

# LOGICKÉ SYSTÉMY

Prednáška 7, 2014-2015

Ing. Adam Jaroš, PhD – prednášky, cvičenia

Ing. Michal Chovanec – cvičenia

Katedra technickej kybernetiky

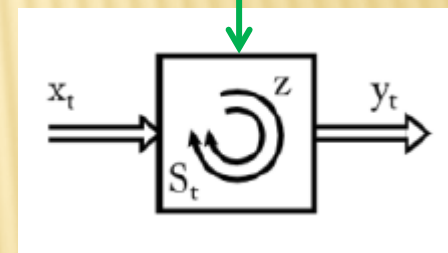
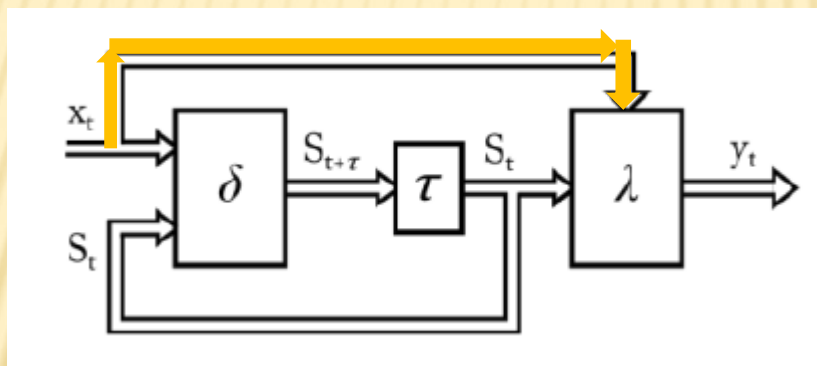
Web predmetu: <http://frtk.fri.uniza.sk>

# OPAKOVANIE—REPREZENTÁCIA STAVOV AUTOMATU

K reprezentácii **aktuálneho stavu automatu** sú potrebné ďalšie logické signály. Nazývame ich **vnútorné premenné**.

Vystupujú len vo vnútornej štruktúre sekvenčného systému.

MOORE  
MEALY



Budeme ich označovať  $z_i$ ,  $i=1\dots q$  a ich počet je väčší alebo rovný ako dvojkový logaritmus počtu stavov automatu, t.j.  $q \geq \log_2(\text{počet\_stavov})$ .

# OPAKOVANIE – KÓDOVANIE VNÚTORNÝCH STAVOV AUTOMATU

Priradenie kombinácii vnútorných premenných k vnútorným stavom automatu nazývame *kódovanie stavov automatu* (skrátene *kód automatu*) a jeho zápisu hovoríme *mapa kódovania*.

Kód automatu spravidla *nie je jednoznačný*.

Voľba kódu *má vplyv na zložitosť riešenia*.

## Príklad

Kódovanie troch stavov s dvoma vnútornými premennými.

		$\overline{z_2}$
	$S_0$	$S_2$
$z_1$	$S_1$	-

Mapa kódovania stavov  
(resp. *mapa kódovania*)



# OPAKOVANIE – PRINCÍP NÁVRHU ASYNCHRÓNNÉHO AUTOMATU S PRIAMÝMI SPÄTNÝMI VÄZBAMI

Rozpíšme si prechodovú a výstupnú časť rovníc **Moorovho** a **Mealyho** automatu.

$$\begin{aligned} S' &= \delta(S, x) \\ y &= \lambda(S) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{t+\tau} &= \delta(S_t, x_t) \\ y_t &= \lambda(S_t, x_t) \end{aligned}$$

Uved'me si zápis *prechodovej rovnice*—**blok  $\delta$**  pre Moorov a Mealyho automat: (zjednodušený zápis bez „času“), kde  $q$ —je počet stavov automatu

$$\begin{aligned} z_1' &= \delta_1(z_1 \cdots z_q, x_1 \cdots x_n) \\ z_2' &= \delta_2(z_1 \cdots z_q, x_1 \cdots x_n) \\ &\dots \\ z_q' &= \delta_q(z_1 \cdots z_q, x_1 \cdots x_n) \end{aligned}$$

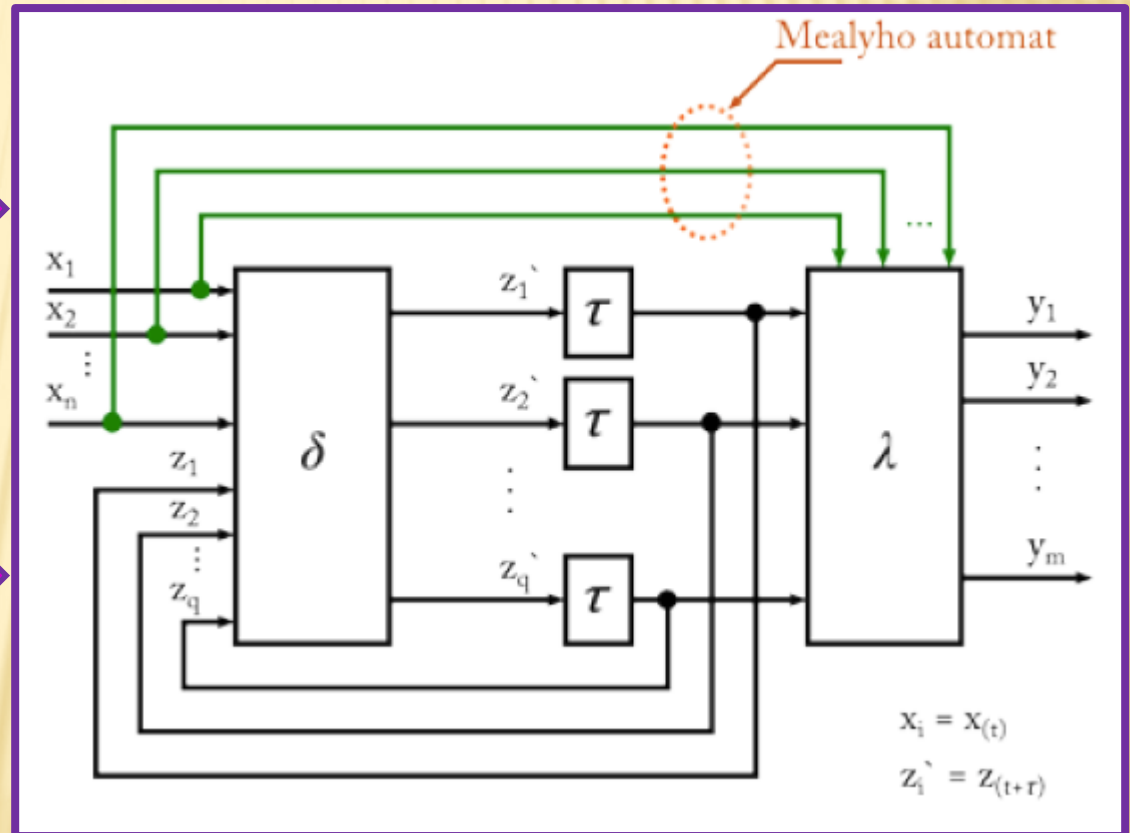
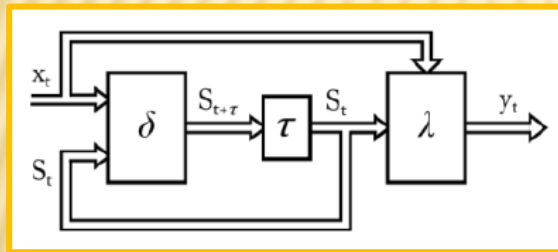
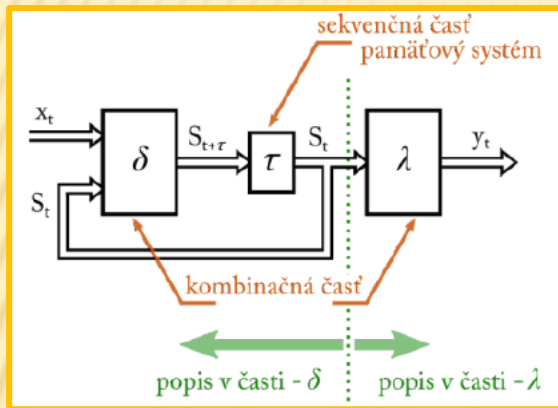
Rovnica *výstupného priradenia*—**blok  $\lambda$** , zjednodušený zápis bez „času“: kde  $m$ —je počet výstupov automatu

$$\begin{aligned} y_1 &= \lambda_1(z_1 \cdots z_q) \\ y_2 &= \lambda_2(z_1 \cdots z_q) \\ &\dots \\ y_m &= \lambda_m(z_1 \cdots z_q) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_1 &= \lambda_1(z_1 \cdots z_q, x_1 \cdots x_n) \\ y_2 &= \lambda_2(z_1 \cdots z_q, x_1 \cdots x_n) \\ &\dots \\ y_m &= \lambda_m(z_1 \cdots z_q, x_1 \cdots x_n) \end{aligned}$$

# OPAKOVANIE – PRINCÍP NÁVRHU ASYNCHRÓNNEHO AUTOMATU S PRIAMÝMI SPÄTNÝMI VÄZBAMI

Detailná štruktúra **Moorovho** a **Mealyho** automatu.



# OPAKOVANIE – PRÍKLAD NÁVRHU AUTOMATU S PRIAMYMI SPÄTNÝMI VÄZBAMI

## Príklad

Zapíšte Karnaughove mapy pre nové hodnoty vnútorných a výstupných premenných v **Moorovom automate** na obrázku.

	$x_1 \quad \overline{x_2}$				$y_1 \quad y_2$	
$S_0$	$S_0$	$S_1$	$S_0$	$S_2$	0	1
$S_1$	$S_0$	$S_1$	$S_3$	$S_1$	1	0
$S_2$	$S_3$	$S_2$	$S_0$	$S_2$	1	1
$S_3$	$S_3$	$S_3$	$S_3$	$S_2$	1	0
	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$		

$\delta$   $\lambda$

výstupné premenné

vstupné symboly

Moorov automat

	$\overline{z_2}$	
	$S_1$	$S_0$
$z_1$	$S_3$	$S_2$

Mapa kódovania stavov  
(kód automatu)

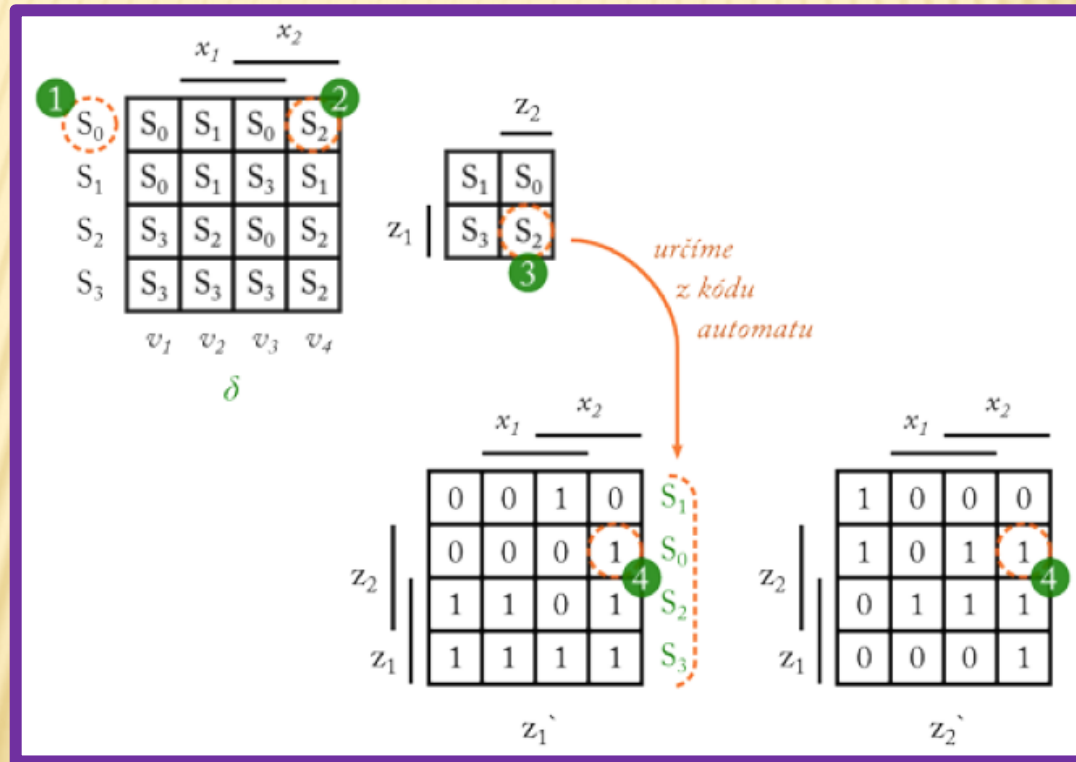
*Kód automatu je zadaný.*



# OPAKOVANIE – PRÍKLAD NÁVRHU AUTOMATU S PRIAMYMI SPÄTNÝMI VÄZBAMI

## Riešenie

Karnaughove mapy *nových hodnôt vnútorných premenných*— $z'_1$  a  $z'_2$  automatu.  
K výpočtu použijeme *blok  $\delta$*  a *kód automatu*.



Pred vyplňaním hodnôt Karnaughových máp vnútorných premenných si označme k riadkom *rozloženie stavov* na základe *kódu automatu*.

# OPAKOVANIE – PRÍKLAD NÁVRHU AUTOMATU S PRIAMYMI SPÄTNÝMI VÄZBAMI

## Riešenie

(pokračovanie)

Hodnoty výstupných premenných— $y_1$  a  $y_2$  automatu.

K výpočtu použijeme *blok  $\lambda$*  a *kód automatu*.

	$\overline{z_2}$	
$z_1$	1	0
	1	1
	$y_1$	

	$\overline{z_2}$	
$z_1$	0	1
	0	1
	$y_2$	

	$x_1$	$x_2$				
	$\overline{v_1}$	$\overline{v_2}$	$\overline{v_3}$	$\overline{v_4}$	$y_1$	$y_2$
$S_0$	$S_0$	$S_1$	$S_0$	$S_2$	0	1
$S_1$	$S_0$	$S_1$	$S_3$	$S_1$	1	0
$S_2$	$S_3$	$S_2$	$S_0$	$S_2$	1	1
$S_3$	$S_3$	$S_3$	$S_3$	$S_2$	1	0
	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$		
	$\delta$				$\lambda$	

výstupné premenné

výstupné symboly

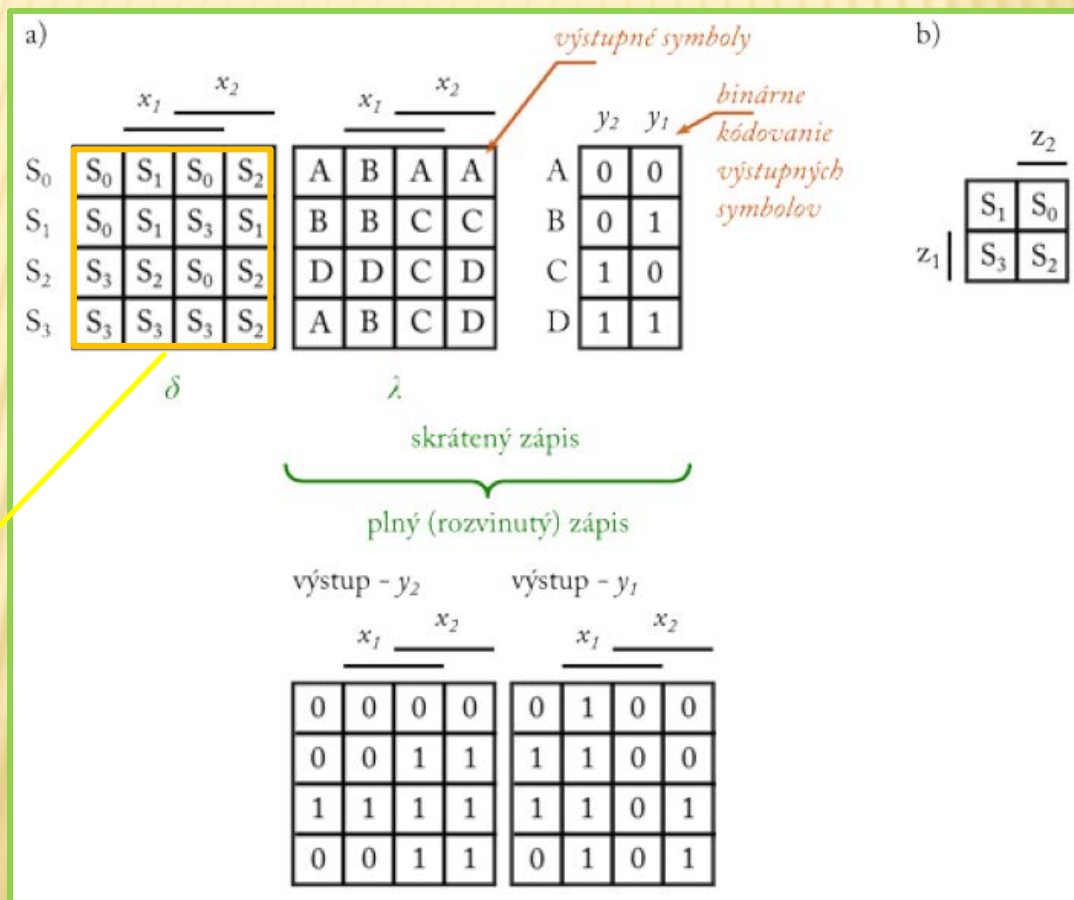
	$\overline{z_2}$	
$z_1$	$S_1$	$S_0$
	$S_3$	$S_2$



# OPAKOVANIE – PRÍKLAD NÁVRHU AUTOMATU S PRIAMYMI SPÄTNÝMI VÄZBAMI

## Príklad

Zapíšte Karnaughove mapy pre nové hodnoty vnútorných a výstupných premenných v **Mealyho automate** na obrázku. Je zadaná *mapa kódovania*.



Blok  $\delta$  je rovnaký ako v predošlom príklade

# OPAKOVANIE – PRÍKLAD NÁVRHU AUTOMATU S PRIAMYMI SPÄTNÝMI VÄZBAMI

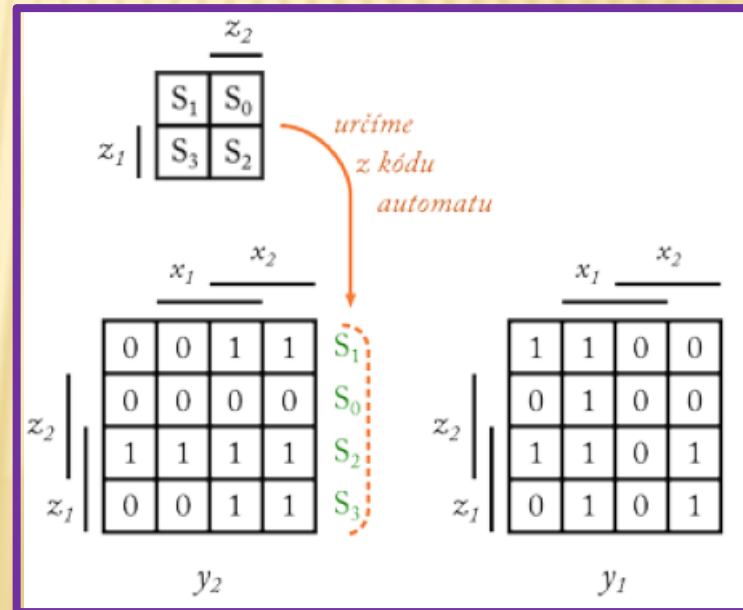
## Riešenie

Karnaughove mapy vnútorných premenných sú rovnaké ako v riešení predošlého príkladu.

Na rozdiel od Moorovho automatu hodnoty výstupných premenných— $y_1$  a  $y_2$  Mealyho automatu sú nasledovné:

		výstup - $y_2$				výstup - $y_1$			
		$x_1$		$x_2$		$x_1$		$x_2$	
$S_0$ $S_1$ $S_2$ $S_3$		0	0	0	0	0	1	0	0
		0	0	1	1	1	1	0	0
		1	1	1	1	1	1	0	1
		0	0	1	1	0	1	0	1

Blok 2



# OPAKOVANIE — NÁVRH SEKVENČNÝCH LOGICKÝCH SYSTÉMOV S ELEMENTÁRNymi PAMÄŤAMI

Elementárna pamäť je logický systém, ktorý sa dá popísať *Moorovým automatom*. Má definované *dva stavy* a *štyri vstupné symboly*.

V praxi **99%** všetkých číslicových systémov sú **synchronne automaty**.

Návrh synchronných sekvenčných systémov (synchronných automatov) s pamäťami je náplňou predmetu **Logické systémy**.

Jedným zo základných prvkov SLO sú prvky, ktoré sú **schopné zapamätať** si hodnotu určitej dvojhodnotovej premennej. Sú to **preklápacie obvody** (ďalej len **PO**).

Preklápacie obvody majú väčšinou dve výstupné premenné, ktoré sú komplementárne. Označujú sa symbolmi  $Q$  a  $\bar{Q}$ . Výstup  $Q$  sa nazýva priamy výstup a  $\bar{Q}$  je negovaný výstup.

*Stav preklápacieho obvodu* sa posudzuje podľa hodnoty na výstupe  $Q$ .

Vzhľadom na svoju vnútornú štruktúru sú PO aj elementárnou pamäťou. Ich výstupné stavy sa menia skokovo medzi 2 hodnotami logických úrovní. Podľa počtu stabilných stavov delíme PO na:

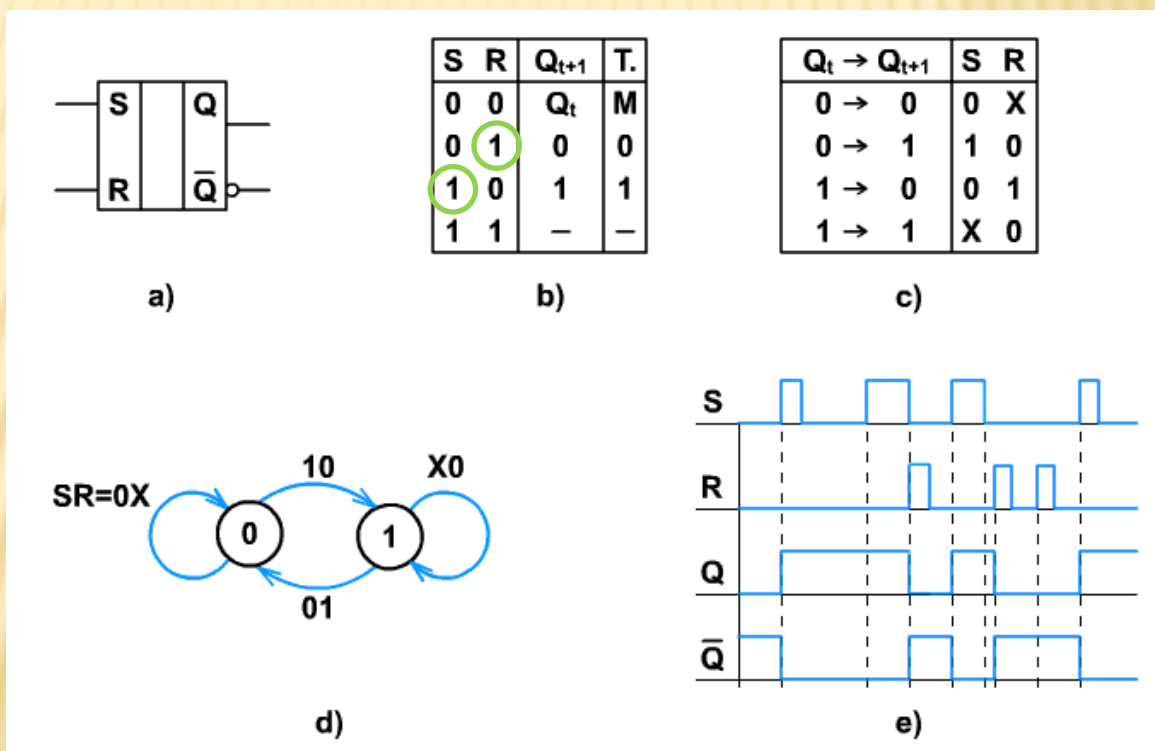
- **bistabilné (BPO alebo BKO)**
- monostabilné
- astabilné



# OPAKOVANIE – ELEMENTÁRNE PAMÄTE – PAMÄŤ R-S

## Klopný obvod R-S (Reset-Set)

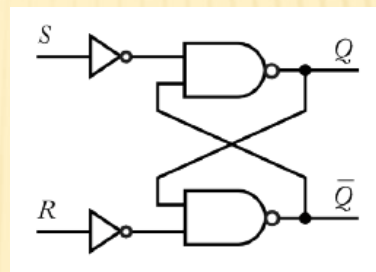
- jednobitová pamäť, niekedy pamäť R-S
- synchronná verzia pamäte má vstup hodinového signálu –  $T_C$  (CLOCK, CLK, C)



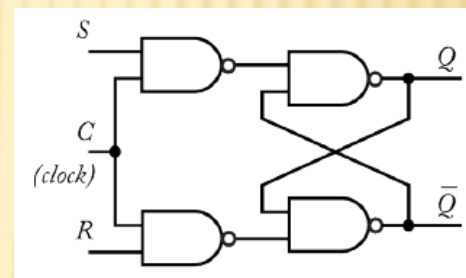
Preklápací obvod typu R-S (resp. S-R) a) schematická značka b) pravdivostná tabuľka c) tabuľka budiacich funkcií d) prechodový diagram e) časový diagram.

# OPAKOVANIE – ELEMENTÁRNE PAMÄTE – PAMÄŤ R-S

Asynchrónne zapojenie pamäte R-S  
z logických hradieľ NAND.



Zapojenie synchrónnej R-S pamäte  
„*citlivej na hladinu*“ (aktívna pri High).



Zapíšme si správanie pamäte R-S, ktorá je zostavená z logických členov NAND.  
Odpovedajúci Moorov automat je (**X – zakázaná kombinácia vstupov**):

	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"><span>R</span><span>S</span></div>				Q
$S_0$	$S_0$	$S_0$	X	$S_1$	0
$S_1$	$S_1$	$S_0$	X	$S_1$	1
	$\delta$				$\lambda$

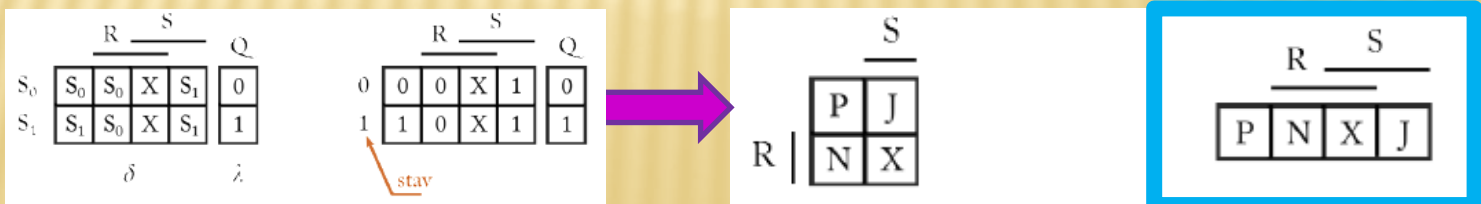
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"><span>R</span><span>S</span></div>				Q
0	0	0	X	1	0
1	1	0	X	1	1
	<div style="display: flex; align-items: center;"><div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">stav</div>→</div>				

# OPAKOVANIE – ELEMENTÁRNE PAMÄTE–TYPY SPRÁVANIA

Pre zápis automatu elementárnych pamätí si **zaved' me nasledovné označenie**.  
Máme štyri typy správania sa pamäte:

- ✗ **Jednotkové správanie (J):**  $0 \rightarrow 1, 1 \rightarrow 1$  (tzn. výstup sa nastaví na hodnotu log. 1, nech mal akúkoľvek hodnotu).
- ✗ **Nulové správanie (N):**  $0 \rightarrow 0, 1 \rightarrow 0$  (tzn. výstup sa nastaví na hodnotu log. 0, nech mal akúkoľvek hodnotu).
- ✗ **Pamäťové správanie (P):**  $0 \rightarrow 0, 1 \rightarrow 1$  (tzn. výstup si pamätá predošlú hodnotu; nastaví rovnakú hodnotu).
- ✗ **Klopné správanie (K):**  $0 \rightarrow 1, 1 \rightarrow 0$  (tzn. výstup sa nastaví na opačnú hodnotu – „preklopí“).

Zapíšme si správanie pamäte R-S, ktorá je zostavená z logických členov NAND.  
Odpovedajúci Moorov automat je:

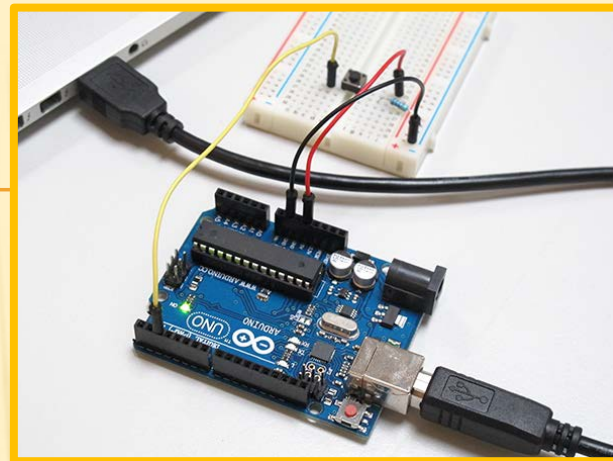




# PREDNÁŠKA 7

## Embedded Systems

With  
Arduino  
IoT, WoT, IoE



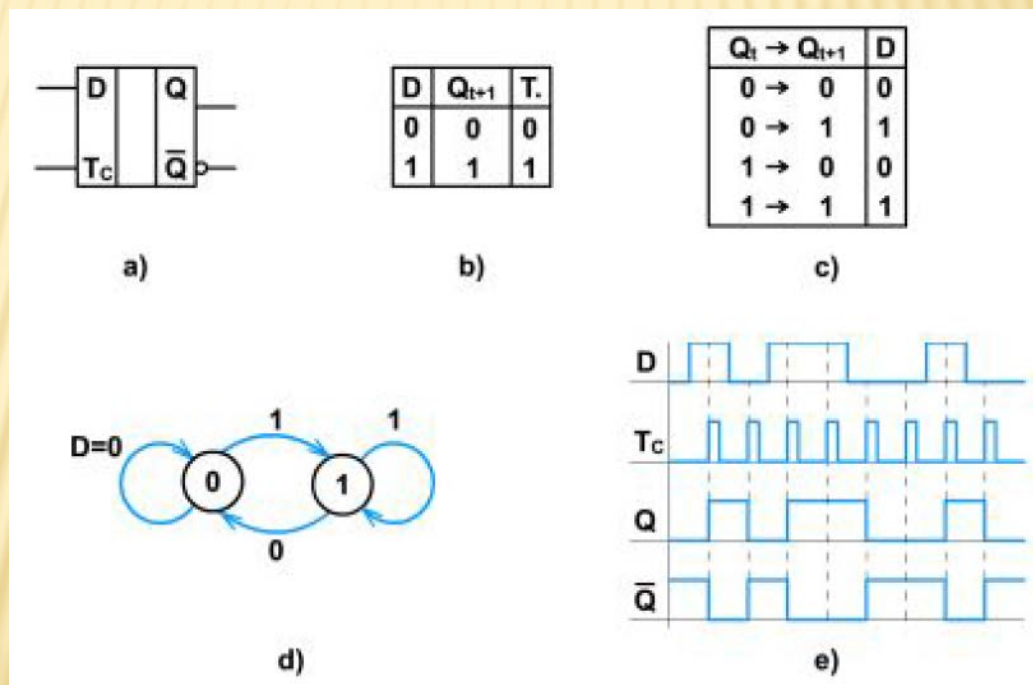
Témy prednášky:

- 1) Elementárne pamäte – pamäť typu D
- 2) Elementárne pamäte – pamäť typu J-K
- 3) Návrh sekvenčných logických systémov s elementárnymi pamäťami
- 4) Príklad návrhu Moorovho automatu s pamäťou J-K

# ELEMENTÁRNE PAMÄTE—PAMÄŤ TYPU D

## Klopný obvod D (Data)

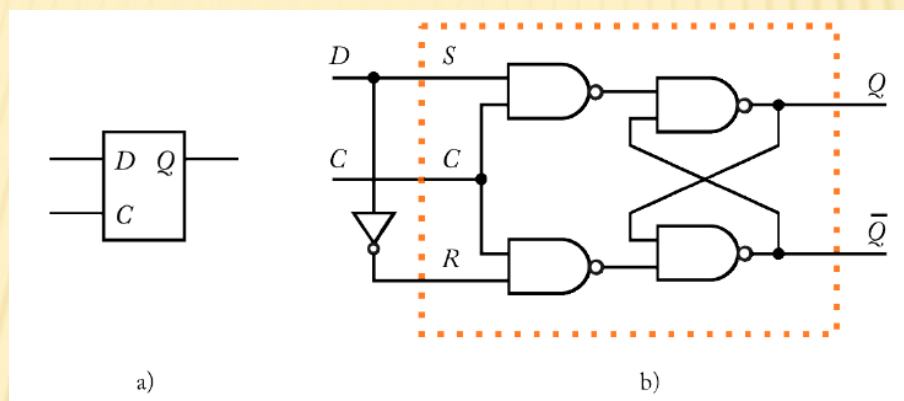
- jednobitová pamäť, niekedy pamäť typu D
- praktický význam má len **synchrónna verzia pamäte** (hodiny— $T_C$ , resp. CLOCK)
- výstup obvodu (pamäte) sa mení len v čase trvania hodinového signálu



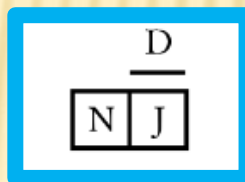
Preklápací obvod typu D a) schematická značka b) pravdivostná tabuľka c) tabuľka budiacich funkcií d) prechodový diagram e) časový diagram.

# ELEMENTÁRNE PAMÄTE—PAMÄŤ TYPU D

Bloková schéma pamäte typu D – a), príklad zapojenia pamäte D (vytvorené zo synchronnej R-S pamäte „citlivej na hladinu“) – b).



Správanie pamäte typu D:



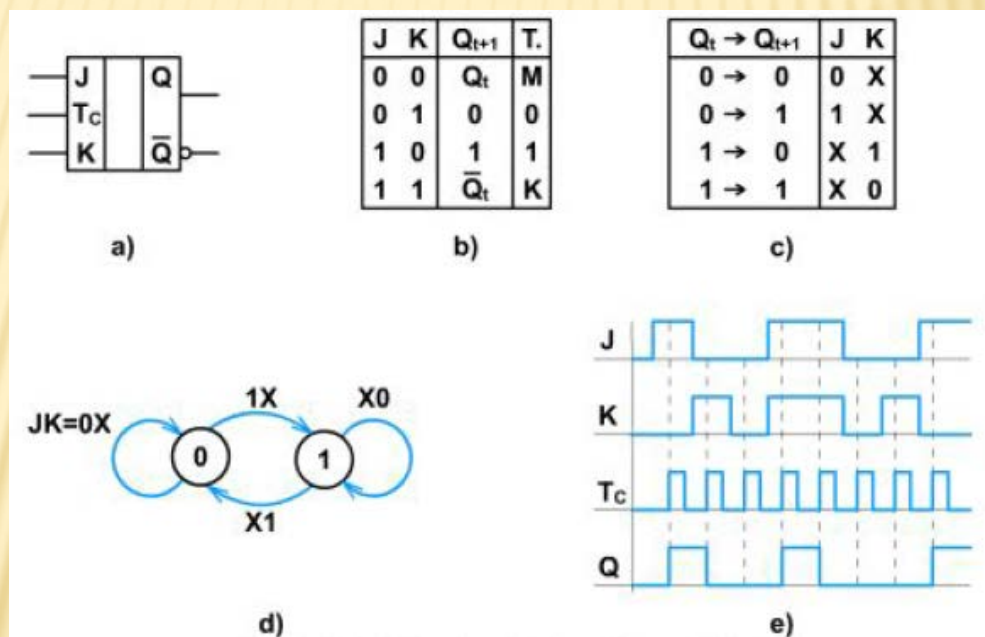
- ✗ Pamäť typu D je **vždy synchronna**, tzn. má „**externý**“ vstup – **hodiny** (clock). Avšak pamäť typu R-S môže byť synchronna aj asynchronna. Zapojenia majú hodiny citlivé na „**jednotkovú hladinu**“. Počas trvania úrovne log. 1 na vstupe hodinového signálu môže dochádzať k prestaveniu výstupu Q.
- ✗ Periodický hodinový signál k riadeniu pamätí získavame najčastejšie z **oscilátora**.



# ELEMENTÁRNE PAMÄTE—PAMÄŤ TYPU J-K

## Klopný obvod J-K (J = Set, K = Reset)

- jednobitová pamäť, niekedy: pamäť typu J-K
- **len synchrónna verzia pamäte** (teda vždy obsaue hodiny— $T_C$ , resp. CLOCK)
- je to zdokonalená synchrónna pamäť R-S; **nemá** zakázanú kombináciu vstupov

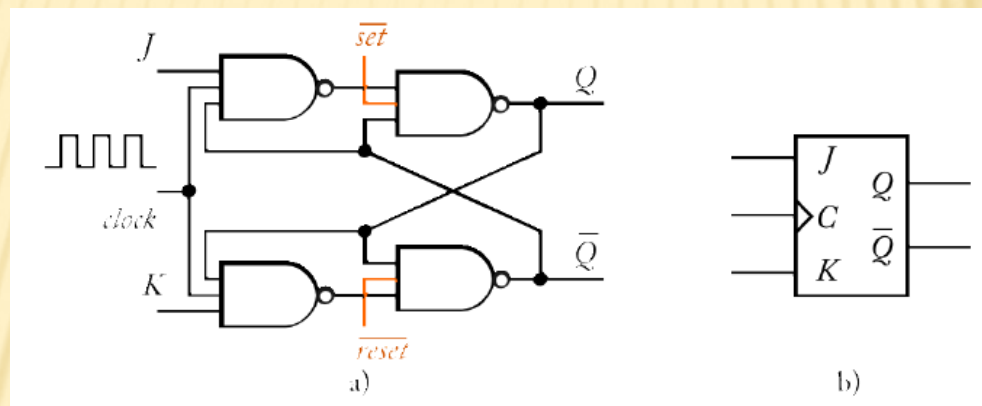


Preklápací obvod typu J-K a) schematická značka b) pravdivostná tabuľka c) tabuľka budiacich funkcií d) prechodový diagram e) časový diagram.

# ELEMENTÁRNE PAMÄTE—PAMÄŤ TYPU J-K

Zapojenie pamäte J-K získame zdokonalením klopného obvodu R-S – a),  
odpovedajúca schematická značka – b).

Výstup obvodu (pamäte) sa mení len v čase trvania hodinového signálu (úroveň High).



Zjednodušený zápis správania sa pamäte typu J-K z obrázku „bez“ stavov – a),  
symbolický zápis správania sa pamäte J-K – b).

	J K				Q
0	0	1	1	0	0
1	1	1	0	0	1

a)

J K			
P	J	K	N

b)

# NÁVRH ELEMENTÁRNYCH PAMÄTÍ – PAMÄŤ R-S

## Príklad

Návrh **asynchrónneho** R-S klopného obvodu s nasledovným správaním.

Je zadaná mapa správania R-S.

**Zapojte R-S s hradlami NAND.**

R		S	
P	N	X	J

## Riešenie

Zapíšeme si Karnaughove mapy pre priamy – Q a komplementárny výstup –  $\bar{Q}$ .

R		S	
0	0	X	1
1	0	X	1

$Q_t$  |  $Q_{t+1}$

R		S	
1	1	X	0
0	1	X	0

$Q_t$  |  $\bar{Q}_{t+1}$

Z Karnaughovej mapy zapíšeme konfigurácie

$$Q_{t+1} = S + Q_t \cdot \bar{R}$$

$$\bar{Q}_{t+1} = R + \bar{Q}_t \cdot \bar{S}$$



# NÁVRH ELEMENTÁRNYCH PAMÄTÍ – PAMÄŤ R-S (NAND)

## Riešenie

(pokračovanie)

$$Q_{t+1} = S + Q_t \cdot \bar{R}$$

$$\bar{Q}_{t+1} = R + \bar{Q}_t \cdot \bar{S}$$

Oba výrazy upravíme do NAND:

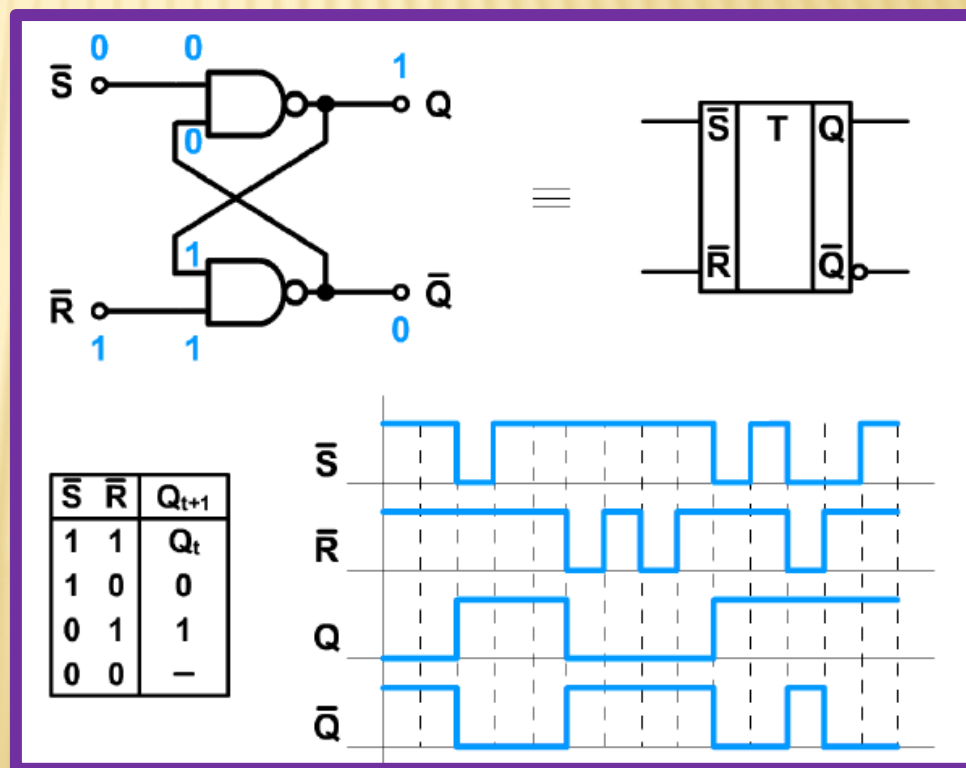
$$Q_{t+1} = \overline{\overline{S + Q_t \cdot \bar{R}}} = \overline{\overline{S} \cdot \overline{Q_t \cdot \bar{R}}} = \overline{\overline{S} \cdot Q_t \cdot R}$$

$$\bar{Q}_{t+1} = \overline{\overline{R + \bar{Q}_t \cdot \bar{S}}} = \overline{\overline{R} \cdot \overline{\bar{Q}_t \cdot \bar{S}}} = \overline{\overline{R} \cdot Q_t \cdot \bar{S}}$$

$$Q = \overline{\overline{S} \cdot \bar{Q}}$$

$$\bar{Q} = \overline{\overline{S} \cdot Q}$$

Zakreslíme elektrickú schému  
R-S zloženú z NAND.



# NÁVRH ELEMENTÁRNYCH PAMÄTÍ – PAMÄŤ R-S

## Príklad

Návrh **asynchrónneho** R-S klopného obvodu s nasledovným správaním.

Je zadaná mapa správania R-S.

**Zapojte R-S s hradlami NOR.**

R		S	
P	N	X	J

## Riešenie

Zapíšeme si Karnaughove mapy pre priamy – Q a komplementárny výstup –  $\bar{Q}$ .

R		S	
0	0	X	1
1	0	X	1

$Q_t$  |  $Q_{t+1}$

R		S	
1	1	X	0
0	1	X	0

$Q_t$  |  $\bar{Q}_{t+1}$

Z Karnaughovej mapy zapíšeme konfigurácie

$$Q_{t+1} = \bar{R} \cdot (Q_t + S) \quad \bar{Q}_{t+1} = \bar{S} \cdot (\bar{Q}_t + R)$$

# NÁVRH ELEMENTÁRNYCH PAMÄTÍ – PAMÄŤ R-S (NOR)

## Riešenie

(pokračovanie)

$$Q_{t+1} = \bar{R} \cdot (Q_t + S) \quad \bar{Q}_{t+1} = \bar{S} \cdot (\bar{Q}_t + R)$$

Oba výrazy upravíme do NOR:

$$Q_{t+1} = \overline{\overline{Q_{t+1}}} = \overline{\overline{\bar{R} \cdot (Q_t + S)}} = \overline{\bar{R} + \overline{(Q_t + S)}} = \overline{\bar{R} + \bar{Q}_t \cdot \bar{S}} = R + (Q_t + S)$$

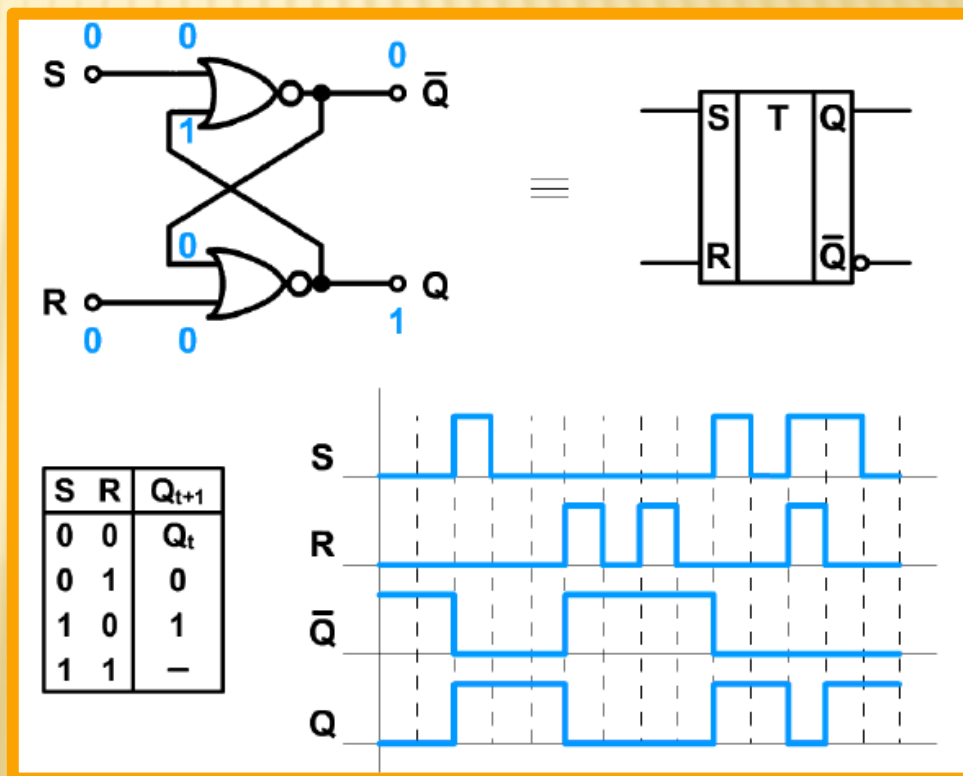
$$\bar{Q}_{t+1} = \overline{\overline{\bar{Q}_{t+1}}} = \overline{\overline{\bar{S} \cdot (\bar{Q}_t + R)}} = \overline{\bar{S} + \overline{(\bar{Q}_t + R)}} = \overline{\bar{S} + Q_t \cdot \bar{R}} = S + (\bar{Q}_t + R)$$

$$Q = \overline{\overline{R + \bar{Q}}}$$

$$\bar{Q} = \overline{\overline{S + Q}}$$

Zakreslíme elektrickú schému

R-S zloženú z NOR.





# NÁVRH ELEMENTÁRNYCH PAMÄTÍ – SYNCHRÓNNY R-S

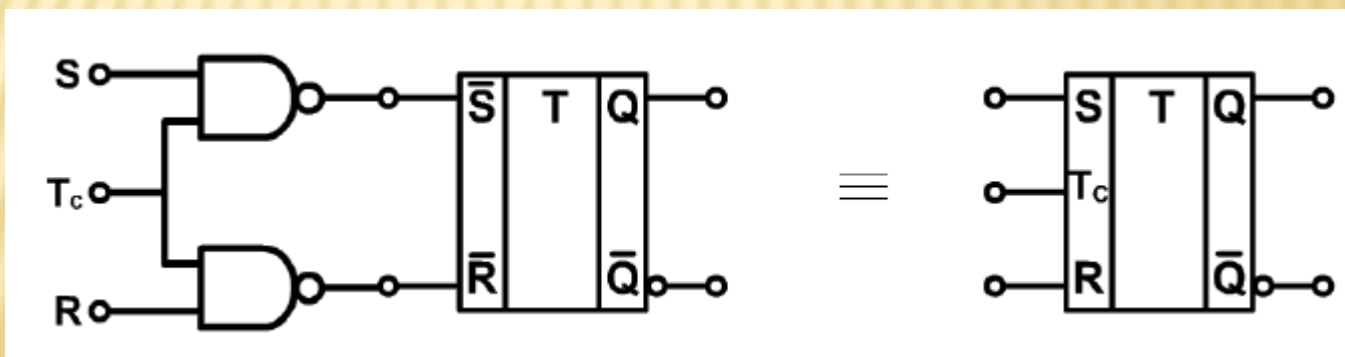
## Príklad

Návrh **synchrónneho R-S** klopného obvodu s nasledovným správaním.

R		S	
P	N	X	J

## Riešenie

Ak požadujeme, aby záznam informácie zo vstupov R a S do preklápacieho obvodu nastal *len v určitom čase*, je možné doplniť asynchrónny S - R preklápací obvod (asynchrónna časť) vstupnými hradlami, ktoré sa budú otvárať *taktovacím impulzom  $T_c$*  (riadiaca časť).



# NÁVRH ELEMENTÁRNYCH PAMÄTÍ – SYNCHRÓNNY R-S

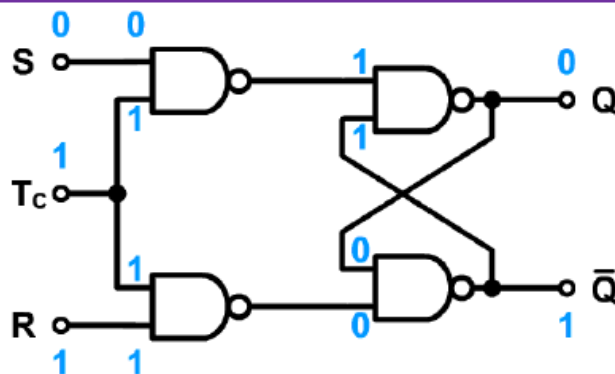
## Riešenie

(pokračovanie)

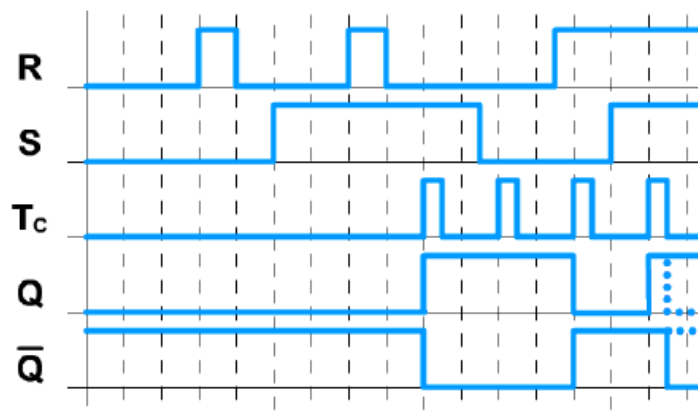
Uved'me si len výsledok riešenia.

$$Q = \overline{\overline{S \cdot T_c \cdot \bar{Q}}}$$

$$\bar{Q} = \overline{\overline{R \cdot T_c \cdot Q}}$$



T <sub>c</sub>	S	R	Q <sub>t+1</sub>
0	0	0	Q <sub>t</sub>
0	0	1	Q <sub>t</sub>
0	1	0	Q <sub>t</sub>
0	1	1	Q <sub>t</sub>
1	0	0	Q <sub>t</sub>
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	–



# NÁVRH ELEMENTÁRNYCH PAMÄTÍ – **DVOJFÁZOVÝ SYNCHRÓNNY R-S**

## Dvojfázový bistabilný preklápací obvod R-S (Master—Slave)

- ✗ Pri statických preklápacích obvodoch je stav obvodu určený úrovňou vstupného signálu.
- ✗ V prípade, ak dôjde k prekrytiu vstupných signálov pri asynchrónnych obvodoch, alebo k nedodržaniu šírky synchronizačného impulzu pri synchronných obvodoch, môže dôjsť ku vzniku hazardov, alebo sa obvod rozkmitá.
- ✗ Toto možno odstrániť dvojfázovým režimom taktovania.

**Dvojčinné preklápacie obvody** sa nazývajú tiež obvody **s medzi pamäťou**.

- ✗ Dvojčinné (dvojfázové) preklápacie obvody sú riadene hranou taktovacieho impulzu (dynamické riadenie).

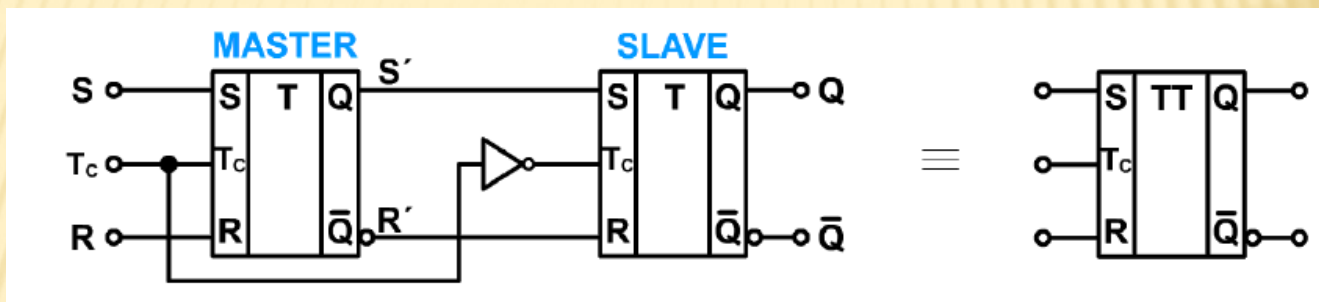
## Nevýhody obvodov riadených úrovňou sú:

- ✗ možnosť zmeny výstupu po celú dobu aktívnej napäťovej úrovne na vstupe taktovacieho impulzu
- ✗ nemožnosť použiť tieto obvody v čítačoch a posuvných registroch, pretože by sa signály na riadiacich vstupoch preklápacích obvodov počas aktívnej úrovne hodinového impulzu preniesli okamžite až na výstup celého obvodu.

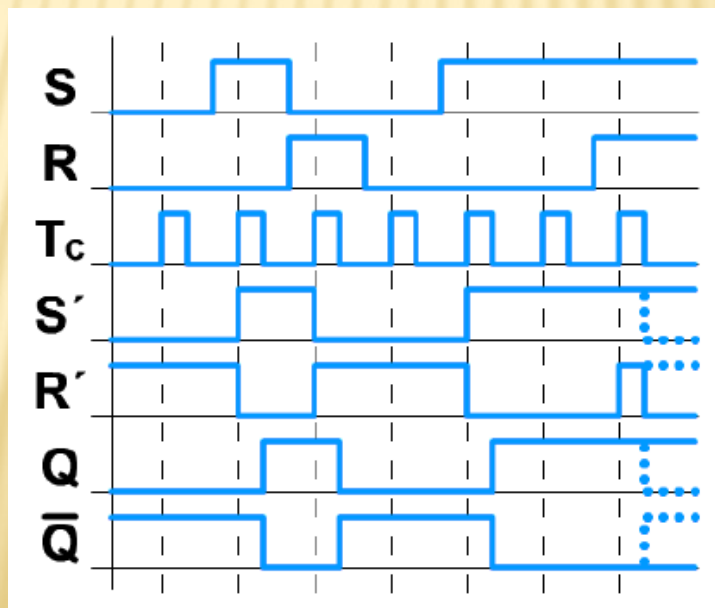


# NÁVRH ELEMENTÁRNÝCH PAMÄTÍ – DVOJFÁZOVÝ SYNCHRÓNNY R-S

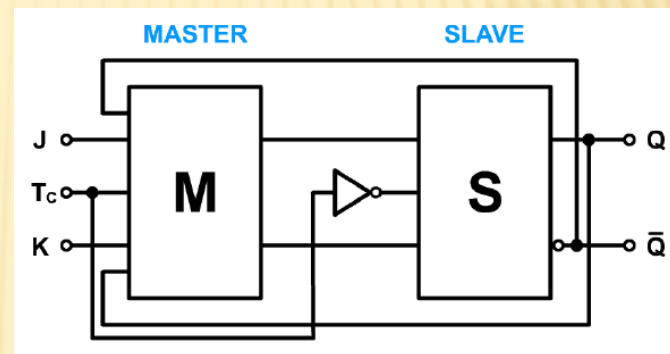
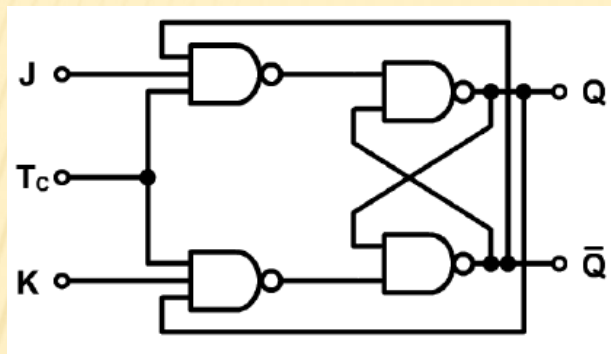
Preto je nutné mať k dispozícii takéto preklápacie obvody, ktoré budú mať oddelené vstupy od výstupov. **Princíp riešenia:**



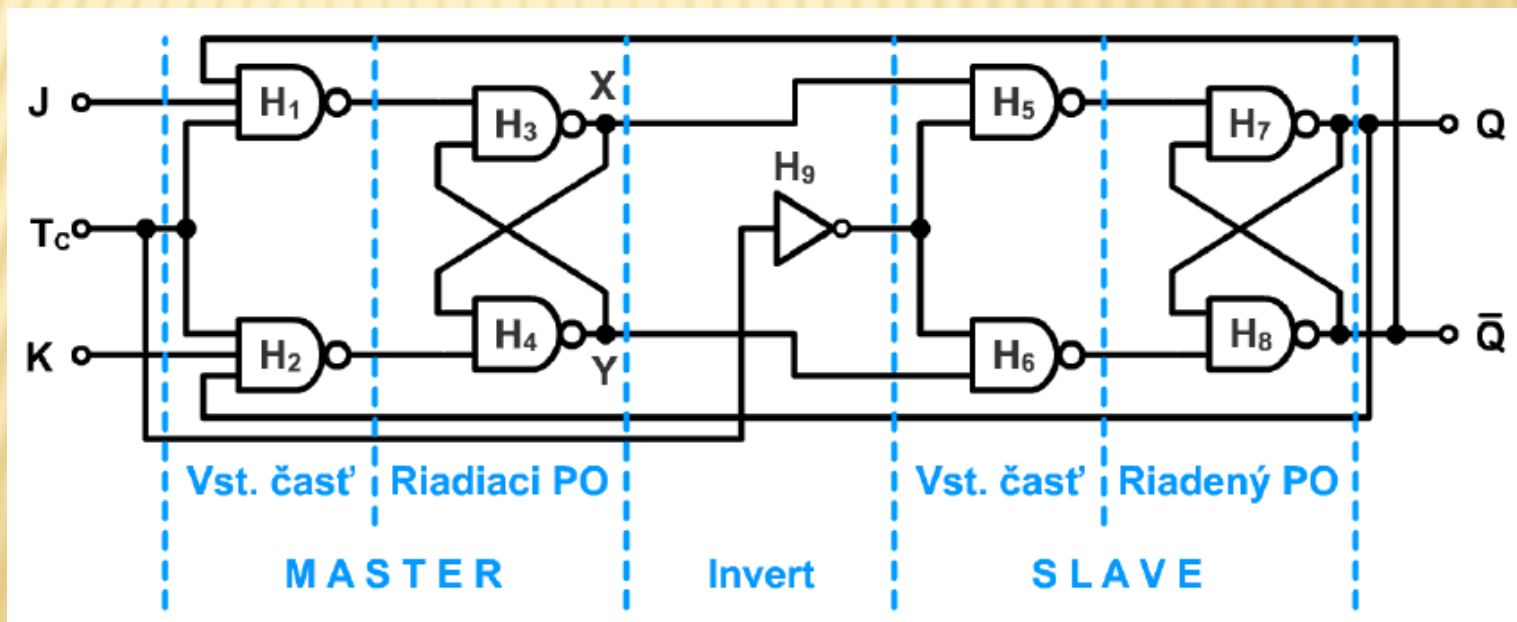
Dvojfázový bistabilný preklápací obvod R-S (Master–Slave) a jeho časovanie.



# NÁVRH ELEMENTÁRNÝCH PAMÄTÍ – DVOJFÁZOVÝ SYNCHRÓNNY J-K

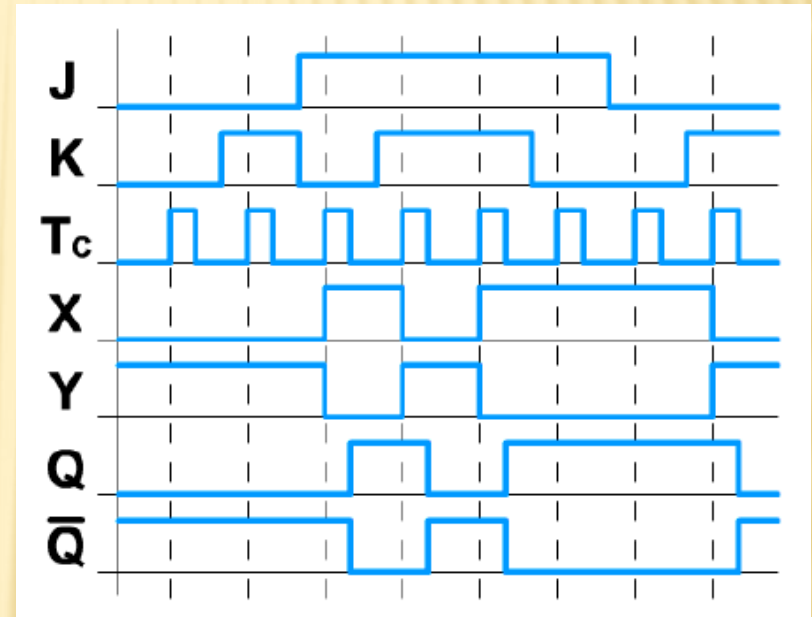
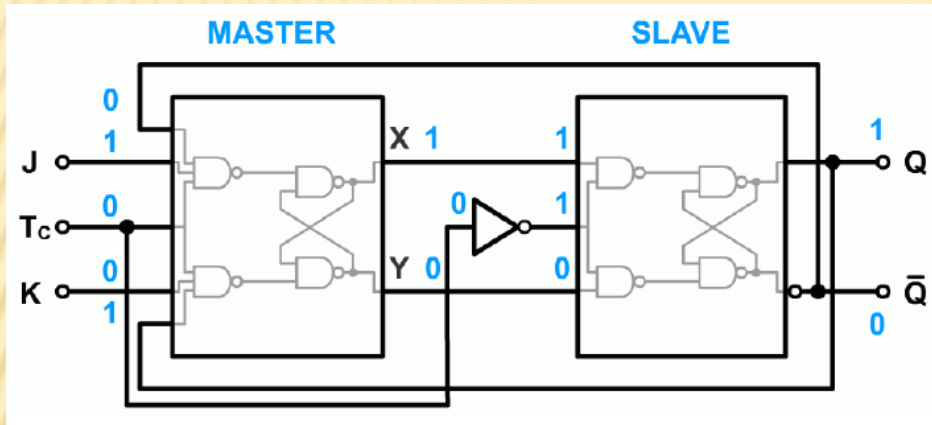


Dvojfázový bistabilný preklápací obvod J-K (Master–Slave).



# NÁVRH ELEMENTÁRNYCH PAMÄTÍ – DVOJFÁZOVÝ SYNCHRÓNNY J-K

Činnosť preklápacieho obvodu J-K (Master–Slave) a jeho časovanie.

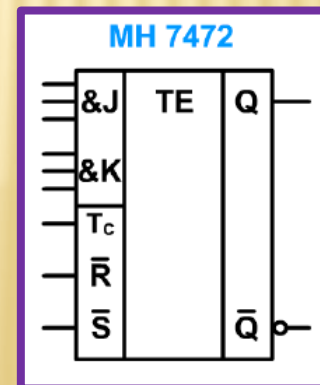


Integrovaný obvod 7472 (J – K pamäť)

Vstupy:

$$J = J_1 \cdot J_2 \cdot J_3$$

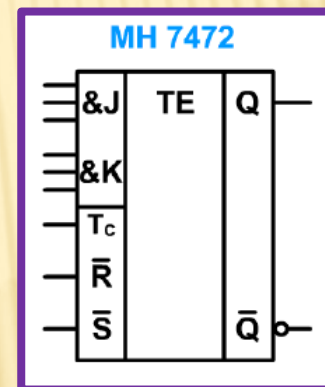
$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$



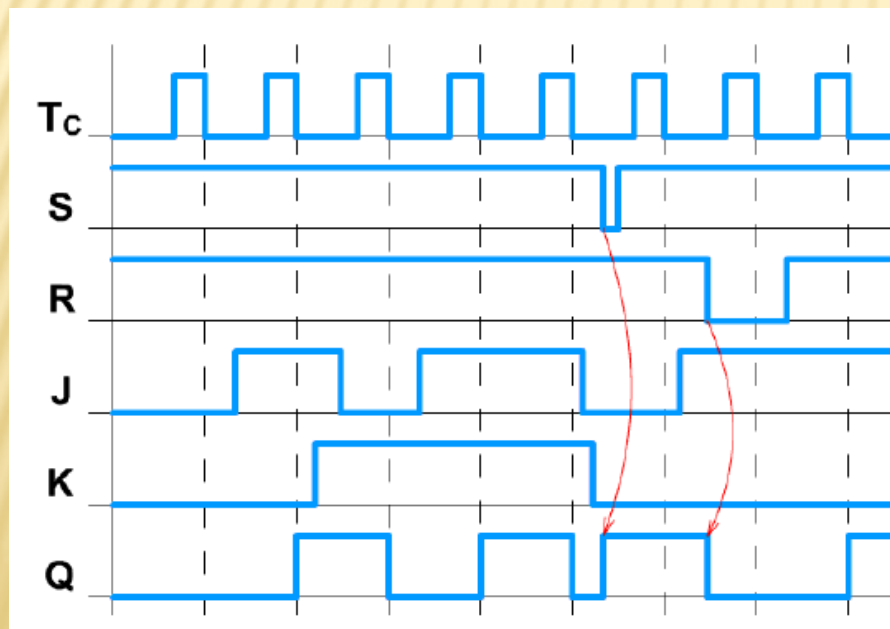


# NÁVRH ELEMENTÁRNÝCH PAMÄTÍ – DVOJFÁZOVÝ SYNCHRÓNNY J-K

Integrovaný obvod 7472  
pamäť J – K



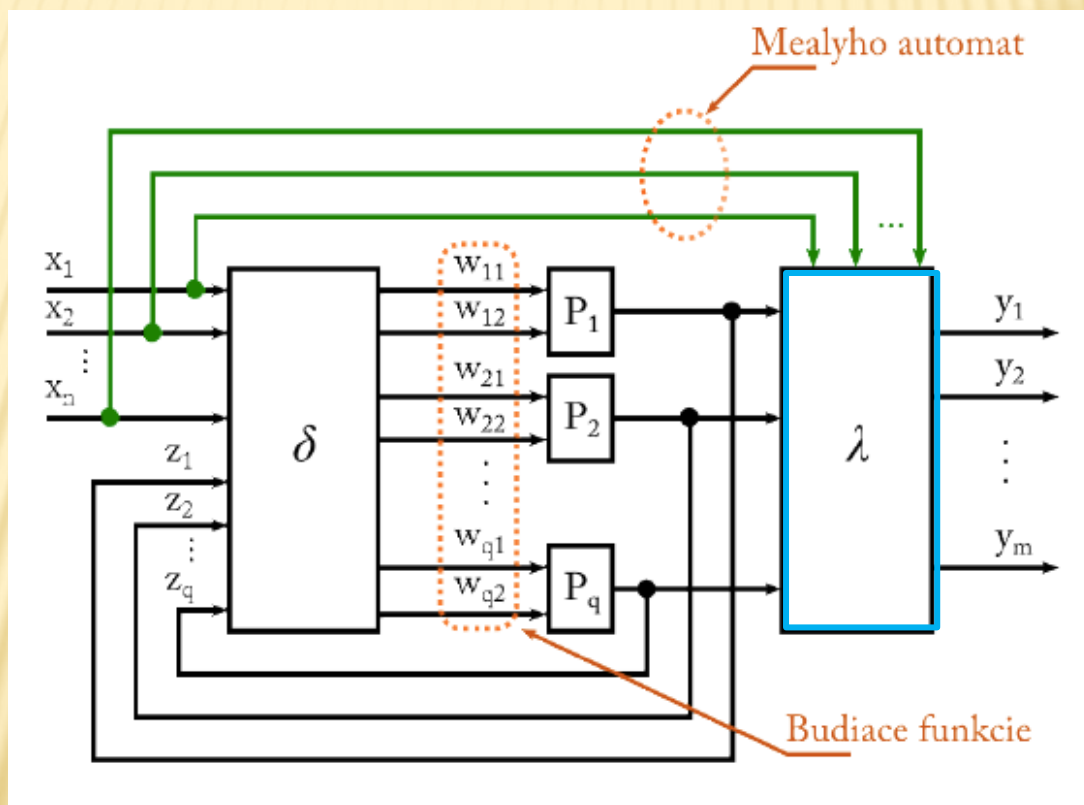
Časový diagram a pravdivostná tabuľka obvodu:



S	R	J	K	$T_c$	Q
0	1	X	X	X	1
1	0	X	X	X	0
0	0	X	X	X	—
1	1	0	0	0→1	Q
1	1	1	0	0→1	1
1	1	0	1	0→1	0
1	1	1	1	0→1	$\bar{Q}$
1	1	X	X	0	Q

# NÁVRH SEKVENČNÝCH LOGICKÝCH SYSTÉMOV S ELEMENTÁRNymi PAMÄŤAMI

Použitie elementárnych pamätí v návrhu má **vplyv na prechodovú časť –  $\delta$** .  
Návrh bloku –  $\lambda$  sa oproti návrhu s priamymi spätnými väzbami **nemení**.

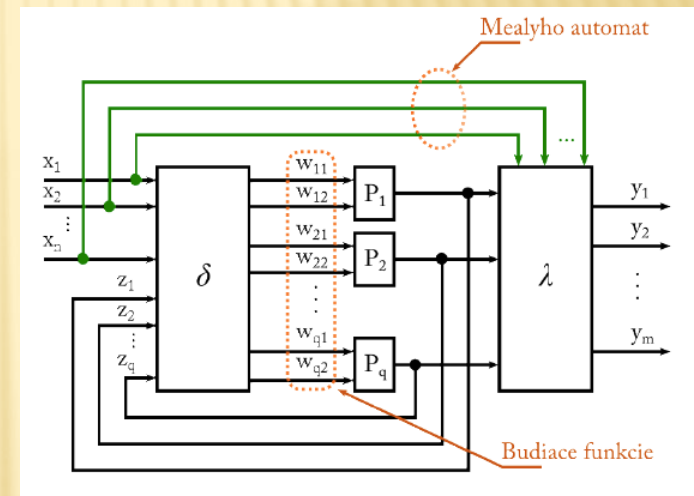


Bloková schéma Moorovho a Mealyho automatu **s elementárnymi pamäťami**.

# NÁVRH SEKVENČNÝCH LOGICKÝCH SYSTÉMOV S ELEMENTÁRNymi PAMÄŤAMI

Zápis prechodovej rovnice Moorovho a Mealyho automatu budiacich funkcií pamätí, zjednodušený zápis bez „času“:

$$\begin{aligned}w_{11} &= \delta_{11}(z_1 \cdots z_q, x_1 \cdots x_n) \\w_{12} &= \delta_{12}(z_1 \cdots z_q, x_1 \cdots x_n) \\&\quad \dots \\w_{q1} &= \delta_{q1}(z_1 \cdots z_q, x_1 \cdots x_n) \\w_{q2} &= \delta_{q2}(z_1 \cdots z_q, x_1 \cdots x_n)\end{aligned}$$



kde:

$w_{ij}$  – funkcie budiacich signálov pamätí; kombinačný obvod

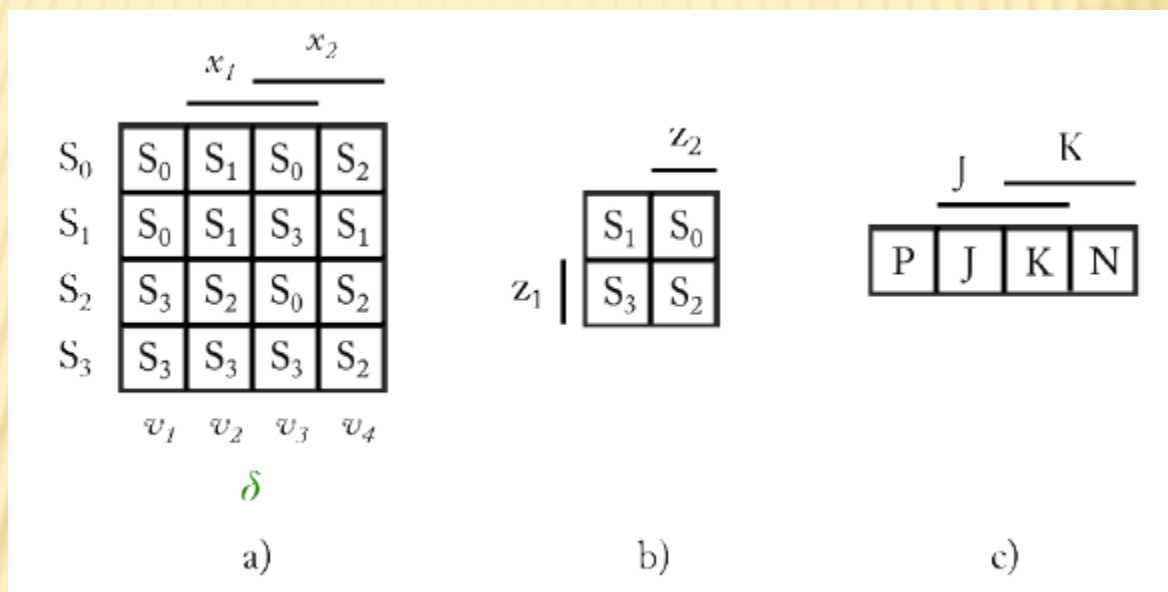
$q$  – počet vnútorných premenných, ktoré kódujú stavy automatu



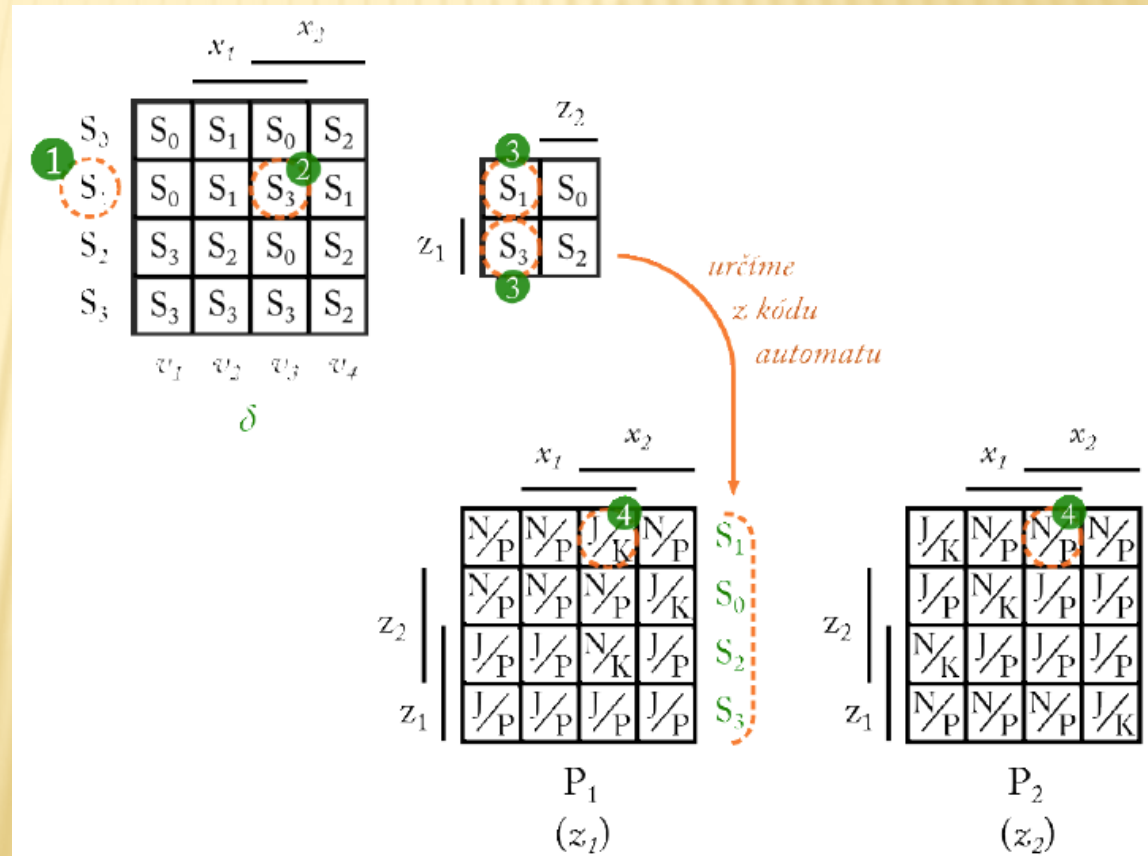
# NÁVRH SEKVENČNÝCH LOGICKÝCH SYSTÉMOV S ELEMENTÁRNÝMI PAMÄŤAMI

## Príklad

Zapíšte Karnaughove mapy budiacich funkcií –  $w_{ij}$  v Moorovom automate.



Moorov automat zadany tabuľkou prechodov – a), kód automatu – b) a zadané správanie pamäte J-K – c).



# NÁVRH SEKVENČNÝCH LOGICKÝCH SYSTÉMOV S ELEMENTÁRNÝMI PAMÄŤAMI

---

## Riešenie

(pokračovanie)

Karnaughove mapy budiacich funkcií (signálov) **určíme** z **máp správania** sa pamätí a **správania sa J-K pamäte**.

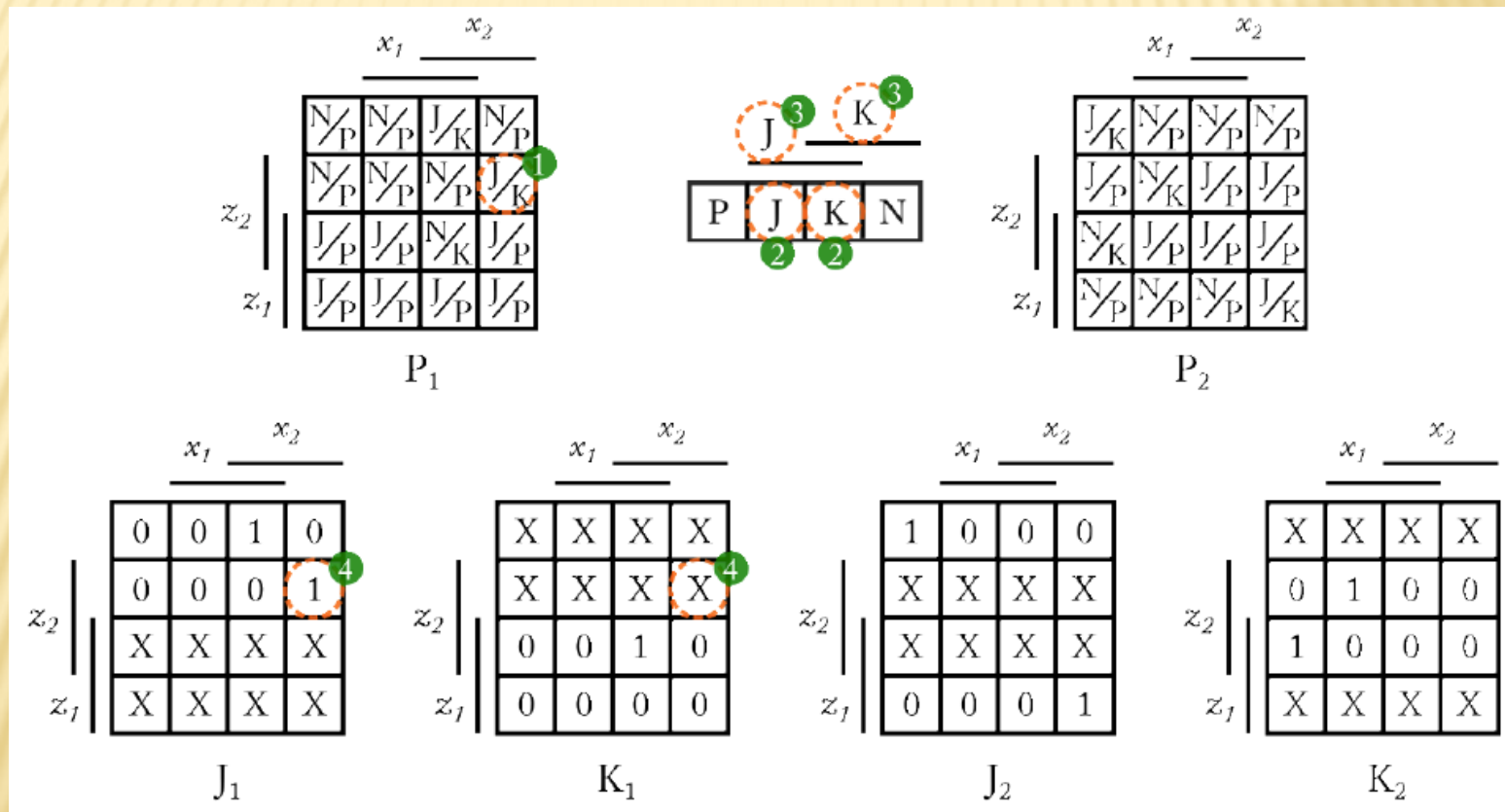
**Pre každú J-K pamäť** zapíšeme **dve Karnaughove mapy** popisujúce hodnoty oboch budiacich logických signálov  $J$  a  $K$ .



# NÁVRH SEKVENČNÝCH LOGICKÝCH SYSTÉMOV S ELEMENTÁRNymi PAMÄŤAMI

Riešenie

(pokračovanie)



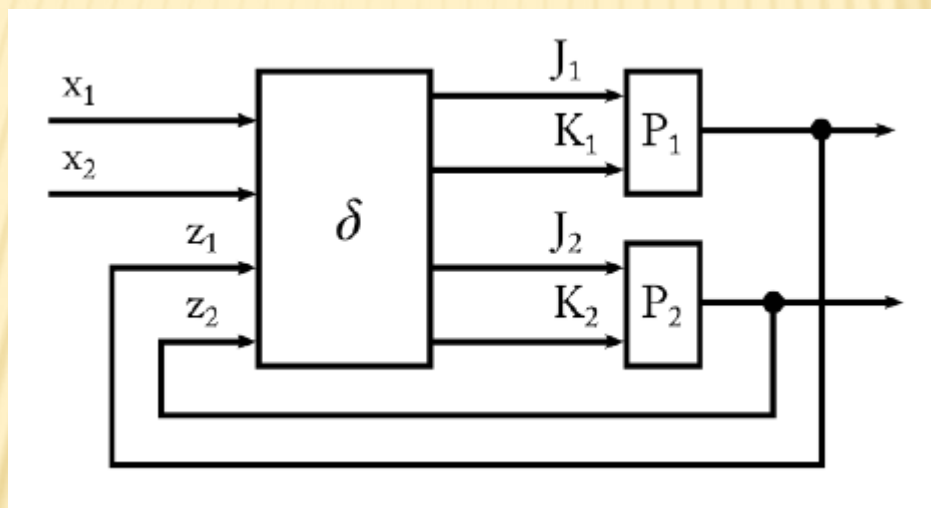
Karnaughove mapy budiacich funkcií J-K pamätí.

# NÁVRH SEKVENČNÝCH LOGICKÝCH SYSTÉMOV S ELEMENTÁRNymi PAMÄŤAMI

## Riešenie

(pokračovanie)

Zapojenie prechodovej časti Moorovho automatu s pamäťami J-K je na obrázku.



Bloková schéma navrhnutej prechodovej časti –  $\delta$  Moorovho automatu  
s elementárnymi pamäťami J-K.