


TRIGERIAI

lekt. dr. Ignas Martišius
KTU kompiuterių katedra

Turinys

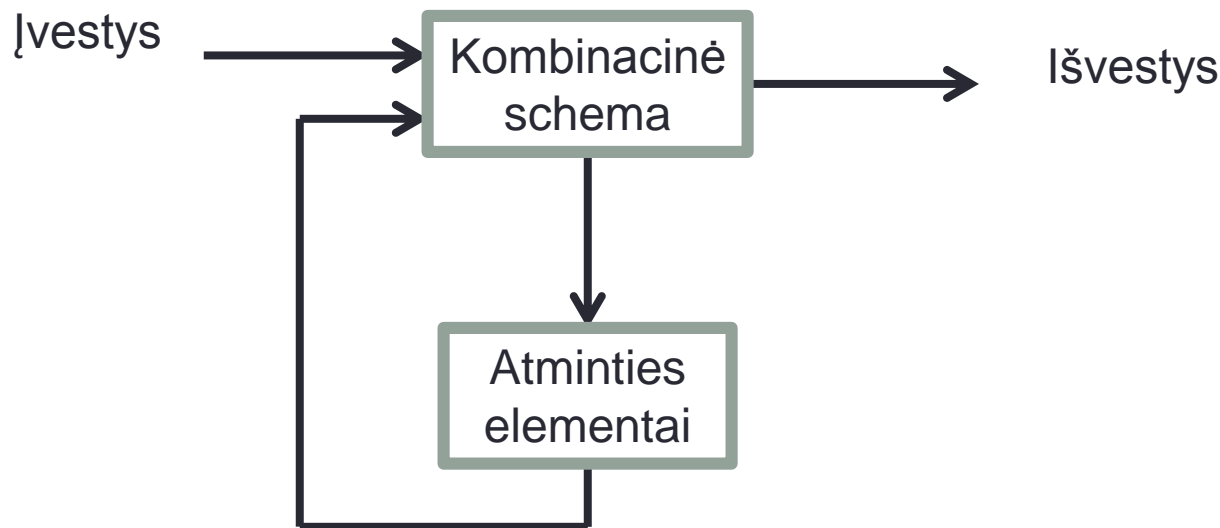
- Kombinacinė ir nuosekli logika 
- Kas yra trigeriai?
- Asinchroniniai bei sinchroniniai trigeriai
- Statiniai SR, JK, D, T tipo trigeriai
- Trigerių nustatymas
- Master – Slave trigeriai
- Dinaminiai trigeriai

Loginių schemų tipai

- Kombinacinės
 - Nėra atminties elementų
 - Schemos išvestys priklauso **tik** nuo įvesčių.
 - Atlieka informacijos apdorojimą, aprašoma logine išraiška
- Nuoseklios (sekvencinės)
 - Turi atmintį.
 - Išvestys priklauso nuo įvesčių **ir/arba** atminties būsenos
 - Atminties būseną lemia ankstesnės įvestys

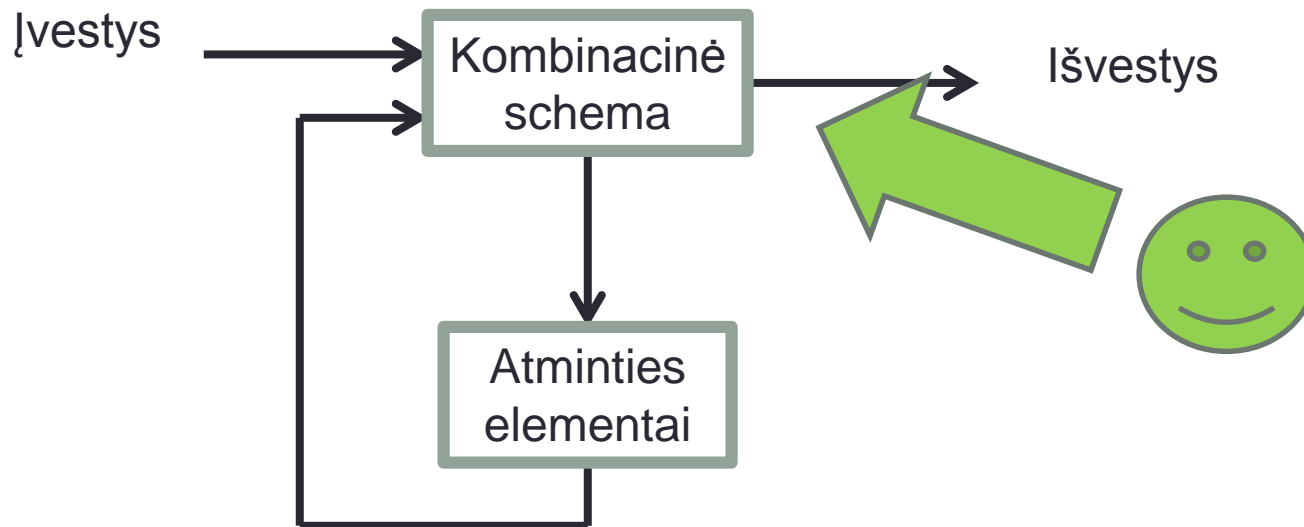
Nuosekli logika

- Sinchroninė nuosekloji schema sudaryta iš kombinacinės schemos ir atminties elementų.
- Atmintyje esanti informacija vadinama schemos **būsena**
- Įvesties signalai bei būsena nusako išvesties reikšmes
- Įvestys taip pat keičia būseną



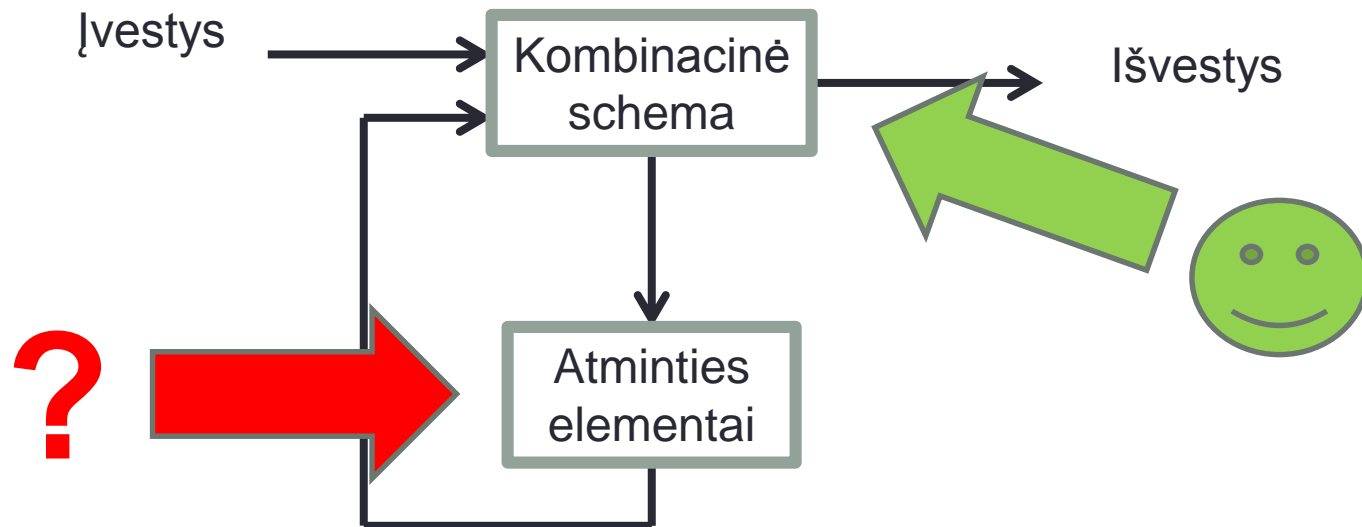
Nuosekli logika

- Sinchroninė nuosekloji schema sudaryta iš kombinacinės schemos ir atminties elementų.
- Atmintyje esanti informacija vadinama schemos **būsena**
- Įvesties signalai bei būsena nusako išvesties reikšmes
- Įvestys taip pat keičia būseną




Nuosekli logika

- Sinchroninė nuosekloji schema sudaryta iš kombinacinės schemos ir atminties elementų.
- Atmintyje esanti informacija vadinama schemos **būsena**
- Įvesties signalai bei būsena nusako išvesties reikšmes
- Įvestys taip pat keičia būseną



Turinys

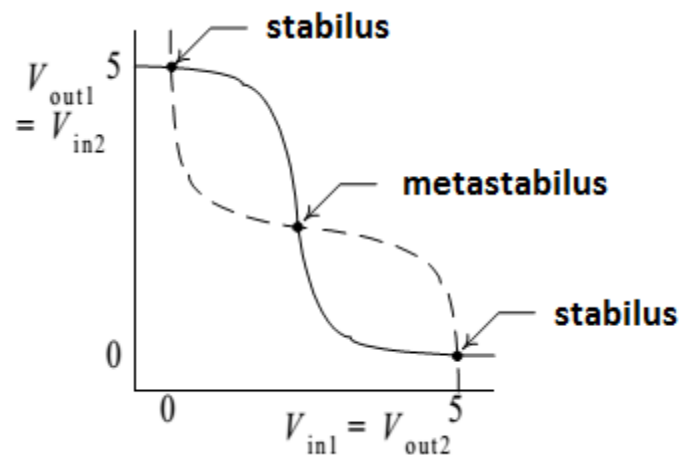
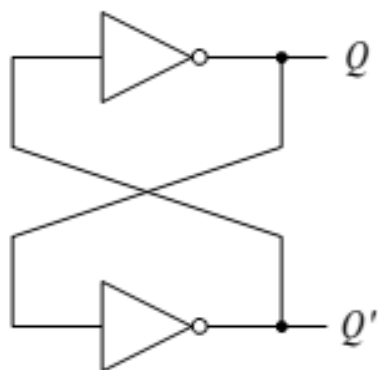
- Kombinacinė ir nuosekli logika
- Kas yra trigeriai? 
- Asinchroniniai bei sinchroniniai trigeriai
- Statiniai SR, JK, D, T tipo trigeriai
- Trigerių nustatymas
- Master – Slave trigeriai
- Dinaminiai trigeriai

Trigeriai

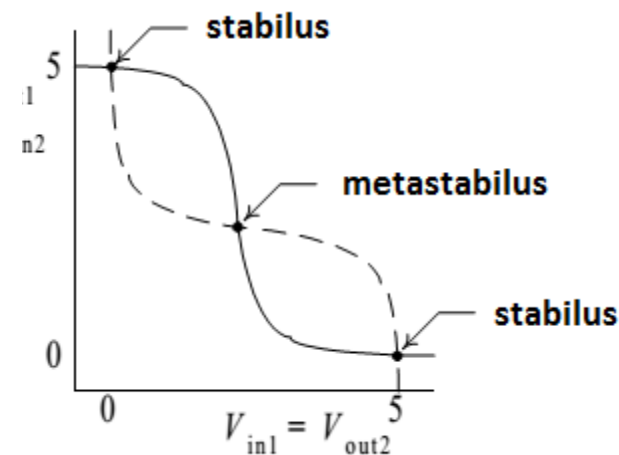
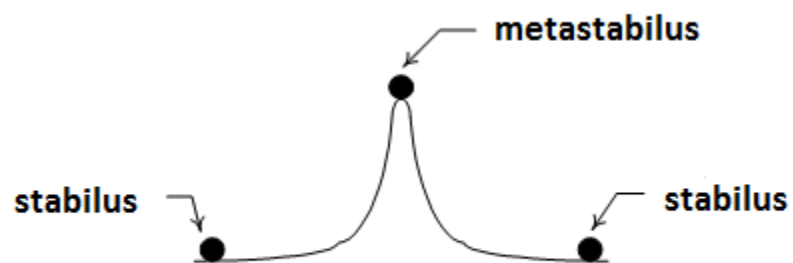
- Trigeriai – atminties elementai.
- **Kiek informacijos saugo tokia atmintis?**
- **Kuo apskritai matuojama informacija?**



Būsena: bistabilūs elementai



Būsena: bistabilūs elementai

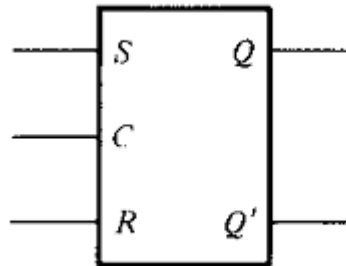


Trigeriai

- Trigeriai – atminties elementai.
- **Turi dvi stabilias būsenas: vieneto ir nulio.**
- **Gali išlaikyti loginį lygį (1 arba 0) neribotą laiką (kol neišjungiamas maitinimas).**

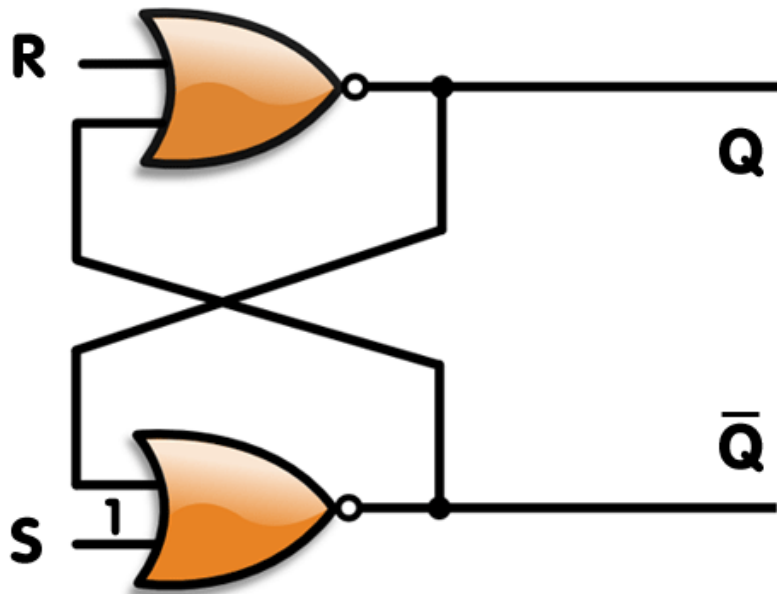
Trigeriai

- Turi tiesioginę išvestį Q , bei invertuotą išvestį Q'
- Trigeryje įrašyta informacija nustatoma pagal Q išvestį



Asinchroninis trigeris

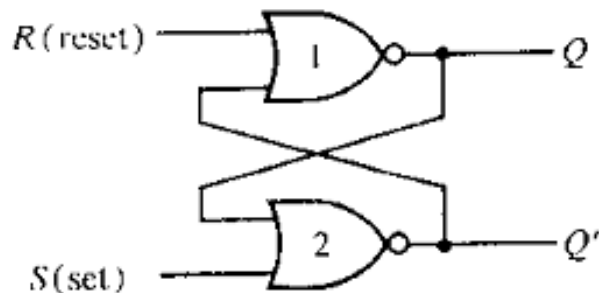
- Paprasčiausias trigeris sudarytas iš dviejų NOR (ARBA-NE) elementų



S	R	Q	Q'	
1	0	1	0	1 įrašymas
0	0	1	0	saugojimas
0	1	0	1	0 įrašymas
0	0	0	1	saugojimas
1	1	0	0	Draudžiama

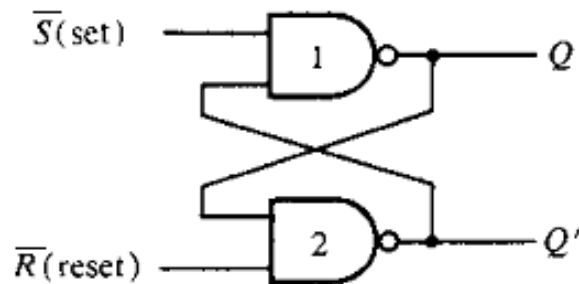
Asinchroninis trigeris

- Dažniausiai įvestys S ir R būna būsenoje 0, kol neprireikia keisti išvesties.
- Jei norime pakeisti išvestį į 1, nustatome $S=1$, kol $R=0$.
- S privalo grįžti į 0.
- Norint nustatyti išvestį $Q=0$, nustatome $S=0$, $R=1$
- $S=1$, $R=1$ – draudžiama įvesčių kombinacija, kadangi neapibrėžta, kokia išvestis bus, kai S bei R grįš į 0



Asinchroninis trigeris

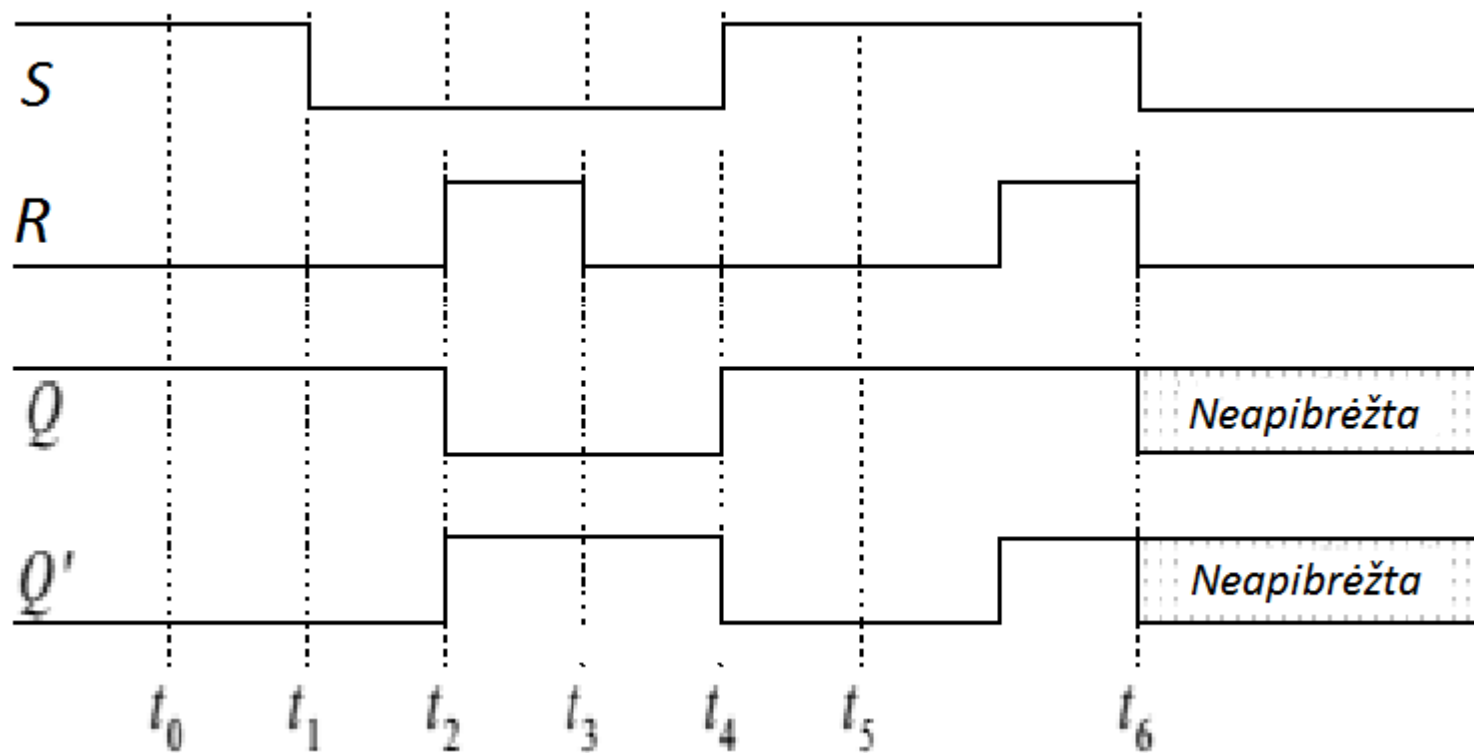
- Tokį trigerį galima sukonstruoti ir naudojant NAND (IR-NE) elementus:



\bar{S}	\bar{R}	Q	Q'	
0	1	1	0	1 įrašymas
1	1	1	0	saugojimas
1	0	0	1	0 įrašymas
1	1	0	1	saugojimas
0	0	0	0	Draudžiama

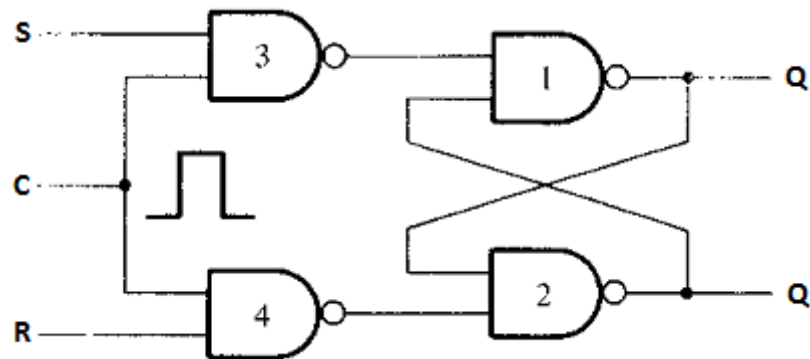
- Trigeryje S bei R įvestys **invertuotos**

SR laikinės diagramos



Statinis SR trigeris

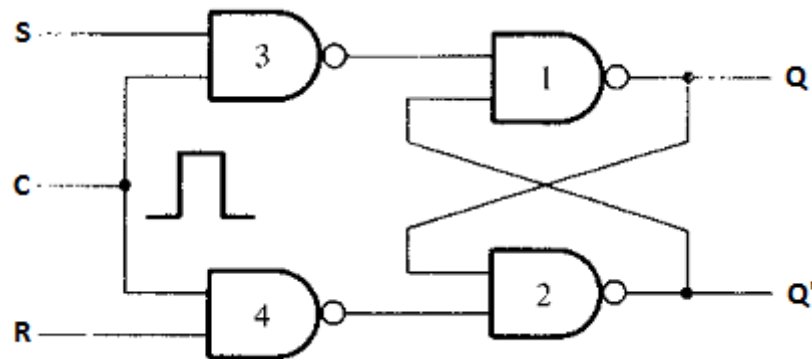
- Galima patobulinti trigerį, įvedant papildomą signalą, kuris nustatytų, kuriuo metu galima keisti schemos būseną - **sinchrosignalą**



- Sinchrosignalas veikia kaip įrašymo leidimo signalas
- Norint įrašyti 1, paduodama $S=1$, $R=0$, **$C=1$**

Statinis SR trigeris

- Kai $C=1$, trigeris dirba asinchroniniu režimu



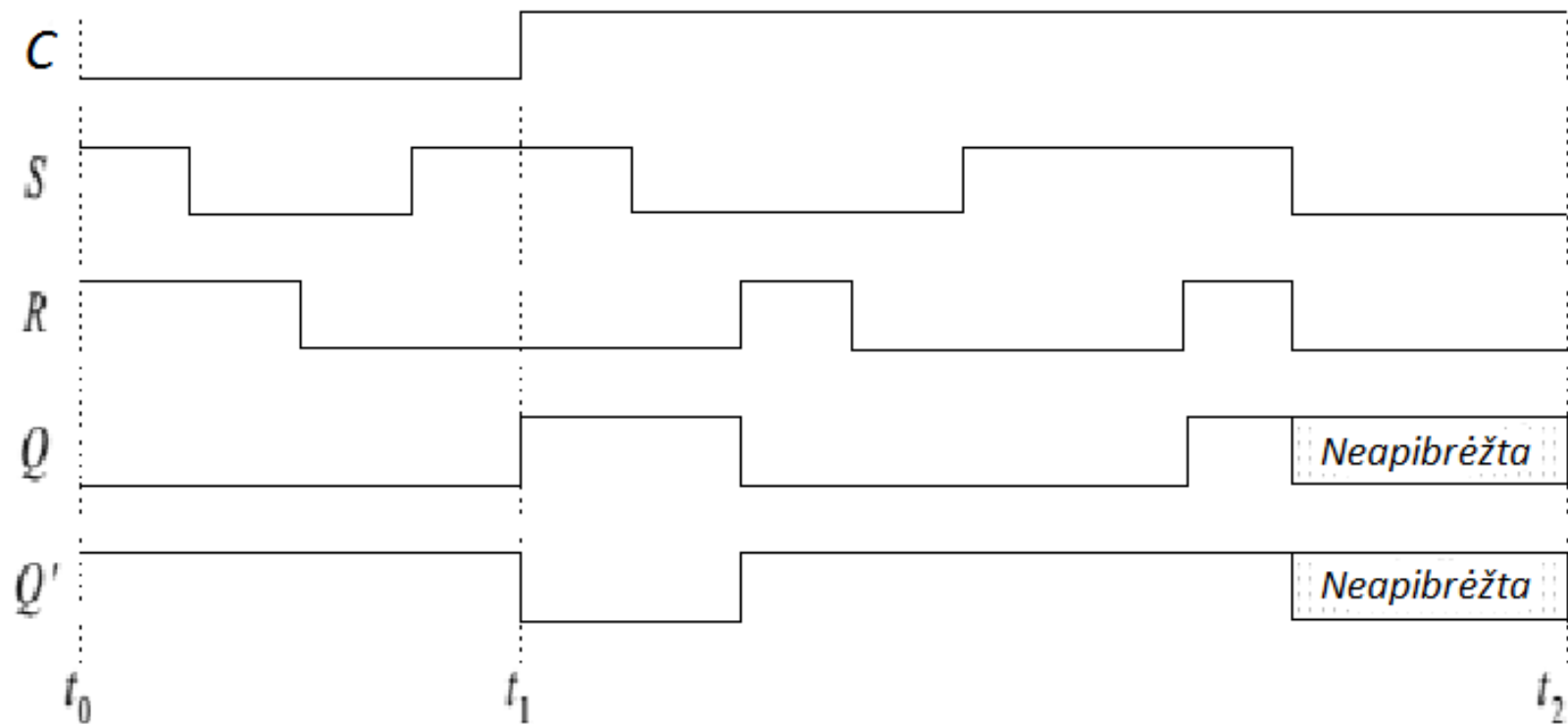
Statinis SR trigeris

- Teisingumo lentelė

Q_t	S	R	Q_{t+1}	
0	0	0	0	
0	1	0	1	1 įrašymas
1	1	0	1	
0	0	1	0	0 įrašymas
1	0	1	0	
0	0	0	0	saugojimas
1	0	0	1	
1	1	1	X	Draudžiama

- Atėjus C impulsui, trigeris iš esamos būsenos (Q_t) pereina į sekančią būseną (Q_{t+1})

Statinis SR trigeris



Statinis SR trigeris

- Charakteringoji lygtis:

$$\begin{cases} Q_{t+1} = \bar{C}Q_t + C\bar{R}Q_t + CS, \\ SR = 0. \end{cases}$$

Statinis SR trigeris

- Charakteringoji lygtis:

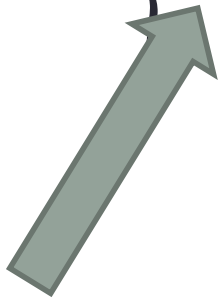
$$\begin{cases} Q_{t+1} = \bar{C}Q_t + C\bar{R}Q_t + CS, \\ SR = 0. \end{cases}$$

Paaiškinkite

Statinis SR trigeris

- Charakteringoji lygtis:

$$\begin{cases} Q_{t+1} = \bar{C}Q_t + C\bar{R}Q_t + CS, \\ SR = 0. \end{cases}$$



Sekanti būseną = 1, kai:

Statinis SR trigeris

- Charakteringoji lygtis:

$$\begin{cases} Q_{t+1} = \bar{C}Q_t + C\bar{R}Q_t + CS, \\ R = 0. \end{cases}$$

Sekanti būseną = 1, kai:

Nėra C signalo, o $Q = 1$

Statinis SR trigeris

- Charakteringoji lygtis:

Arba $C=1$, bet $R=0$
(nėra nustatymo į 0)

$$\begin{cases} Q_{t+1} = \bar{C}Q_t + C\bar{R}Q_t + CS, \\ R = 0. \end{cases}$$

Sekanti būseną = 1, kai:

Nėra C signalo, o $Q = 1$

Statinis SR trigeris

- Charakteringoji lygtis:

$$\begin{cases} Q_{t+1} = \bar{C}Q_t + C\bar{R}Q_t + CS, \\ R = 0. \end{cases}$$

Arba $C=1$, bet $R=0$
(nėra nustatymo į 0)

Sekanti būseną = 1, kai:

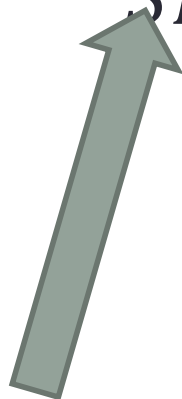
Nėra C signalo, o $Q = 1$

Arba $C=1$ ir $S=1$
(Nustatymas į 1).
Šiuo atveju Q nesvarbi

Statinis SR trigeris

- Charakteringoji lygtis:

$$\begin{cases} Q_{t+1} = \bar{C}Q_t + C\bar{R}Q_t + CS, \\ SR = 0. \end{cases}$$



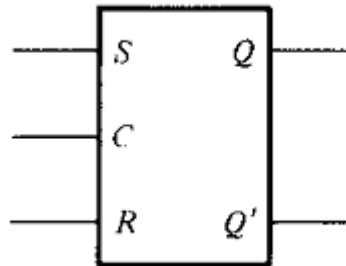
Nurodo draudžiamą būseną

Statinis SR trigeris

- Charakteringoji lygtis:

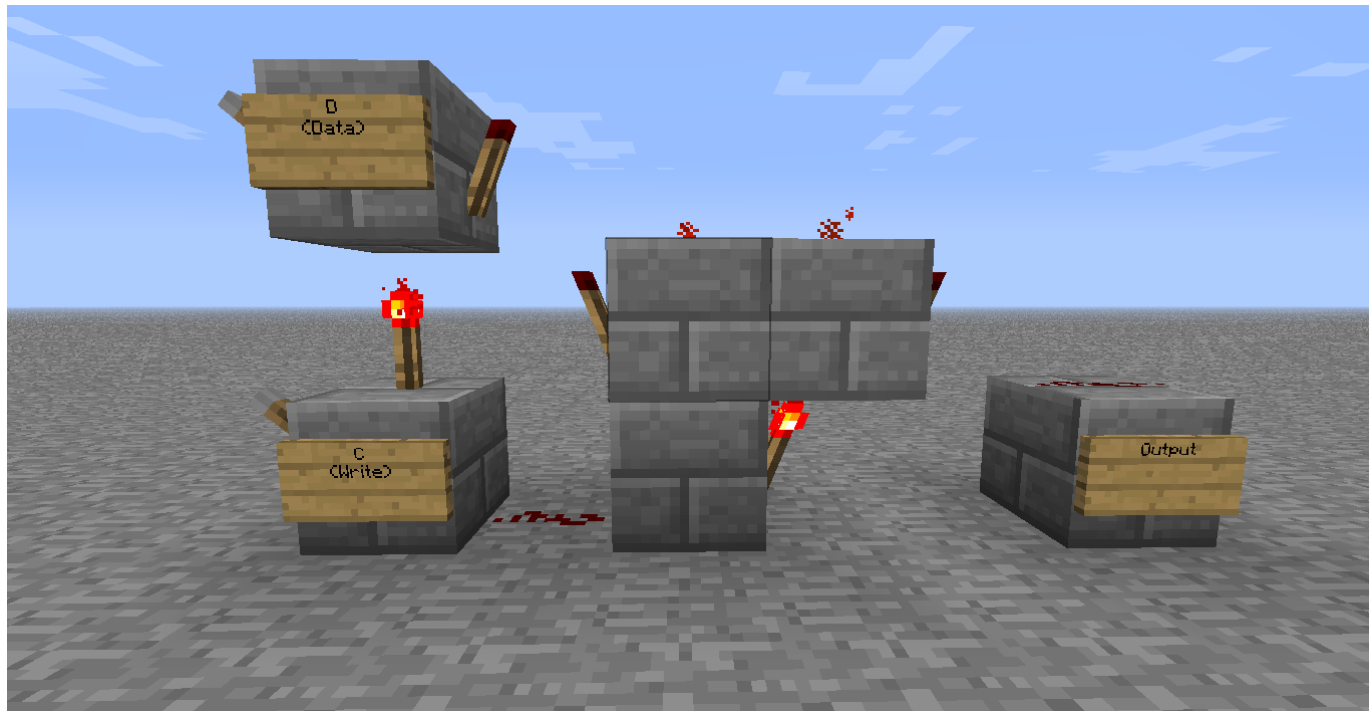
$$\begin{cases} Q_{t+1} = \bar{C}Q_t + C\bar{R}Q_t + CS, \\ SR = 0. \end{cases}$$

- Grafinis žymėjimas:



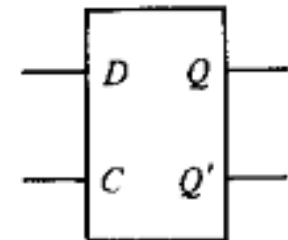
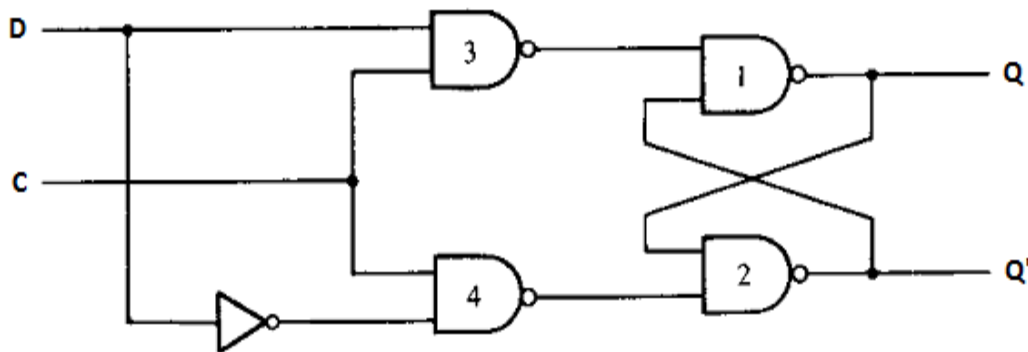
- Kiti trigeriai konstruojami naudojant šią schemą

Statiniai D trigeriai



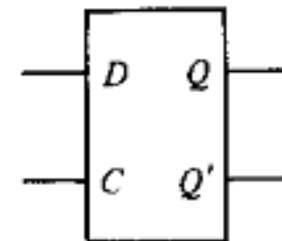
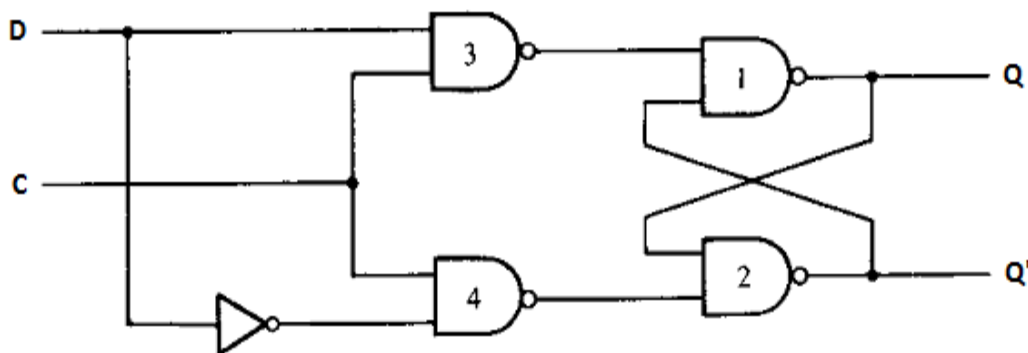
Statinis D trigeris

- Galima schemeje pašalinti $S=R=1$ draudžiamą būseną



Statinis D trigeris

- Galima schemoje pašalinti $S=R=1$ draudžiamą būseną



Q_t	D	Q_{t+1}	
0	0	0	0 įrašymas
0	1	1	1 įrašymas
1	0	0	0 įrašymas
1	1	1	1 įrašymas

Statinio D trigerio veikimas

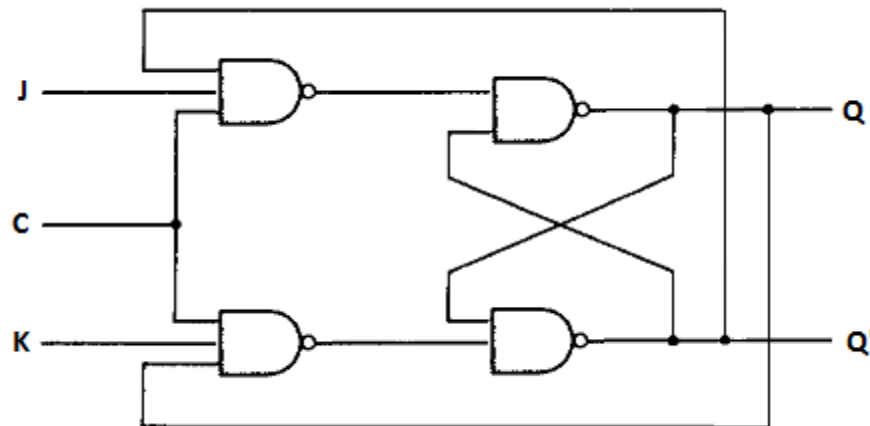
- Atėjus sinchroimpulsui C , trigerio išvestyje Q pakartojamas įvesties signalas D , ($Q_{t+1} = D$)

$$Q_{t+1} = CD + \bar{C}Q_t.$$

- C signalas leidžia duomenų įrašymą
- Duomenys paduodami per D įvestį
- Kai $C=0$, būseną nesikeičia

Statinis JK trigeris

- JK trigeris – SR modifikacija, kurioje nėra draudžiamos įvesčių kombinacijos:
- S įvestis aprašoma kaip J ,
- R įvestis prašoma kaip K ,
- Kai $J=K=1$, trigerio būsena pasikeičia į priešingą ($Q_{t+1} = \overline{Q_t}$).



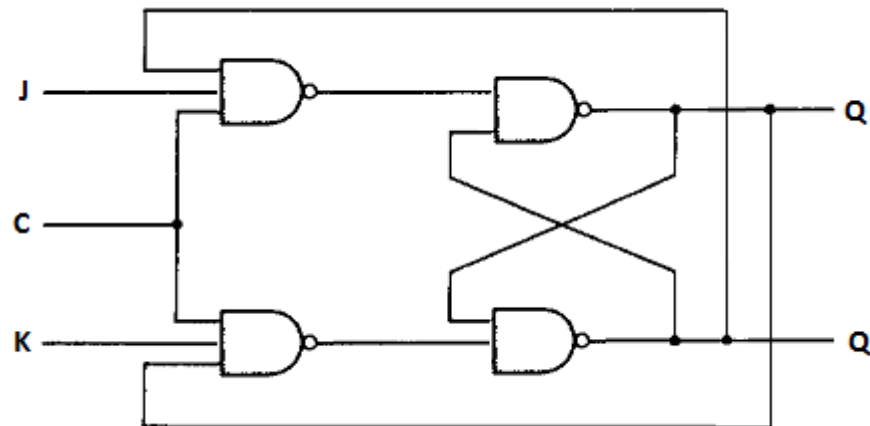
Statinis JK trigeris

$$Q_{t+1} = \bar{C}Q_t + C(\bar{K}Q_t + J\bar{Q}_t)$$

Q_t	J	K	Q_{t+1}	
0	0	0	0	
0	1	0	1	1 įrašymas
1	1	0	1	
0	0	1	0	0 įrašymas
1	0	1	0	
0	0	0	0	saugojimas
1	0	0	1	
0	1	1	1	„apvertimas“
1	1	1	0	

Statinis JK triggeris

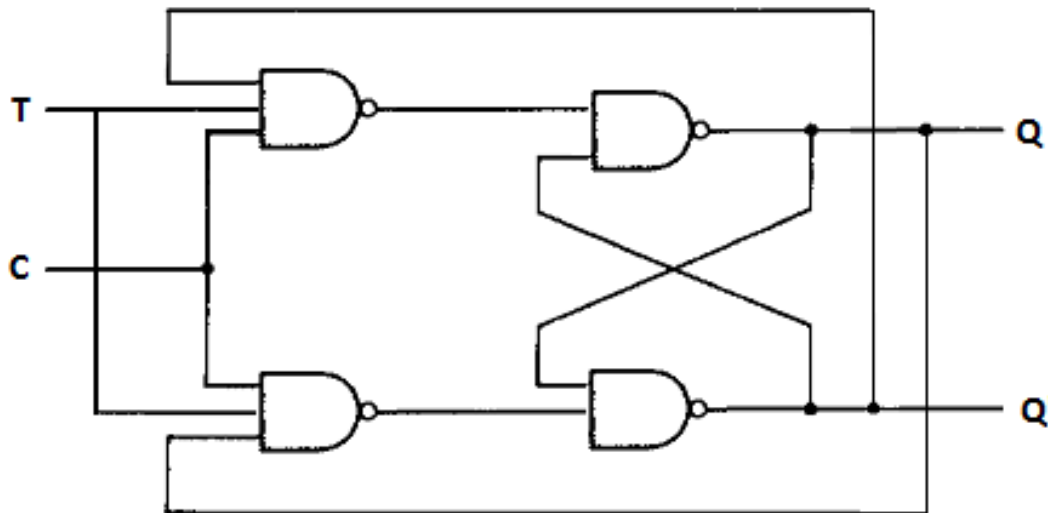
- Triggeris keis būseną į priešingą tol, kol $C=1$ ir $J=K=1$.
- Norint šito išvengti, $C=1$ impulsas turi būti labai trumpas: trumpesnis nei grįžtamojo ryšio iš Q ir Q' vėlinimas.
- Tai trūkumas, kadangi teisingas schemos veikimas priklauso nuo C trukmės.



- Tokie JK trigeriai praktikoje **nenaudojami** ☹
- Naudojami **Master-slave** arba **dinaminiai** JK trigeriai ☺

Statinis T trigeris

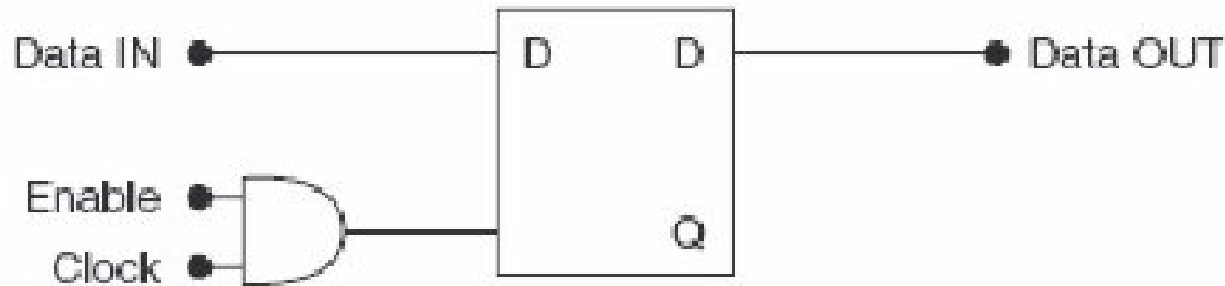
- Tai vienos įvesties JK trigeris. Padavus signalą į T, trigeris apverčia būseną.




Q_t	T	Q_{t+1}
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Statinių trigerių panaudojimas

- Įvesčių/išvesčių buferizavimui
- Leidimo (enable) signalų generavimui
- Asinchroninėms įvestims/išvestims valdyti



Turinys

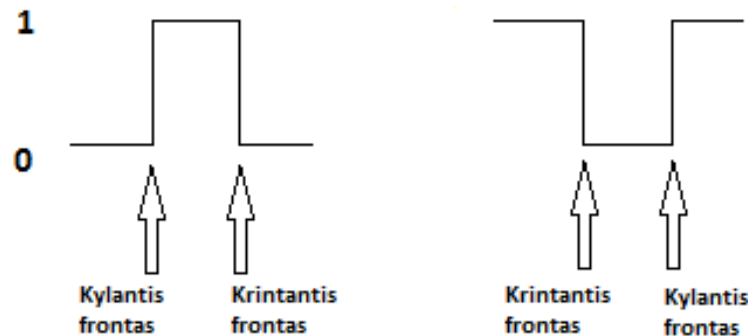
- Kombinacinė ir nuosekli logika
- Kas yra trigeriai?
- Asinchroniniai bei sinchroniniai trigeriai
- Statiniai SR, JK, D, T tipo trigeriai
- Trigerių nustatymas 
- Master – Slave trigeriai
- Dinaminiai trigeriai

Trigerių nustatymas

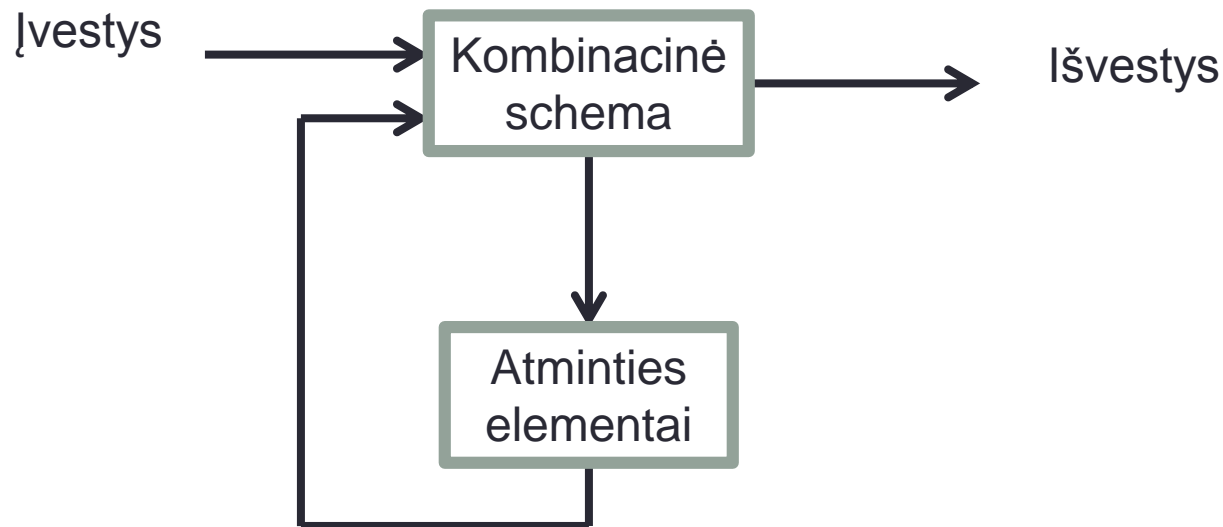
- **Asinchroniniai** trigeriai nustatomi keičiant signalų **loginį lygį**.
- **Statiniai** trigeriai turi **sinchrosignalą**, tačiau **kai $C=1$** , dirba **asinchroniniu režimu**.
- **Dinaminiai trigeriai** keičia būseną, padavus trumpus būsenos nustatymo signalus, taigi – **impulsais**.
- Impulso lygis turi būti grąžinamas į pradinę reikšmę, prieš pradedant kitą nustatymą.
- Impulsas prasideda nuo pradinės 0 reikšmės, tampa 1, ir po trumpo laiko vėl grįžta į 0.
- Svarbus yra laikas, praeinantis nuo impulso įvestyse iki išvesčių pasikeitimo (atsirandantis dėl elementų vėlinimo)

Trigerių nustatymas

- Atminties elementai dažniausiai projektuojami taip, kad būtų jautrūs sichrosignalo pokyčiui (frontui), o ne lygiui.



Grįžtamojo ryšio problema



- Jei trigerių išvestis keičiasi, kol keičiasi kombinacinių elementų išvestys, schema tampa nestabili.
- Neįmanoma vienu trigerių išvesčių jungti su kitų įvestimis.
- Šito galima išvengti, neleidžiant trigerių išvestims kisti, kol C negrįžta į 0 loginį lygį.

Sinchronizavimas



Sinchronizacijos frontui jautrūs trigeriai

- Master-Slave tipo trigeriai
- Dinaminiai trigeriai

Turinys

- Kombinacinė ir nuosekli logika
- Kas yra trigeriai?
- Asinchroniniai bei sinchroniniai trigeriai
- Statiniai SR, JK, D, T tipo trigeriai
- Trigerių nustatymas
- Master – Slave trigeriai
- Dinaminiai trigeriai

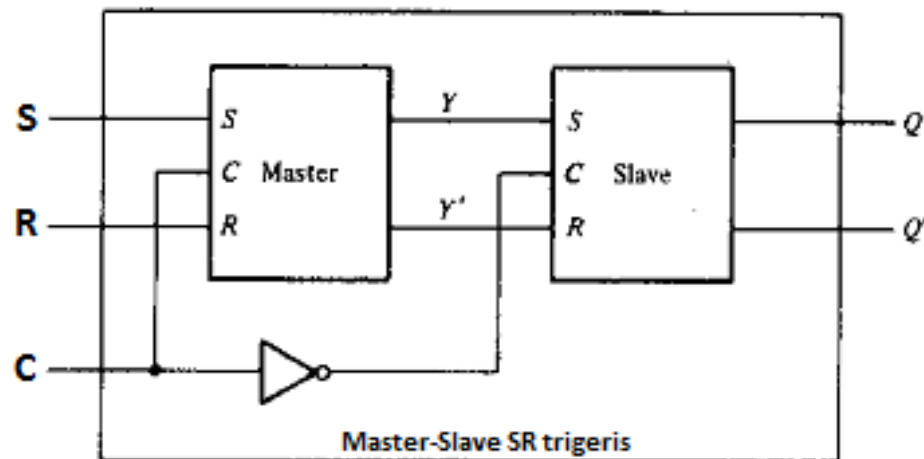


Master-Slave tipo trigeriai

- Master-Slave tipo trigeriai sudaryti iš dviejų vienodų trigerių.
- Pirmasis vadinamas valdančiuoju (Master), kadangi reaguoja į išorines įvestis
- Antrasis, vadinamas valdomuoju (Slave), kadangi reaguoja į valdančiojo trigerio išvestis

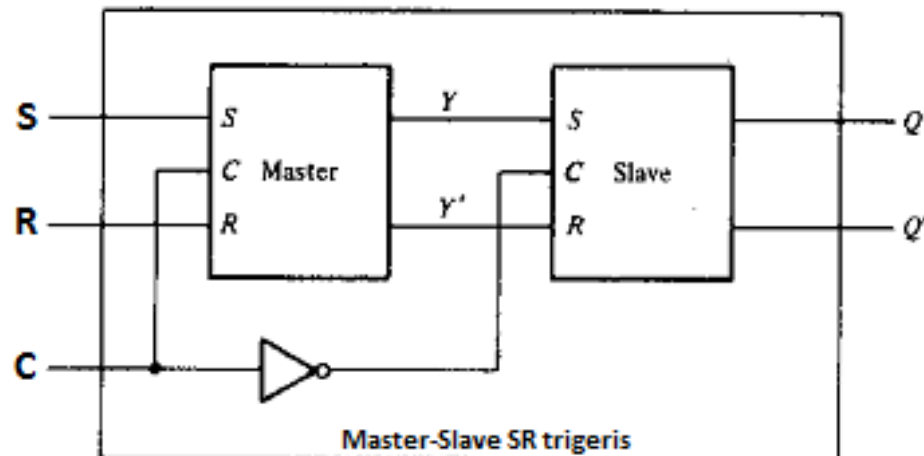
Master-Slave tipo trigeriai

- Master-Slave trigerį sudaro:
 - Statinis **Master** trigeris
 - Statinis **Slave** trigeris
 - Inverteris



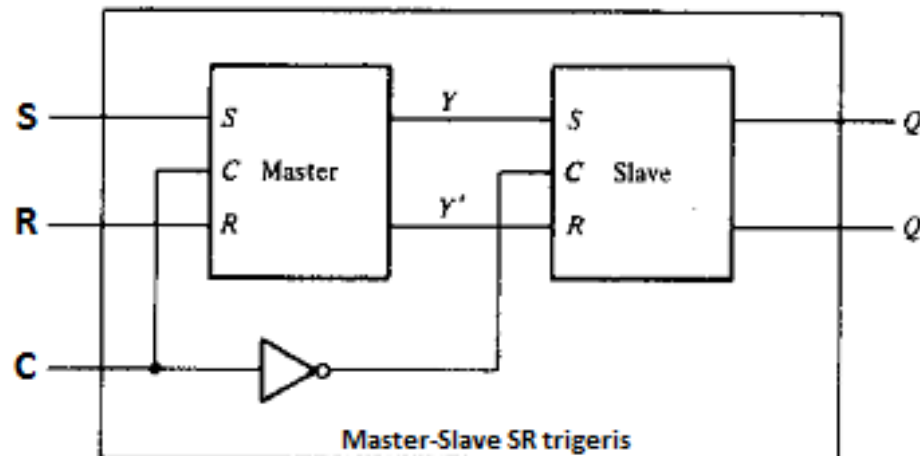
Master-Slave tipo trigeriai

- Kai $C=0$, inverterio išvestis lygi 1, taigi slave trigeris aktyvus, ir jo išvestys $Q=Y$, bei $Q'=Y'$.
- Master trigeris neaktyvus, nes jo $C=0$.



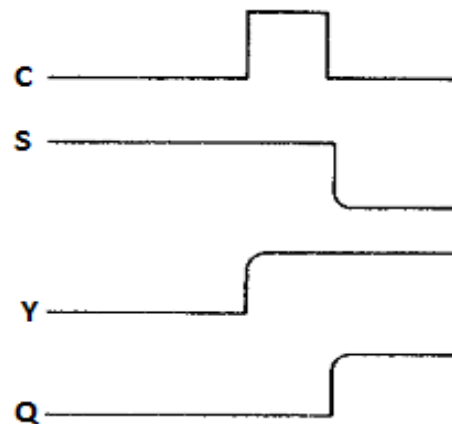
Master-Slave tipo trigeriai

- Kai C tampa 1, į master triggerį įrašoma informacija iš S bei R įvesčių,
- Tačiau tuo metu slave triggeris neaktyvus, nes jo $C=0$.
- Kai sinchroimpulsas C grįžta į 0, slave triggeris įsirašo master'io informaciją



Laikinė master-slave trigerio diagrama

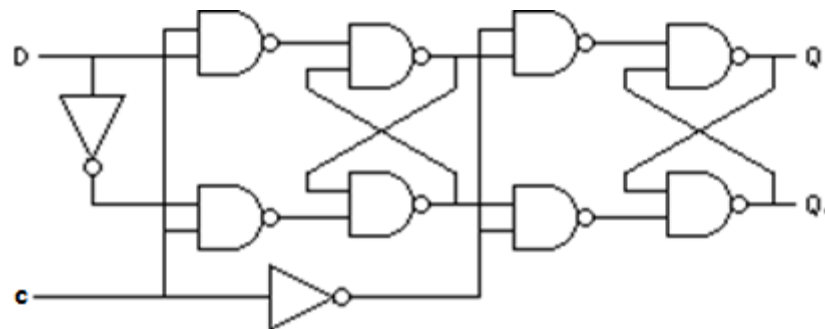
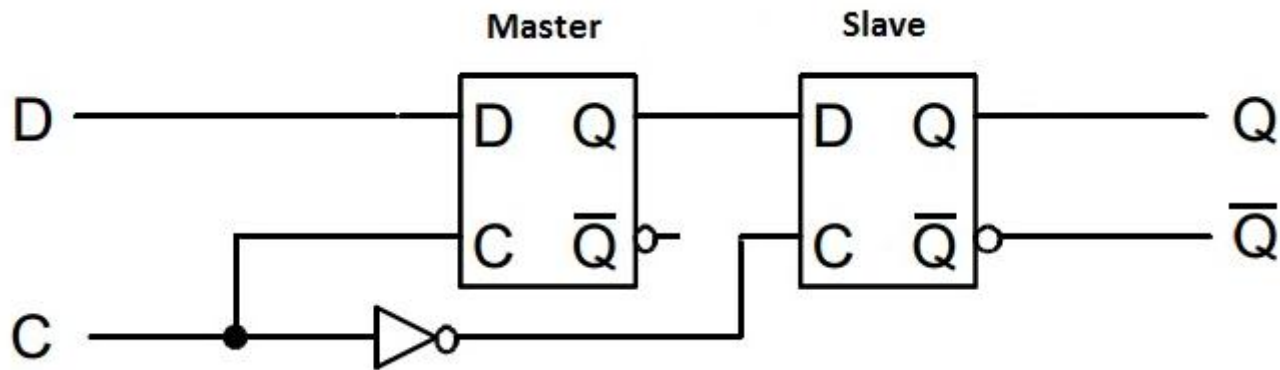
- Įvykių seka MS trigeryje:
 - Tarkime, kad trigerio būseną yra 0, taigi $Y=0$, $Q=0$.
 - Įvestyse paduodama $S=1$, $R=0$ (vieneto įrašymas).
 - Atėjus teigiamam C frontui, master trigeris nustatomas, taigi Y tampa lygus 1. Slave trigeris nekeičia būsenos, nes jo $C=0$.
 - Kai C grįžta į 0, informacija perrašoma į slave trigerį, ir Q tampa lygus 1.
 - Kadangi šiuo metu master trigeris neaktyvus, jo įvestyse esantys signalai nepersiduoda išvestims



Kitų tipų MS trigeriai

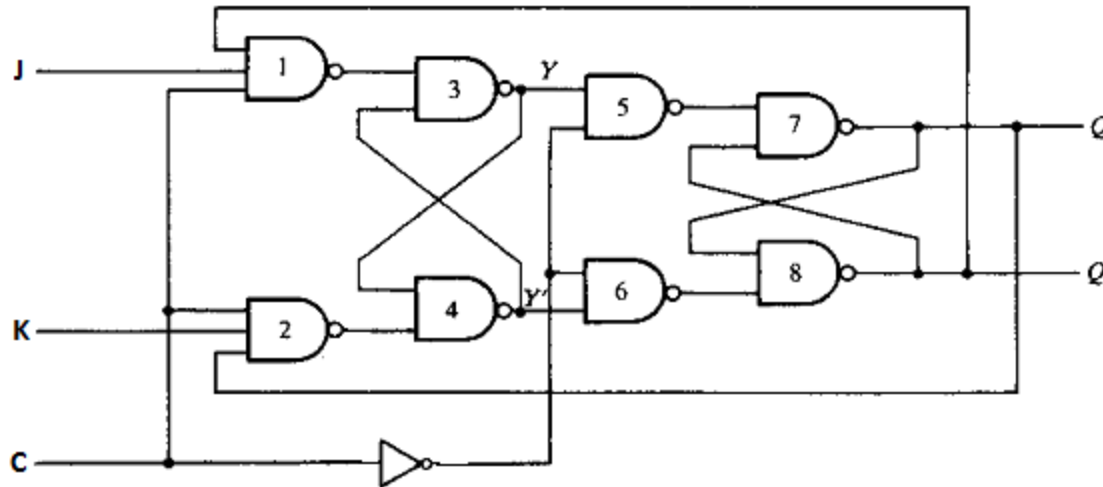
- Įmanoma sukonstruoti kitų tipų MS trigerius: D-tipo, JK-tipo.
- Kiekviena jų įdedamas master trigeris - sinchroninis SR trigeris, bei inverteris sinchr impulsui

D master-slave

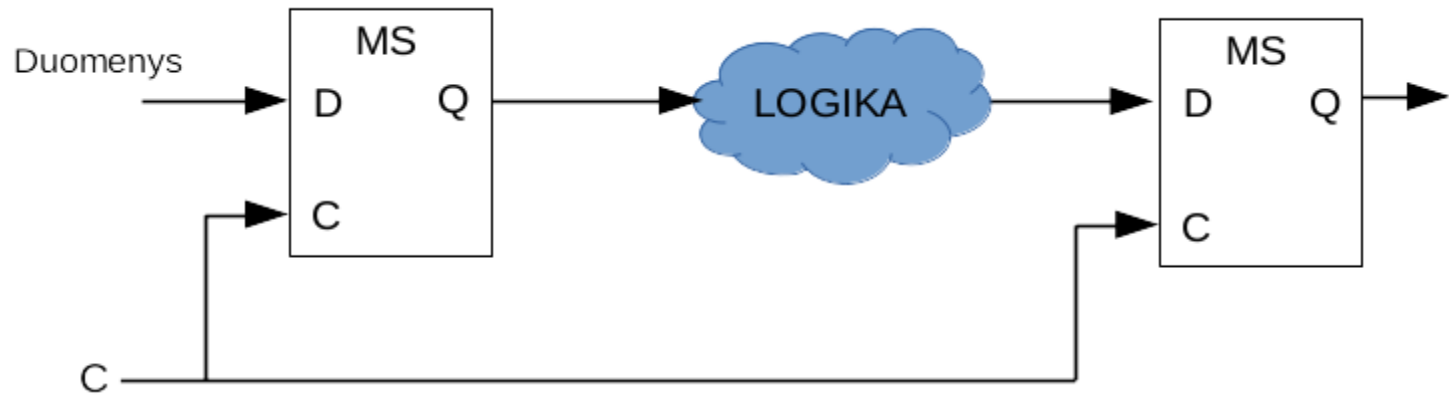


JK master-slave

- Slave triggeris - sinchroninis SR triggeris su invertuotu sinchrosignalu.



Master-Slave privalumai



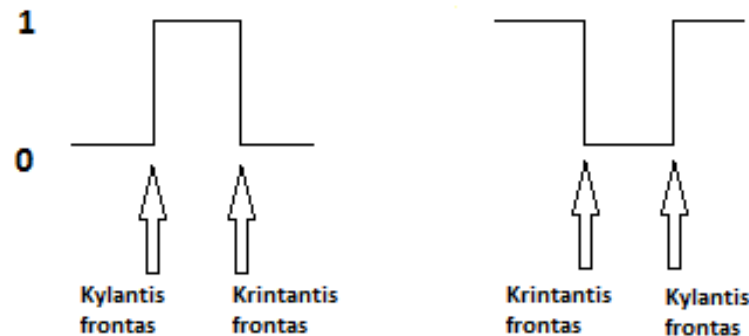
- Skaitmeninėse schemose yra daug MS trigerių;
- Kylančiu C impulso frontu, kai kurie master trigeriai keičia būseną, tačiau visų trigerių išvestys nesikeičia.
- Krintančiu C frontu kai kurių trigerių išvestys keičiasi, tačiau tai neįtakoja master trigerių iki sekančio C impulso kylančio fronto.
- Tai leidžia schemai informaciją perduoti iš vieno trigerio kitam, o šio informaciją – atgal pirmam, tuo pačiu C impulsu.

Dinaminiai trigeriai

- Trigeris, keičiantis būseną priklausomai nuo sichroimpulso **fronto**, vadinamas dinaminiu.
- Kai C signalas fronto metu pasiekia tam tikrą ribinę reikšmę, trigerio įvestys užblokuojamos, ir trigeris tampa neaktyvus, kol C vėl negrįžta į 0 ir poto vėl neateina frontas.

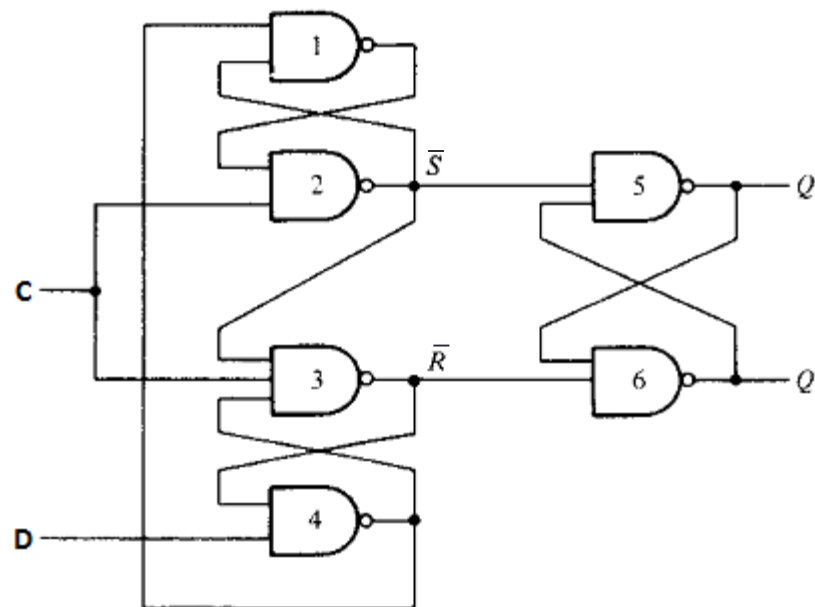
Dinaminiai trigeriai

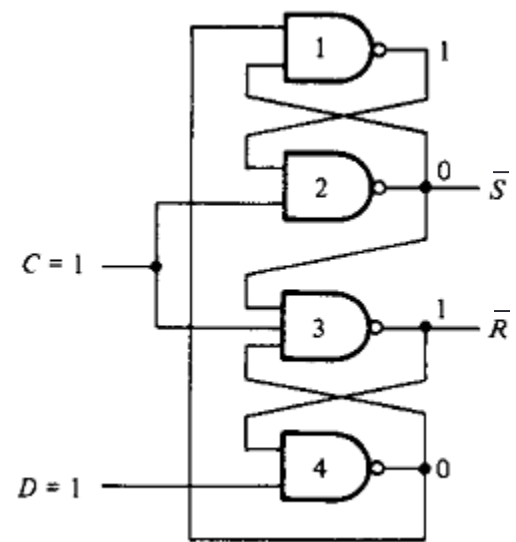
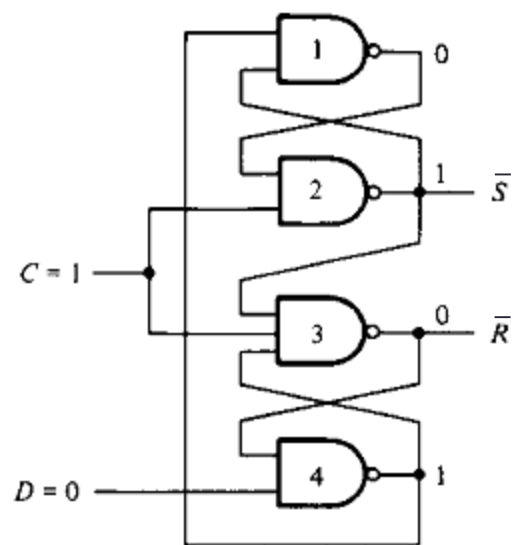
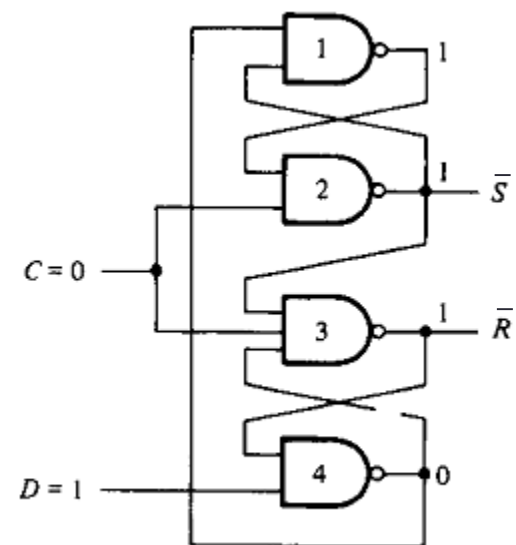
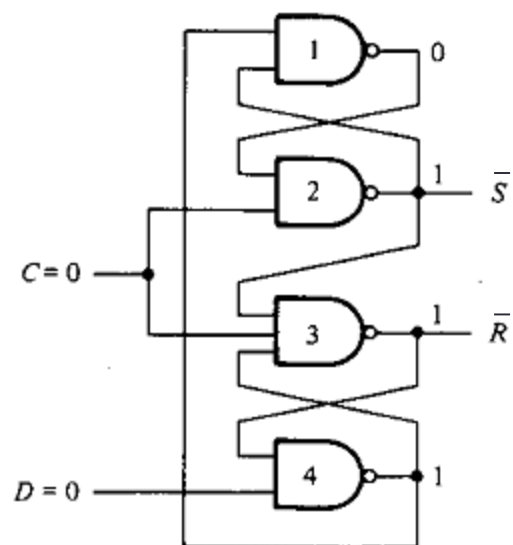
- Egzistuoja trigeriai, veikiantys kylančiu arba krintančiu sichrosignalo frontu.



Dinaminis D trigeris

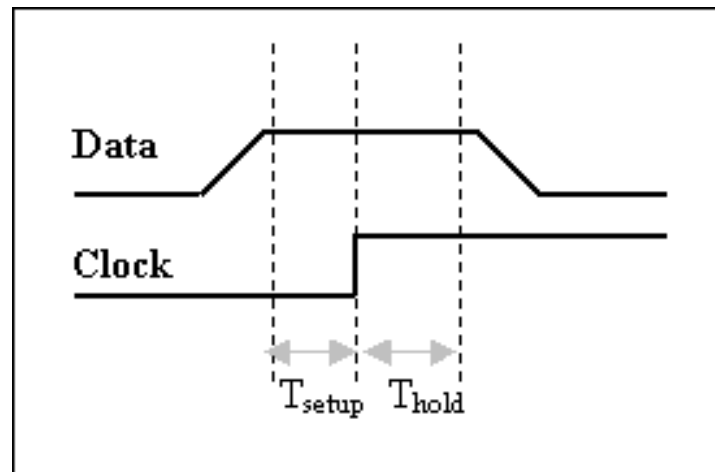
- Sujungtas iš trijų paprastų trigerių





Užlaikymas

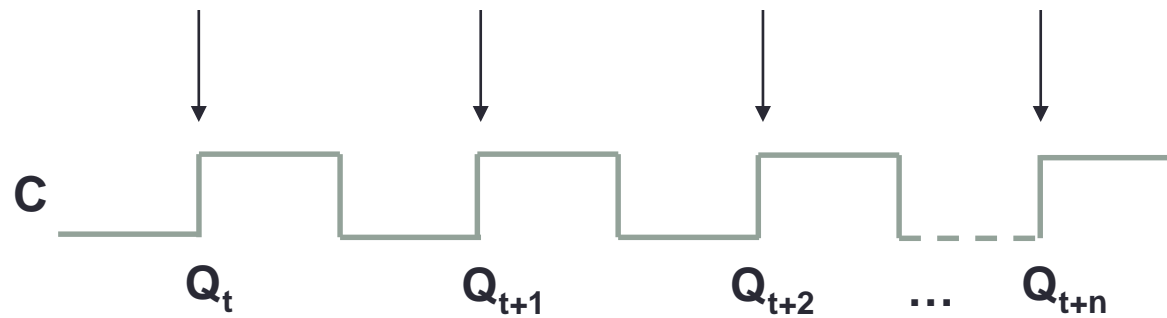
- D įvestis privalo **nesikeisti** tam tikrą laiką **prieš** ateinant kylančiam C frontui. Tai vadinama parengties laiku (setup time)
- Šis laikas lygus elementų 4 ir 1 elementų vėlinimų sumai.
- Taip pat D įvestis privalo **nesikeisti** tam tikrą laiką **po** C fronto. Tai vadinama užlaikymo laiku (hold time)
- Šis laikas lygus elemento 3 vėlinimui.



Dinaminio D trigerio veikimas

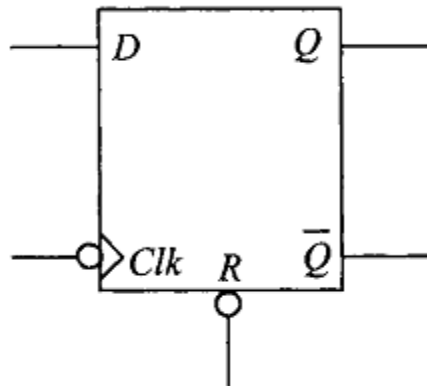
- Atėjus kylančiam C frontui, informacija, esanti D įvestyje, įrašoma į Q .
- Įvesties D pasikeitimas, kol C – aukštas, Q išvesties nebeįtakoja.
- Neigiamas C frontas taip pat neįtakoja išvesties.
- Žemas C lygis taip pat neįtakoja išvesties.
- Taigi dinaminis trigeris panaikina bet kokias grįžtamo ryšio problemas, taip pat kaip ir MS trigeris.
- Būtina atsižvelgti į setup bei hold laikus.

Sinchronizavimas

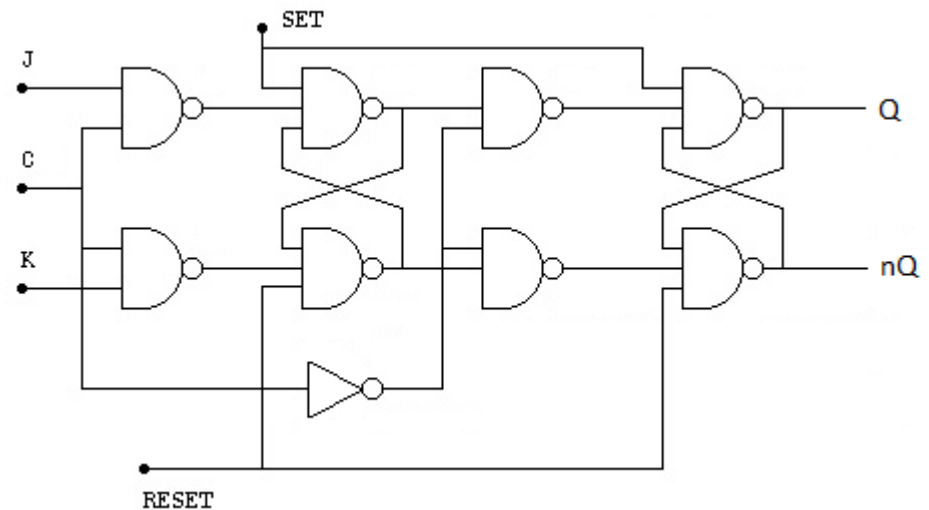
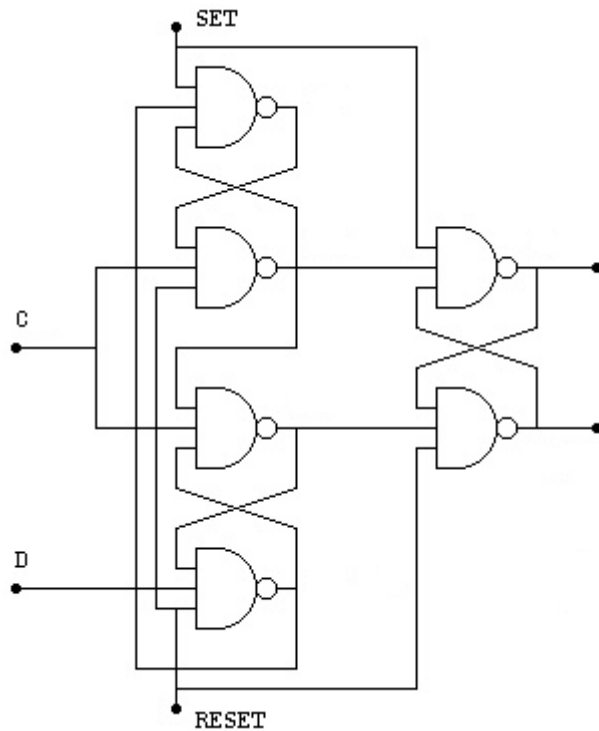


Nulio nustatymas

- Kokią būseną įgyja trigeriai, tik pradėjus veikti schemai?
- Nustatymui naudojami papildomi signalai, dažniausiai vadinami:
- RST ar R ar CD – nulio nustatymui
- SET ar S ar SD – vieneto nustatymui



Nulio nustatymas



Dinaminių trigerių panaudojimas

- Atmintys
- Registrai
- Skaitliukai
- Dažnio dalikliai
- Būsenų automatai
-
-

Kitose paskaitose

Turinys

- Kombinacinė ir nuosekli logika
- Kas yra trigeriai?
- Asinchroniniai bei sinchroniniai trigeriai
- Statiniai SR, JK, D, T tipo trigeriai
- Trigerių nustatymas
- Master – Slave trigeriai
- Dinaminiai trigeriai

Laboratorinis darbas

- Iš lygties nustatyti, kokio tipo trigerį projektuoti;
- Nustatyti, kaip suformuojami valdymo signalai;
- Suprojektuoti statinį ir MS arba dinaminį trigerį;
- Parašyti testą, kuris leidžia ištirti trigerių veikimą:
 - 0 nustatymas (reset)
 - 0 įrašymas
 - saugojimas
 - 1 įrašymas
 - saugojimas

Pasiruošimas kitai paskaitai

- P. Kanapeckas, E. Kazanavičius, A. Mikuckas. Kompiuterių elementai. **Skyrius 3.2.3 (Nuoseklių schemų projektavimas)**

Klausimai?