Электромобильдерге арналған микроконтроллерлік жүйелерді бағдарламалау

Дәуренов ӘД

Дәріс №1. Электромобильдің микроконтроллерлік жүйелері

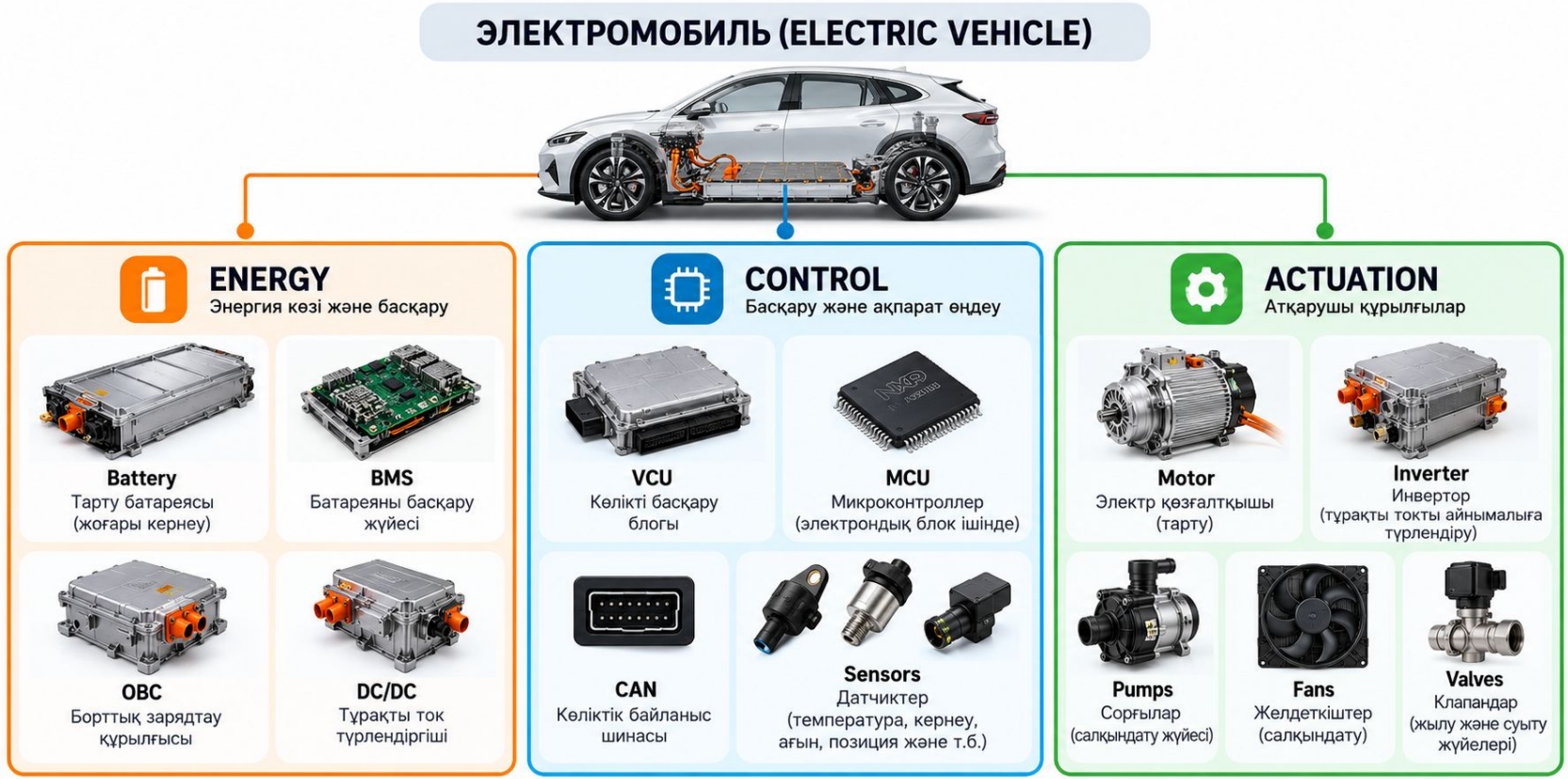
Дәрістің мақсаты

Дәрістің мақсаты — студенттерге заманауи электромобильдің тек аккумулятор мен электр қозғалтқышынан ғана емес, көптеген электрондық басқару блоктарынан, микроконтроллерлерден, датчиктерден және атқарушы құрылғылардан тұратын күрделі жүйе екенін түсіндіру.

Дәріс соңында студент:

- **Embedded System** ұғымын түсіндіре алады;
- **MCU** және **ECU** арасындағы айырмашылықты біледі;
- **VCU, BMS, Inverter Controller, OBC, DC/DC** блоктарының қызметін түсінеді;
- датчиктер мен атқарушы құрылғылардың рөлін біледі;
- электрондық блоктардың өзара қалай ақпарат алмасатынын түсінеді;
- embedded-бағдарламашының қандай міндеттер атқаратынын біледі.

1. Заманауи электромобильдің ішінде не бар?



Нақты электромобильде көптеген электрондық жүйелер бір уақытта жұмыс істейді.

Мысалы, жүргізуші акселератор педалін басқан кезде:

Жүргізуші → Акселератор педалі → Педаль күйінің датчигі → Электрлік сигнал → Микроконтроллердің ADC блогы → VCU бағдарламасы → Басқару командасы → CAN → Инвертор контроллері → Инвертор → Электр қозғалтқышы → Автомобильдің қозғалысы

Яғни педальды басу мен электр қозғалтқышының жұмыс істеуі арасында көптеген электрондық және бағдарламалық кезеңдер бар.

Embedded System дегеніміз не?

Embedded System — электромобильдің белгілі бір функциясын нақты уақыт режимінде бақылауға және басқаруға арналған кірістірілген электрондық жүйе.

Embedded System — датчиктерден ақпарат алып, оны микроконтроллердегі бағдарлама арқылы өңдеп, электромобильдің белгілі бір құрылғысын басқаратын кірістірілген электрондық жүйе.

ЭЛЕКТРОМОБИЛЬДІҢ КІРІСТІРІЛГЕН БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІ (EMBEDDED SYSTEMS)

OBC
(Борттық зарядтау контроллері)

VCU
(Көлікті басқару блогы)

BMS
(Аккумуляторды басқару жүйесі)

Motor/Inverter Controller
(Қозғалтқыш/инвертор контроллері)

DC/DC
(Тұрақты ток түрлендіргіші)

Thermal Management Controller
(Жылу менеджменті контроллері)



VCU
(Vehicle Control Unit)



- Электромобильдің жалпы қозғалысын және әртүрлі ECU арасындағы үйлестіруді басқарады.

BMS
(Battery Management System)



- Аккумулятор кернеуін, тогын, температурасын және заряд күйін бақылайды.

Motor/Inverter Controller



- Қозғалтқыштың моменті мен жылдамдығын басқаруға қатысады.

OBC Controller
(On-Board Charger)



- Автомобильді сыртқы электр желісінен зарядтау процесін басқарады.

DC/DC Controller



- Жоғары кернеуді төмен кернеуге түрлендіруді басқарады.

Thermal Management Controller



- Аккумулятор, мотор және электрониканың температурасын бақылайды.

CAN шинасы

2. Embedded System дегеніміз не?

Embedded System — кірістірілген есептеу жүйесі. Ол үлкен құрылғының құрамында орналасып, белгілі бір нақты функцияны орындауға арналған.

1. Жалпы компьютердің мысалы

Қарапайым компьютер көптеген әртүрлі тапсырмаларды орындай алады:



Компьютер

Browser

Word

Python

Games

Video

т.б.

2. Embedded-жүйе (MCU) мысалы

Embedded-жүйе көбінесе белгілі бір нақты міндет үшін жасалады:

Датчиктер



Температура, қысым, позиция және т.б.

Кіріс ақпарат

MCU (микроконтроллер)



- Датчиктерден ақпарат алу
- Бағдарламалық алгоритмді орындау
- Шешім қабылдау
- Құрылғыны басқару

Басқару сигналы

Атқарушы құрылғылар



Реле, электрқозғалтқыш, клапан және т.б.

3. Нақты қолдану мысалы: аккумуляторды салқындату жүйесі

Температураны өлшейді → Шекті мәнмен салыстырады → Шешім қабылдайды → Сорғыны немесе желдеткішті басқарады →



Салқындату сорғысы



Желдеткіш

Қарапайым түрде бағдарлама былай көрінуі мүмкін:

```
while (1)
{
    temperature = read_temperature();

    if (temperature > limit)
    {
        fan_on();
    }
    else
    {
        fan_off();
    }
}
```

Нақты автомобильдегі бағдарлама әлдеқайда күрделі болғанымен, негізгі принцип өзгермейді:

КІРІС → ӨҢДЕУ → ШЫҒЫС

3. Embedded-жүйенің негізгі құрылымы

ФИЗИКАЛЫҚ ПРОЦЕСС

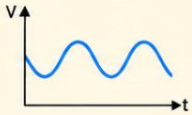
Температура, қысым, жылдамдық, позиция және т.б.

ДАТЧИК



Температура датчигі (мысалы, NTC, PT100)

КІРІС СИГНАЛЫ



Аналогтық сигнал (мысалы, 0–5 В)

MCU
(МИКРОКОНТРОЛЛЕР)

БАҒДАРЛАМА
(Firmware / Software)

↓

ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУ
(Алгоритм)



ШЫҒЫС СИГНАЛЫ



Басқару сигналы (мысалы, PWM, ON/OFF)

АТҚАРУШЫ ҚҰРЫЛҒЫ



Желдеткіш, сорғы, клапан, реле, электрқозғалтқыш және т.б.

ФИЗИКАЛЫҚ ПРОЦЕСС

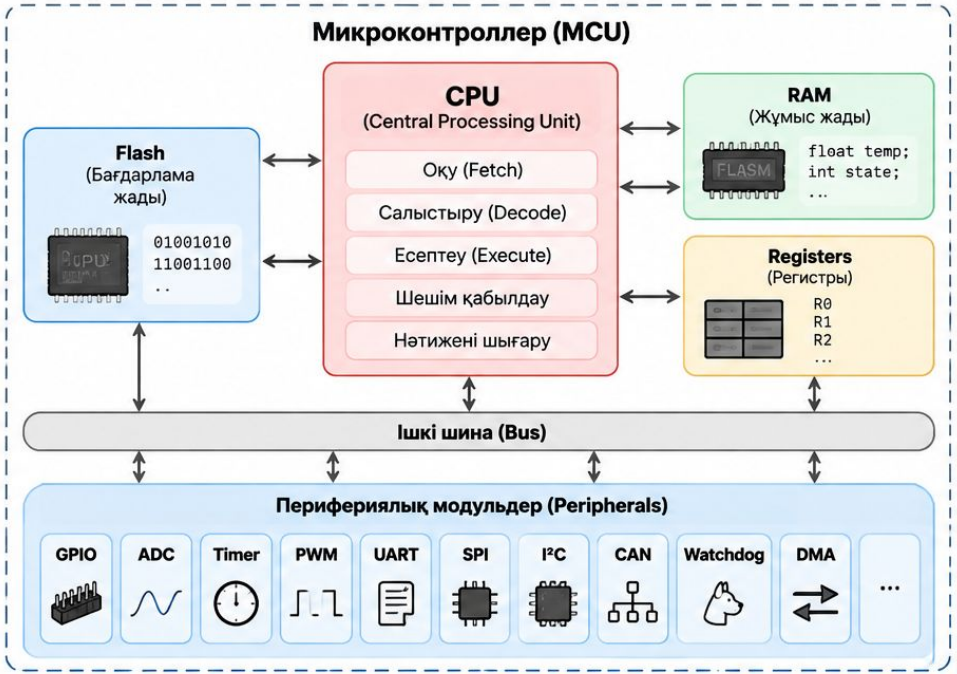


Температураның төмендеуі, жүйенің жұмыс істеуі

Кері байланыс (физикалық процесс өзгереді)

MCU — Microcontroller Unit

Микроконтроллер — бір интегралдық микросхеманың ішінде орналасқан шағын есептеу жүйесі.



CPU (Central Processing Unit)



Бағдарламаның командаларын орындайтын негізгі есептеу блогы.

- Оқу (команданы жадтан алу)
- Салыстыру (команданы декодтау)
- Есептеу (операцияны орындау)
- Шешім қабылдау
- Нәтижені шығару

Flash (Бағдарлама жады)



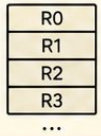
- Микроконтроллердің бағдарламасы осында сақталады.
- Электр қуаты өшсе де мәлімет сақталады.
- Өлшемі: әдетте бірнеше КВ – бірнеше МВ.

RAM (Жұмыс жады)



- Бағдарлама орындалу кезінде уақытша деректерді сақтайды.
- Мысал: айнымалылар, есептеулер нәтижелері.
- Электр қуаты өшсе, деректер жойылады.
- Өлшемі: әдетте бірнеше КВ – жүздеген КВ.

Registers (Регистры)



- CPU ішінде орналасқан өте жылдам жады.
- Ағымдағы деректерді, командаларды және адрестерді сақтау үшін қолданылады.
- Саны микроконтроллер архитектурасына байланысты (мысалы, ARM Cortex-M: R0–R12).

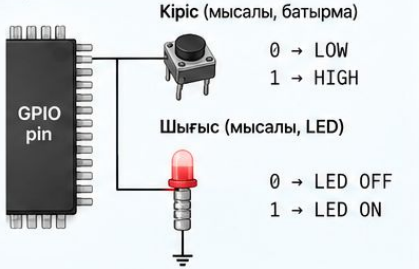
Периферриялық модульдер (Peripherals)

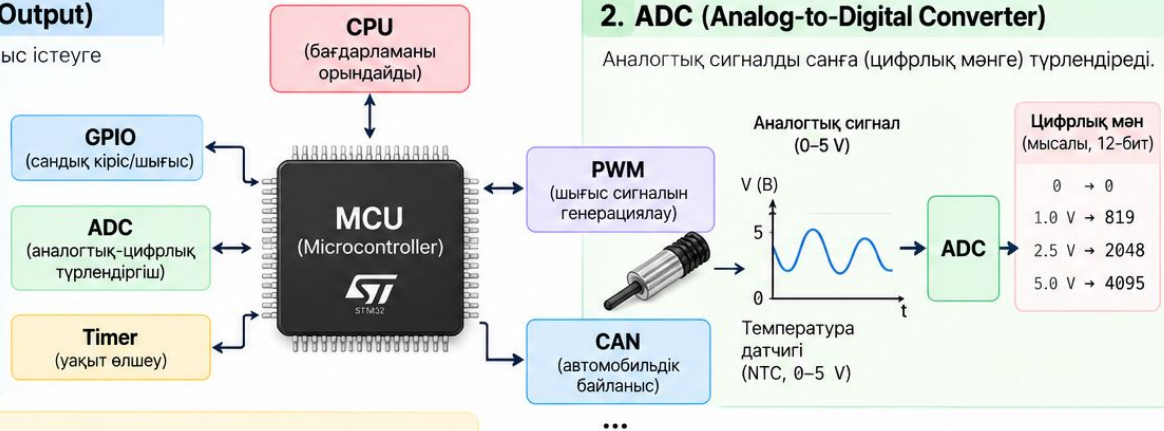
GPIO	ADC	Timer	PWM	UART	SPI	I²C	CAN	Watchdog	DMA
Сандық кіріс/шығыс пиндері	Аналогтық сигналды цифрландыру	Таймерлер, уақыт өлшеу	Шығыс сигналын генерациялау	Сериялық байланыс	Жылдам сериялық байланыс	Жай сериялық байланыс	Автомобильдік байланыс шинасы	Жүйе сенімділігін қадағалау	Деректерді тікелей тасымалдау

MCU периферийлық модульдерінің жұмысы

1. GPIO (General Purpose Input/Output)

Цифрлық кірістер мен шығыстармен жұмыс істеуге арналған.





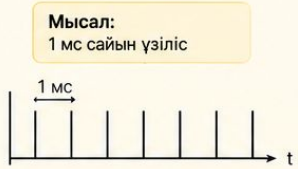
2. ADC (Analog-to-Digital Converter)

Аналогтық сигналды санға (цифрлық мәнге) түрлендіреді.

3. Timer (Таймер)

Уақытты дәл өлшеуге және уақытқа байланысты процестерді орындауға мүмкіндік береді.

- Уақытты санау
- Периодтық үзіліс (Interrupt)
- Уақыт кідірісі (Delay)
- Жиілікті өлшеу
- PWM генерациялау үшін қолданылады



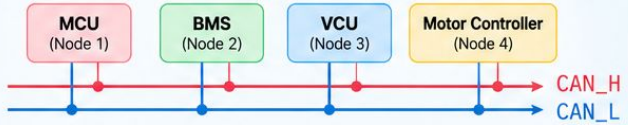
4. PWM (Pulse Width Modulation)

Әртүрлі атқарушы құрылғыларды (желдеткіш, сорғы, мотор) басқару үшін қолданылады.



5. CAN (Controller Area Network)

Микроконтроллерге автомобильдің басқа электрондық басқару блоктарымен ақпарат алмасуға мүмкіндік береді.



CAN хабарламасы (Message)

ID	DLC	Data	CRC
(идентификатор)	(ұзындығы)	(деректер, 0–8 байт)	(қателікті тексеру)

Мысал: аккумулятор температурасы туралы хабарлама

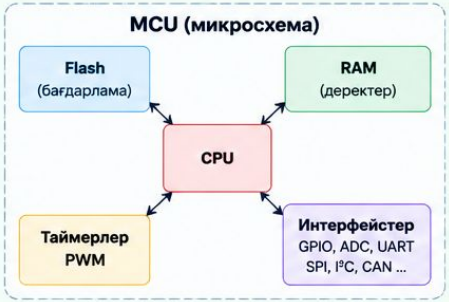
ID: 0x100	DLC: 2	Data: 0x01 0x2C	(температура = 30°C)

MCU және ECU — бір нәрсе емес

MCU — Microcontroller Unit (микроконтроллер)

- Бір интегралдық микросхема (чип).
- Ішінде CPU, жады және перифериялар бар.
- Бағдарламаны орындайды және кіріс/шығыс сигналдарын басқарады.
- Қарапайым түрде — "шағын компьютер бір чипте".





ECU — Electronic Control Unit (электрондық басқару блогы)

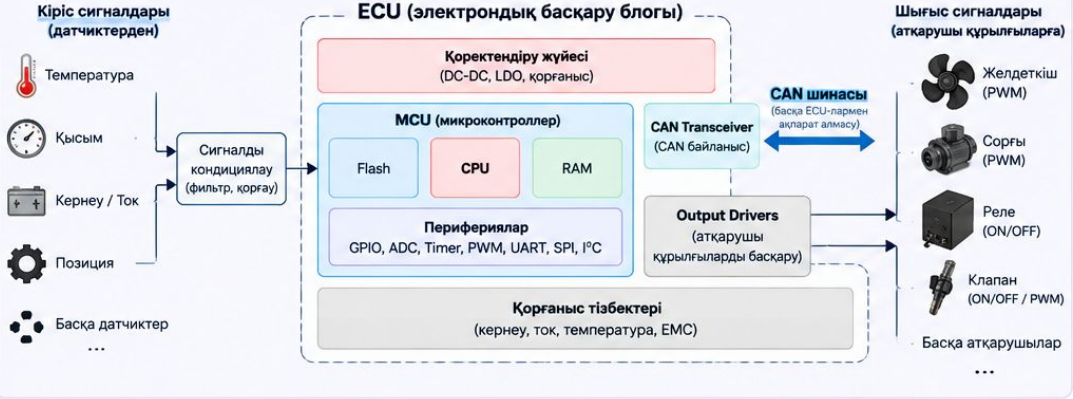
- Толыққанды электрондық басқару блогы.
- Ішінде (кемінде) бір немесе бірнеше микроконтроллер бар.
- Сигналдарды өңдейді, атқарушы құрылғыларды басқарады.
- Автомобильде жеке функцияны орындайды (BMS, VCU, Motor Control, т.б.).
- Құрамында қоректендіру, сигналдарды қорғау, CAN трансивер, драйверлер, қорғаныс тізбектері және басқа компоненттер бар.



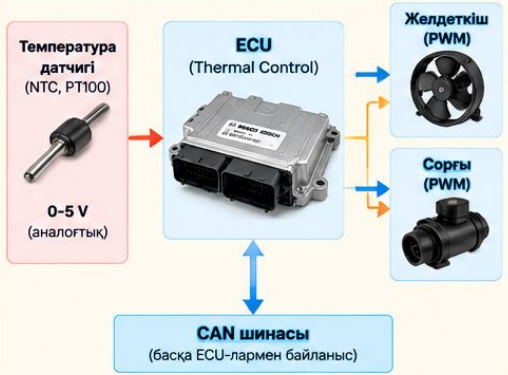
Мысал: автомобильдегі ECU

- VCU — көлікті басқару
- BMS — аккумуляторды басқару
- Motor Controller — қозғалтқышты басқару
- OBC — зарядтауды басқару
- DC/DC — кернеуді түрлендіру
- Thermal Control — температураны басқару

ECU-дың ішкі құрылымы (қарапайым түрі)



Мысал: аккумулятордың температурасын басқару (ECU дечгейінде)



Неліктен автомобильде бірнеше ECU бар?

Бір ғана микроконтроллер бүкіл электромобильді басқара алмайды, себебі:

- Функциялар көп және әртүрлі (батарея, қозғалтқыш, зарядтау, қауіпсіздік, салқындату және т.б.).
- Әр жүйенің өзіне тән нақты уақыттағы талалтары бар.
- Сенімділік, қауіпсіздік және модульдік құрылым қажет.
- Сондықтан заманауи автомобильде **таратылған басқару архитектурасы** қолданылады: бірнеше ECU, олар CAN шинасы арқылы бір-бірімен ақпарат алмасады.

VCU (Vehicle Control Unit)



- Автомобилдің жалпы қозғалысын басқару
- Басқа ECU арасындағы үйлестіру
- Жүріс режимдері (Drive, Eco, Sport)
- Қауіпсіздік және диагностика

BMS (Battery Management System)



- Аккумулятор кернеуі, тогы, температурасы
- Заряд күйі (SOC) және денсаулық күйі (SOH)
- Батареяны қорғау
- Зарядтау/разрядты басқару

Inverter ECU (Motor Controller)



- Қозғалтқыштың моменті мен жылдамдығын басқару
- Инверторды басқару (DC → AC)
- Регенеративті тежеу
- Қозғалтқыштың қорғанысы

OBC ECU (On-Board Charger)

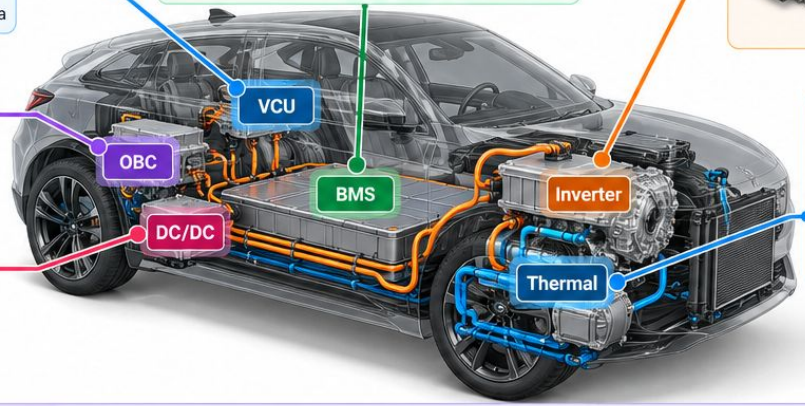


- Сыртқы электр желісінен зарядтау процесін басқару
- Зарядтау қуатын реттеу
- Зарядтау коммуникациясы (PLC, CAN)
- Қауіпсіздік және диагностика

DC/DC ECU



- Жоғары кернеуді (HV) төмен кернеуге (12V/48V) түрлендіруді басқару
- Көмекші жүйелерді қоректендіру
- Шығыс кернеуін бақылау

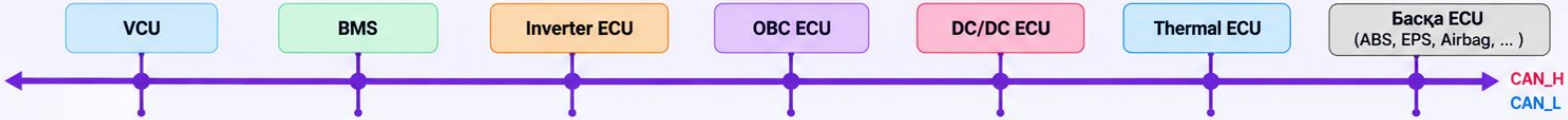


Thermal Management ECU



- Аккумулятор, мотор және электрониканың температурасын басқару
- Желдеткіштерді, сорғыларды, клапандарды басқару
- Жылу режимін оңтайландыру

CAN BUS — ECU арасындағы ақпарат алмасу



- Көлік күйі
- Жүріс режимі
- Басқару командалары

- Батарея деректері
- SOC, SOH
- Қорғау статусы

- Қозғалтқыш параметрлері
- Момент, жылдамдық
- Қателіктер

- Зарядтау статусы
- Зарядтау қуаты
- Қателіктер

- Шығыс кернеуі
- Жүктеме күйі
- Қателіктер

- Температуралар
- Желдеткіш/сорғы күйі
- Жылу режимі

- Қауіпсіздік жүйелері
- Шасси және комфорт
- Диагностика

VCU — Vehicle Control Unit

Автомобильді басқарудың негізгі жоғары деңгейлі контроллері

Кіріс ақпараттар (датчиктер мен жүйелерден)



Акселератор педалі (APS)
Көлікші сұраған қуат
→ Педаль позициясы (0–100 %)



Тежегіш педалі (BPS)
Тежегіш басу мәртебесі
→ Тежегіш (ON/OFF, %)



Беріліс селекторы (PRND)
Жүріс режимі
→ Режим (P, R, N, D)



Автомобиль жылдамдығы (VSS)
Көлік жылдамдығы
→ Жылдамдық (км/сағ)



BMS деректері (SOC, SOH, температура)
Батарея күйі
→ SOC, SOH, T, I, U



Инвертор күйі (Inverter ECU)
Қозғалтқыштың күйі
→ Момент, температура, қателіктер



Зарядтау жүйесінің күйі (OBC)
Зарядтау статусы
→ Зарядтау (ON/OFF, қуат)



Температура (NTC, PT100)
Жүйелердің температурасы
→ Температура (°C)



Қауіпсіздік сигналдары (ABS, ESP, Airbag, ...)
Қауіпсіздік жүйелерінің күйі
→ Қателіктер, ескертулер

VCU (Vehicle Control Unit)



Кіріс сигналдарын қабылдау
(датчиктер, басқа ECU)

↓

Деректерді өңдеу
(фильтрлеу, тексеру)

↓

Басқару логикасы
(алгоритмдер, қауіпсіздік)

↓

Шешім қабылдау
(жүріс режимі, шектеулер, момент)

↓

Шығыс командаларын генерациялау
(CAN арқылы, кейбір тікелей шығыс)

Шығыс командалары (атқарушы құрылғыларға)

Момент сұранысы (түсініктеме) →



Инвертор ECU
- Қозғалтқыш моменті
- Жылдамдық шегі
- Режим (Drive/Reverse)
- Қауіпсіздік шектеулері

Жұмыс режимі (ON/OFF, Vref) →



DC/DC ECU
- Шығыс кернеуін басқару
- Жұмыс режимі (ON/OFF)

Зарядтау командасы →



OBC ECU
- Зарядтау режимі
- Зарядтау қуатын реттеу
- Қауіпсіздік шарттары

Салқындату командасы (PWM/ON/OFF) →



Thermal ECU
- Желдеткіш жылдамдығы
- Сорғыны басқару
- Жылу режимі

CAN желісі арқылы басқа ECU-ларға хабарламалар

BMS (батарея) | Inverter (қозғалтқыш) | OBC (зарядтау) | ABS/ESP (қауіпсіздік) | Кузов ECU (комфорт)

CAN BUS
(500 kbps / 1 Mbps)

Жұмыс принципінің мысалы

1. Кіріс деректері
Акселератор = 40 %
Батарея = OK
Тежегіш = OFF
Режим = DRIVE
Инвертор = READY

→

2. VCU өңдейді
- Деректерді тексереді
- Шектеулерді қолданады (SOC, температура, қауіпсіздік)
- Қажетті моментті есептейді

→

3. CAN арқылы команда жібереді
Инвертор ECU-ға:
– Moment request = 150 Nm
– Ramping
– Drive mode = D

→

4. Нәтиже
Қозғалтқыш электр моментін орындайды, автомобиль қозғалады.

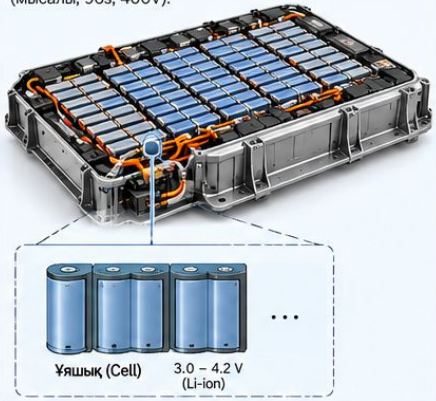


BMS — Battery Management System

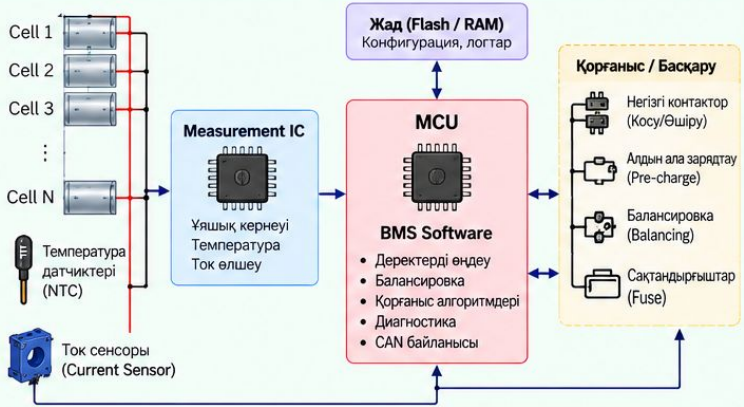
BMS — аккумуляторлық батареяны қауіпсіз, тиімді және сенімді басқару жүйесі.

1. Батарея жинағы (Battery Pack)

Тартқыш батарея көптеген ұяшықтардан (cells) тұрады (мысалы, 96s, 400V).



2. BMS ішкі құрылымы (Architecture)



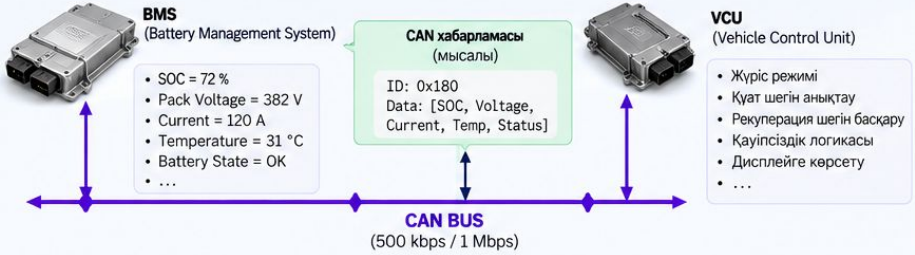
3. BMS бақылайтын параметрлер

- **Cell Voltage** — Әр ұяшықтың кернеуі (3.0 – 4.2 V)
- **Pack Voltage** — Жалпы кернеу (мысалы, 400 V)
- **Current** — Зарядтау/разрядтау тогы (A)
- **Temperature** — Ұяшық, модуль және жүйе температурасы (°C)
- **Contactor State** — Контакторлардың күйі (ON/OFF)
- **Safety-related conditions** — Артық кернеу/төмен кернеу, артық ток, жоғары температура, қысқа тұйықталу және т.б.

4. BMS-тің жұмыс логикасы

Өлшеу (кернеу, ток, температура) → **Деректерді өңдеу** (сүзгілеу, есептеу) → **Күйді бағалау** (SOC, SOH, қорғаныс) → **Шешім қабылдау** (контактор, балансировка, заряд/разряд шегі) → **Басқару** (контакторлар, балансировка) → **CAN арқылы басқа ECU-ларға жіберу** (VCU, зарядтағыш, т.б.)

5. BMS → VCU байланысы (CAN)



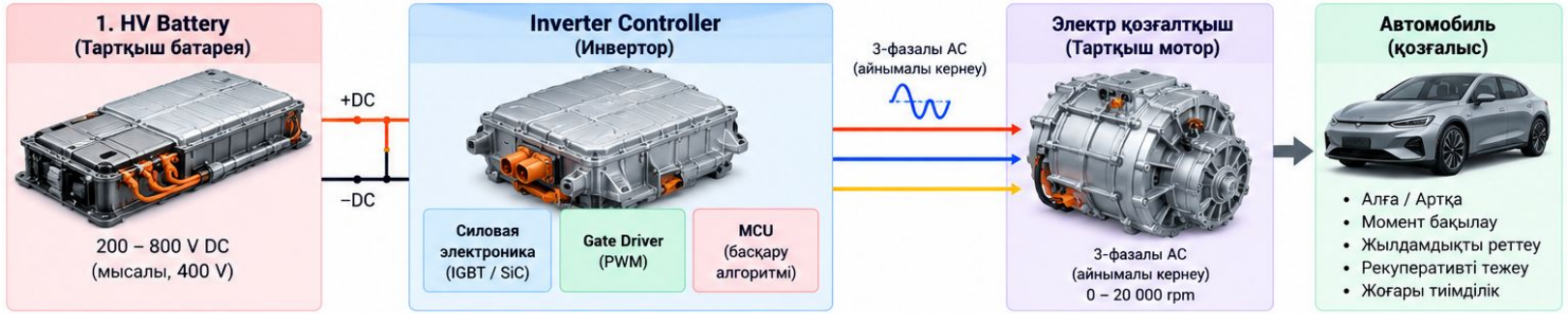
6. Нақты мәндердің мысалы (BMS деректері)

SOC (Заряд деңгейі)	72 %
Pack Voltage (Жалпы кернеу)	382 V
Current (Ток)	-85 A (разрядтау)
Cell Voltage (ұяшық)	3.96 V (орташа)
Temperature (Температура)	31 °C
Battery State	OK

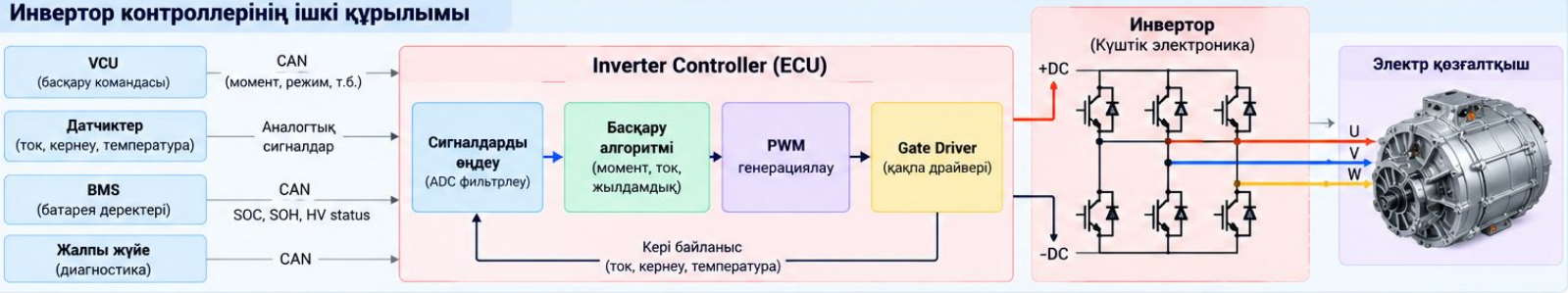


9. Inverter Controller

Инвертор контроллері — тұрақты кернеуді (DC) айнымалы кернеуге (AC) түрлендіріп, тартқыш электр қозғалтқышын басқарады.

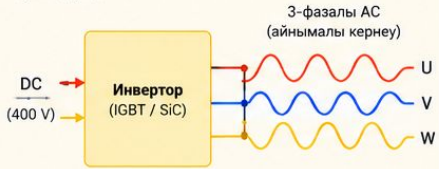


Инвертор контроллерінің ішкі құрылымы



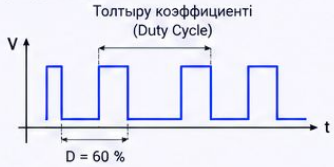
1. DC → AC түрлендіру принципі

IGBT / SiC транзисторлары жоғары жиіліктегі PWM арқылы DC кернеуді 3-фазалы AC-ға түрлендіреді.



2. PWM сигналы

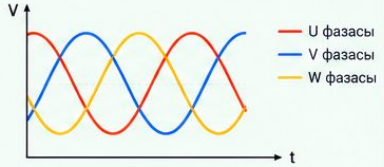
Инвертор транзисторларын басқару үшін PWM (Pulse Width Modulation) қолданылады.



Жиілік: 5 – 20 кГц

3. 3-фазалы шығыс кернеу

PWM арқылы қалыптасқан 3-фазалы синусоидалық кернеу моторды айналдырады.



4. Режимдер

- **Жүру режимі (Drive)**
  Батарея → Инвертор → Мотор
- **Рекуперативті тежеу**
  Мотор → Инвертор → Батарея
- **Артқа жүру (Reverse)**
  Фазалардың ретін өзгерту
- **Момент және жылдамдықты жүзеге асыру**
  VCU командасы бойынша
- **Қорғаныс режимі**
  Артық ток, артық температура, қысқа тұйықталу, т.б.

10. OBC — On-Board Charger

OBC — борттық зарядтау құрылғысы. Ол электромобильді сыртқы айнымалы ток (AC) көзінен зарядтау кезінде қолданылады.

1. AC желісі (зарядтау станциясы)



AC (түрленмелі ток)
1-фаза: 230 V
3-фаза: 400 V

2. Зарядтау коннекторы



Type 2 (AC)
1-фаза: до 7.4 kW
3-фаза: до 22 kW

3. OBC (On-Board Charger)



PFC (қуат коэффициентін түзету) → **AC → DC** (тұрақтандыру) → **Оқшаулау** (изоляция) → **DC шығыс** (телілетін кернеу/ток)

DC

4. HV Battery (Тартқыш батарея)



200 – 800 V DC
(мысалы, 400 V)

OBC не істейді?

- Айнымалы токты тұрақты токқа түрлендіреді
- Кернеу мен токты басқарады (CC/CV)
- Температураны бақылайды
- Диагностика жүргізеді
- Басқа ECU блоктарымен ақпарат алмасады (CAN)

OBC-ның ішкі құрылымы

AC (230/400 V) → **EMI Filter** (кедергілерді сүзу) → **PFC** (қуат коэффициенті) → **Isolated DC/DC** (жоғары жиілікті түрлендіру, изоляция) → **Басқару MCU** (алгоритм, CAN, қорғау) → DC (200–800 V)

Зарядтау процесі (CC/CV)



11. DC/DC Converter

DC/DC түрлендіргіші — тартқыш батареяның жоғары кернеуін (200–800 V) төмен кернеулі желіге (12 V немесе 48 V) түрлендіреді.

1. HV Battery (Тартқыш батарея)



200 – 800 V DC
(мысалы, 400 V)

DC (жоғары кернеу)

2. DC/DC Converter (түрлендіргіш)



Жоғары кернеу кіріс (200–800 V) → **DC/DC түрлендіру** (изоляция/түрлендіру) → **Басқару MCU** (кернеу, ток) → **Шығыс фильтрі** (тұрақтандыру)

DC (төмен кернеу)
12 V / 48 V

3. ECU / Жүйелер (Төмен кернеулі желі)

- Басқару блоктары (ECU)
- Жарықтандыру
- Желдеткіштер / Сорғылар
- Датчиктер
- Мультимедиа / Дисплей
- Байланыс модульдері
- ...

12 V немесе 48 V DC

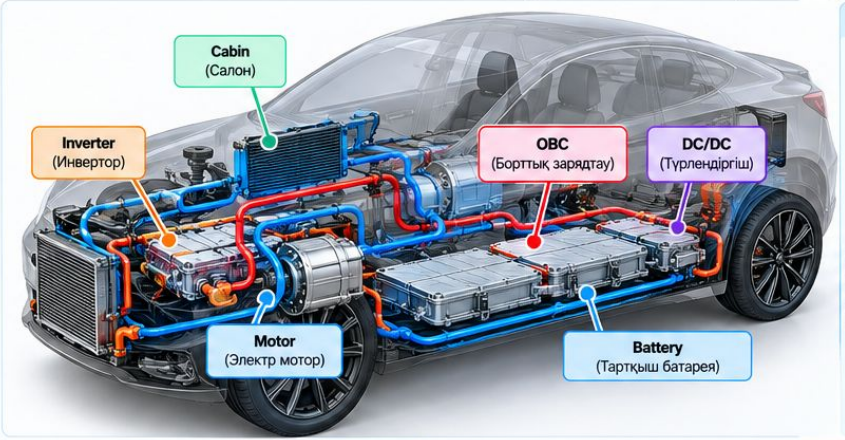
Нақты мәндер мысалы

Кіріс (HV)	Шығыс (LV)
Кернеу: 200 – 800 V	Кернеу: 12 V (немесе 48 V)
Ток: 5 – 30 A	Ток: 50 – 250 A
Қуат: 1 – 3 kW	Қуат: 0.6 – 3 kW

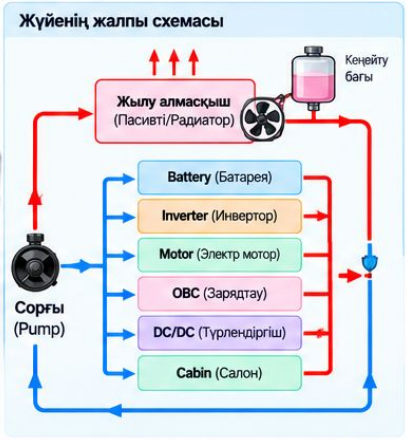


12. Thermal Management

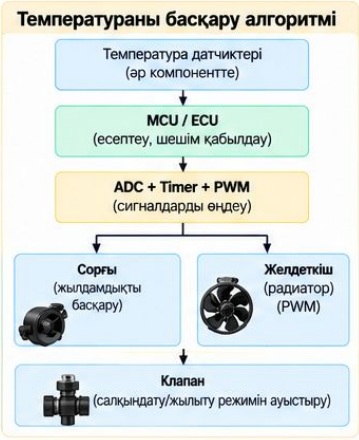
Электромобиль компоненттерінің температурасын үнемі бақылау керек.



Жүйенің жалпы схемасы



Температураны басқару алгоритмі



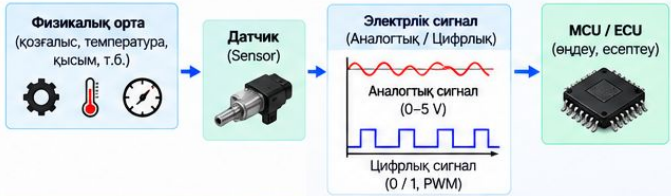
13. Электромобиль датчиктері (Sensors)

Датчиктер контроллерлерге автомобильдің физикалық жағдайын өздігінен алуға мүмкіндік береді.

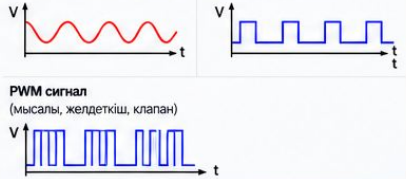
Негізгі датчиктер және мысалдары

Физикалық шама	Датчик мысалы	Көрінісі
Педаль күйі	Позиция сенсоры (APS)	
Температура	Температура сенсоры (NTC, PT1000)	
Ток	Ток сенсоры (Шунт, Hall-effect)	
Кернеу	Кернеу өлшеу тізбегі	
Жылдамдық	Жылдамдық сенсоры	
Ротор күйі	Resolver / Encoder	
Қысым	Қысым сенсоры	

Сигналдың жалпы принципі



Датчик сигналдарының түрлері



Датчиктер қайда қолданылады?

Battery (Батарея)
- Температура
- Кернеу (әр ұяшық)
- Ток
- Қысым (кейбір жүйелерде)



Motor (Электр мотор)
- Ротор күйі (Resolver)
- Температура
- Жылдамдық
- Ток



Inverter (Инвертор)
- Температура
- Ток
- Кернеу



OBC (Зарядтау)
- Температура
- Кернеу
- Ток



DC/DC (Түрлендіргіш)
- Температура
- Кернеу
- Ток



Cabin (Салон)
- Салон температурасы
- Күн сәулесі (опционал)
- CO_2 / ауа сапасы (опционал)

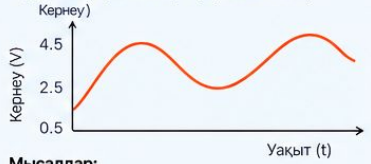


14. Аналогтық және цифрлық сигналдар

Датчик аналогтық сигнал бере алады, микроконтроллер оны ADC арқылы цифрлық мәнге түрлендіреді.

1. Аналогтық сигнал

Үздіксіз өзгеретін кернеу (0.5 – 4.5 V)



Мысалдар:

- Педаль позициясы (0.5–4.5 V)
- Температура, қысым, т.б.



Педаль датчигі
0.5 – 4.5 V



Температура датчигі (NTC, PT1000)

Аналогтық сигнал
(0.5 – 4.5 V)

2. Сигналдың микроконтролілерге дейінгі жолы (ADC)

Сигналды алдын ала өңдеу

- Сүзгілеу (фильтр)
- Кернеуді бөлу
- Қорғаныс (ESD)



ADC
Аналогтық → Цифрлық
Мысалы: 12 бит
(0 – 4095)

0.5 – 4.5 V
↓
0 – 4095

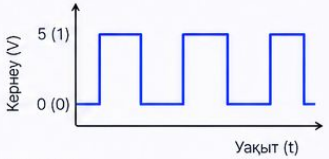
MCU
Цифрлық мәнді қабылдайды және өңдейді



Цифрлық мән
(0 – 4095)
··· ... 0110 0101 ···

3. Цифрлық сигнал

Екі ғана деңгей: 0 немесе 1



Мысалдар:

- Кнопка (ON/OFF)
- Hall датчигі (жылдамдық)
- CAN, SPI, UART (ақпарат алмасу)

15. Атқарушы құрылғылар — Actuators

Контроллер есептеген командаларды орындап, физикалық әрекетке өзгертугі орындайды.

Атқарушы құрылғының жалпы құрылымы

Басқару сигналы
(MCU / ECU)

↓

Сигнал драйвері

- PWM / ток драйвері
- Қуат күшейткіш
- Қорғаныс схемалары

↓

Атқарушы құрылғы
(мотор, клапан, реле, желдеткіш, т.б.)

↓

Физикалық әрекет
(қозғалыс, қосу/өшіру, салқындату, т.б.)

Атқарушы құрылғылардың түрлері мен мысалдары

Клапан (Valve)



- Салқындату жүйесі
- Қыздыру/жылыту
- Жолды ауыстыру

Басқару: PWM / ON-OFF

Реле / Контактор



- HV батареяны қосу
- Зарядтау контуры
- Жоғары токтар

Басқару: ON-OFF

Электр мотор (Fan)



- Радиатор желдеткіші
- Батарея салқындату
- Инвертор салқындату

Басқару: PWM

Электр мотор (Position)



- Дроссель (throttle)
- Клапандар
- Механизмдер позициясы

Басқару: PWM / Position

Сорғы (Pump)



- Салқындату сұйықтығы
- Масло, антифриз
- Батарея терморежимі

Басқару: PWM

Жылытқыш (Heater)

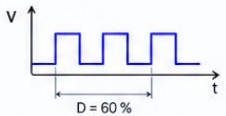


- Салон жылыту
- Батарея кондициялау
- PTC элементі

Басқару: PWM / ON-OFF

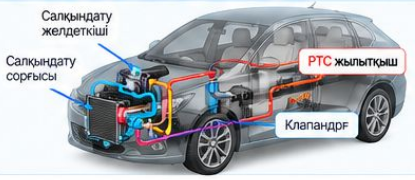
Жұмыс принципі (мысал – желдеткіш)





Жиілік: 100 Гц – 20 кГц

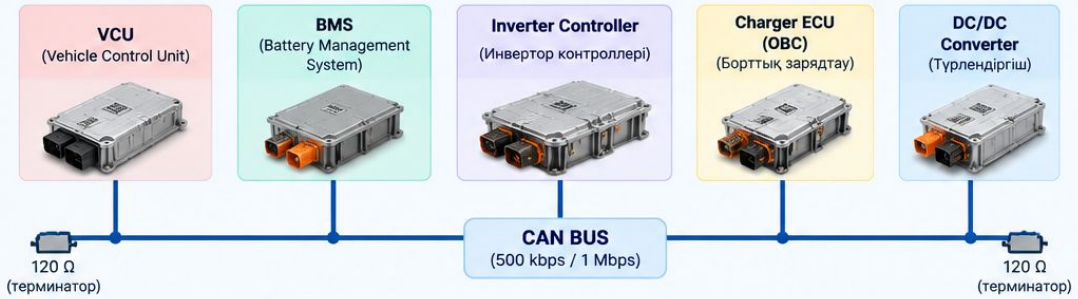
Автомобильдегі қолдану мысалдары



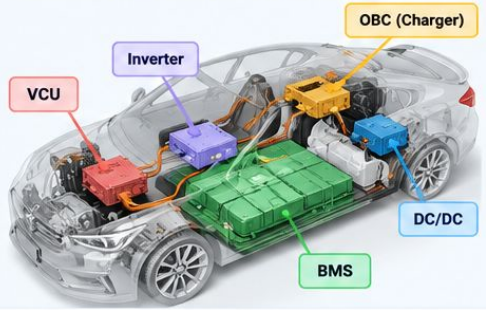
16. ECU блоктары бір-бірімен қалай байланысады?

Электромобильдегі электрондық басқару блоктары CAN шинасы арқылы бір-бірімен ақпарат алмасады.

1. Жүйенің жалпы байланыс схемасы



2. Автомобильдегі орналасуы (мысал)



3. ECU блоктары арасындағы ақпарат алмасу мысалдары (CAN)

BMS → VCU — Батареяның күйі туралы ақпарат



Параметр	Мысал мәні
SOC (заряд деңгейі)	72 %
Battery Temperature	31 °C
Pack Voltage	382 V
Current	120 A
Power Limits	Charge: 80 kW / Discharge: 200 kW
Fault Status	OK

Inverter Controller → VCU — Қозғалтқыштың жұмыс параметрлері



Параметр	Мысал мәні
Motor Speed	4500 rpm
Actual Torque	210 Nm
Inverter Temperature	65 °C
Phase Current	180 A
Fault Status	OK

CAN BUS

VCU → Inverter Controller — Басқару командалары



Параметр	Мысал мәні
Enable	ON
Torque Command	200 Nm
Speed Limit	6000 rpm
Operating Mode	Drive
Torque Ramp	Normal

VCU → Charger ECU (OBC) — Зарядтау командалары



Параметр	Мысал мәні
Charge Enable	ON
Target Current	32 A
Target Voltage	400 V
Charge Mode	AC Normal
Stop Command	OFF

DC/DC → VCU — Төмен кернеулі желі туралы ақпарат



Параметр	Мысал мәні
12 V Output Voltage	13.8 V
Output Current	45 A
Temperature	55 °C
Fault Status	OK

4. Негізгі интерфейс — CAN (Controller Area Network)

- Барлық ECU-лар бір CAN шинасына қосылады.
- Ақпарат хаттамалар (CAN frames) түрінде алмасады.
- Әр хабарламада ID (басымдылық), деректер және бақылау биттері болады.
- CAN — электромобильдің негізгі байланыс интерфейсі.

Embedded-бағдарламашы нақты нені бағдарламалайды?

Embedded-бағдарламашы бүкіл автомобильді бір бағдарлама арқылы басқармайды. Ол белгілі бір электрондық басқару блогының бағдарламалық қамтамасыз етуін әзірлейді.

Embedded-бағдарламашы тұрмыстық техникадан бастап медициналық жабдықтар мен өндірістік жүйелерге дейінгі "ақылды" құрылғыларға арналған бағдарламалық жасақтама жасайды. Оның міндеті — аппараттық құралдың сенімді жұмыс істеуі үшін микропроцессорлар мен перифериялық құрылғыларды тікелей басқаруды қамтамасыз ететін төмен деңгейлі C/ C ++ кодын жазу.

- Микроконтроллерлер үшін C/C++ тілінде төмен деңгейлі кодты жазу
- Перифериялық интерфейстермен жұмыс: UART, SPI, I2C, USB, CAN
- Нақты уақыттағы жүйелерді (RTOS) әзірлеу және конфигурациялау
- Жадты тұтыну және энергия тиімділігі бойынша бағдарламаларды оңтайландыру
- Электрондық компоненттермен және датчиктермен өзара әрекеттесу
- Жабдықты бағдарламалау және бағдарламашылардың көмегімен күйін келтіру
- Сынақ сценарийлерін жасау және құрылғылардың тұрақтылығын тексеру
- Күрделі жүйелерде ендірілген Linux үшін драйверлер мен модульдерді әзірлеу

Бақылау сұрақтары

1. Embedded System дегеніміз не?
2. MCU дегеніміз не?
3. ECU дегеніміз не?
4. MCU мен ECU арасындағы айырмашылық қандай?
5. Микроконтроллердің негізгі құрамдас бөліктерін атаңыз.
6. VCU қандай қызмет атқарады?
7. BMS не үшін қажет?
8. Inverter Controller қандай міндет атқарады?
9. OBC қандай қызмет атқарады?
10. DC/DC түрлендіргіші электромобильге не үшін қажет?
11. Датчиктердің негізгі қызметі қандай?
12. Атқарушы құрылғы дегеніміз не?
13. Неліктен электромобильде бірнеше ECU қолданылады?
14. CAN желісі не үшін қажет?
15. Жүргізуші акселератор педалін басқаннан кейін сигнал қандай кезеңдерден өтеді?
16. Embedded-бағдарламашы электромобильде қандай бағдарламалық функцияларды әзірлейді?
17. ADC қандай қызмет атқарады?
18. PWM не үшін қолданылады?
19. VCU, BMS және Inverter Controller бір-бірімен қалай байланысады?
20. Неліктен бағдарламалық қамтамасыз ету заманауи электромобильдің маңызды бөлігі болып табылады?