ИжМС

Дәуренов ӘД

Дәріс 10. JK-, T- және D-триггерлер

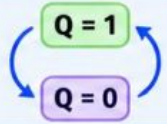
Дәрістің мақсаты

Білім алушыларға

- JK-, T- және D-триггерлердің жұмыс принциптерін,
- олардың айырмашылықтарын және
- бір триггер түрін екіншісінің негізінде құру тәсілдерін түсіндіру.

Триггерлер: негізгі сигналдар және жұмыс істеу принципі

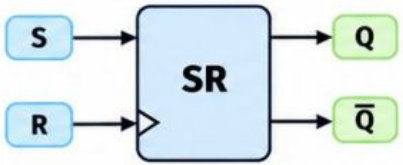
Триггер — екі тұрақты күйдің бірінде бола алатын цифрлық жад элементі: Q = 1 (қосулы) немесе Q = 0 (сөнулі).



Триггердің негізгі сигналдары

Белгіленуі	Атауы	Мақсаты
S	Орнату (Set)	Q = 1 орнатады («1» жазады)
R	Қалпына келтіру (Reset)	Q = 0 орнатады («0» жазады)
Q	Тура шығыс	Триггердің ағымдағы күйі (0 немесе 1)
$\overline{Q}$	Инверстік шығыс	Q-дың қарама-қарсы күйі ($\overline{Q}$ = Q емес)
CLK	Тактілік сигнал (Clock)	Тактіленетін триггерлердің ауысу сәтін анықтайды

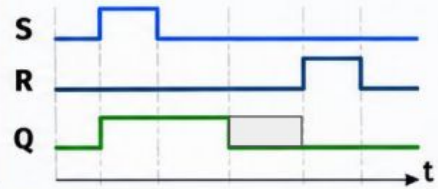
Мысал: SR-триггер (асинхронды)



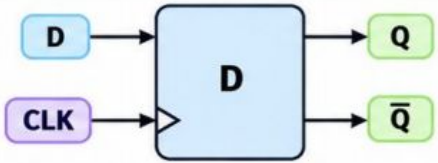
SR-триггердің жұмыс принципі:
- **S = 1 → орнату: Q = 1.**
- **R = 1 → қалпына келтіру: Q = 0.**
- **S = 0 және R = 0 → күй сақталады.**
- **S = 1 және R = 1 → рұқсат етілмейтін күй (тәжірибеде қолданылмайды).**

S	R	Q (келесі күй)
0	0	Q (өзгеріссіз)
0	1	0 (қалпына келтіру)
1	0	1 (орнату)
1	1	— (рұқсат етілмейді)

Уақыттық диаграмма (мысал)



Мысал: D-триггер (тактілік сигналмен)



D-триггердің жұмыс принципі:
- **Тактілік сигналдың белсенді фронтында триггер D кірісінің мәнін есте сақтайды.**
- **Осыдан кейін мән келесі тактілік импульске дейін сақталады.**

Маңызды

- Барлық триггерлердің кірістері бірдей емес.
- Мысалы, D-триггер D кірісі мен CLK тактілік сигналын пайдаланады.
- Триггерлер күйді сақтау, импульстерді, санауыштарды, регистрлерді және басқа басқару функцияларын қалыптастыру үшін қолданылады.

3. Триггерлердің негізгі түрлері

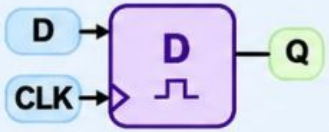
Цифрлық құрылғылар мен автоматикада триггерлердің төрт негізгі түрі қолданылады:

- RS-триггер.
- D-триггер.
- JK-триггер.
- T-триггер.

Олар кіріс сигналдарымен және күйді өзгерту ережелерімен ерекшеленеді.

D-триггер: жұмыс істеу принципі және қолданылуы

D-триггер — белгілі бір уақыт сәтінде D кіріс сигналының мәнін есте сақтауға арналған құрылғы.



Негізгі кірістер

D — ақпараттық кіріс (есте сақталатын мән).

CLK — тактілік кіріс (синхрондаушы сигнал).

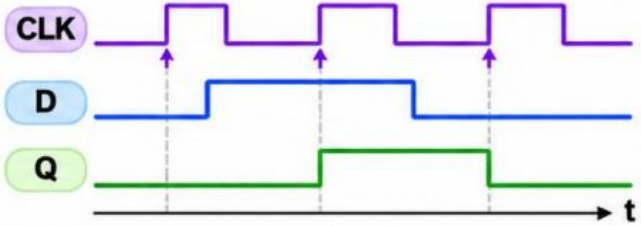
Жұмыс принципі

- CLK-дің оң фронтында (0 → 1 ауысуы) триггер D-нің ағымдағы мәнін есте сақтайды.
- CLK фронттарының арасында Q күйі өзгермейді (сақталады).

D-триггер схемасы



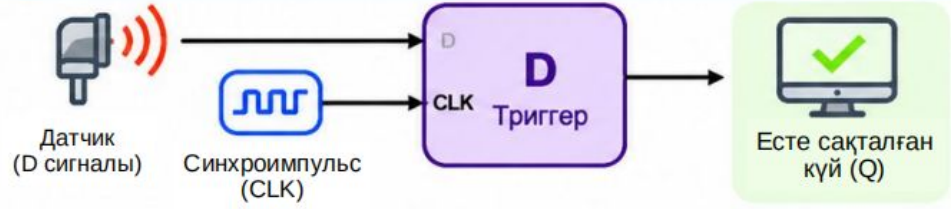
Уақыттық диаграмма (түзетілген мысал)



Жұмыс кестесі (оң фронтта)

D	CLK оқиғасы	Келесі Q
0	Оң фронт (0 → 1)	0
1	Оң фронт (0 → 1)	1
0 немесе 1	Белсенді фронт жоқ (CLK = 0 немесе 1, ауысусыз)	Сақталады (өзгеріссіз)

Қолдану мысалы: датчиктің күйін есте сақтау



Қайда қолданылады

- Регистрлерде (деректерді сақтау).
- Цифрлық сигналдарды өңдеу құрылғыларында.
- Синхронды басқару жүйелерінде (күйді тактілік сигнал бойынша тіркеумен).

CLK (Clock) қарапайым тілмен

CLK (Clock) — триггерге кіріс сигналын дәл қай сәтте тексеріп, қажет болғанда өз күйін өзгерту керектігін білдіретін тактілік сигнал.

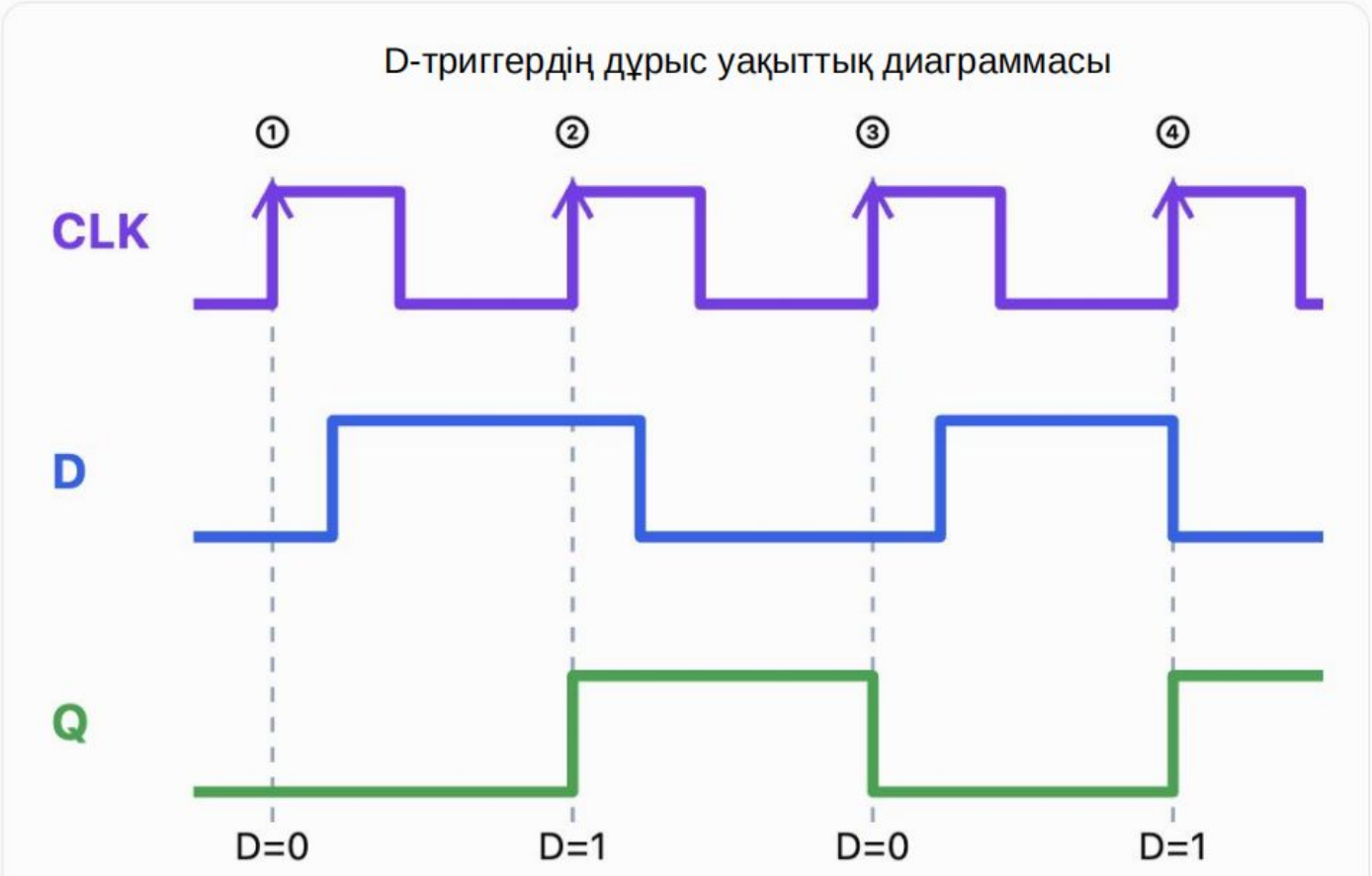
Триггерге CLK не үшін қажет?
Триггерді 0 немесе 1 мәнін есте сақтайтын құрылғы деп елестетейік.
Онда мыналар бар:

- D (Data) — ақпарат (0 немесе 1) берілетін кіріс.
- CLK (Clock) — «Ақпаратты дәл қазір есте сақта!» дейтін сигнал.
- Q (Output) — есте сақталған мәнді көрсететін шығыс.

Мысалы, D кірісінде 1 тұр. Бірақ триггер бұл бірлікті бірден жазуға міндетті емес.

Ол CLK сигналының белгілі бір өзгерісін күтеді.

Қажетті сәт келгенде триггер D мәнін есте сақтап, оны Q шығысына береді.



Идеалдандырылған диаграмма: Q CLK-дің оң фронтынан кейін өзгереді. Нақты құрылғыда сигналдың таралуының аздаған кідірісі болады.

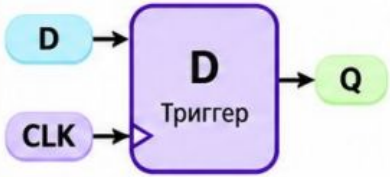
D-триггер: уақыттық диаграмма бойынша жұмыс мысалы

D-триггер CLK сигналының оң фронты сәтінде (0 → 1 ауысуы) D кірісінің мәнін есте сақтайды.

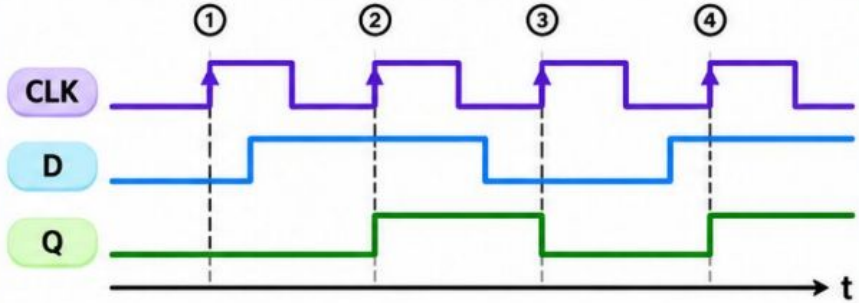
Сигналдар және олардың мәні

- **CLK** — тактілік сигнал: ақпаратты қашан есте сақтау керектігін анықтайды.
- **D** — кіріс деректері: 0 немесе 1.
- **Q** — шығыс: есте сақталған мән.

D-триггер схемасы



Уақыттық диаграмма (4 сәтті талдау)



Төрт сәтті талдау

1 Бірінші CLK импульсі — D = 0

- D кірісі = 0.
- Триггер 0-ді оқып, шығыста сақтайды.
- Нәтиже: Q = 0

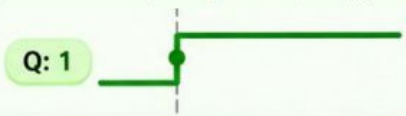
(жасыл сызық төменде қалады).



2 Екінші CLK импульсі — D = 1

- Фронтқа дейін D мәні 0-ден 1-ге өзгерді.
- Екінші фронтта триггер D = 1 мәнін оқиды.
- Нәтиже: Q = 1

(жасыл сызық жоғары көтеріледі).



3 Үшінші CLK импульсі — D = 0

- Осы сәтте D кірісі қайтадан 0-ге тең болды.
- Триггер 0-ді оқиды.
- Нәтиже: Q = 0

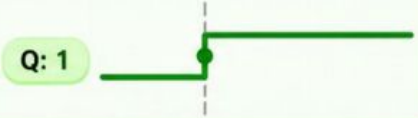
(жасыл сызық төмен түседі).



4 Төртінші CLK импульсі — D = 1

- Төртінші фронт сәтінде D = 1.
- Триггер бірлікті есте сақтайды.
- Нәтиже: Q = 1

(жасыл сызық жоғары көтеріліп, кейін D = 0 болса да, сол жерде қалады).



Негізгісі: D-триггер D мәнін үнемі көшірмейді, оны тек белсенді CLK фронты (0 → 1) сәтінде есте сақтайды.

Диаграммада Q дәл CLK-дің оң фронтының тік сызығында өзгереді. Оқу мақсатындағы түсіндіру үшін бұл дұрыс.

Нақты электрондық D-триггерде CLK фронты мен Q өзгерісінің арасында clock-to-Q delay деп аталатын аздаған кідіріс болады.

Сонымен қатар, D кірісі белсенді CLK фронтына дейін және одан кейін қысқа уақыт аралығында тұрақты болуы тиіс.

Студенттер есте сақтауы тиіс негізгі нәрсе:

D-триггер мына ереже бойынша жұмыс істейді:

$$Q_{next} = D \text{ белсенді CLK фронты сәтінде}$$

Яғни CLK ҚАШАН есте сақтау керектігін анықтайды, D НЕНІ есте сақтау керектігін анықтайды, ал Q НЕНІҢ есте сақталғанын көрсетеді.

Дәл осы себепті сіздің суретіңіздегі уақыттық диаграмма CLK-дің оң фронты бар идеалдандырылған D-триггер үшін дұрыс.

JK-триггер: жұмыс істеу принципі және қолданылуы

JK-триггер — J және K деген екі басқарушы кірісі бар тактіленетін триггердің бір түрі. Күйді орнатуға, қалпына келтіруге, сақтауға немесе ауыстыруға мүмкіндік береді.



Жұмыс логикасы

- J = 0, K = 0 — ағымдағы күйді сақтайды.
- J = 0, K = 1 — қалпына келтіру: Q = 0.
- J = 1, K = 0 — орнату: Q = 1.
- **J = 1, K = 1 — ауыстыру: Q қарама-қарсы күйге өзгереді (Q → $\overline{Q}$).**

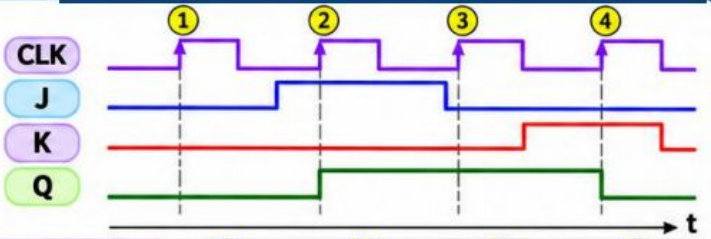
Ауысулар кестесі (белсенді тактілік оқиғада)

J	K	Q-дың келесі күйі
0	0	Сақтау (Q өзгермейді)
0	1	Қалпына келтіру: Q = 0
1	0	Орнату: Q = 1
1	1	Ауыстыру: Q → $\overline{Q}$

JK-триггер схемасы

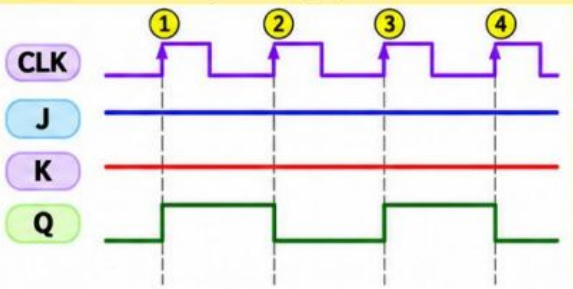


Уақыттық диаграмма (әртүрлі жұмыс режимдері)



CLK фронты	1	2	3	4
J, K	0, 0	1, 0	0, 0	0, 1
Режим	Сақтау	Орнату	Сақтау	Қалпына келтіру
Q (фронттан кейін)	0	1	1	0

Ауыстыру режимі: J = 1, K = 1



Q (фронттан кейін)	1	0	1	0

Қолдану мысалы: санауыш

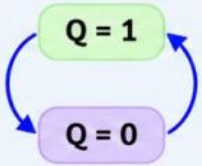


Ерекшеліктері

- Ауысулар кестесі белсенді CLK фронты сәтіне қатысты (әдетте 0 → 1 ауысуы).
- J = 1 және K = 1 болғанда триггер өз күйін қарама-қарсы күйге өзгертеді (ауыстыру режимі, T-триггерге ұқсас).
- Цифрлық санауыштарды, жиілік бөлгіштерді және тізбекті схемаларды құру үшін қолданылады.

Т-триггер: жұмыс істеу принципі және қолданылуы

Т-триггер — екі күйдің (Q = 0 және Q = 1) арасында ауысуға арналған құрылғы.



Кірістер

- **T** — басқарушы кіріс (ауысуға рұқсат).
- **CLK** — тактілік кіріс (синхроимпульс).

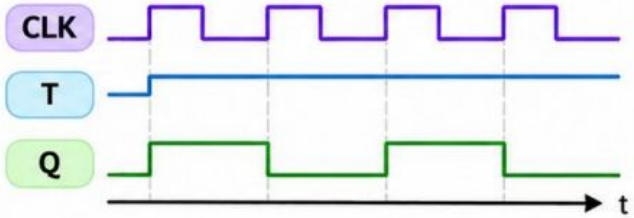
Жұмыс логикасы

- T = 1 — әрбір белсенді тактілік импульсте Q қарама-қарсы күйге өзгереді.
- T = 0 — Q күйі сақталады.

Т-триггер схемасы



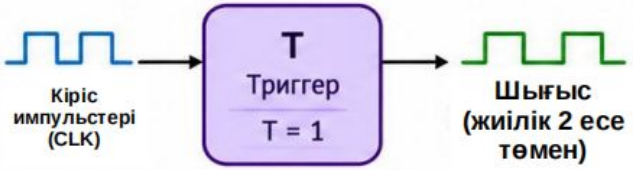
Уақыттық диаграмма (мысал, T = 1)



Ауысулар кестесі

T	Q (импульске дейін)	Q (импульстен кейін)
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Қолдану мысалы: жиілікті 2-ге бөлу



Ауысулар тізбегі (мысал, T = 1)

Бастапқы	Имп. 1	Имп. 2	Имп. 3	Имп. 4
0 →	1 →	0 →	1 →	0

Қайда қолданылады

- Импульстерді санау.
- Жиілікті бөлу (2, 4, 8 және т.б.).
- Санауыштар мен тізбекті схемаларды құру.

JK-триггер мен T-триггер өте ұқсас.

Сонымен қатар, T-триггерді JK-триггер негізінде іске асыруға болады. Екі триггер де әрбір белсенді CLK фронтында өз күйін қарама-қарсы күйге ауыстыра алады.

K-триггердің екі басқарушы кірісі бар — J және K. Ол төрт операцияны орындай алады.

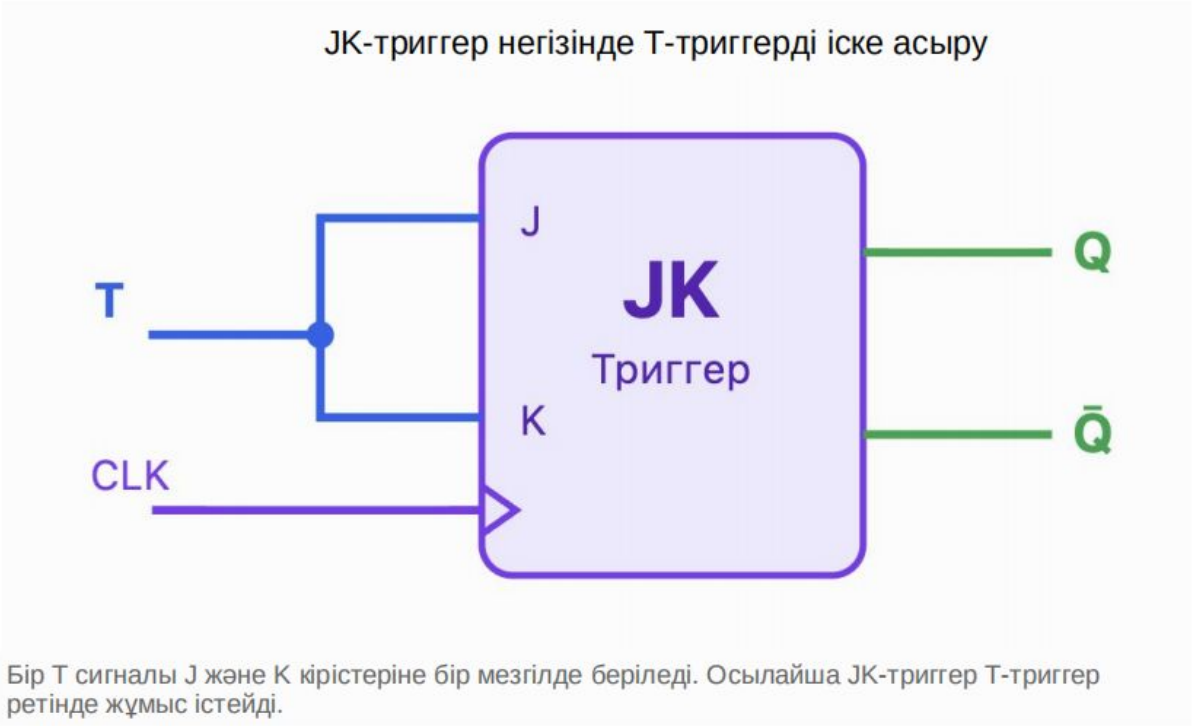
T-триггердің бір басқарушы кірісі бар — T. Ол тек екі операцияны орындайды.

Операция	JK-триггер	T-триггер
Күйді сақтау	J=0, K=0	T=0
Q = 1 орнату	J=1, K=0	Жеке режимі жоқ
Q = 0 күйіне қалпына келтіру	J=0, K=1	Жеке режимі жоқ
Q күйін ауыстыру	J=1, K=1	T=1

Демек, JK-триггер әмбебаптау, ал T-триггер ең алдымен күйді ауыстыруға арналған.

JK-триггерден T-триггерді қалай жасауға болады?

Өте оңай: J және K кірістерін біріктіріп, оларға бір T сигналын беру қажет.



Бір T сигналы J және K кірістеріне бір мезгілде беріледі. Осылайша JK-триггер T-триггер ретінде жұмыс істейді.

JK және T триггерлері бойынша қорытынды

JK-триггер әмбебаптау құрылғы болып табылады, өйткені күйді басқарудың төрт режимін қамтамасыз етеді. T-триггердің функционалдық құрылымы қарапайымдау және негізінен екілік күйді ауыстыруға арналған.

J = K = T шарты орындалғанда, екі триггердің тактілік басқару тәсілі бірдей болса, олар бірдей функцияларды орындайды.

Осылайша, T-триггерді негізінен импульстерді санау және жиілікті бөлу құрылғыларында қолданылатын JK-триггердің функционалдық тұрғыдан жеңілдетілген нұсқасы ретінде қарастыруға болады.

Триггерлердің негізгі түрлерін салыстыру

Түрі	**Негізгі функциясы**	**Қолданылуы**
RS	Күйді орнату және қалпына келтіру	Командалар мен авариялады есте сақтау
D	Кіріс мәнін есте сақтау	Регистрлер, сигналдарды синхрондау
JK	Басқарылатын ауыстыру	Санауыштар, цифрлық құрылғылар
T	Импульс бойынша ауыстыру	Импульстерді санау, жиілікті бөлу

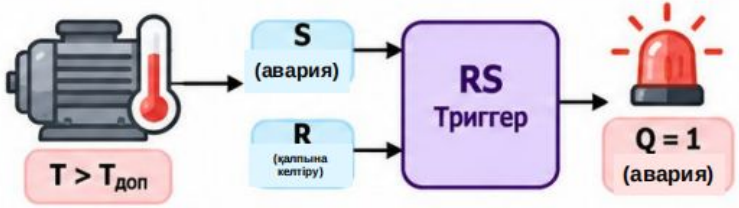
Триггерлерді қолдану: практикалық мысалдар

Триггерлер оқиға немесе жүйенің ағымдағы күйі туралы ақпаратты сақтау қажет жерде қолданылады.

Негізгі ой: оқиғаны есте сақтау (күйді орнату) және оны қалпына келтіру немесе өзгерту командасына дейін сақтау.

1-мысал. Авариялық сигнал

- Қондырғыда қозғалтқыш температурасы рұқсат етілген мәннен асты.
- Датчик RS-триггерді 1 күйіне орнататын авария сигналын қалыптастырады.
- Оператор растап, қалпына келтіргенге дейін авариялық сигнал белсенді болып қалады.

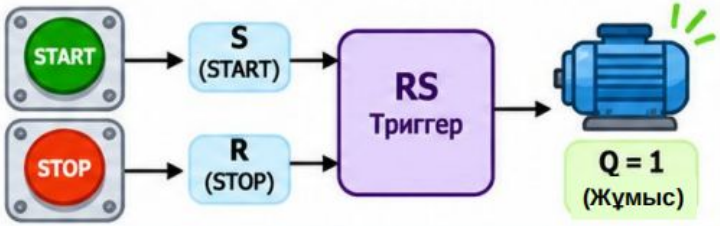


Нәтиже

- Авария тіркелді (Q = 1).
- Сигнал температура төмендегеннен кейін де сақталады.

2-мысал. Іске қосу командасын есте сақтау

- START батырмасын басқанда жүйе «Жұмыс» күйіне өтеді.
- Батырма жіберілгеннен кейін күй сақталады.
- STOP командасы жүйені «Тоқтатылған» күйіне ауыстырады.

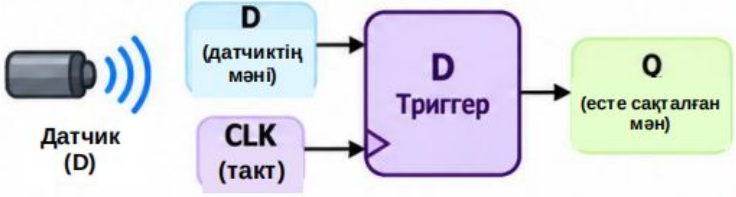


Нәтиже

- START қысқа уақыт басылғаннан кейін жүйе «Жұмыс» күйінде қалады (Q = 1).
- STOP күйді қалпына келтіреді (Q = 0).

3-мысал. Датчиктің күйін тіркеу

- D-триггер цифрлық сигналдың мәнін тактілік оқиға сәтінде есте сақтай алады.
- Бірнеше блоктың жұмысын үйлестіру қажет цифрлық құрылғыларда қолданылады.



Нәтиже

- Датчик мәні тактілік сигнал бойынша тіркеледі.
- Жүйенің бірнеше блогының жұмысын үйлестіруге мүмкіндік береді.

Триггерлерді іске асыру: негізгі тәсілдер

Триггер — екі күйдің бірін: 0 немесе 1-ді сақтайтын құрылғы.

Автоматикада триггерлер әртүрлі тәсілдермен іске асырылады.

Микросхемадағы электрондық триггер



Мысал: 74HC74

Микросхемадағы нақты D-триггер.

Жұмыс принципі (D-триггер):

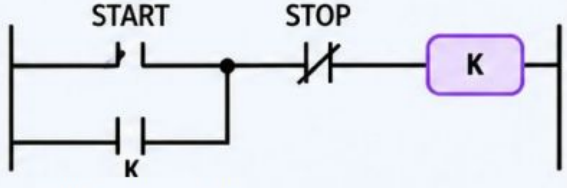
1. D кірісіне 0 немесе 1 беріледі.
2. CLK тактілік сигналының фронты бойынша D мәні жазылады.
3. Q шығысы бұл мәнді келесі фронтқа дейін сақтайды.

Күй жады бар релелік схема



Мысал: өзін-өзі ұстап тұратын реле

Қосу командасын «есте сақтайтын» релелік схема.



(өзін-өзі ұстап тұру)

Нәтиже: қорек бар және STOP басылмаған кезде «Қосулы» күйі сақталады.

PLC-дегі бағдарламалық триггер



Мысал: Siemens SIMATIC S7-1200

Триггер контроллерде (PLC) бағдарламалық түрде іске асырылады.

RS функционалдық блогы:

Кіріс	Мақсаты
S	Күйді орнату (Q = 1)
R	Күйді қалпына келтіру (Q = 0)
Q	Сақталған күй

Ерекшелігі: Q күйі контроллер жадында сақталады.

Бақылау сұрақтары

Триггер дегеніміз не?
Триггердің кәдімгі логикалық элементтен айырмашылығы қандай?
Триггердің неше тұрақты күйі бар?
Q және $\bar{Q}$ шығыстары нені білдіреді?
S және R кірістері не үшін қолданылады?
RS-триггер қалай жұмыс істейді?
D-триггер қандай функцияны орындайды?
JK-триггердің RS-триггерден айырмашылығы қандай?
T-триггер қалай жұмыс істейді?
Өнеркәсіптік автоматикада триггерлер қайда қолданылады?