Электромобильдерге арналған микроконтроллер жүйелерін бағдарламалау

Дәуренов ӘД

Өткен тақырыптарға шолу және алдағы оқу бағыты

Біздің пәніміздің негізгі мақсаты — электромобильдің электрондық басқару жүйелерінің қалай жұмыс істейтінін және оларды микроконтроллерлер арқылы қалай бағдарламалауға болатынын түсіну.

Осы уақытқа дейін біз микроконтроллердің құрылысынан бастап, датчиктерден ақпарат алу және атқарушы құрылғыларды басқаруға дейінгі негізгі кезеңдерді қарастырдық.

Біз не үйрендік?

Дәріс	Тақырып	Нені үйрендік?
1	Электромобильдің микроконтроллерлік жүйелері	VCU, BMS, Inverter және басқа ECU блоктарының қызметін
2	Микроконтроллер архитектурасы	CPU, Flash, RAM, регистрлер және периферияльық модульдерді
3	Embedded C	Микроконтроллерге бағдарлама жазуды, компиляциялауды және жүктеуді
4	GPIO	Цифрлық сигналдарды қабылдау және шығаруды
5	ADC	Датчиктердің аналогтық сигналдарын цифрлық мәнге түрлендіруді
6	Timer және Interrupt	Уақытты басқаруды және оқиғаларға әрекет етуді
7	PWM	Желдеткіш, сорғы және басқа атқарушы құрылғыларды басқару принциптерін
8	UART, SPI, I²C	Микроконтроллердің датчиктермен және басқа электрондық құрылғылармен деректер алмасуын

Алдыңғы дәрістерде біз негізінен бір микроконтроллердің ішкі құрылымын, бағдарламалануын және сыртқы құрылғылармен жұмысын қарастырдық.

Енді маңызды сұрақ туындайды:
Егер электромобильде бірнеше микроконтроллер мен ECU болса, олар бір-бірімен қалай байланысады?

Мысалы, BMS аккумулятордың күйін бақылайды, VCU жүргізушінің сұранысын өңдейді, ал Inverter Controller электр қозғалтқышын басқарады.
Бұл құрылғылар бірлесіп жұмыс істеуі үшін өзара ақпарат алмасуы қажет.

Сондықтан бүгінгі 9-дәрісте CAN және CAN FD автомобильдік байланыс желілерін қарастырамыз.

Дәріс №9. Электромобильдегі CAN және CAN FD

Дәрістің мақсаты

Студенттерге электромобильдің электрондық басқару блоктары арасындағы
- деректер алмасу принциптерін,
- CAN және CAN FD желілерінің құрылымын,
- хабарламалардың берілуін,
- арбитражды және қателерді анықтау механизмдерін түсіндіру.

1. Электромобильде деректер алмасу не үшін қажет?

Қазіргі электромобильде көптеген электрондық басқару блоктары — ECU (Electronic Control Unit) жұмыс істейді.
Әрбір ECU белгілі бір жүйені басқарады, бірақ олардың барлығы бір-бірімен ақпарат алмасуы қажет.
Мысалы:

- VCU (Vehicle Control Unit) — электромобильдің жалпы жұмысын үйлестіреді.
- BMS (Battery Management System) — аккумулятордың күйін бақылайды.
- Inverter Controller — электр қозғалтқышын басқаруға қатысады.
- OBC (On-Board Charger) — аккумуляторды зарядтау процесін басқарады.
- Thermal Controller — салқындату және жылыту жүйелерін басқарады.

Мысалы, жүргізуші акселератор педалін басқанда VCU қажетті айналдыру моментін есептейді. Бірақ қозғалтқышқа қандай момент беруге болатыны аккумулятордың күйіне де байланысты.

Сондықтан VCU, BMS және инвертор контроллері өзара ақпарат алмасуы керек.

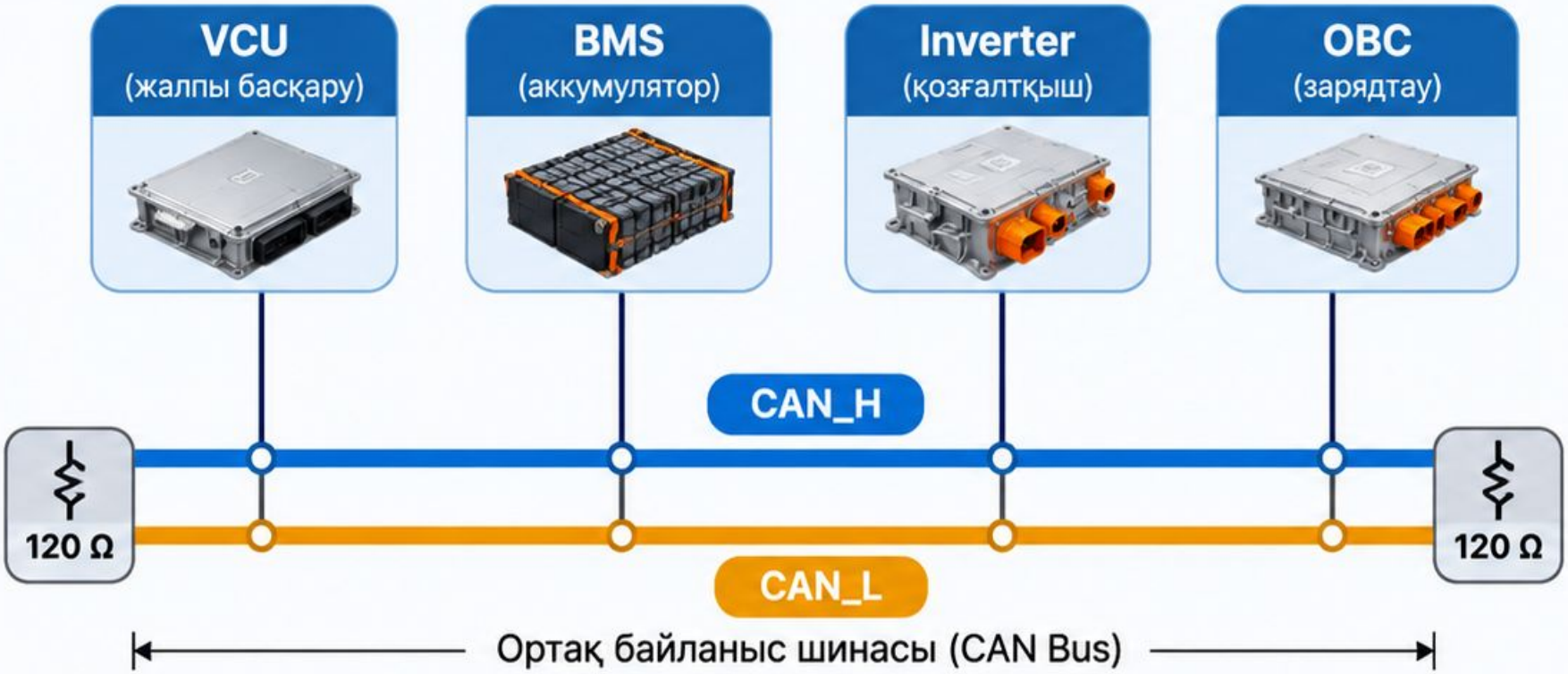
2. CAN дегеніміз не?

CAN (Controller Area Network) — микроконтроллерлер мен электрондық басқару блоктары арасында сенімді деректер алмасуды қамтамасыз ететін автомобильдік байланыс желісі.
CAN технологиясы автомобильдердегі көптеген электрондық құрылғыларды ортақ байланыс желісіне біріктіруге мүмкіндік береді.
CAN желісінің негізгі ерекшеліктері:

- Бір желіге бірнеше ECU қосыла алады.
- Деректер хабарламалар түрінде беріледі.
- Хабарламалар идентификаторлар (CAN ID) арқылы ажыратылады.
- Бірнеше құрылғы бір уақытта жіберуге әрекеттенсе, арбитраж қолданылады.
- Берілген деректердегі қателерді анықтау механизмдері бар.

Маңызды: CAN — деректер алмасу технологиясы. Ол CPU, ADC немесе Timer сияқты есептеу не өлшеу модулі емес, бірақ микроконтроллердің ішінде CAN Controller деп аталатын аппараттық перифериялық модуль болуы мүмкін.

Электромобильдің CAN желісі

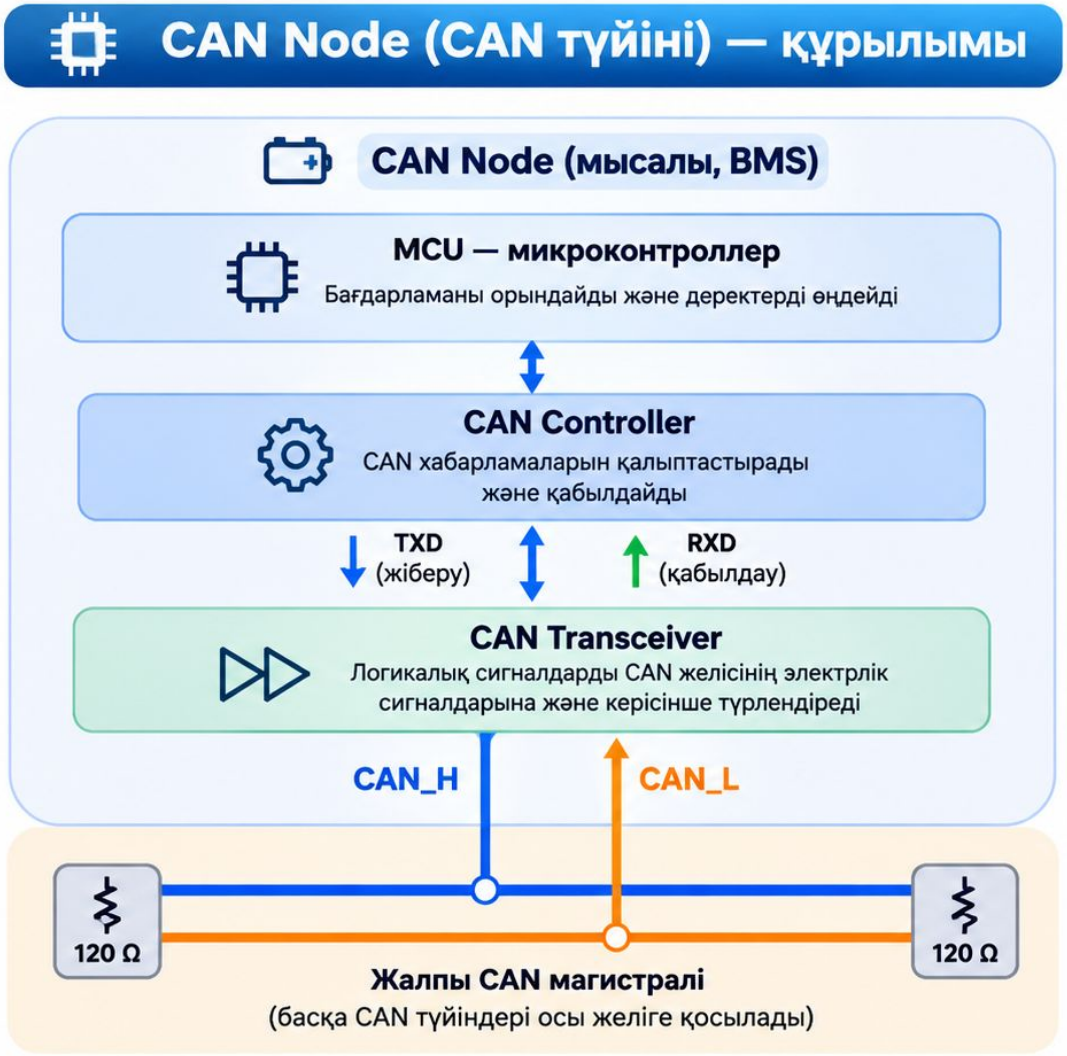


CAN Node (CAN түйіні) дегеніміз не?

CAN Node (CAN түйіні) — CAN желісіне қосылған және басқа құрылғылармен ақпарат алмасатын электрондық басқару құрылғылары.

Маңызды: CAN Node — CAN Controller немесе CAN Transceiver жанында орналасатын қосымша құрылғы емес. CAN Node — осы компоненттерді біріктіретін толық электрондық құрылғының атауы.

Мысалы, электромобильдегі VCU, BMS және инвертор контроллері — жеке CAN түйіндері бола алады.



CAN Node — жеке қосымша компонент емес, CAN желісіне қатысатын бүкіл құрылғының атауы.

CAN_H және CAN_L дегеніміз не?

CAN желісінде ақпаратты тасымалдау үшін екі сым қолданылады:

- CAN_H (High) — бірінші сигналдық сым.
- CAN_L (Low) — екінші сигналдық сым.

Бұл екі сым бірлесіп жұмыс істейді. Ақпарат олардың әрқайсысындағы кернеуге жеке қарап емес, екі сымның кернеулерінің айырмашылығы арқылы анықталады.

Дифференциалдық кернеу дегеніміз не?

Мысалы, классикалық жоғары жылдамдықты CAN желісінде:

Жағдай	CAN_H	CAN_L	Айырмашылық
Рецессивті (1)	≈2,5 В	≈2,5 В	≈0 В
Доминантты (0)	≈3,5 В	≈1,5 В	≈2 В

Яғни:

- Екі сымдағы кернеу шамамен бірдей болса — логикалық 1.
- CAN_H жоғарылап, CAN_L төмендесе — логикалық 0.

Бұл — жоғары жылдамдықты CAN-ның қалыпты жұмысын түсіндіретін қарапайым мысал.

Неліктен екі сым қолданылады?

Электромобильде қозғалтқыш, инвертор және басқа электр құрылғылары электромагниттік кедергілер тудыруы мүмкін.
Мысалы, сыртқы кедергі екі сымның кернеуін бірдей 0,5 В-қа көтерді делік:

- CAN_H: 3,5 В → 4,0 В
- CAN_L: 1,5 В → 2,0 В

Бірақ олардың айырмашылығы бұрынғыдай:
4,0-2,0=2,0 В

Демек, қабылдағыш ақпаратты дұрыс анықтай алады, өйткені ол екі сымның арасындағы кернеу айырмашылығына қарайды.
Бұл әдіс **дифференциалдық сигнал беру** деп аталады.

120 Ом терминатор не үшін қажет?

CAN сымымен электрлік сигнал таралған кезде, ол сымның соңына жетіп, кері шағылуы мүмкін.
Мұны арқанмен толқын жіберуге ұқсатуға болады: толқын арқанның шетіне жеткенде кері қайтуы мүмкін.

Электрлік сигнал да осылай шағылса, басқа сигналдарға кедергі келтіріп, ақпаратты қате қабылдауға себеп болуы мүмкін.

120 Ом терминатордың міндеті — сигналдың кері шағылуын азайту.
Сондықтан классикалық жоғары жылдамдықты CAN магистралінің екі шетіне әдетте бір-бірден 120 Ом резистор қойылады. Олар сымның сипаттамалық кедергісіне сәйкестендіру үшін таңдалады.

Екі терминатор болса, жалпы кедергі қанша?

Екі 120 Ом резистор параллель қосылғандықтан:

$$R = \frac{120 \times 120}{120 + 120} = 60\ \Omega$$

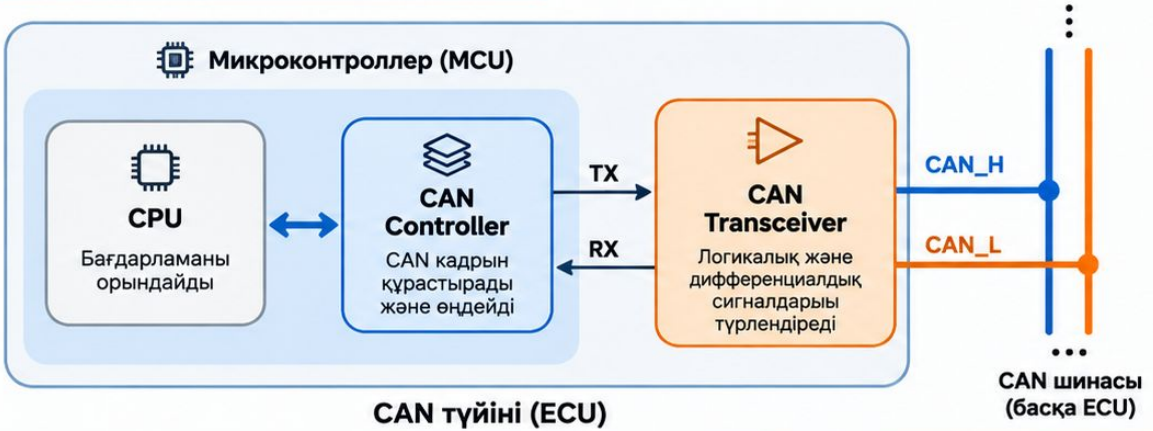
Сондықтан CAN желісінің қорегі өшірілген кезде CAN_H пен CAN_L арасындағы кедергіні мультиметрмен өлшесек, дұрыс терминаторланған әдеттегі желіде шамамен 60 Ом көруге болады.

Яғни, екі сым ақпаратты сенімді жеткізуге көмектеседі, ал терминаторлар сигналдың сапасын сақтайды.

! CAN желісіне 10 түйін қосылса, әрқайсысына жеке терминатор қажет емес. Классикалық жоғары жылдамдықты CAN желісінің негізгі магистралінің екі шетіне әдетте екі 120 Ом терминатор орнатылады.

CAN Controller және CAN Transceiver: рөлдері мен байланысы

CAN түйіні (ECU) — құрылымдық сызба



CAN Controller дегеніміз не?

CAN хабарламаларын қалыптастыратын, қабылдайтын және CAN протоколының ережелерін орындайтын аппараттық модуль (көбіне микроконтроллердің ішінде болады).

CAN Transceiver дегеніміз не?

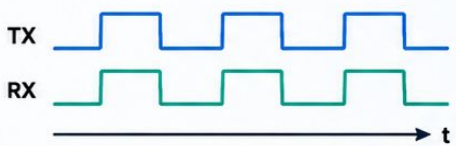
CAN Controller-дің логикалық сигналдарын (TX, RX) физикалық CAN_H және CAN_L сигналдарына түрлендіретін құрылғы.

Негізгі қорытынды

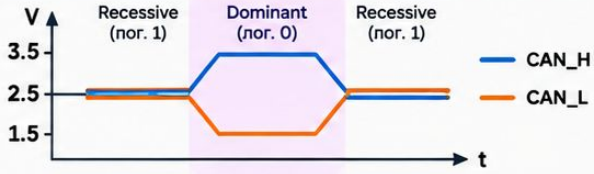
CAN Controller — протокол деңгейіндегі өңдеу, ал CAN Transceiver — физикалық байланыс деңгейіндегі түрлендіру.

Сигналдардың түрлері

Логикалық сигналдар (MCU ↔ Transceiver)



Физикалық CAN сигналдары (CAN_H және CAN_L) — дифференциалдық



Мысал: STM32F103C8T6



- ✓ Ішінде CAN Controller бар (bxCAN).
- ✗ CAN Transceiver жоқ — сыртқы құрылғы керек.
- ⓘ Бұл микроконтроллер Classic CAN-ды қолдайды, CAN FD-ны қолдамайды.

CAN_TX және CAN_RX дегеніміз не?

TX (Transmit) — деректерді жіберуге арналған сигнал.
RX (Receive) — деректерді қабылдауға арналған сигнал.

CAN Controller деректерді TX арқылы CAN Transceiver-ге береді,
ал RX арқылы CAN Transceiver-ден сигнал қабылдайды.

CAN Controller-дің TX және RX шығыстарын CAN_H және CAN_L сымдарына тікелей қосуға болмайды. Олардың арасында әдетте CAN Transceiver қажет.

Деректер алмасу процесі

Дерек жіберу кезінде:

1. CAN Controller деректерді дайындайды.
2. TX арқылы логикалық сигналды CAN Transceiver-ге жібереді.
3. CAN Transceiver оны CAN_H және CAN_L желілеріндегі дифференциалдық сигналға түрлендіреді.
4. Сигнал CAN желісіндегі басқа құрылғыларға жетеді.

Дерек қабылдау кезінде:

1. CAN Transceiver CAN_H және CAN_L желілеріндегі сигналды қабылдайды.
2. Оны логикалық сигналға түрлендіреді.
3. RX арқылы CAN Controller-ге жібереді.
4. CAN Controller қабылданған биттерді өңдейді.

CAN Controller — ақпаратты дайындайтын және өңдейтін құрылғы.

CAN Transceiver — логикалық TX/RX сигналдарын CAN_H/CAN_L сигналдарына және керісінше түрлендіретін құрылғы.

CAN_H және CAN_L — ақпаратты автомобильдегі басқа контроллерлерге жеткізетін екі сым.

CAN Message дегеніміз не?

CAN Message (CAN хабарламасы) — CAN желісі арқылы бір электрондық құрылғыдан басқа құрылғыларға жіберілетін ақпарат.

Мысалы, электромобильдің BMS жүйесі аккумулятор туралы мынадай ақпараттарды жібере алады:

- Аккумулятор заряды — 75%.
- Аккумулятор температурасы — 35 °C.
- Аккумулятор кернеуі — 350 В.

CAN желісінде мұндай ақпараттар **арнайы форматтағы хабарламалар арқылы беріледі.**

CAN Frame (кадр) — сол ақпаратты CAN желісі арқылы тасымалдауға арналған нақты форматталған құрылым. Frame сөзі «қаңқа», «құрылым» деген мағыналарды білдіреді.

Яғни, CAN желісінде ақпарат арнайы құрылымы бар CAN кадрлары (CAN Frames) арқылы беріледі.

CAN кадры хабарлама идентификаторынан (CAN ID), деректер өрісінен (Data) және ақпараттың дұрыс берілуін қамтамасыз етуге арналған қызметтік өрістерден тұрады.

Қарапайым тілмен айтқанда, кадр — ақпарат салынған және арнайы тәртіппен рәсімделген электрондық қаптама.

Мысалы, пошта арқылы хат жібергенде:

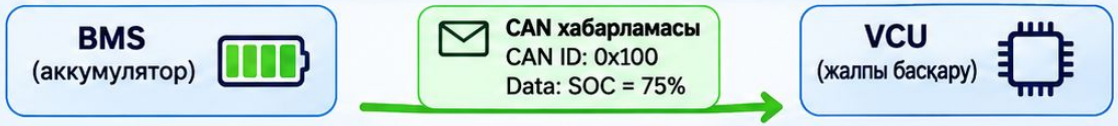
- Хаттың ішінде негізгі ақпарат болады.
- Конвертте жеткізуге қажетті мәліметтер көрсетіледі.
- Барлығы белгілі бір тәртіппен рәсімделеді.

CAN кадры (Frame): құрылымы және мысалы

CAN кадры дегеніміз не?

Бұл — CAN желісінде берілетін хабарламаның стандартталған құрылымы.

Мысал: BMS аккумулятордың зарядын (SOC = 75%) VCU-ға жібереді.



Классикалық CAN (Classic CAN) деректер кадрының құрылымы



Өрістердің қызметі

Өріс	Қызметі
SOF	Кадрдың басталғанын көрсетеді.
Identifier (ID)	Хабарламаны анықтайды және басымдығын белгілейді (арбітраж кезінде қолданылады).
Control	Кадр түрі мен деректер ұзындығы (DLC) туралы ақпарат береді.
Data	Нақты жіберілетін деректерді сақтайды (0–8 байт).
CRC	Деректерді беру кезіндегі қателерді анықтауға көмектеседі.
ACK	Қабылдаушы түйіннің кадрды дұрыс алғанын растауын көрсетеді.
EOF	Кадрдың аяқталғанын көрсетеді.

Нақты мысал: BMS → VCU (SOC = 75%)

CAN ID: 0x100 | **DLC:** 1 байт | **Data:** 0x4B (75_{10})

Кадрдың (жеңілдетілген) биттік көрінісі:

SOF	Identifier (0x100)	Control (DLC = 1)	Data (0x4B)	CRC	ACK	EOF
0	001 0000 0000	000001	0100 1011	...	..	111 1111

Қарапайым түсіндіру үшін CAN хабарламасының екі негізгі бөлігін қарастырайық:

1. Identifier (ID) — хабарламаның идентификаторы.
2. Data — хабарламаның деректері.

Мысалы, біз CAN жүйесін жобалағанда мынадай ереже қабылдадық делік:

- ID = 0x180 — аккумулятордың заряд деңгейі туралы хабарлама.
- Data = 0x4B — ондық жүйеде 75, яғни заряд деңгейі 75%.

Неліктен CAN желісінде құрылғының мекенжайы емес, хабарлама идентификаторы қолданылады?

BMS хабарламаны тікелей VCU мекенжайына жібермейді. Ол хабарламаны ортақ CAN желісіне шығарады.

Содан кейін:

1. VCU 0x180 идентификаторын таниды.
2. Осы хабарламадағы деректерді оқиды.
3. Аккумулятор заряды 75% екенін анықтайды.
4. Inverter Controller бұл хабарламаны пайдаланбаса, оны елемейді.

Яғни, CAN желісінде «Хабарлама кімге арналған?» дегеннен гөрі «Бұл қандай ақпарат?» деген қағида маңызды.

Студенттерге қарапайым мысал

CAN желісін бір аудиторияға ұқсатуға болады.

Оқытушы аудиториядағы барлық студентке:
«Аккумулятор заряды — 75%!» — деп хабарлайды.

Бұл ақпаратты барлығы естиді. Бірақ оны тек аккумулятор зарядын бақылауға жауапты студенттер пайдаланады.

CAN желісінде де дәл осылай:

- BMS — хабарламаны жіберетін құрылғы.
- CAN_H және CAN_L — хабарламаны жеткізетін байланыс желісі.
- CAN ID — хабарламаның қандай ақпаратқа қатысты екенін анықтауға көмектеседі.
- Data — хабарламадағы нақты ақпарат.
- VCU — қажетті хабарламаны қабылдап, өңдейтін құрылғы.

Қорытынды: CAN желісінде құрылғылар бір-біріне жеке мекенжай арқылы ғана ақпарат жібермейді. Олар ортақ желіге идентификаторы бар хабарламаларды таратады. Әрбір CAN түйіні өзіне қажетті хабарламаларды таңдап, олардың деректерін өңдейді.

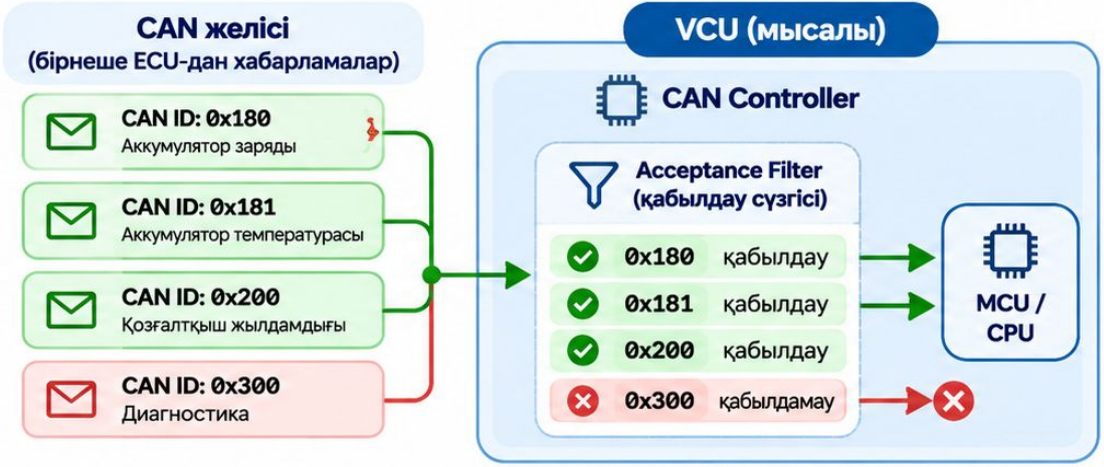
Acceptance Filter (қабылдау сүзгісі)

Acceptance Filter дегеніміз не?

CAN Controller ішіндегі механизм, ол CAN желісіндегі хабарламалардың ішінен тек қажеттілерін қабылдауға мүмкіндік береді.

Мақсаты

Микроконтроллерге тек қажетті ақпаратты өткізіп, артық хабарламаларды қабылдамау.



Мысал: VCU үшін қабылдау сүзгісі

CAN ID	Ақпарат	VCU әрекеті
0x180	Аккумулятор заряды (SOC)	Қабылдайды
0x181	Аккумулятор температурасы	Қабылдайды
0x200	Қозғалтқыш жылдамдығы	Қабылдайды
0x300	Басқа құрылғының диагностикасы	Қажет болмаса елемейді

Жұмыс принципі



Нәтиже

- Микроконтроллер тек өзіне қажетті хабарламаларды өңдейді.
- Жүйенің жүктемесі азайып, жұмысы тиімді болады.

CAN Arbitration (CAN арбитражы)

CAN арбитражы дегеніміз не?

Бір уақытта бірнеше түйін хабарлама жібергенде, қайсысының жіберуді жалғастыратынын анықтайтын механизм.

Мақсаты

Хабарламалардың басымдылығы (Priority) бойынша әділ және сенімді қолжетімділікті қамтамасыз ету.

Негізгі қағида

CAN ID неғұрлым кіші болса, хабарламаның басымдығы жоғары (жеңеді).

Мысал: екі түйін бір уақытта жібереді



Арбитраж процесі (биттік деңгейде)

Бит нөмірі (Identifier, 11 бит)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
BMS (0x100)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
VCU (0x200)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Алғашқы айырмашылық (бит 9)

BMS (0x100) — жалғастырады
Бит 9-да 0, яғни басымдығы жоғары.

VCU (0x200) — тоқтатады
Бит 9-да 1, яғни басымдығы төмен, және желіні босатады.

Жалпы алгоритм

1. Бірнеше түйін бір уақытта жібереді
2. Identifier биттері салыстырылады (биттен-битке)
3. 0 басым (0 = dominant, 1 = recessive)
4. Кіші CAN ID бар хабарлама жеңіп, жіберуді жалғастырады

Нәтиже

- Алдымен **0x100 (BMS)** хабарламасы беріледі.
- Одан кейін желі босайғанда 0x200 (VCU) жабарламасы беріледі.

Арбитраж — бірнеше CAN түйіні бір уақытта хабарлама жіберуге әрекеттенген кезде, қай хабарлама бірінші берілетінін анықтайтын механизм.

CAN желісінде екі логикалық күй қолданылады:

- Dominant bit — 0
- Recessive bit — 1

Dominant 0 күйі recessive 1 күйінен басым болады.

CAN желісіндегі қателерді анықтау және өңдеу

Неліктен маңызды?

Автомобильдегі CAN желісінде деректердің дұрыс берілуін бақылап, қателерді дер кезінде анықтау жүйенің сенімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

Жұмыс принципі

CAN протоколы хабарламаның дұрыстығын тексеру үшін бірнеше механизмді қатар қолданады.

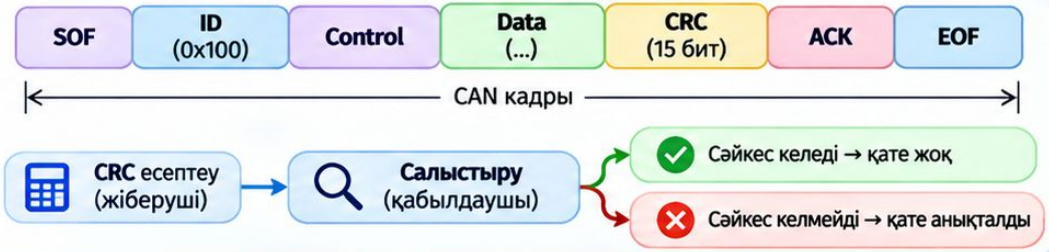
Bus-Off дегеніміз не?

CAN түйіні қателер саны белгіленген шектен асқанда, желіден уақытша ажыратылады (Bus-Off күйі).

CAN қателерін анықтау механизмдері

Механизм	Қызметі
CRC Check	Деректердің бұзылуын анықтауға көмектеседі.
Bit Monitoring	Жіберілген және шинада байқаған биттерді салыстырады.
Bit Stuffing Check	Биттерді енгізу ережесінің сақталуын тексереді.
Frame Check	Кадр құрылымындағы қателерді анықтайды.
ACK Check	Қабылдауды растаудың бар-жоғын тексереді.

Мысал: CRC арқылы қатені анықтау



Қатені басқару күйлері

Error Active
Қалыпты жұмыс, қателерді белсенді анықтау.

→

Error Passive
Қателер көбейді, бірақ түйін желіде қалады.

→

Bus-Off
Қателер шегі асып кетті, түйін желіден ажыратылады.

Нәтиже

CAN қателерді автоматты түрде анықтап, жүйенің тұрақты және қауіпсіз жұмысын қамтамасыз етеді.

CAN FD (CAN with Flexible Data-Rate)

CAN FD дегеніміз не?

Классикалық CAN технологиясының кеңейтілген нұсқасы.

Мақсаты

Бір кадрда көбірек дерек тасымалдау және деректер бөлігін жоғарырақ жылдамдықпен жіберу.

CAN FD екі мүмкіндік береді:

1. Бір кадрда көбірек дерек тасымалдау.
2. Кадрдың деректер бөлігін жоғарырақ жылдамдықпен беру мүмкіндігі.

CAN және CAN FD салыстыру

Параметр	Classic CAN	CAN FD
Деректер көлемі	0–8 байт	0–64 байт
Номиналды бит жылдамдығы	Әдетте 1 Мбит/с дейін	Арбитраж фазасында номиналды жылдамдық
Деректер фазасының жылдамдығы	Бірдей номиналды жылдамдық	Жоғары жылдамдыққа ауыса алады
CRC	Классикалық CAN механизмі	Кеңейтілген қорғау механизмдері
Қолданылуы	Кәдімгі ECU байланысы	Көбірек дерек қажет ететін жүйелер

CAN FD кадрының құрылымы



Бір кадрдағы деректер көлемі



CAN FD бір кадрда Classic CAN-ға қарағанда 8 есе көп дерек тасымалдай алады.

Қорытынды

- CAN FD деректер фазасында бірнеше Мбит/с жылдамдыққа жетуі мүмкін, бірақ нақты мәні контроллерге, трансиверге, желінің ұзындығына және конфигурациясына байланысты.
- CAN FD желісін қолдану үшін оған қатысатын құрылғылардың CAN FD режимін қолдауы қажет. Классикалық CAN контроллері CAN FD кадрын қалыпты классикалық CAN кадры ретінде өңдей алмайды.

CAN FD кадрының ерекшеліктері

CAN FD кадрында классикалық CAN-мен салыстырғанда қосымша мүмкіндіктер бар.

FDF (FD Format) — кадрдың CAN FD форматында екенін білдіреді.

BRS (Bit Rate Switch) — кадрдың деректер фазасында жоғарырақ бит жылдамдығына ауысуды көрсетеді.

ESI (Error State Indicator) — жіберуші түйіннің қате күйіне қатысты ақпарат береді.

CAN FD-де арбитраж фазасы номиналды бит жылдамдығымен беріледі. Егер BRS қолданылса, деректер фазасында жоғарырақ жылдамдық пайдаланылуы мүмкін.

CAN байланысын іске қосу: негізгі кезеңдер

Жалпы ақпарат

CAN байланысын іске қосу үшін микроконтроллерде бірнеше параметр бапталады.

Негізгі кезеңдер

1. CAN модулінің тактілік сигналын іске қосу.
2. CAN интерфейсінің GPIO пиндерін баптау.
3. Бит жылдамдығы мен уақыттық параметрлерді орнату.
4. Қабылдау сүзгілерін (Filters) баптау.
5. CAN Controller-ді іске қосу.
6. Хабарламаларды жіберу және қабылдау.
7. Қателер мен байланыс күйін бақылау.

Іске қосу процесінің сызбанұсқасы



STM32F103C8T6 мысалында



CAN контроллері	Бұл микроконтроллерде классикалық **bxCAN Controller** бар.
Classic CAN	Classic CAN байланысын қолдайды.
CAN FD	CAN FD қолдамайды.

Қорытынды

Сондықтан STM32F103C8T6 арқылы Classic CAN протоколын зерттеуге болады. CAN FD мүмкіндіктерін аппараттық деңгейде зерттеу үшін CAN FD қолдайтын басқа микроконтроллер қажет.

CAN, LIN және Automotive Ethernet

Технология	Негізгі ерекшелігі	Қолдану мысалы
CAN	Сенімді хабарламалық байланыс	VCU, BMS, ECU
CAN FD	Көбірек дерек және жоғарырақ деректер фазасының жылдамдығы	Заманауи ECU жүйелері
LIN	Қарапайым, төмен жылдамдықты және арзан байланыс	Есік, орындық, қарапайым атқарушы құрылғылар
Automotive Ethernet	Жоғары өткізу қабілеті	Камералар, орталық есептеу жүйелері, диагностика

Дәрістің қорытындысы

CAN және CAN FD — электромобильдің электрондық басқару блоктары арасындағы деректер алмасуды ұйымдастыратын маңызды технологиялар.

CAN желісінде ECU құрылғылары хабарламалар арқылы ақпарат алмасады. CAN Controller протоколды өңдейді, ал CAN Transceiver физикалық сигналдарды CAN_H және CAN_L желілеріне береді.

CAN хабарламалары идентификаторлар арқылы ажыратылады. Арбитраж бірнеше құрылғы бір уақытта жіберуге әрекеттенгенде басымдықты анықтайды. CAN FD классикалық CAN-мен салыстырғанда бір кадрда көбірек дерек тасымалдауға және деректер фазасында жоғарырақ жылдамдық қолдануға мүмкіндік береді.

Электромобильде CAN желісі VCU, BMS, инвертор контроллері, зарядтау және жылулық басқару жүйелерінің өзара әрекеттесуіне қатысады.

Бақылау сұрақтары

CAN дегеніміз не?
Электромобильде CAN желісі не үшін қолданылады?
ECU және CAN Node айырмашылығы қандай?
CAN Controller қандай қызмет атқарады?
CAN Transceiver не үшін қажет?
CAN_H және CAN_L дегеніміз не?
CAN Frame қандай бөліктерден тұрады?
Standard CAN ID және Extended CAN ID айырмашылығы қандай?
Арбитраж дегеніміз не?
Dominant және Recessive биттерінің айырмашылығы қандай?

Бақылау сұрақтары

CAN желісінде CRC не үшін қолданылады?
Bus-Off күйі дегеніміз не?
Classic CAN кадрында қанша байт дерек беріледі?
CAN FD кадрында қанша байт дерек беріледі?
CAN FD-дегі BRS не үшін қажет?
STM32F103C8T6 CAN FD қолдай ма?
VCU мен BMS қандай ақпарат алмасуы мүмкін?
CAN хабарламасының Timeout жағдайы нені білдіреді?
CAN және LIN айырмашылығы қандай?
CAN желісінде киберқауіпсіздік неге маңызды?