АэМҚ

Дәуренов ӘД

Дәріс №4. Сигнал түрлендіргіштер

Алдыңғы дәрісте келесі ұғымдар қарастырылды:

- сенсор және датчик ұғымдары;
- датчиктің автоматты басқару жүйесіндегі рөлі;
- датчиктердің классификациясы;
- аналогтық, дискреттік және цифрлық датчиктер;
- контактілі және контактісіз датчиктер;
- датчиктердің негізгі сипаттамалары: өлшеу диапазоны, сезімталдық, өлшеу қателігі, ажыратымдылық, сызықтылық және жауап беру уақыты.

Біз, **датчик** физикалық объектінің күйі туралы ақпаратты алатынын және өлшенетін шаманы **сигналға түрлендіретінін** анықтадық.



Бірақ келесі сұрақ туындайды:

> **Контроллер датчиктен алынған кез келген сигналды тікелей пайдалана ала ма?**

Әрдайым емес.

Сондықтан датчик пен басқару жүйесінің арасында көбінесе **сигналды түрлендіру, нормалау, күшейту, сүзу немесе цифрлау** қажет болады.

1. Сигнал түрлендіргіш деген не?

Сигнал түрлендіргіш — кіріс сигналын бір түрден немесе бір диапазоннан басқа түрге немесе басқа диапазонға түрлендіруге арналған құрылғы. Ол басқару жүйесінде өлшеу, беру, өңдеу және пайдалану үшін сигналды қажетті формаға келтіреді.

Жалпы құрылымы:

СИГНАЛ ТҮРЛЕНДІРГІШ

Кіріс сигнал
X
(мысалы, 0–10 В, температура, Pt100 және т.б.)



Шығыс сигнал
Y
(мысалы, 4–20 мА, 0–10 В, сандық код)

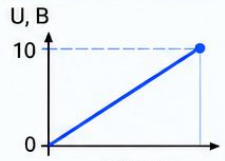
Жалпы түрде:

$$X \rightarrow Y$$

Мысал 1. Кернеуді токқа түрлендіру

0 – 10 В → 4 – 20 мА

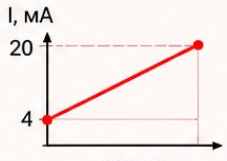
Кіріс сигнал
0 – 10 В





Сигнал түрлендіргіш

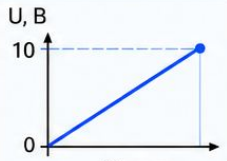
Шығыс сигнал
4 – 20 мА

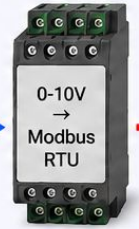


Мысал 2. Кернеуді сандық кодқа түрлендіру

0 – 10 В → сандық код

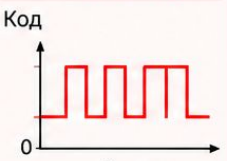
Кіріс сигнал
0 – 10 В





Сигнал түрлендіргіш (АЦП)

Шығыс сигнал
Сандық код



Қорытынды: Сигнал түрлендіргіш датчиктің сигналын контроллердің немесе басқару жүйесінің талаптарына сәйкес келтіреді, оның формасын, диапазонын немесе типін (аналогтық ↔ сандық) өзгертеді.

2. Неліктен сигнал түрлендіргіш қажет?

Қарапайым мысал арқылы қарастырайық. Сигнал түрлендіргіш датчиктен алынған бастапқы сигналды стандартты сигналға түрлендіру үшін қажет, ол контроллерге беруге ыңғайлы.

Физикалық шама



Температура, қысым, деңгей, шығын және т.б.

Датчик



Физикалық шаманы электрлік шамаға түрлендіреді (мысалы, кедергі, мВ).

Бастапқы сигнал



Мысалы, кедергі (Ω), мВ және т.б.

Сигнал түрлендіргіш



Бастапқы сигналды стандартты сигналға түрлендіреді (4–20 мА, 0–10 В, сандық код және т.б.).

Стандартты сигнал



4 – 20 мА, 0 – 10 В, сандық код

Контроллер / PLC



Стандартты сигналды қабылдайды және өңдейді.

Мысал: температураны Pt100 арқылы өлшеу

Температура



Мысалы, 0 ... 150 °C

Pt100 датчигі



Температураға байланысты кедергісі өзгереді.

Бастапқы сигнал



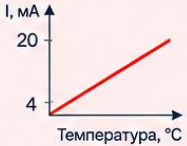
Кедергі (Ω) (Pt100: 0 °C-та 100 Ω).

Өлшеу түрлендіргіші



Кедергідегі өзгерісті стандартты сигналға түрлендіреді (4 – 20 мА).

Стандартты сигнал 4 – 20 мА



Мысалы, 0 °C → 4 мА 100 °C → 20 мА

PLC (контроллер)



4 – 20 мА сигналын қабылдайды және температураның мәнін анықтап, өңдеу және басқару жұмыстарын орындайды.

Қорытынды: Сигнал түрлендіргіш датчик сигналын контроллердің талаптарына сәйкестендіру үшін қажет, өйткені өндірістік контроллерлер көбінесе стандартты сигналдармен жұмыс істейді (4 – 20 мА, 0 – 10 В, сандық сигналдар).

3. Датчик пен сигнал түрлендіргіштің айырмашылығы неде?

Датчик	Сигнал түрлендіргіш
Өлшенетін физикалық шаманы қабылдайды	Бұрыннан бар сигналды қабылдайды
Өлшенетін процесспен тікелей байланысты	Сигналды әрі қарай пайдалануға дайындайды
Температура → кедергі	Кедергі → 4–20 мА
Қысым → электрлік параметр	0–10 В → 4–20 мА

4. САУ-да сигналға не болады?

Датчиктің сигналы көбінесе бірнеше кезеңнен өтіп, алдын ала өңдеуден кейін PLC / микроконтроллерге түседі.

1. Датчик



Физикалық шаманы электрлік сигналға түрлендіреді (мысалы, Pt100, 0–10 В, мВ және т.5..).

2. Әлсіз / стандартты емес сигнал



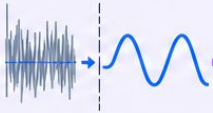
Датчиктен келетін сигнал әлсіз, шуы бар немесе стандартты емес болуы мүмкін (мысалы, мВ, жоғары кедергі және т.5..).

3. Күшейту



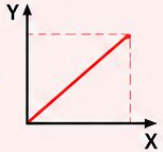
Сигналды қажетті деңгейге дейін күшейту.

4. Сүзу (фильтрация)



Шуды жою және сигналды тегістеу (аналогтық немесе цифрлық фильтр).

5. Нормалау



Сигналды стандартты диапазонға түрлендіру (мысалы, 0–10 В немесе 4–20 мА).

6. Түрлендіру



Қажет болған жағдайда аналогтық сигналды цифрлық кодқа түрлендіру.

7. PLC / микроконтроллер

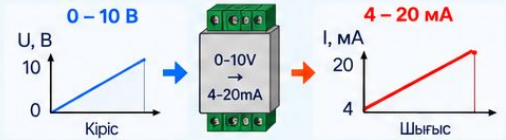


Стандартты сигналды қабылдайды және одан әрі өңдеп, басқару әрекетін орындайды.

5. Сигнал түрлендіргіштердің негізгі функциялары

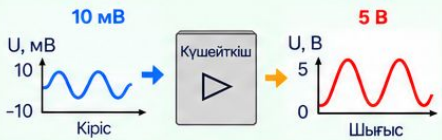
Сигнал түрлендіргіштер келесі негізгі функцияларды орындай алады:

1. Сигнал диапазонын өзгерту



Мысалы: 0 – 10 В → 4 – 20 мА

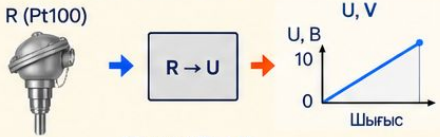
2. Күшейту



Мысалы: 10 мВ → 5 В

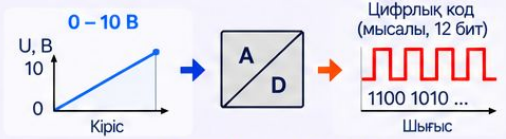
3. Физикалық шаманы түрлендіру

(мысалы, кедергі → кернеу)



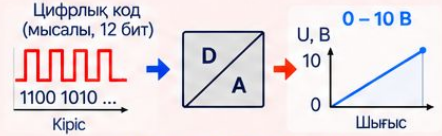
Мысалы: R → U

4. Аналогтық-цифрлық түрлендіру



Мысалы: U → цифрлық код

5. Цифрлық-аналогтық түрлендіру



Мысалы: цифрлық код → U

6. Гальваникалық оқшаулау



Жүйенің әр бөліктерін электрлік түрде оқшаулау.

6. Гальваникалық оқшаулау

1. Бұл не?

Гальваникалық оқшаулау — екі электрлік тізбектің арасында электрлік байланыс болмай, сигналды беру тәсілі.



2. Мысал: бізде датчик және PLC бар



3. Сигнал қалай беріледі?

Ол үшін басқа физикалық тәсіл қолданылады. Мысалы, оптикалық, трансформаторлық және т.б.



4. Автоматикада неге қажет?

Өнеркәсіптік жүйені қарастырайық:



Өнеркәсіптік ортада шу, потенциалдар айырмашылығы, жерлендіру қателіктері және басқа да кедергілер пайда болады.

Гальваникалық оқшаулау жүйенің бір бөлігін екінші бөліктің теріс әсерінен қорғайды және жұмыстың сенімділігін арттырады.

5. Оқшаулағыш түрлендіргіш орнатамыз



4–20 мА сигналы тек электрлік емес, екі тараптан бөлінген түрде беріледі.

6. Студенттерге арналған түсіндірме

Гальваникалық оқшаулау — екі тізбекті электрлік тұрғыда бөлу арқылы олардың арасында сигналды байланыстыру тәсілі. Ол электрлік контактсіз беріледі. Өнеркәсіптік жабдықтарды қорғау және электрлік кедергілердің әсерін азайту үшін қолданылады.

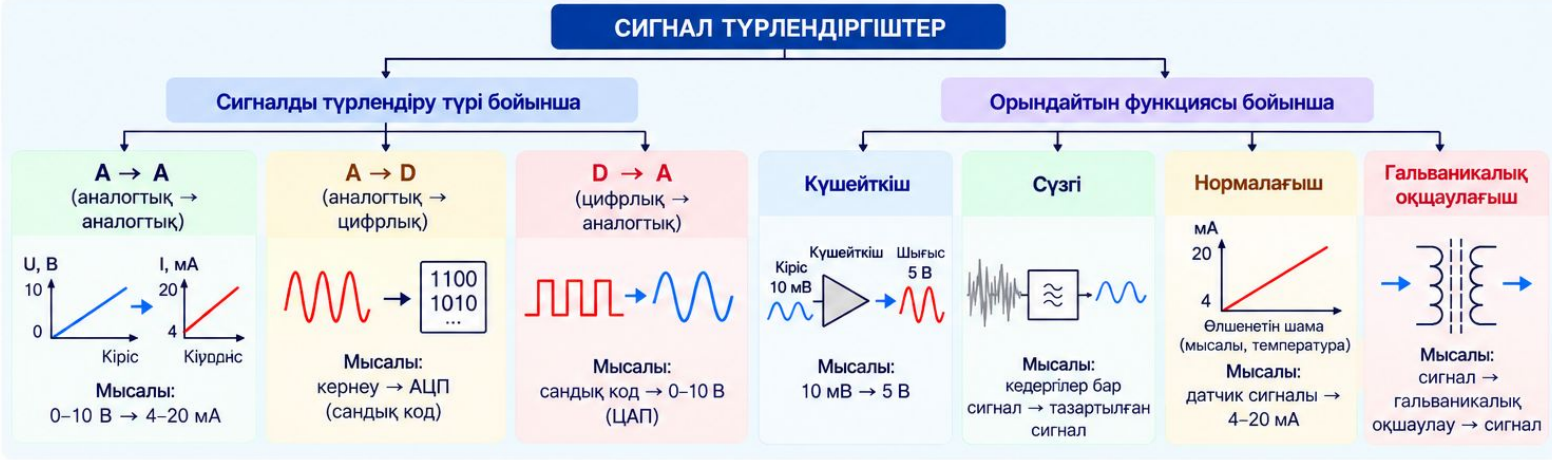
Маңызды:

Датчик пен PLC бір контурда болғанның өзінде, ішкі жағында гальваникалық оқшаулау болуы мүмкін (оптопара, трансформатор, оқшаулағыш күшейткіш және т.б.), мысалы:

- оқшаулағыщ түрлендіргіштер (0–10 В, 4–20 мА);
- АЦП және ЦАП.

Сигнал түрлендіргіштердің қлассификациясы

Классификация белгісі	Түрлері	Мысал
Сигналды түрлендіру түрі бойынша	Аналогтық → аналогтық	0–10 В → 4–20 мА
	Аналогтық → цифрлық	кернеу → сандық код (АЦП)
	Цифрлық → аналогтық	сандық код → 0–10 В (ЦАП)
Орындайтын функциясы бойынша	Күшейткіштер	10 мВ → 5 В
	Нормалдағыштар	датчик сигналы → 4–20 мА
	Сүзгілер	кедергілер бар сигнал → тазартылған сигнал
	Гальваникалық оқшаулағыштар	сигнал → гальваникалық оқшаулау → сигнал



7. Аналогтық → аналогтық түрлендіру

Бұл түрлендіруде кіріс және шығыс сигналдары аналогтық болып қалады.

Мысал: 0 – 10 В → 4 – 20 мА



Неліктен бұл қажет?

Мысалы, датчик **0 – 10 В** кернеу шығарады, ал PLC кірісі немесе беру жүйесі **4 – 20 мА** стандартына есептелген.

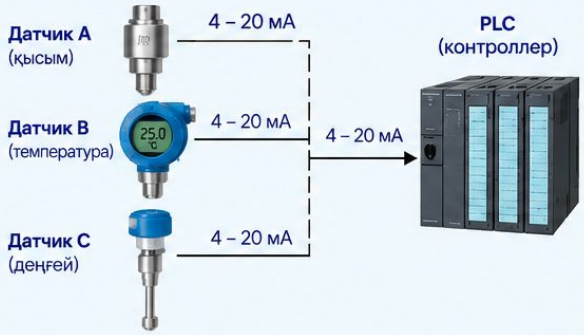
8. Неліктен стандартты сигналдар қолданылады?

Өнеркәсіптік автоматикада бірыңғайланған стандартты сигналдар кең таралған:

- 0 – 10 В;
- 1 – 5 В;
- 0 – 20 мА;
- 4 – 20 мА.

Бұл әртүрлі өндірушілердің құрылғыларын стандартты интерфейстер арқылы қосуға мүмкіндік береді.

Мысал: бірнеше датчик → PLC



Маңызды!

Контроллер әр арнаның ішкі физикалық принципін міндетті түрде білуі қажет емес — ол тек стандартталған сигналды қабылдайды (мысалы, 4 – 20 мА).

Бұл жобалауды жеңілдетеді, әртүрлі өндірушілердің жабдықтарын үйлесімді етеді және жүйенің сенімділігін арттырады.

11. Сигналды күшейту

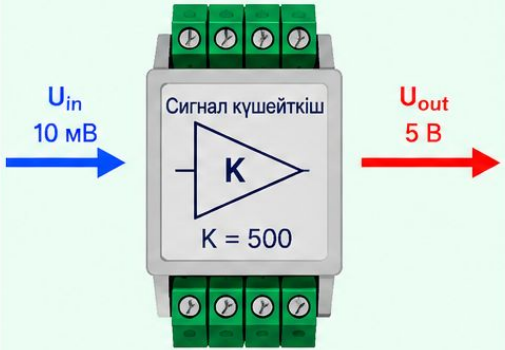
Кейбір датчиктер өте кіші электрлік сигнал береді. Оны әрі қарай өңдеу үшін күшейту қажет.

Датчиктен келетін әлсіз сигнал

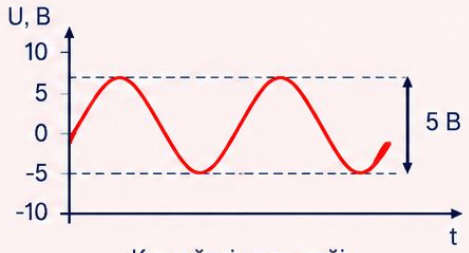


Датчиктің шығысында
өте кіші сигнал
(мысалы, 10 мВ)

Сигнал күшейткіш



Күшейтілген шығыс сигнал



Күшейткіштен кейін
сигналдың амплитудасы ұлғаяды
(мысалы, 5 В дейін)

Күшейту коэффициенті

Сигналдың амплитудасы неше есе ұлғаятынын көрсетеді:

$$K = \frac{U_{out}}{U_{in}}$$

K — күшейту коэффициенті (есе)
U_{in} — кіріс сигналы (В)
U_{out} — шығыс сигналы (В)

Есептеу мысалы

Егер:

$U_{in} = 0.01$ В (10 мВ)

ал шығыста:

$U_{out} = 5$ В

Онда күшейту коэффициенті:

$$K = \frac{5}{0.01} = 500$$

Қорытынды

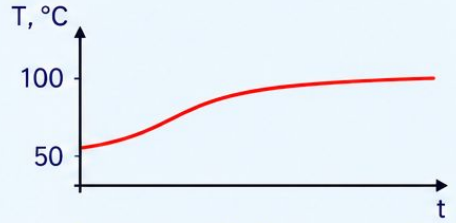
Сигнал 500 есе күшейтілді.

Күшейткіш сигналдың амплитудасын ұлғайтады, бұл оны әрі қарай қолдануға (мысалы, АЦП контроллерінде) мүмкіндік береді.

12. Сигналды сүзу (фильтрация)

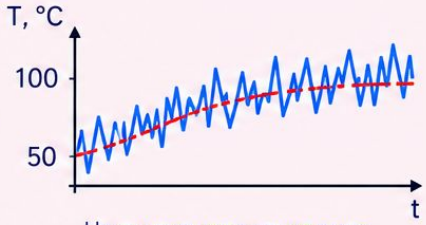
Нақты өлшеу сигналдары кедергілерді (шу) қамтуы мүмкін. Мысалы, нақты температура біртіндеп өзгереді.

Идеал сигнал (нақты шама)



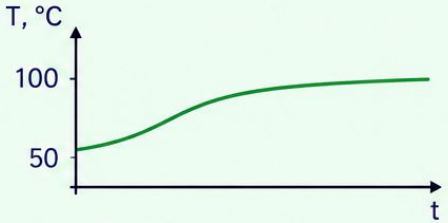
Температура біртіндеп өзгереді

Кедергілері бар өлшеу сигналы



Нақты сигналға қажет емес тербелістер (шу) қосылады

Сүзуден кейін



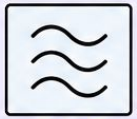
Сүзгі шуықты басады және пайдалы сигналды қалпына келтіреді



Датчик
(мысалы, температура)



Шуы бар сигнал



Сүзгі
(аналогтық немесе цифрлық)



Тазартылған сигнал



PLC / АЦП
(тазартылған сигналды өңдейді)

Сүзгі нені жояды?

- жоғары жиілікті шу;
- кездейсоқ тербелістер;
- электромагниттік кедергілер;
- қысқа мерзімді шыбростар.

Сүзгі қалай жұмыс істейді?

Сүзгі пайдалы (жай, баяу өзгеретін) сигналды өткізеді және қажет емес жоғары жиілікті компоненттерді әлсіретеді немесе жояды.

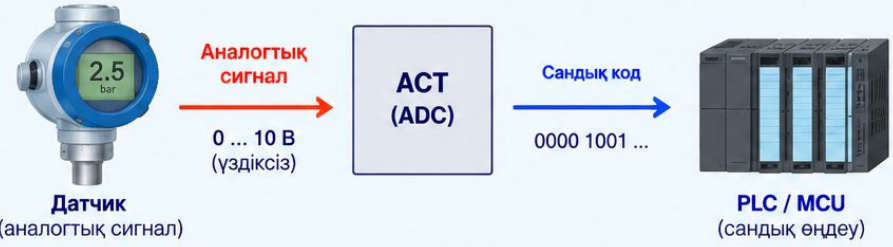
Кедергілердің көздері

- электрқозғалтқыштар;
- жиілік түрлендіргіштер;
- қуат кабельдері;
- электромагниттік өрістер;
- коммутациялық құрылғылар.

13. Аналогтық-сандық түрлендіргіш — АСТ (ADC)

Контроллер немесе микроконтроллер сандық деректермен жұмыс істейді, ал көптеген датчиктер аналогтық сигнал береді. Сондықтан аналогтық сигналды сандық кодқа түрлендіру үшін АСТ (ADC) қолданылады.

Жалпы схема



АСТ не істейді?



Басқа атаулары

- АСТ — аналогтық-сандық түрлендіргіш
- ADC — Analog-to-Digital Converter

Мысал

Егер АСТ кірісіне 2.5 В берілсе, шығыста бепгілі бір сандық мән (код) алынады.

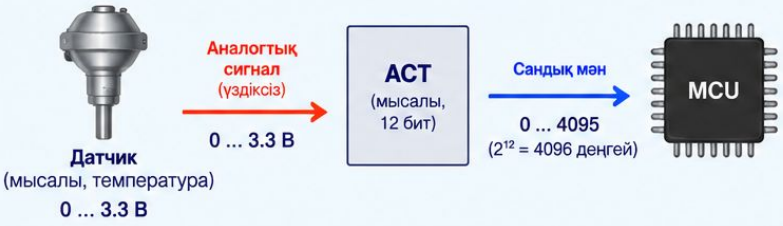
АСТ негізгі параметрлері

- Разрядтылығы (мысалы, 10, 12, 16 бит)
- Кіріс кернеу диапазоны (мысалы, 0–3.3 В, 0–10 В)
- Түрлендіру уақыты (жылдамдығы)

14. Неліктен АСТ қажет?

Микроконтроллер тек сандық деректермен жұмыс істейді, сондықтан аналогтық сигналды санға түрлендіру қажет.

Мысал: датчик 0–3.3 В → АСТ → микроконтроллер



Бұл калай жұмыс істейді?

1. АСТ кіріс кернеудің мәнін өлшейді.
2. Оны анықтамалық кернеумен салыстырып, ең жақын сандық деңгейді анықтайды.
3. Нәтижесінде сандық код береді, оны микроконтроллер бағдарлама арқылы өңдейді.

Сигналдың толық жолы



15. АСТ (ADC) – разрядтылығы

АСТ-ның негізгі сипаттамаларының бірі — **разрядтылық**. n-разрядты АСТ үшін мүмкін деңгейлер саны: $N = 2^n$.

Разрядтылық деген не?

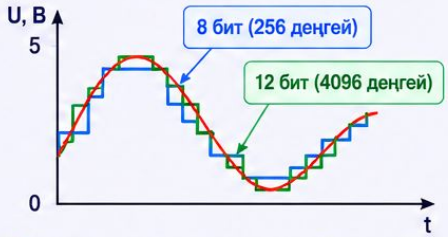
Разрядтылық АСТ кіріс кернеуінің қанша дискретті деңгейге бөлінетінін анықтайды. Яғни, ол кіріс кернеуінің диапазонын бөлу қадамын анықтайды.



Әртүрлі АСТ үшін деңгейлер саны

Разрядтылық n	Деңгейлер саны $N = 2^n$	Кодтар диапазоны (ондық)
8 бит	$2^8 = 256$	0 … 255
10 бит	$2^{10} = 1024$	0 … 1023
12 бит	$2^{12} = 4096$	0 … 4095
16 бит	$2^{16} = 65536$	0 … 65535

Разрядтылықтың өлшеу дәлдігіне әсері



Разрядтылық неғұрлым жоғары болса, кіріс кернеуінің өзгерісін ұсақ қадаммен өлшеуге болады, яғни өлшеу дәлдігі артады.

16. 10-биттік АСТ мысалы

Бастапқы деректер

Анықтамалық кернеу (өлшеу диапазоны)	$U_{ref} = 5$ В
Разрядтылық	$n = 10$ бит
Кодтар саны	$N = 2^{10} = 1024$
Кодтар диапазоны	0 … 1023

Кванттау қадамын есептеу

Бір кодқа сәйкес келетін кіріс кернеуінің өзгерісі (қадам):

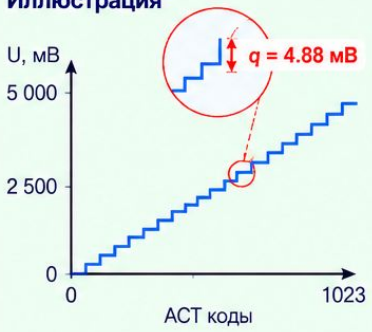
$$q = \frac{U_{ref}}{N}$$

$$q = \frac{5\ \text{В}}{1024}$$

$$q = 0.00488\ \text{В}$$

$q \approx 4.88$ мВ
(бір қадам АСТ)

Иллюстрация



Қорытынды

10-биттік АСТ үшін бір қадам шамамен 4,88 мВ.

Бұл дегеніміз кіріс кернеуі 4,88 мВ-тан кіші өзгерсе, сандық код өзгермеуі мүмкін (сол деңгейде қалады).

17. Сандық-аналогтық түрлендіргіш — ЦАТ (DAC)

Сандық-аналогтық түрлендіру – сандық мәнді аналогтық сигналға түрлендіру.

Жұмыс принципі



ЦАТ (DAC — Digital-to-Analog Converter) — сандық кодты пропорционалды аналогтық сигналға (кернеуге немесе токқа) түрлендіретін құрылғы.

Түрлендіру мысалы

Сандық код (12 бит)	Шығыс кернеуі	Диапазонның пайызы
0	0 В	0%
1024	2.5 В	25%
2048	5 В	50%
3072	7.5 В	75%
4095	10 В	100%

ЦАТ сипаттамасы



Сандық код пен шығу кернеуі арасындағы тәуелділік әдетте сызықтық болады.

18. ЦАТ қай жерде қолданылады?

ЦАТ контроллер нақты құрылғыны аналогтық сигнал арқылы басқаруы қажет болғанда қолданылады.

Мысал: жиілік түрлендіргіші арқылы электрқозғалтқыштың жылдамдығын басқару



Мәндердің сәйкестігі мысалы

Шығыс кернеуі	Диапазонның пайызы	Атауы (жылдамдық)
0 В	0%	Қозғалтқыш тоқтайды
2.5 В	25%	Төмен жылдамдық
5 В	50%	Орташа жылдамдық
7.5 В	75%	Жоғары жылдамдық
10 В	100%	Максималды жылдамдық

ЦАТ-тың басқа қолданылуы

- атқарушы механизмдерді басқару (аналогтық приводтар);
- қыздырғыштардың қуатын реттеу;
- процесс рөлдегіштерінің берілген мәнін орнату;
- байланыс интерфейстері (аналогтық шығу);
- өлшеу жүйелерінде аналогтық сигналдарды генерациялау.

Қорытынды

Контроллердің сандық командасы ЦАТ арқылы нақты құрылғыға әсер ететін аналогтық басқарушы сигналға (мысалы, 0–10 В) түрлендіріледі.

19. АСТ және ЦАТ (ADC және DAC)

Аналогтық-сандық (ADC) және сандық-аналогтық (DAC)

ADC — Analog-to-Digital Converter

Аналогтық сигналды сандық кодқа түрлендіреді.



Түрлендіру бағыты	Аналогтық → Сандық
Кіріс (Input)	Аналогтық сигнал (кернеу немесе ток)
Шығыс (Output)	Сандық код (сан)
Қолданылуы	Өлшеу параметрлерін алу
Типтік схема	Датчик → ADC → контроллер

DAC — Digital-to-Analog Converter

Сандық кодты аналогтық сигналға түрлендіреді.



Түрлендіру бағыты	Сандық → Аналогтық
Кіріс (Input)	Сандық код (сан)
Шығыс (Output)	Аналогтық сигнал (кернеу немесе ток)
Қолданылуы	Атқарушы құрылғыларды басқару
Типтік схема	Контроллер → DAC → атқарушы құрылғы (мысалы, жиілік түрлендіргіші, клапан)

Есте сақтау:

ADC: Нақты әлем → контроллер
(өлшеу)

DAC: Контроллер → нақты әлем
(басқару)

23. Нақты автоматтандыру жүйесімен байланыс

Енді студент алдыңғы дәрістердегі барлық элементтердің нақты жүйеде бірге қалай жұмыс істейтінін көре алады.

Ақпараттық жол (өлшеу)



Объект
(мысалы, сұйықтық деңгейі, қысым, температура)

Датчик
(физикалық шаманы өлшейді)

Преобразователь
(нормализация, гальваникалық ажырату, фильтрация)

PLC
(аналогтық кіріс модулі, ADC, өңдеу)

Процесс → Датчик → Преобразователь → PLC

Басқару жолы (әрекет ету)



PLC
(өңдеу, сандық шығыс мәні)

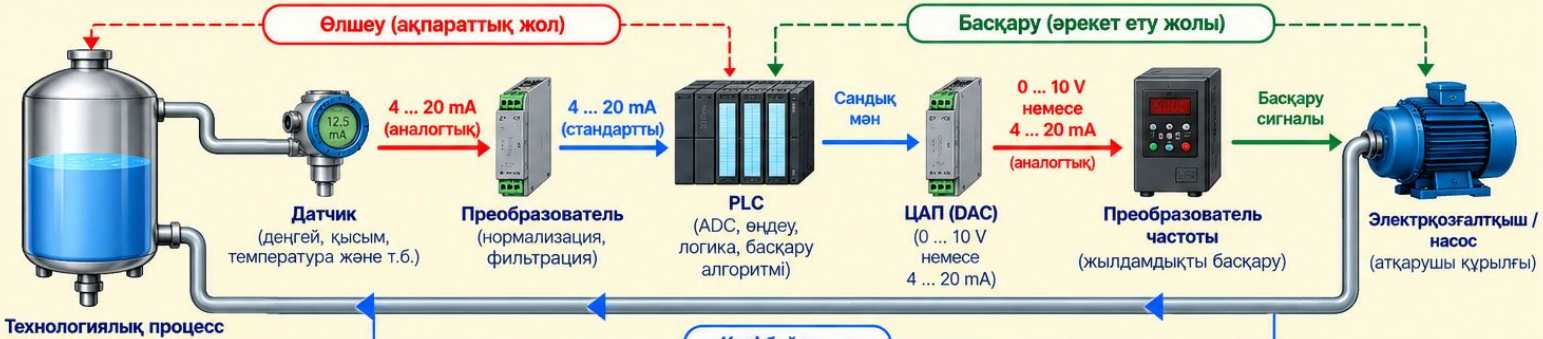
ЦАП (DAC)
(сандық код → 0 ... 10 V немесе 4 ... 20 mA)

Преобразователь частоты
(жылдамдықты басқару)

Атқарушы құрылғы
(электрқозғалтқыш, клапан, насос)

PLC → Преобразователь → Атқарушы құрылғы → Процесс

Нақты автоматтандыру жүйесіндегі толық цикл



24. Дәріс қорытындысы

Сигнал түрлендіргіші автоматтандыру жүйесінің әртүрлі элементтерінің бірлесіп жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

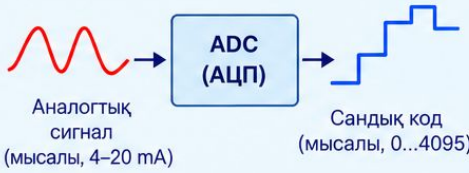
Analog → Analog

Сигналдың формасын, деңгейін немесе түрін түрлендіру.



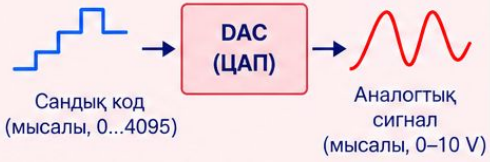
Analog → Digital

Аналогтық сигналды сандық кодқа түрлендіру (ADC).



Digital → Analog

Сандық кодты аналогтық сигналға түрлендіру (DAC).



Өлшеу сигналын өңдеу

Өлшеу сигналын өңдеу бірнеше кезеңдерді қамтуы мүмкін:



Дәрістің негізгі ойы:



Датчик процесс туралы ақпаратты өлшейді,



ал түрлендіргіш бұл ақпаратты жүйеде қолдануға ыңғайлы форматқа түрлендіреді.

Бақылау сұрақтары

1. Сигнал түрлендіргіш деп нені айтамыз?
2. Түрлендіргіштер автоматты басқару жүйесінде (АБЖ) не үшін қолданылады?
3. Түрлендіргіштің датчиктен айырмашылығы неде?
4. Бірыңғайланған сигнал дегеніміз не?
5. Автоматикада қандай стандартты аналогтық сигналдар қолданылады?
6. 4–20 мА сигналы нені білдіреді?
7. Масштабтау не үшін орындалады?
8. Әлсіз сигналды күшейту не үшін қажет?
9. Сүзу не үшін қолданылады?

10. АСТ (ADC) дегеніміз не?
11. Микроконтроллерде ADC не үшін қажет?
12. ADC разрядтылығы нені білдіреді?
13. 10 биттік ADC неше деңгейден тұрады?
14. ЦАТ (DAC) дегеніміз не?
15. ADC пен DAC арасындағы айырмашылық неде?
16. Гальваникалық оқшаулау не үшін қолданылады?
17. Сигнал датчиктен PLC-ге дейін қалай өтеді?
18. Неліктен контроллер сезімтал элементтің шығыс сигналымен әрдайым тікелей жұмыс істей алмайды?