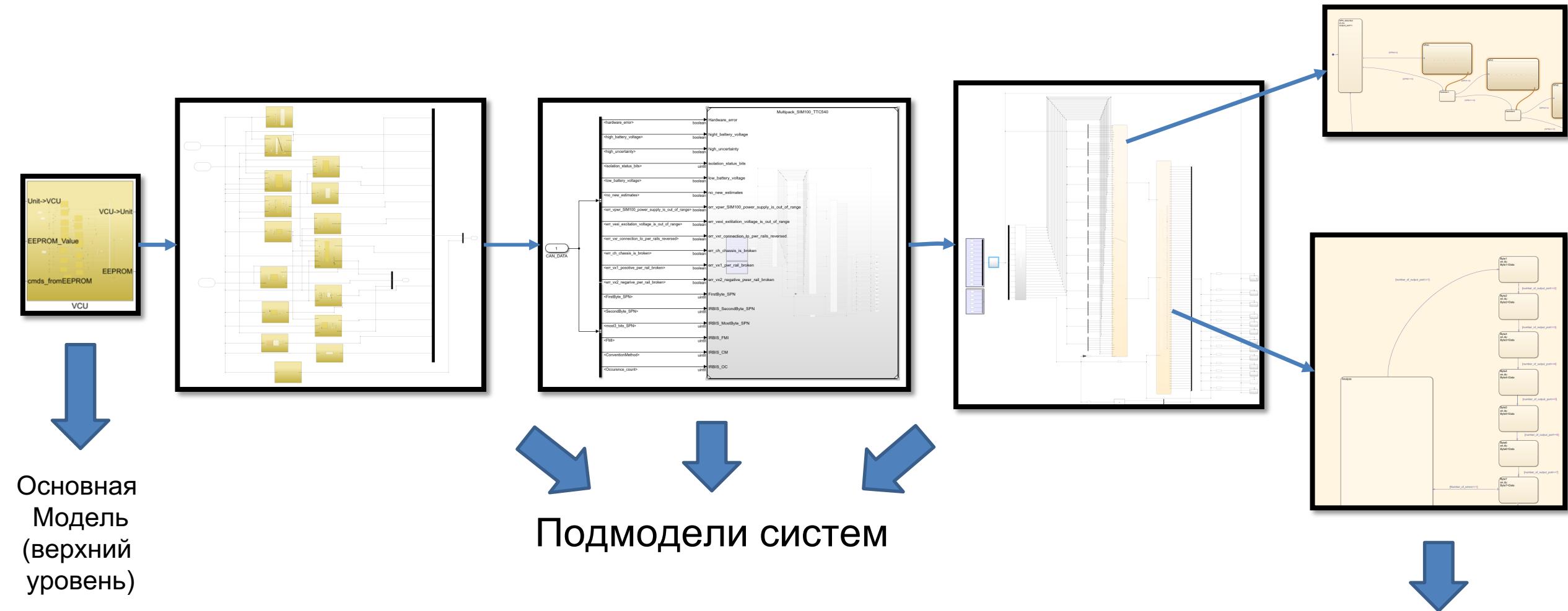
# Основная модель системы управления в MATLAB&Simulink



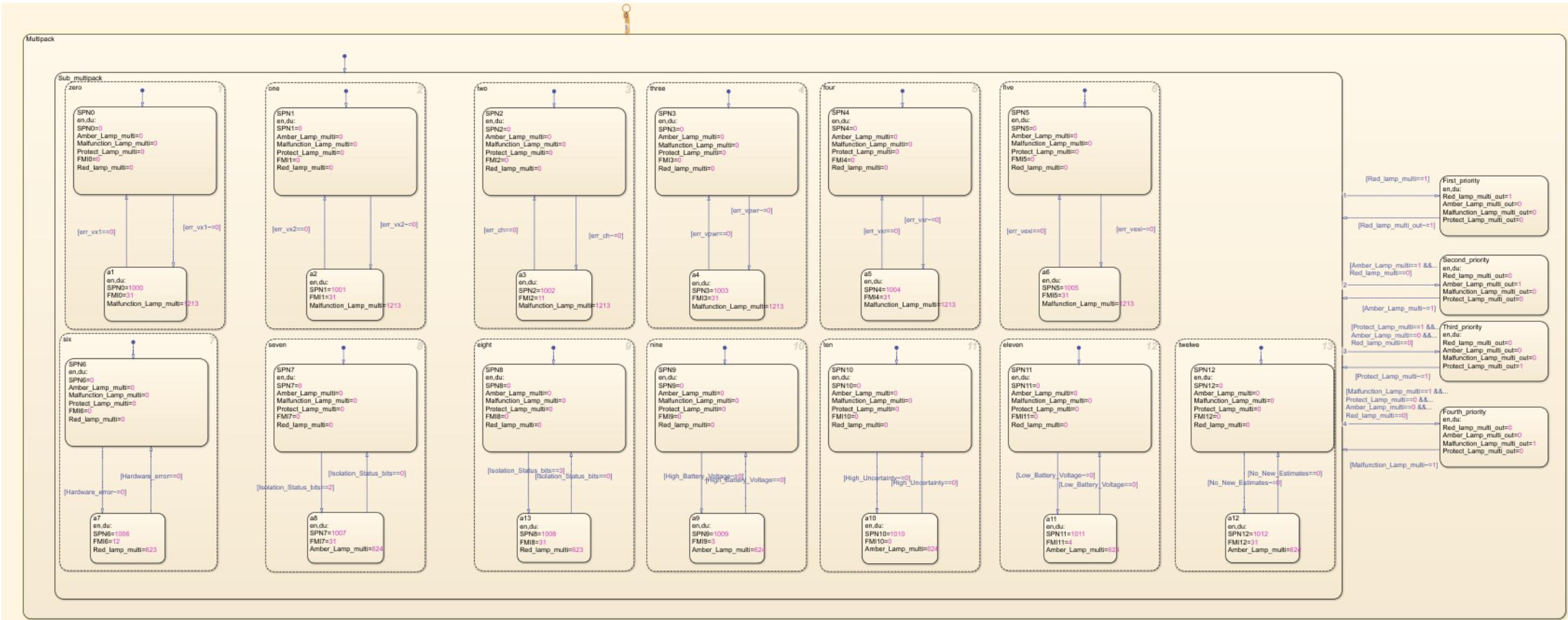
# Цифровые и аналоговые входы и выходы



# Иерархия системы управления

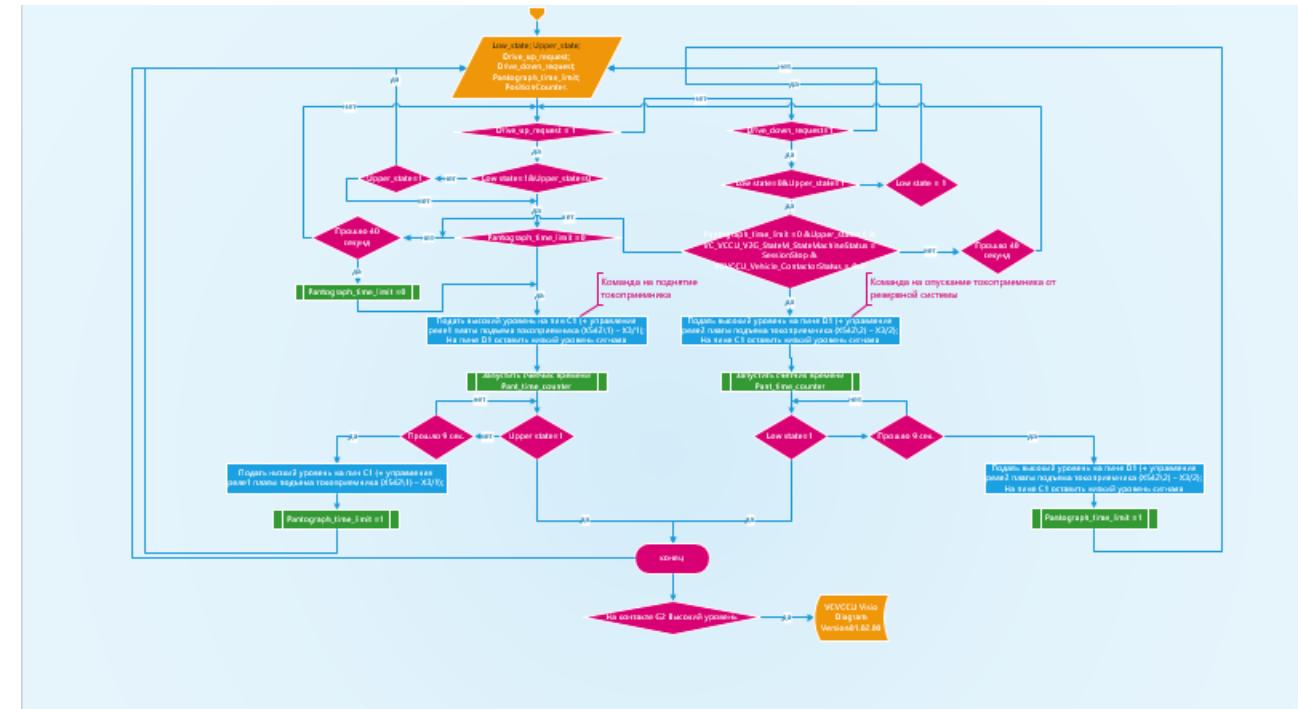
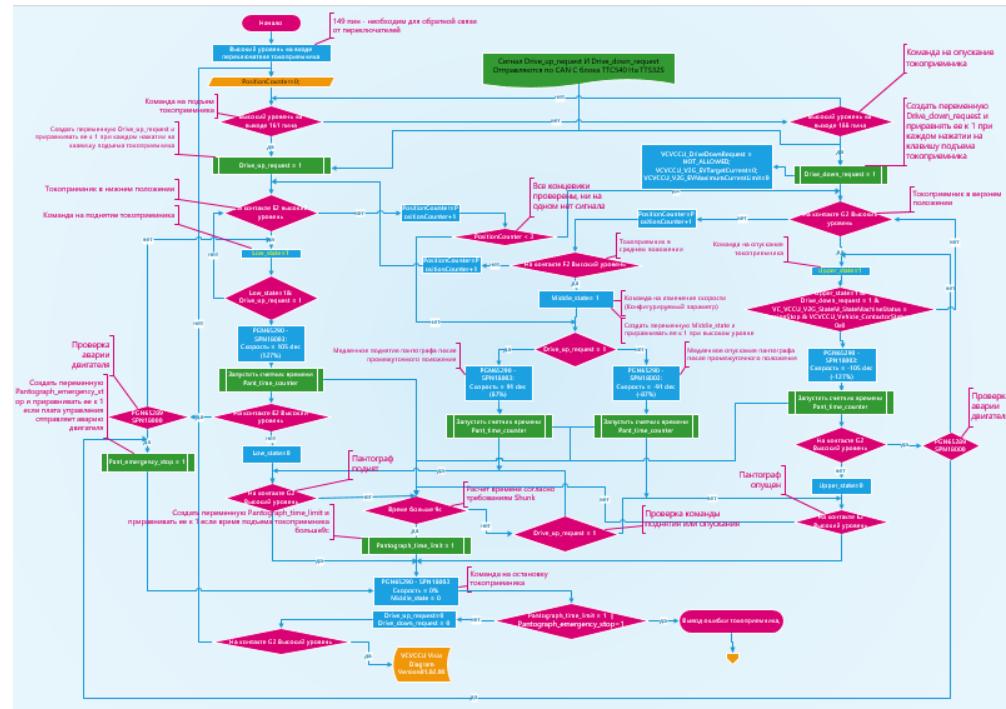


# Возможность визуализации и отслеживания алгоритма при прохождении по модели Stateflow



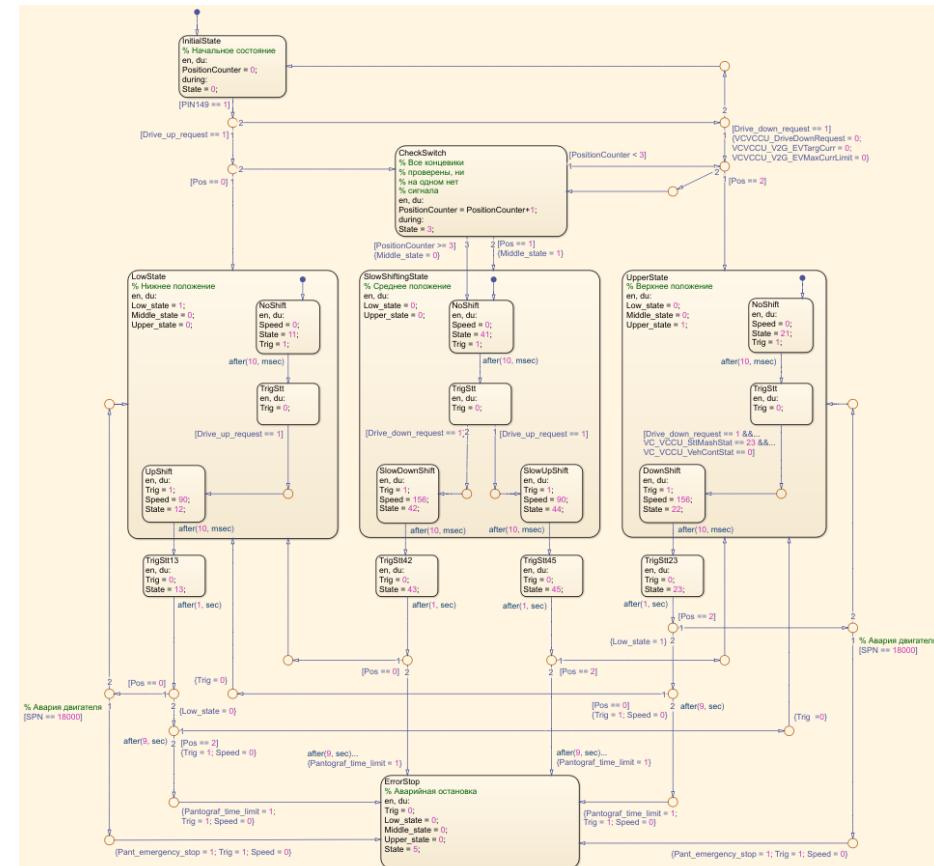
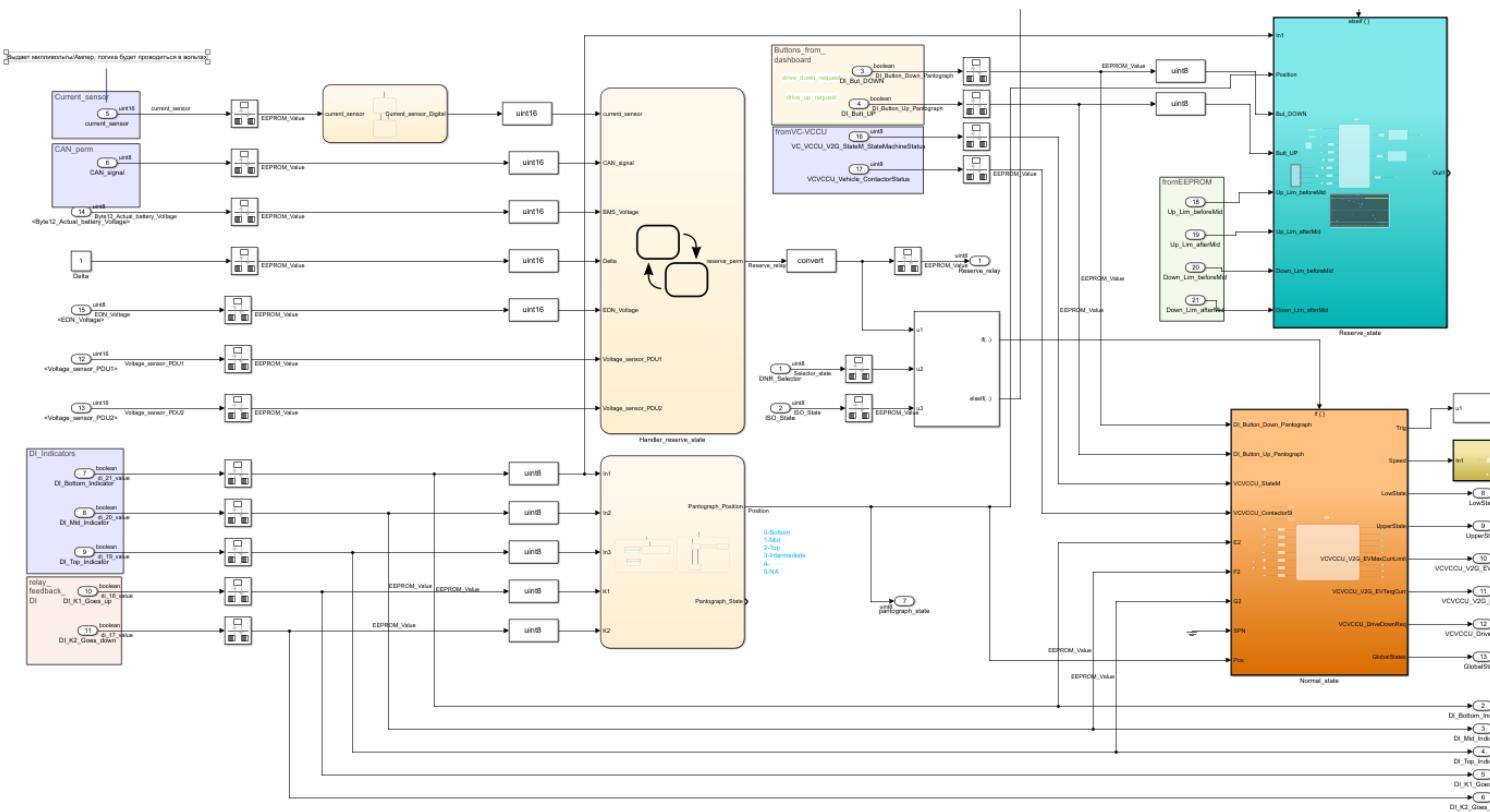
Логика обработки и формирования мультипакетных сообщений

# Алгоритм управления подъемом/опусканием токоприемника



## Блок схемы алгоритма управления

# Алгоритм управления подъемом/опусканием токоприемника



## Структура модели (подмодели)

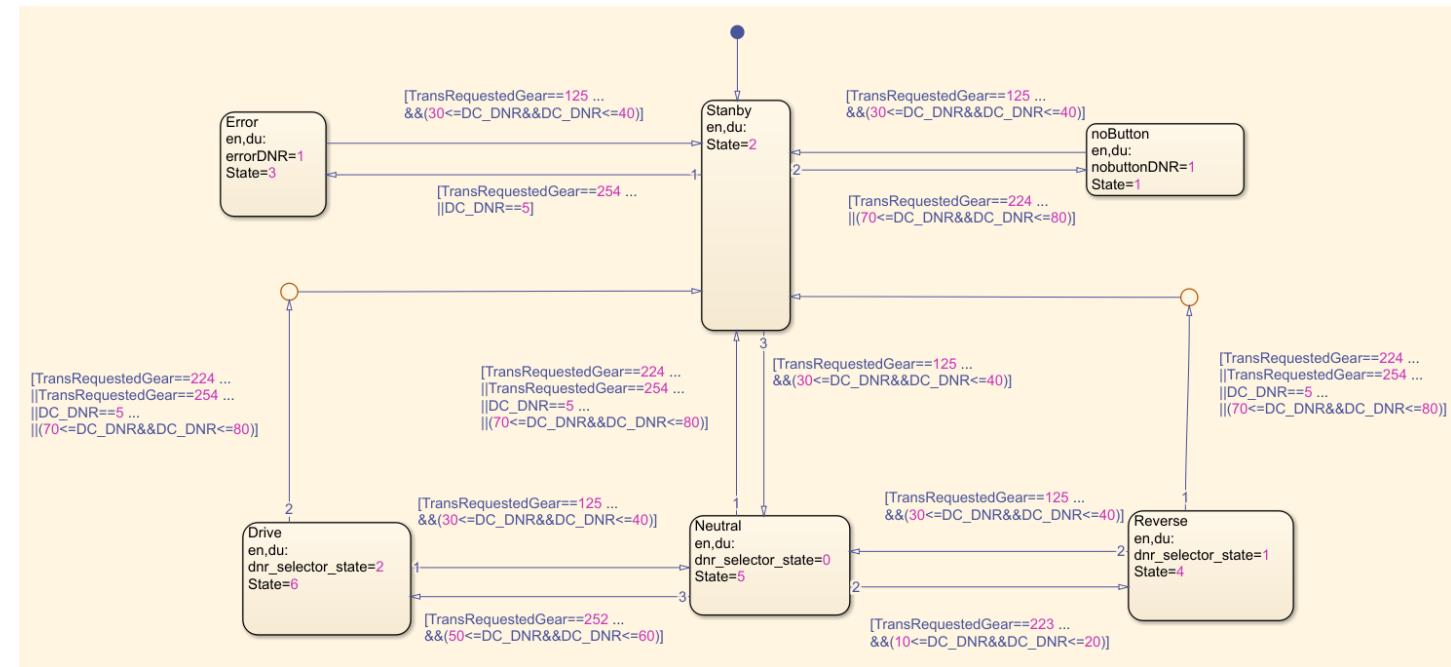
## Логика управления подъемом/опусканием

# Пакет разработки Stateflow позволяет быстро формировать алгоритмы взаимодействия с исполнительными механизмами

## Алгоритм управления переключателем режимов движения

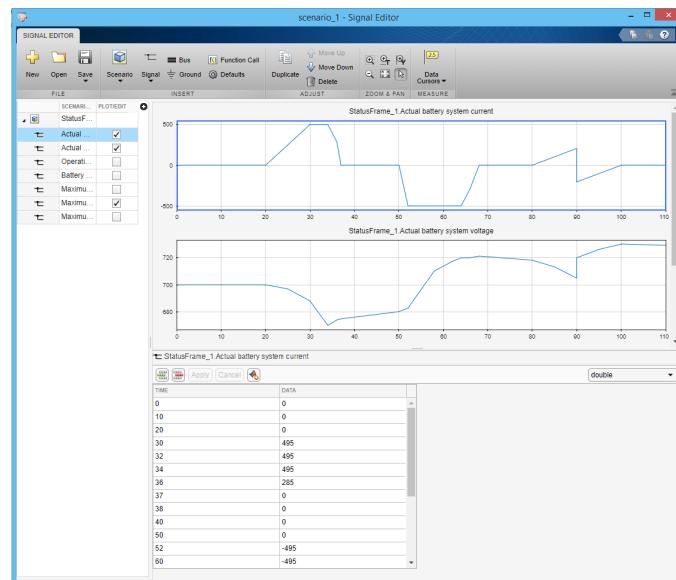
pgn256 – Transmission Control #1 – TC1 Управление трансмиссией #1	
Transmission Repetition Rate Частота повторения передач	when active; 50 ms to transmission and axles если активно; 50 мсек для трансмиссии и осей
Data Length / Длина данных:	8 bytes / байт
Data Page / Страница данных:	0
PDU Format / Формат PDU:	1
PDU Specific / Специфика PDU:	DA
Default Priority / Приоритет по умолчанию:	3
Parameter Group Number / Номер группы параметра:	256 (000100 <sub>16</sub> )
Bit Start Position / Bytes	Length
	SPN Description / Описание SPN

Описание согласно  
стандарту SAE J1939-71

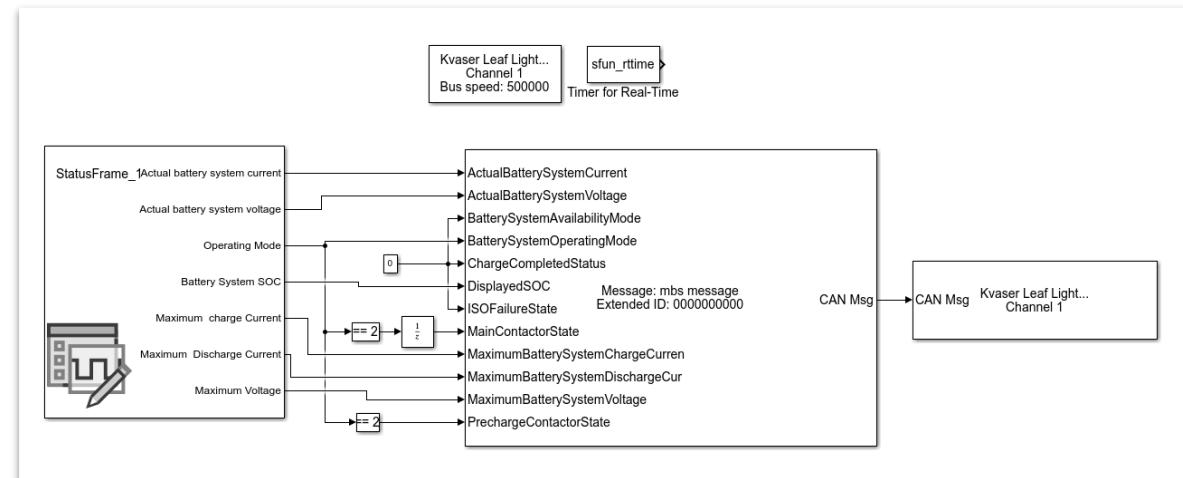


Реализация алгоритма в MATLAB

# Работа с CAN периферией на начальном этапе



Создание сигналов для проверки соответствия

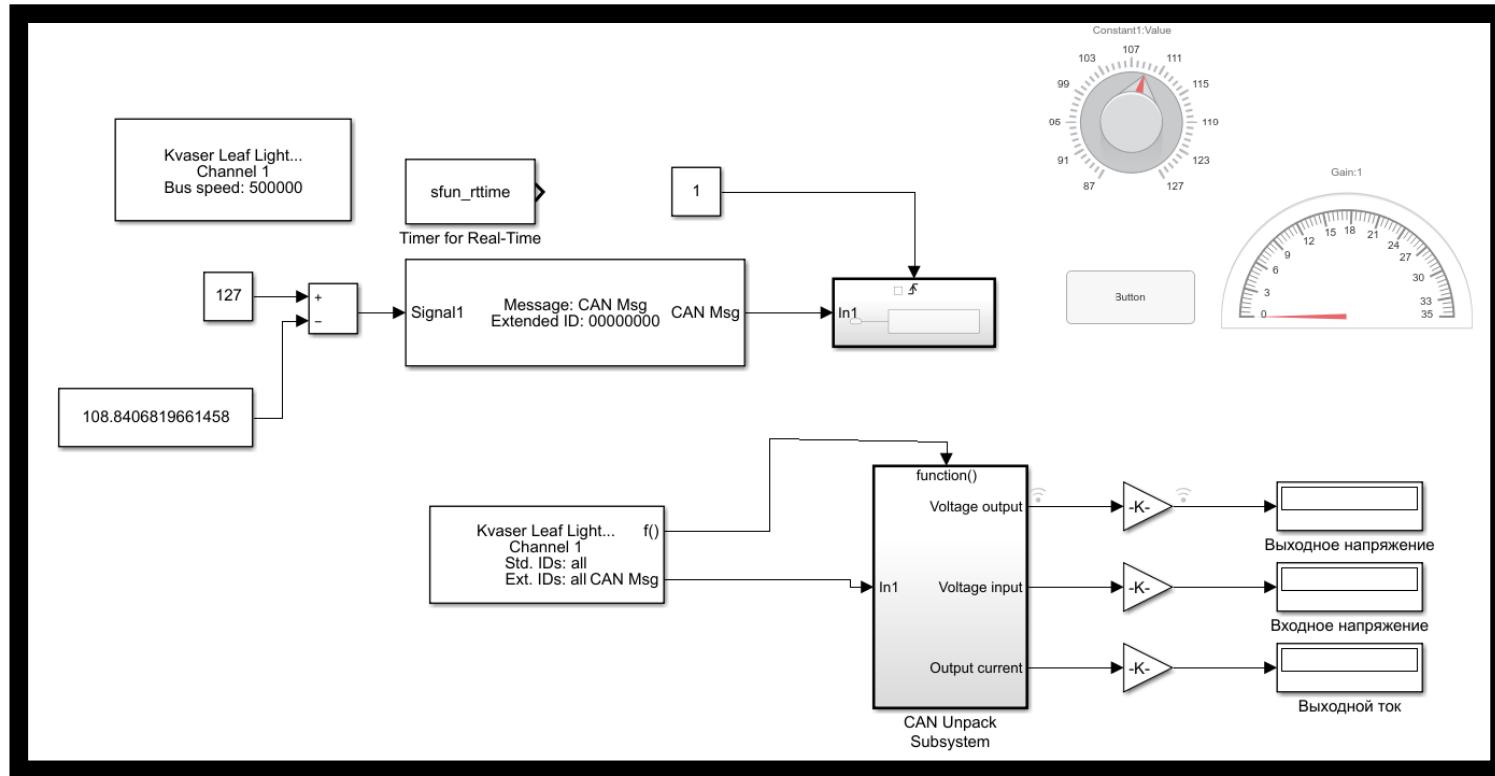


Модель для взаимодействия с периферией



Оборудование для работы с CAN (Kvaser; Vector; Peak; NI)

# Работа с CAN периферией на начальном этапе



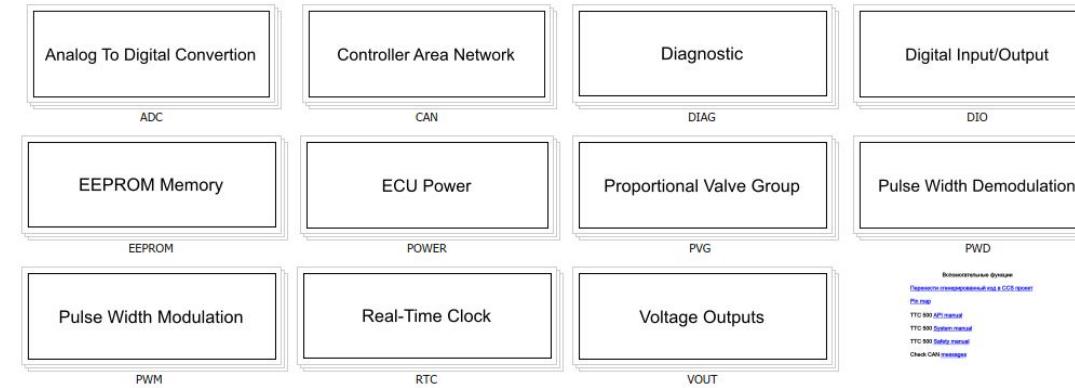
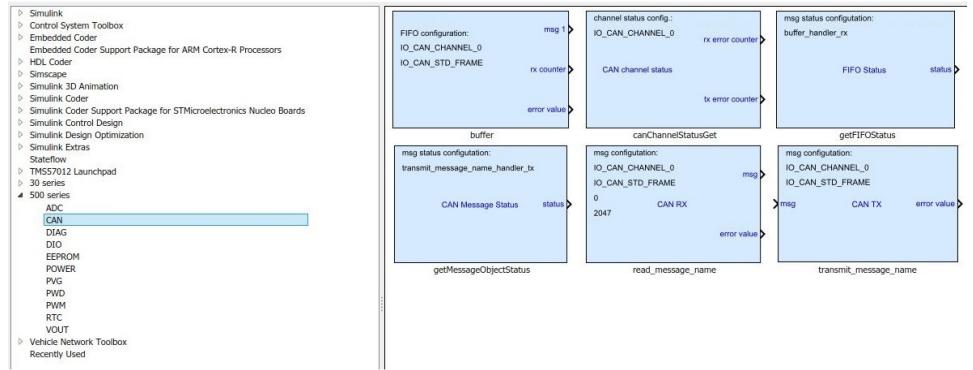
Математическая модель для работы с исполнительным  
механизмом по CAN



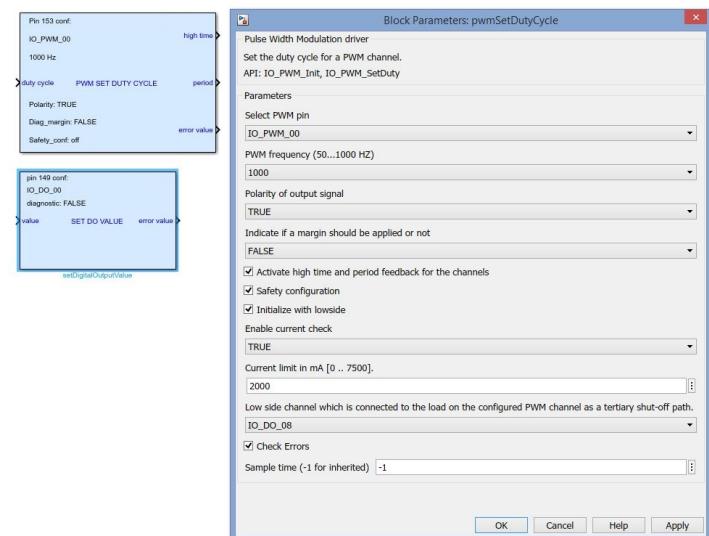
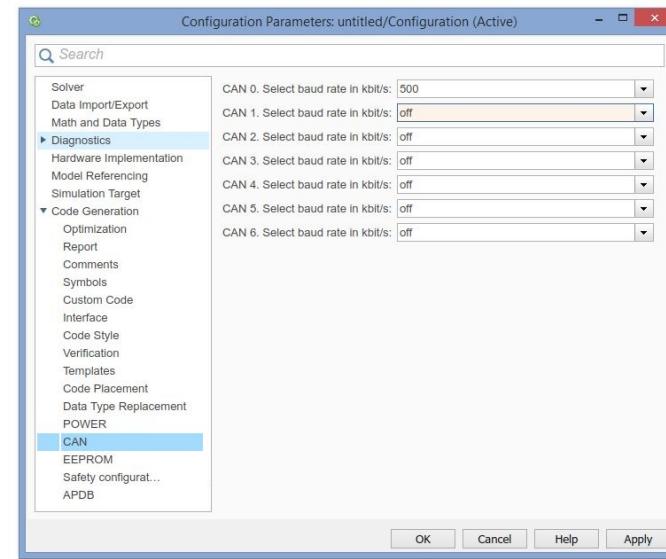
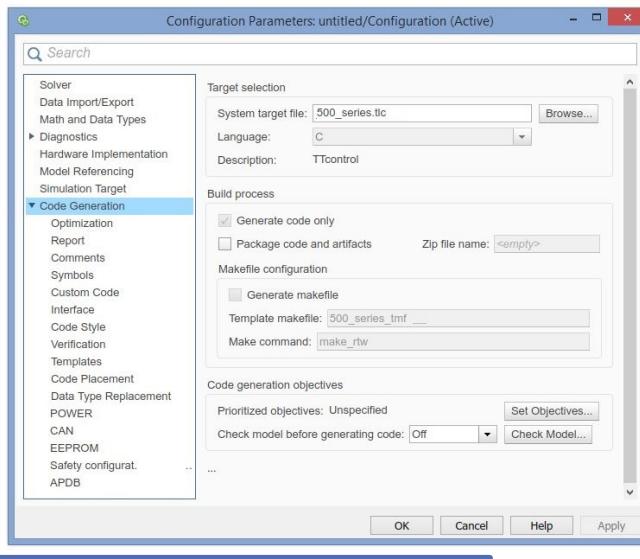
Оборудование для  
работы с CAN  
(Kvaser; Vector;  
Peak; NI)

# Автоматическая генерация C/C++ кода

- Библиотека блоков (драйверов) периферии VCU

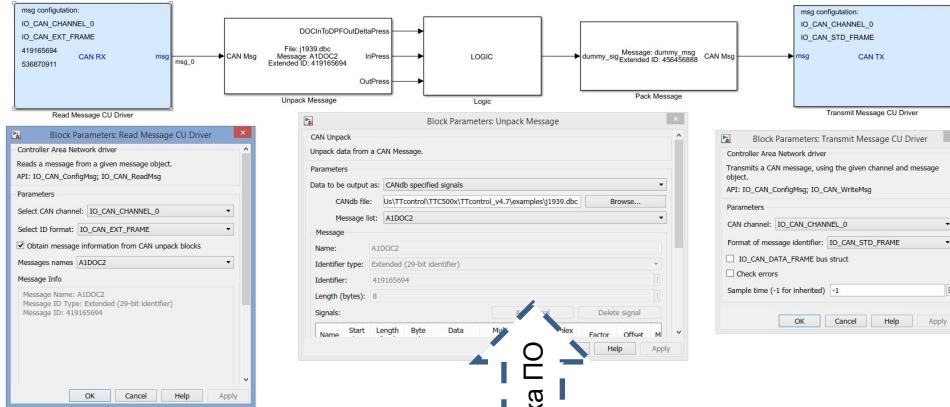


- Гибкие настройки для генерации удобочитаемого и структурированного C кода

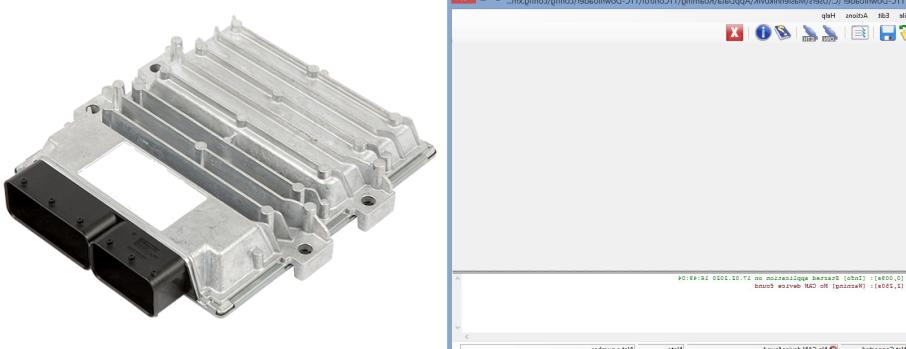


# Процесс разработки программного обеспечения

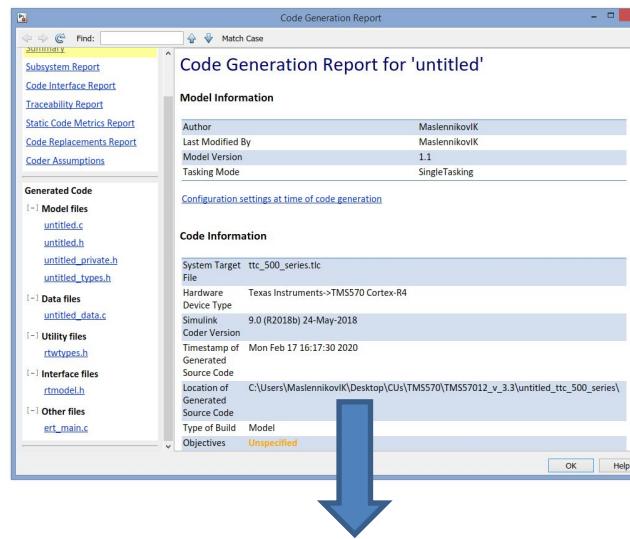
Разработка модели системы управления с использованием блоков(драйверов) VCU.



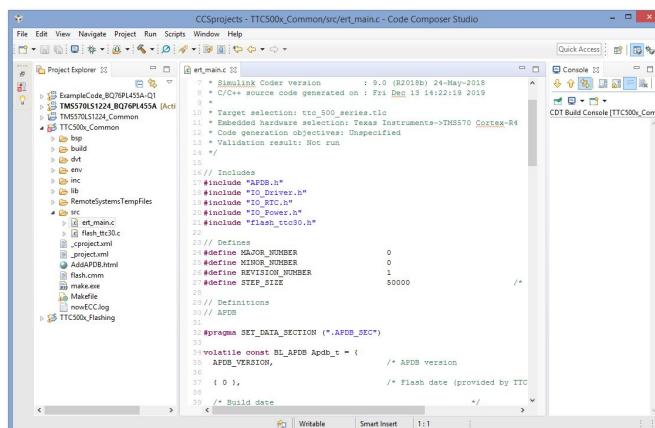
Запись прошивки в память блока управления и верификация ПО



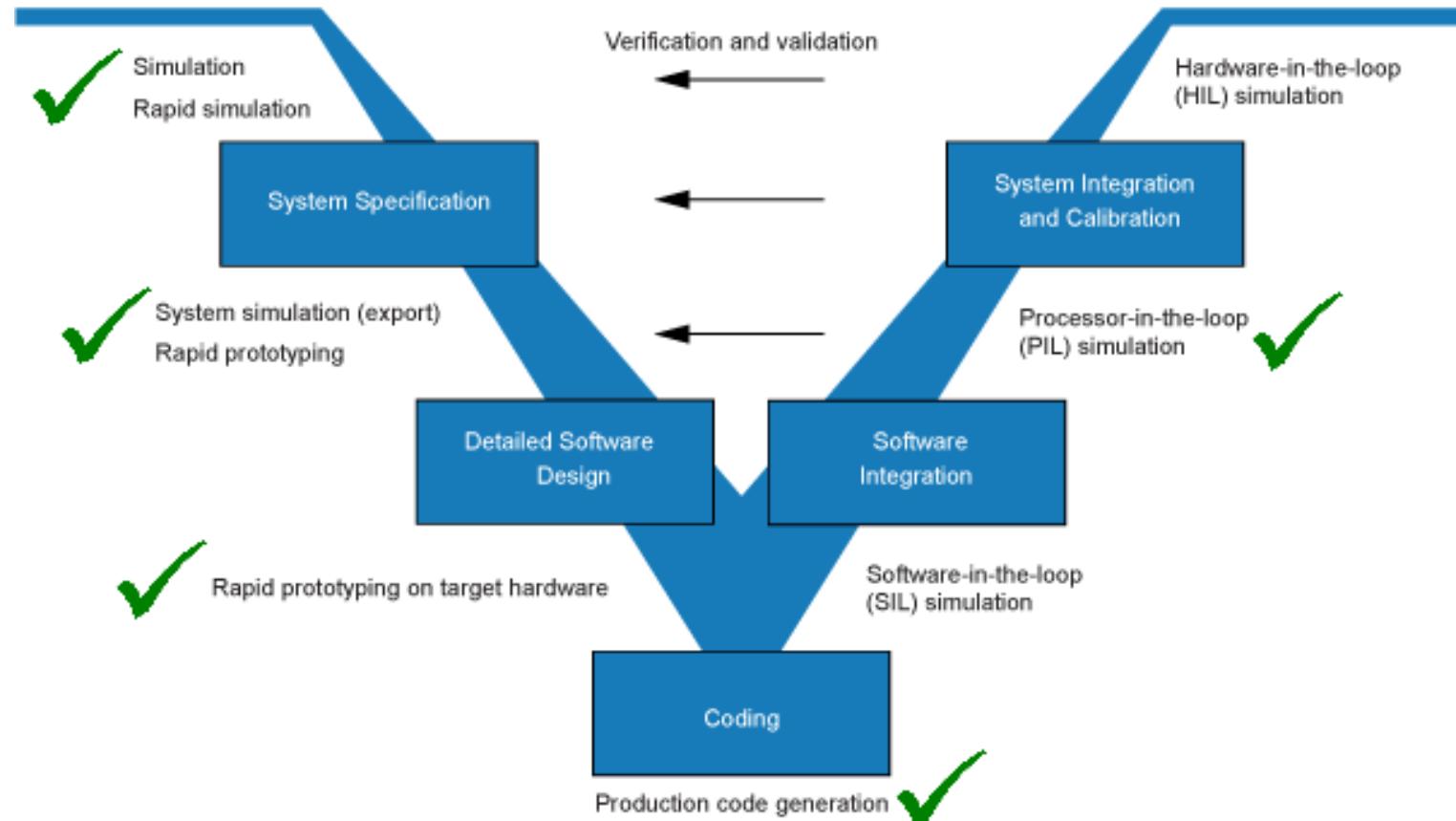
Генерация С кода



Импорт исходных и заголовочных файлов в проект.  
Компиляция .hex файла прошивки



# Результаты применения



Инструменты по генерации кода позволяют сократить время разработки программного обеспечения и выстроить процесс автоматизации объединяющий инженеров и программистов

Пакет разработки «Vehicle Network toolbox» позволил в режиме симуляции проверять правильность формирования сигналов как на уровне математической модели, так и с использованием CAN интерфейсов

Штат из 4-х разработчиков алгоритмов позволил создать систему управления в кратчайшие сроки (около полугода)

При этом обучение модельно-ориентированному проектированию шло параллельно с разработкой (в целом инструменты MATLAB доступны уже около 3-х лет)

## Рекомендации по внедрению МОП в процесс разработки программного обеспечения

Генерация кода для встраиваемых систем требует наличие специализированных библиотек. MATLAB предоставляет бесплатные библиотеки под большинство микроконтроллеров (STM, Infineon, Texas Instruments и т.д.). Также есть возможность создать собственные библиотеки, либо обратиться к ЦИТМ Экспонента.

Инженеры, которые работают с МОП должны обладать базовыми навыками программирования и пониманием процесса генерации кода

Тестирование разработанного программного обеспечения для последующей сертификации.

Реализация полного цикла МОП согласно V-схемы

Повышение качества и уровня разработки программного обеспечения

Реализация эталонной клиент серверной модели взаимодействия для реализации унифицированного диагностического протокола (UDS)

## Пути достижения

Использование инструментов MATLAB IEC Certification Kit (for ISO 26262 and IEC 61508)

Внедрение процесса разработки под другие виды автомобилей

Увеличение штата сотрудников и их обучение МОП в MATLAB&Simulink

Тестирование разработанного ПО: SIL, PIL, HIL тестирования