

# Logické obvody 10

Neúplné čítače  
Asynchronní čítače  
Hazardy v kombinačních obvodech  
Metastabilita

# Neúplné čítače

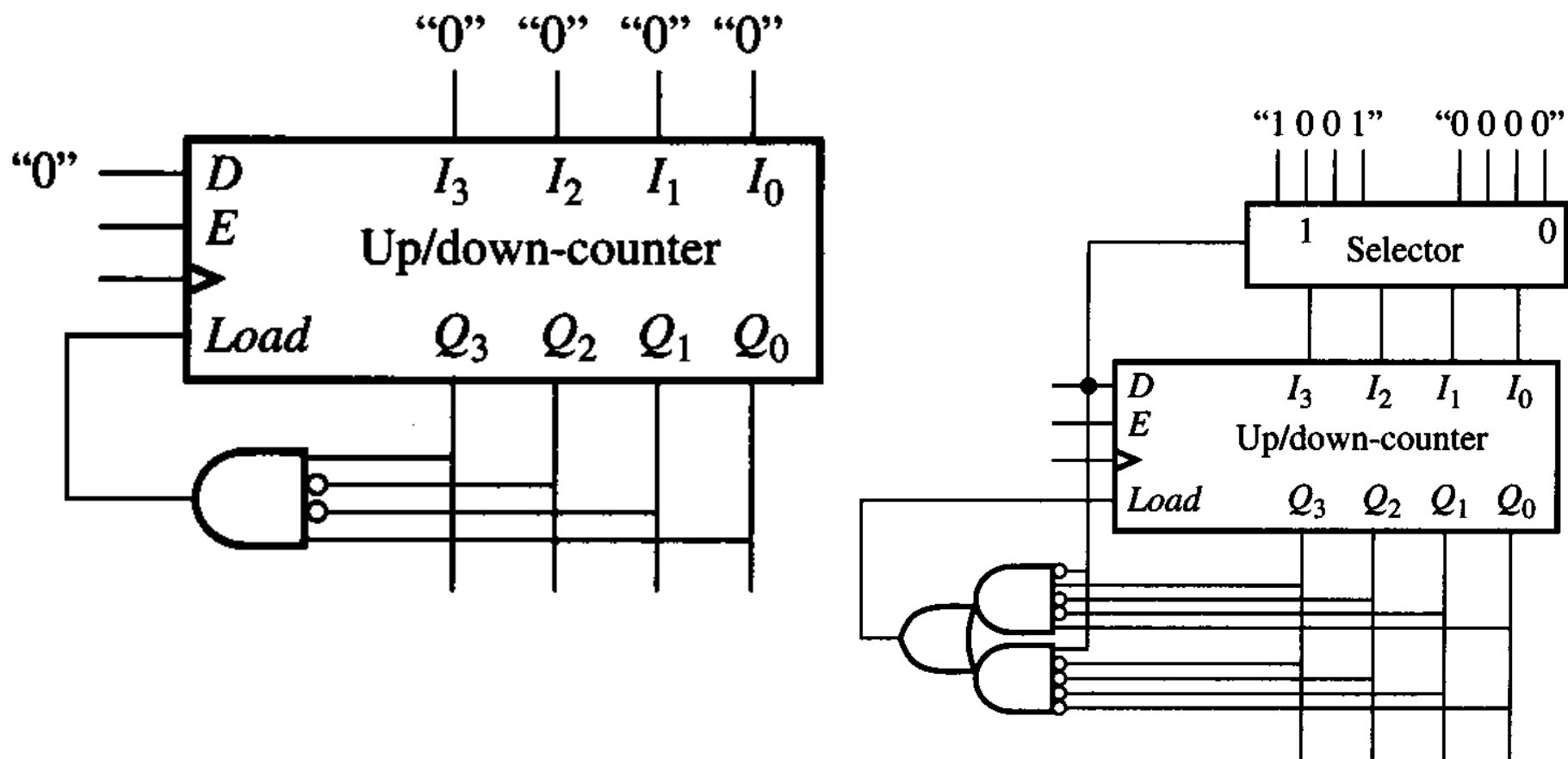
Návrh čítače M5 – na tabuli v kódu binárním a Grayově

různé kódy – binární, Grayův, 1z5, 2z5, ....

Čítač M10 v binárním kódu

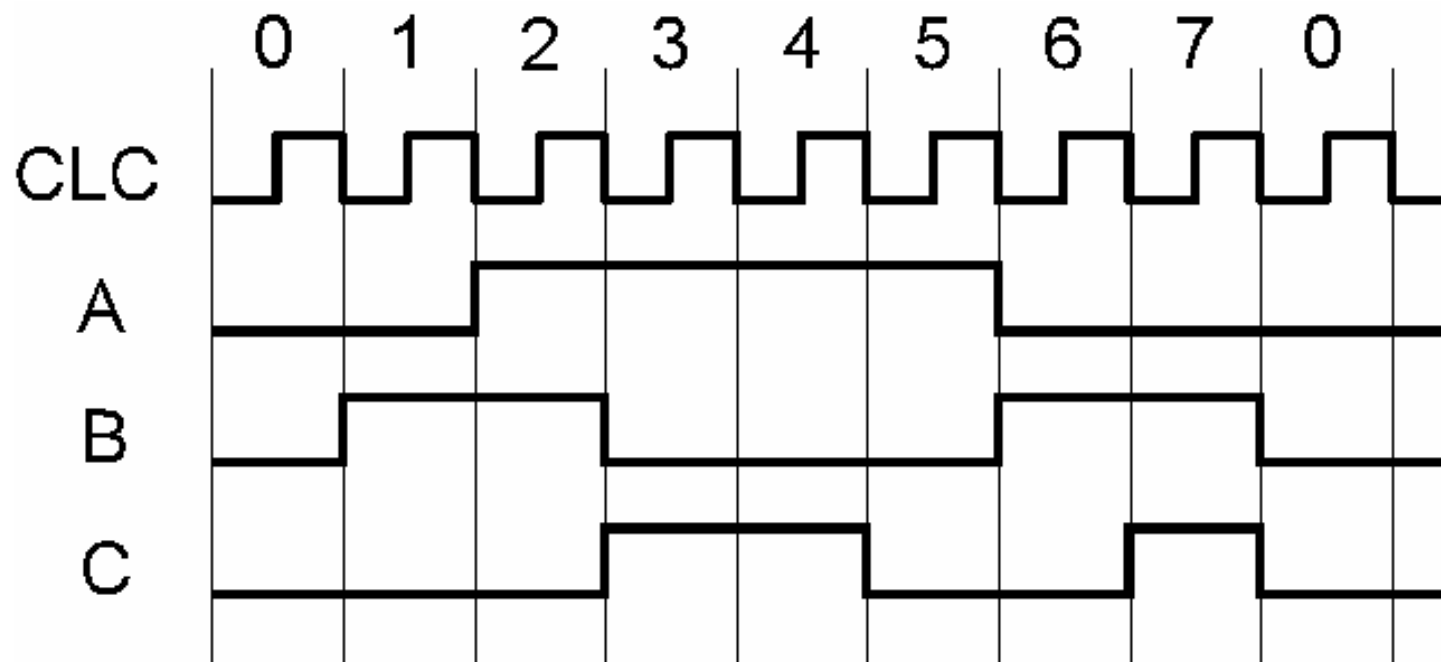
(ze stavu 1001 nepokračujeme do 1010, ale do 0000)

# Neúplný čítač – M10-BCD – využití čítače s paralelním nastavením



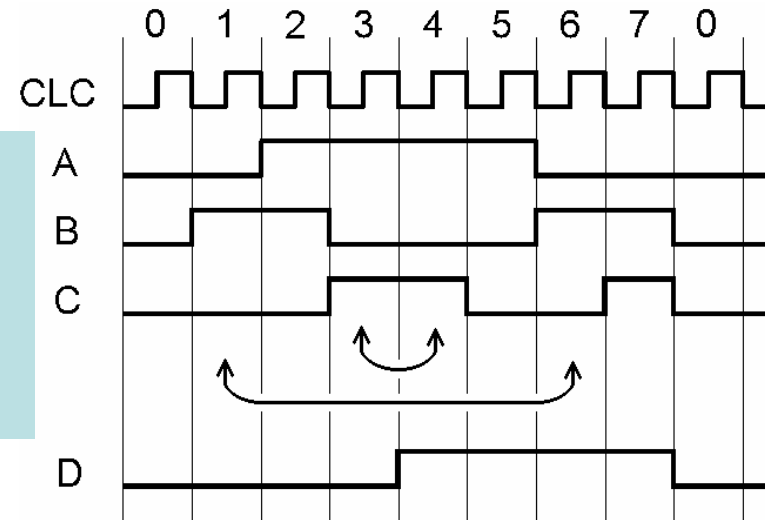
# Příklad – zadání časovým diagramem

Cíl – generovat průběhy signálů A, B, C podle časového diagramu:



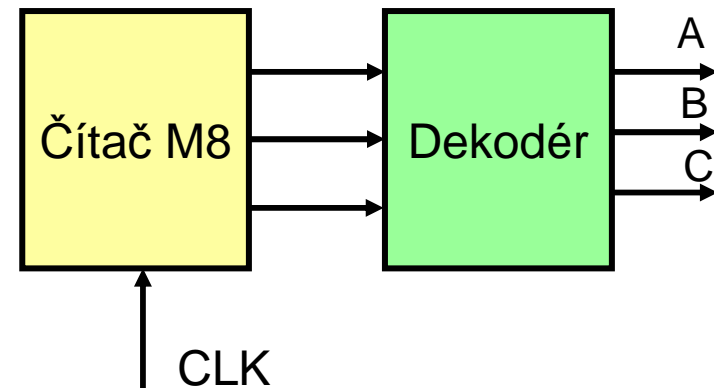
# Řešení – více možností

1. Přidání další vnitřní proměnné D, výstupy pak budou stejné jako vnitřní proměnné (nelze použít průběh přímo jako kód, protože stavy 3 a 4 mají stejný kód: 101, dtto 1 a 6: 010)



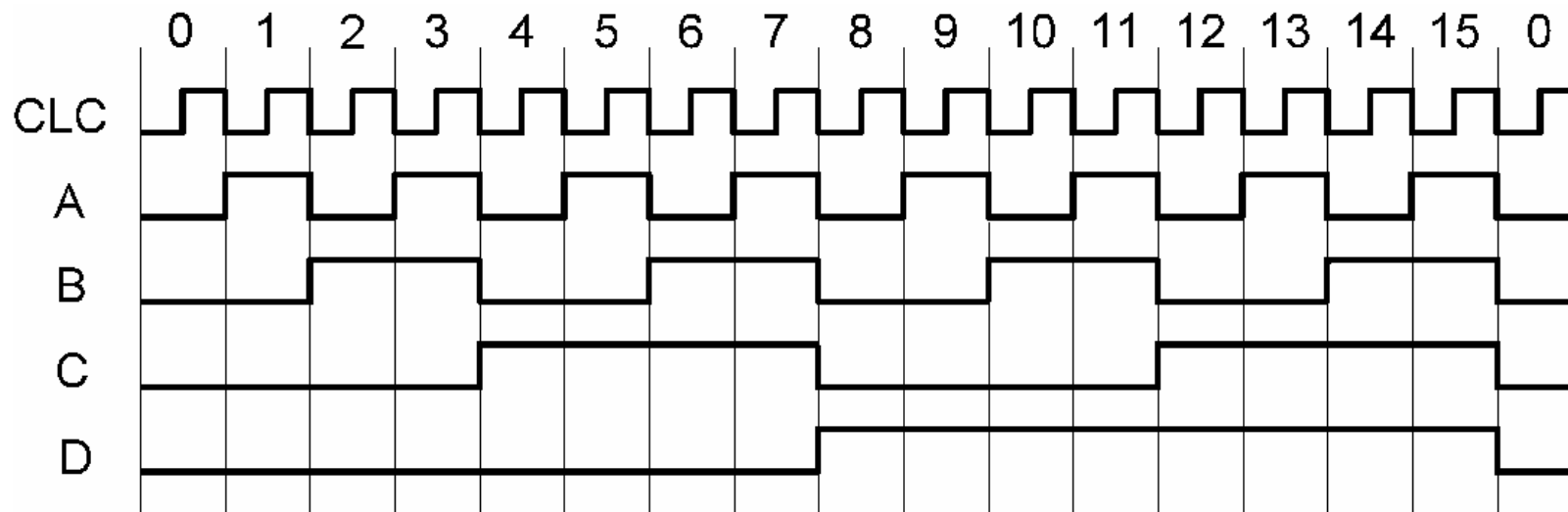
2. Čítač M8 – úplný čítač v binárním kódu a dekodér:

Rozdíl - časování

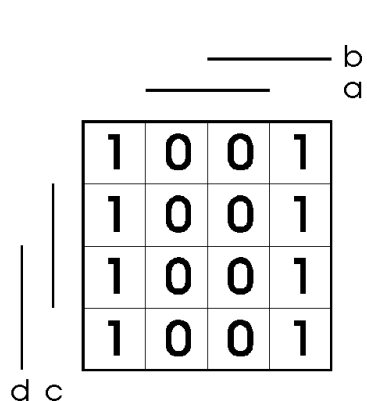


# Čítač asynchronní

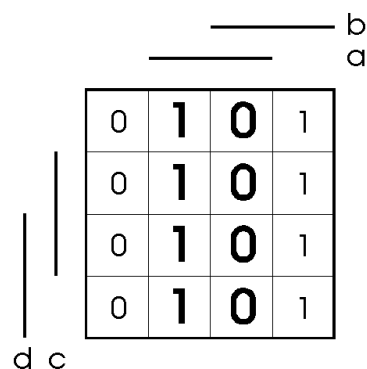
- kromě budících funkcí pro každý obvod, určíme i co bude vstupovat do hodinového vstupu
- zjednodušení budících funkcí – jestliže hodinový signál klopného obvodu není aktivní – jeho výstupy se nemění a tudíž na budících vstupech může být cokoli – neurčené stavy v mapě
- problém je časování - do kritické cesty pro výpočet maximální hodinové frekvence se musí započítat zpoždění několika klopných obvodů
- čím větší čítač, tím menší možná frekvence – rozdíl proti synchronním čítačům



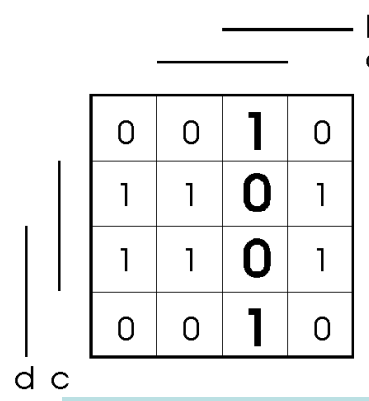
LOB9 – synchronní řešení pomocí J-K – aktivní je závěrná hrana, stejné řešení jako pro T – všechny změny (tzn. silné znaky jsou 1)



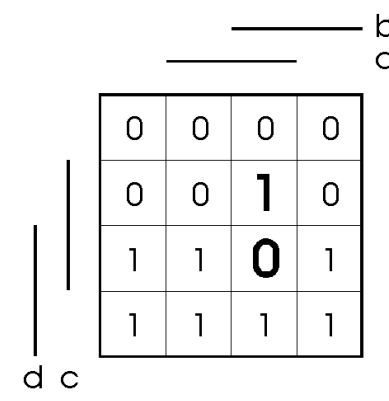
$$J_a = K_a = 1 = T_a$$



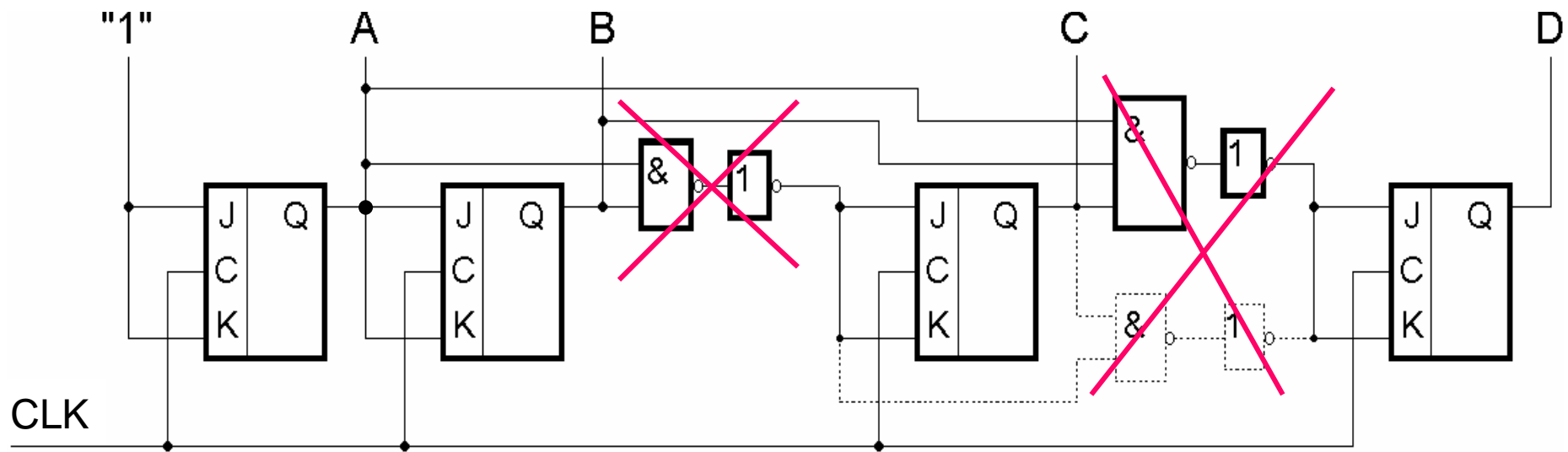
$$J_b = K_b = a = T_b$$



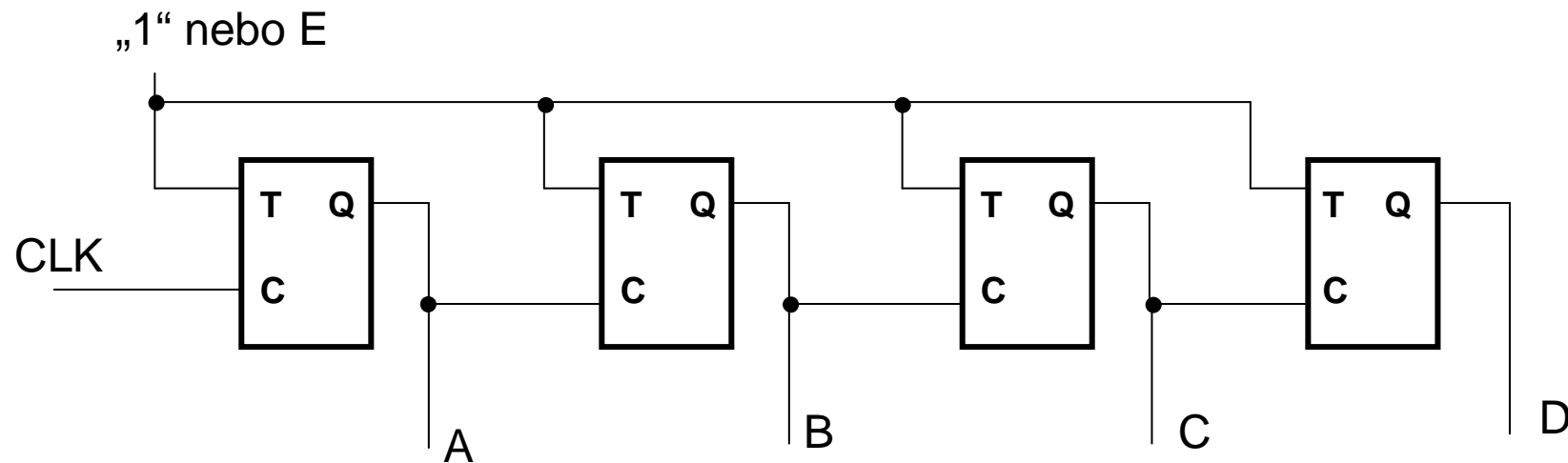
$$J_c = K_c = ab = T_c$$



$$J_d = K_d = abc = T_d$$



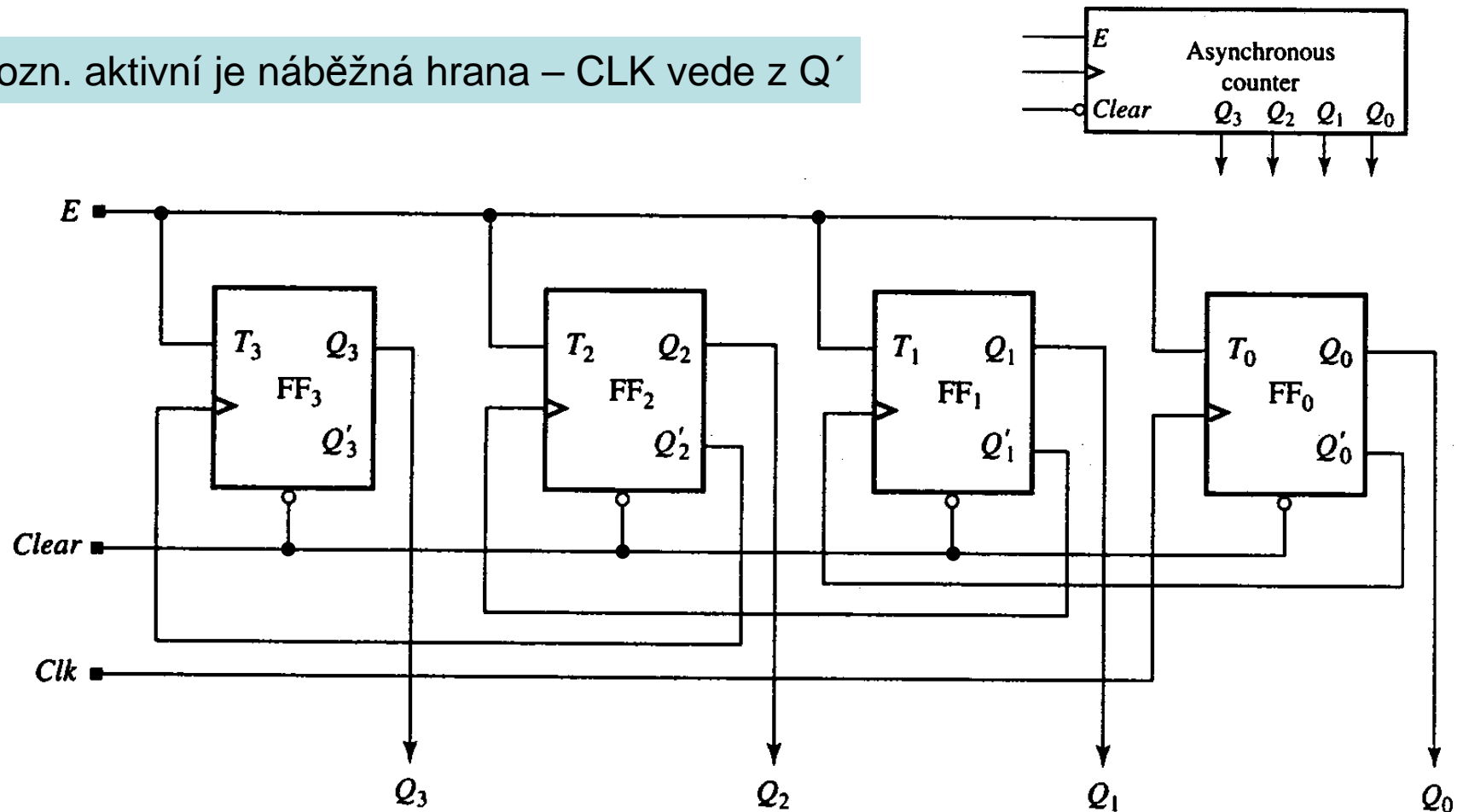
Pokud „tenké“ znaky nahradím neurčenými stavy x, budou všechny budící funkce  $J_i$ ,  $K_i$ ,  $T_i$ , rovny „1“ popř. signálu pro povolení čítání E - enable counting





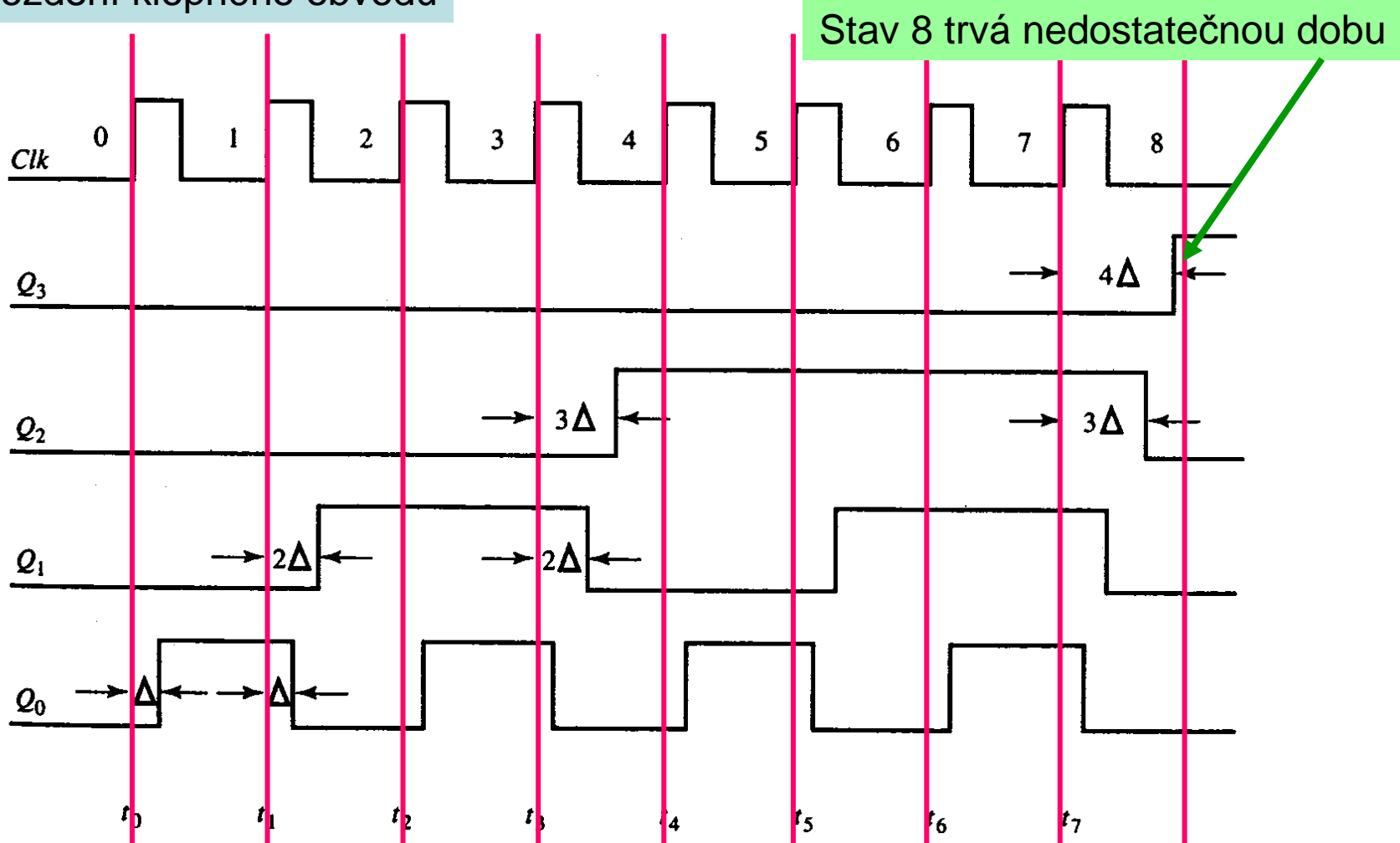
# Čítač asynchronní

Pozn. aktivní je náběžná hrana – CLK vede z  $Q'$



# Časový diagram asynchronního čítače

$\Delta$  - zpoždění klopného obvodu



# Návrh asynchronního čítače M10 v binárním kódu

- Řešení na tabuli
- Postup:
  1. Časový diagram
  2. Výběr hodin pro každý FF
  3. Mapy (s neurčenými stavy pro stavy bez hodin)
  4. Realizace + výpočet maximální hodinové frekvence

# Hazardy v kombinačních obvodech

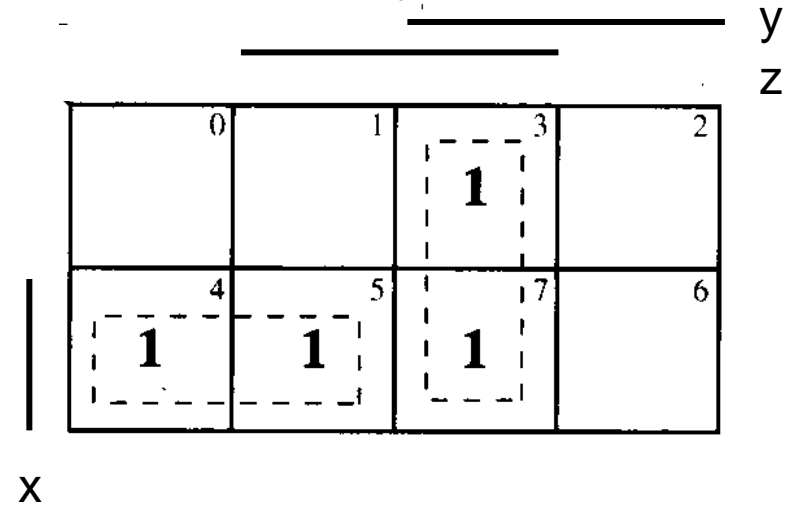
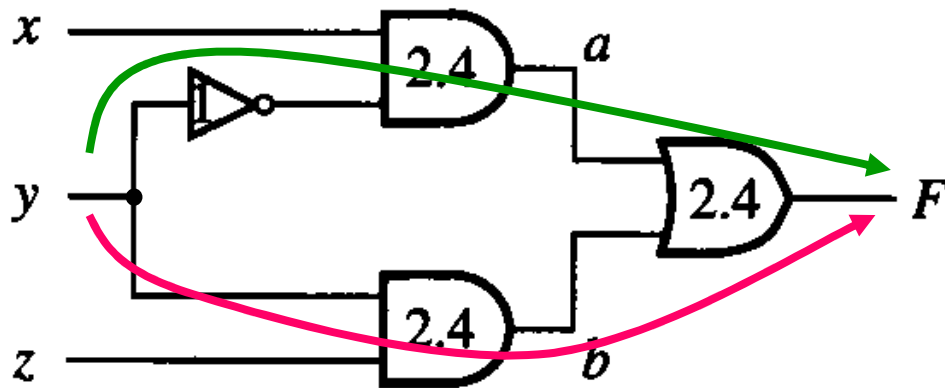
- Co je hazard
- Důvody vzniku hazardů
- Nalezení
- Odstranění

Zásada – při návrhu je třeba zajistit, aby obvod pracoval správně za všech možných podmínek

# Co je a jak vzniká hazard

- Krátká neočekávaná změna výstupního signálu – **glitch**
- Signál se ze vstupu na výstup šíří různými, ale konvergujícími cestami, z důvodů zpoždění na hradlech i vodičích cestami s různým zpožděním
- Statický hazard – výstup má být trvale v 0 nebo 1 (má mít stejnou úroveň), místo toho se objeví krátká změna do opačné úrovně
- 0-1-0 ..... statický hazard v 0 (static 0-hazard)
- 1-0-1 .....statický hazard v 1 (static 1-hazard)

# Statický hazard v 1 - příklad

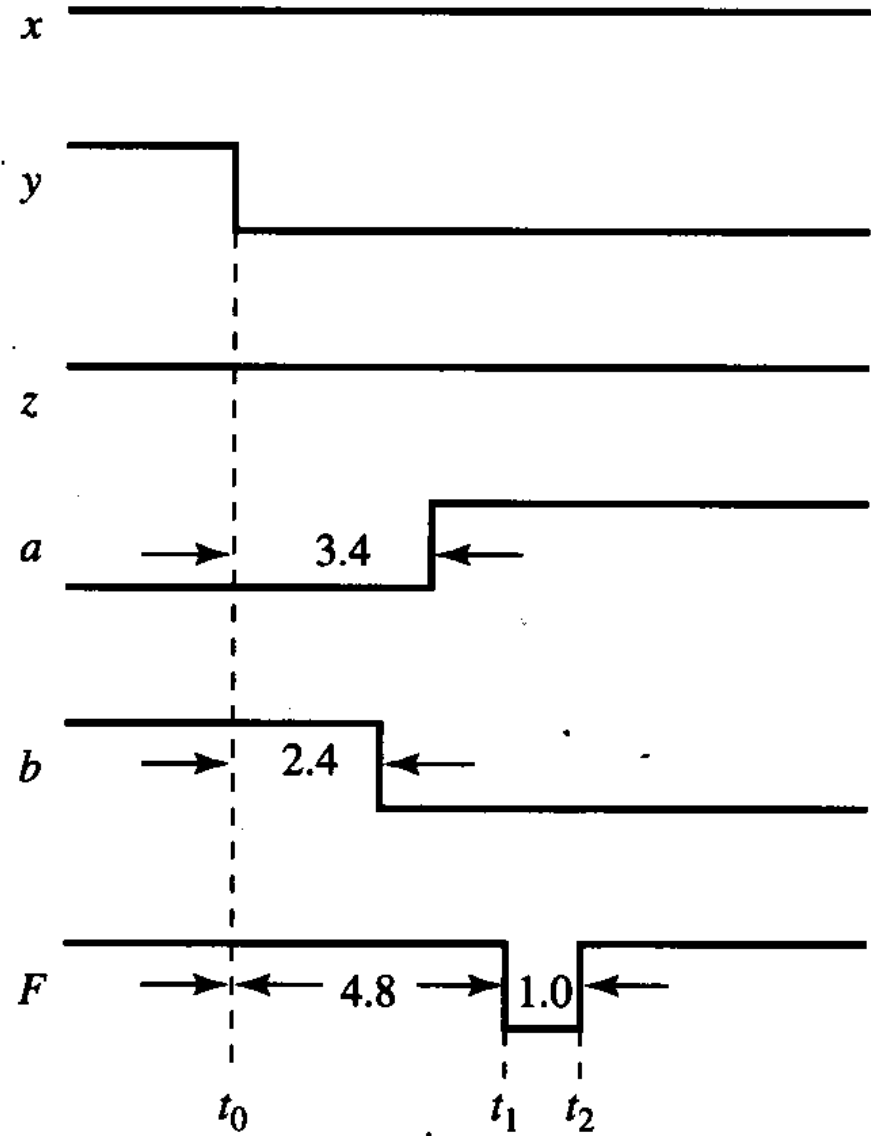
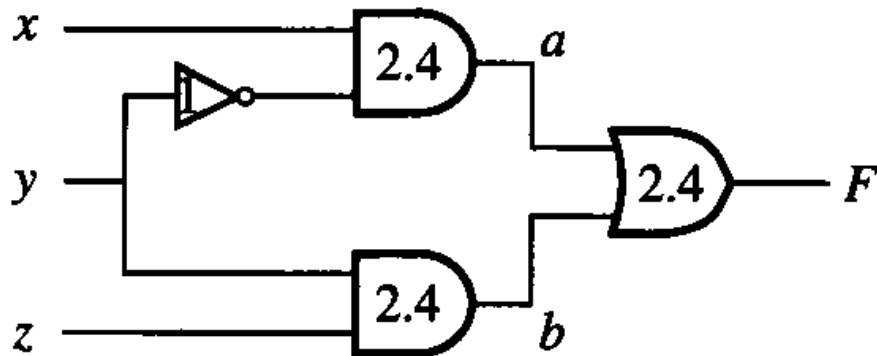


$$F = \bar{x}y + yz$$

Ze vstupu y na výstup F vedou dvě cesty, které se nejdříve rozpojí a pak zase spojí

# Hledání hazardu v časovém diagramu

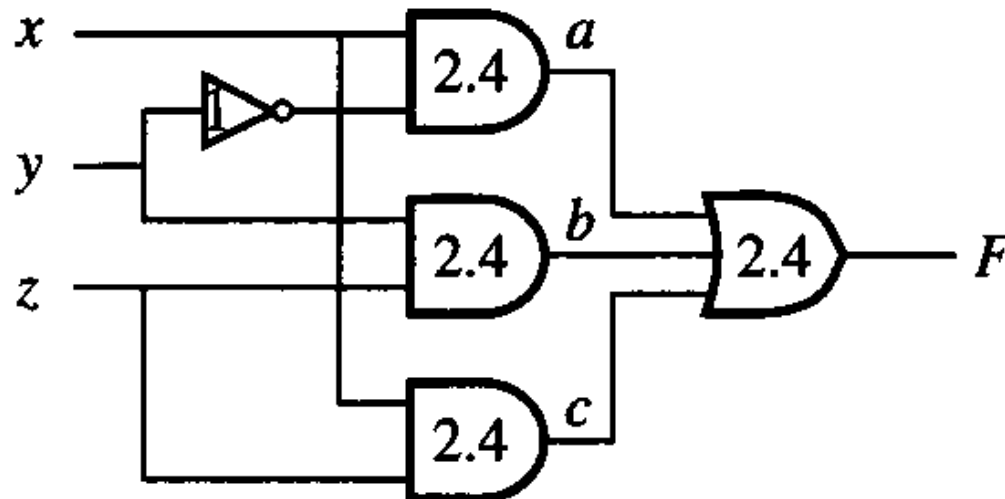
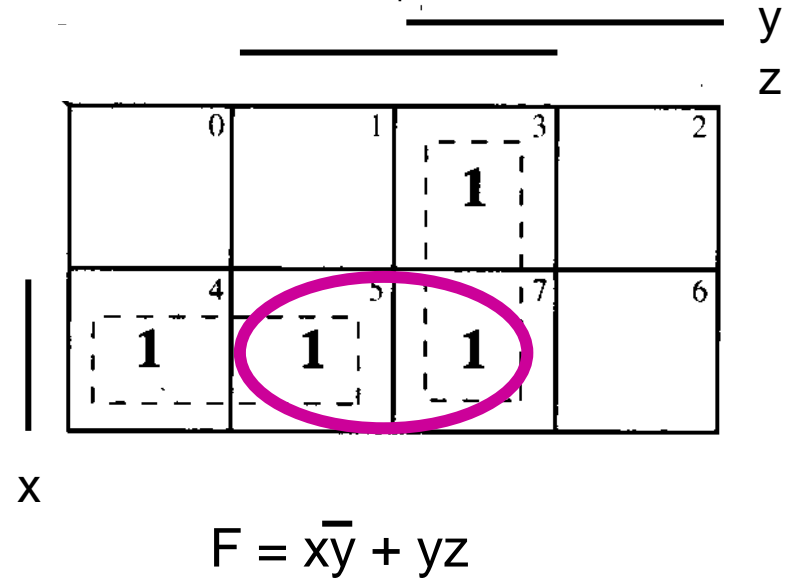
Hledám podmínky pro proměnnou  $y$  (dvě cesty), tzn.  
 Pro  $x = z = 1$  ..... hradla AND  
 $x\bar{y} + yz = 1$ , ale uvidíme:



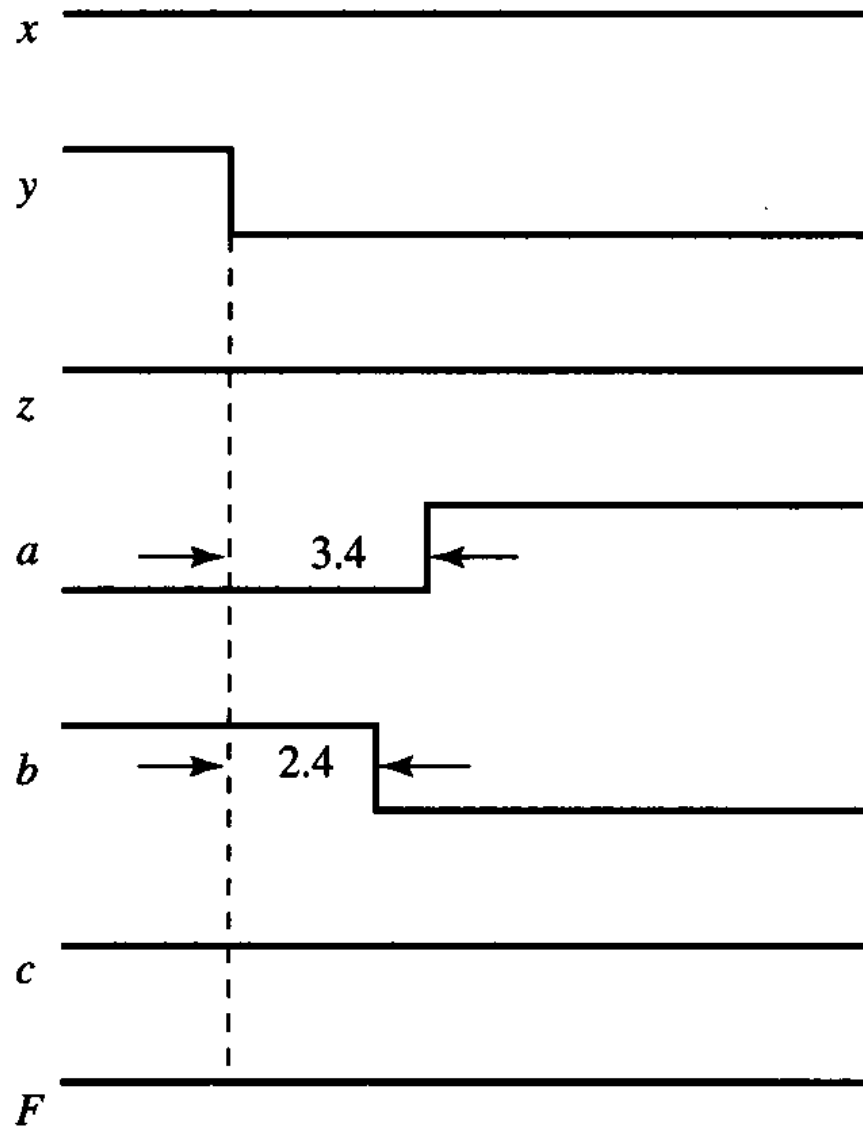
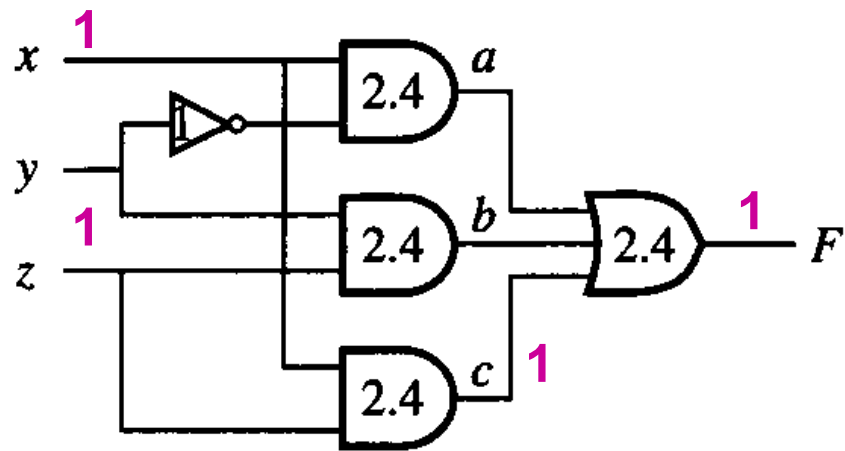
# Odstranění

Z mapy – dvě sousední 1 jsou pokryté různými přímými implikanty (zde nesporné – essential prime)

Řešení – přidáme redundantní přímý implikant, který je pokryje



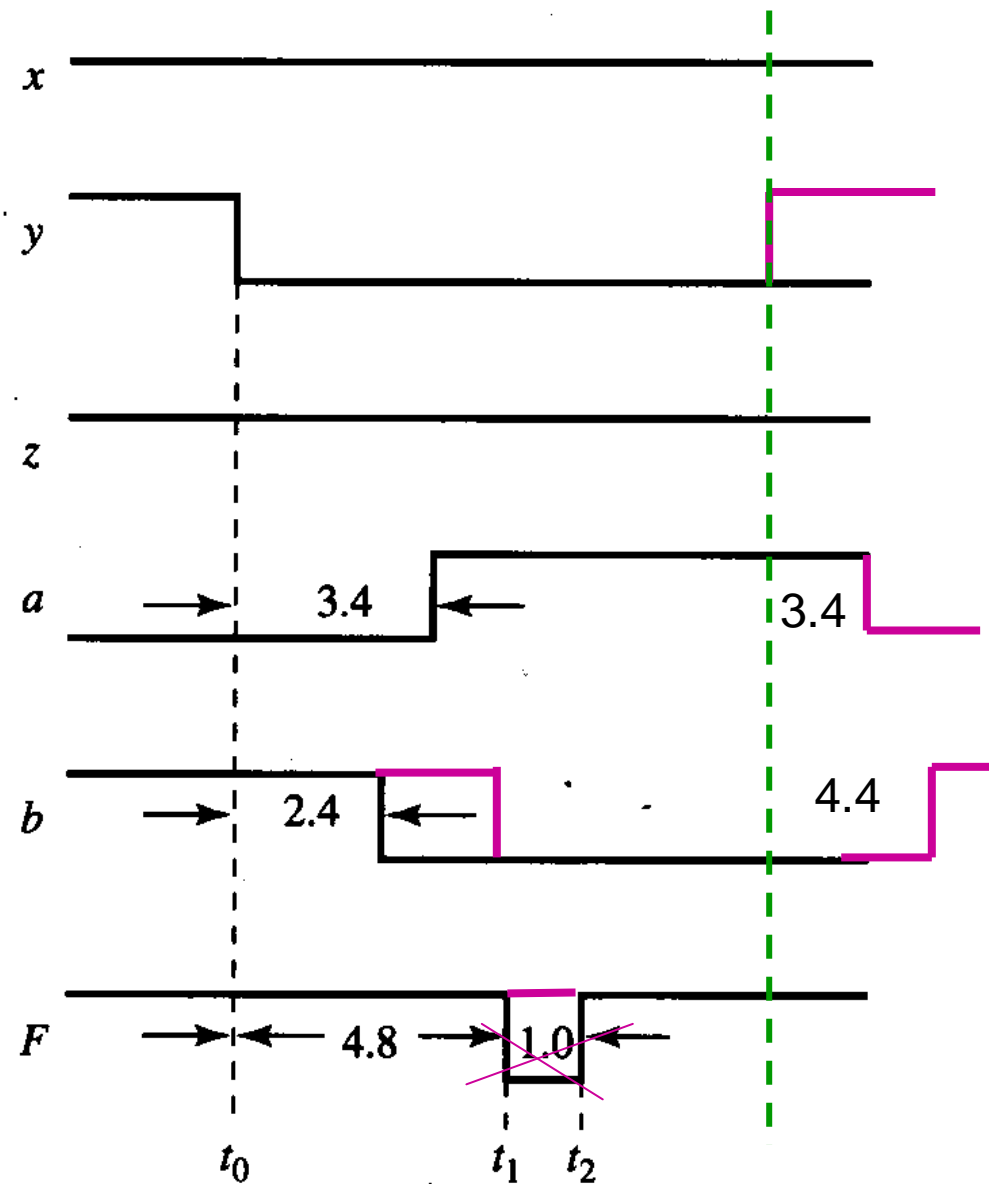
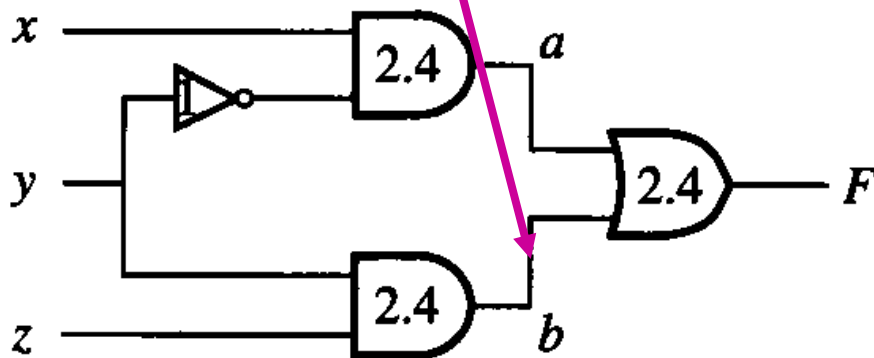




## Typické nefunkční nešvary

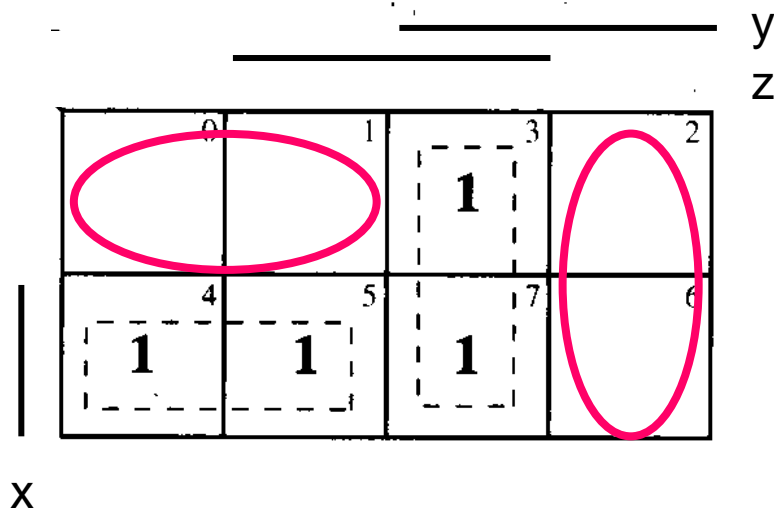
Přidání „zpoždění“ na b:

1. posuv  $t_1$  o 1.0:  
inverzor změní funkci  
budič má zpoždění 2
2. Dva invertory:  
přesun hazardu pro změnu  
y z 0 do 1



# Statický hazard v 0 - příklad

- Nastane pro realizaci funkce v MNKF (POS)
- Když dvě sousední 0 nejsou pokryty jedním termem (zde součtovým, S-termem)
- V našem příkladu při realizaci:

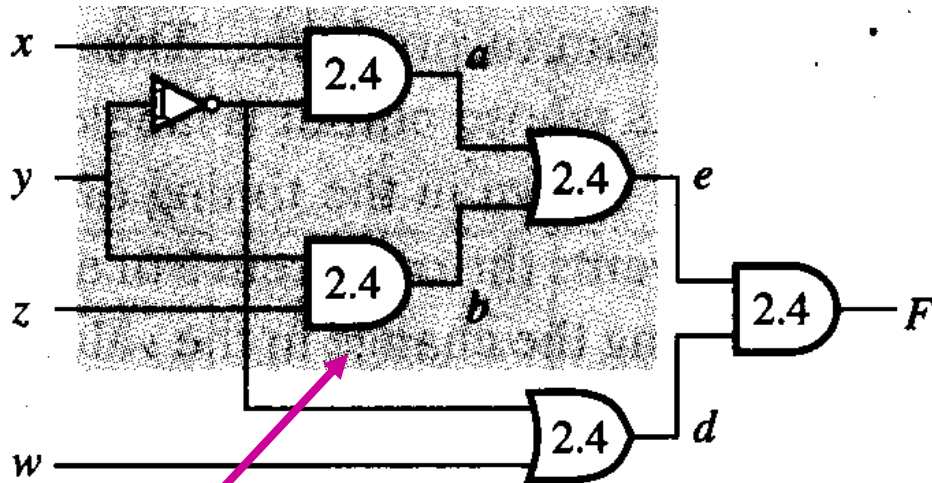


$$F = (x + y)(\bar{y} + z)$$

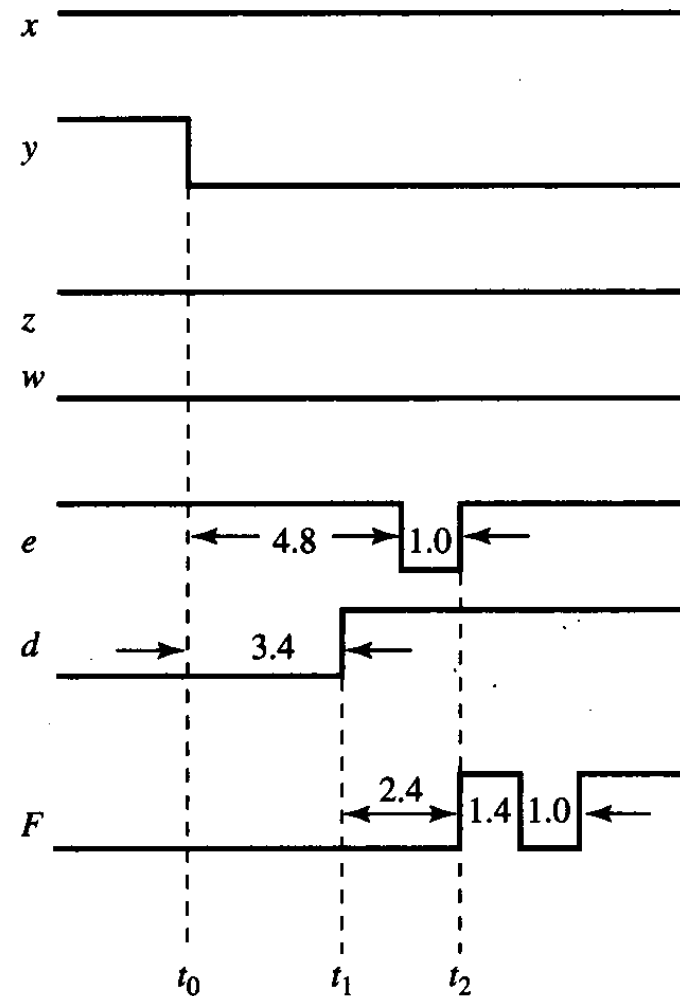
# Dynamický hazard

- Statický hazard je způsoben dvěma komplementárními signály, které z důvodů různých zpoždění na různých cestách, jsou stejné, i když podle funkce nemají být.
- Dynamický hazard nastane, jestliže dva signály, které mají být stejné na chvíli nejsou
- Tato situace nastane, když se proměnná šíří ze vstupu na výstup více různými cestami s různým zpožděním
- Dynamický hazard se projeví při změně výstupu, tzn. 0101 nebo 1010

# Dynamický hazard - příklad



Lokální statický hazard na  $e$   
(viz příklad na statický hazard)

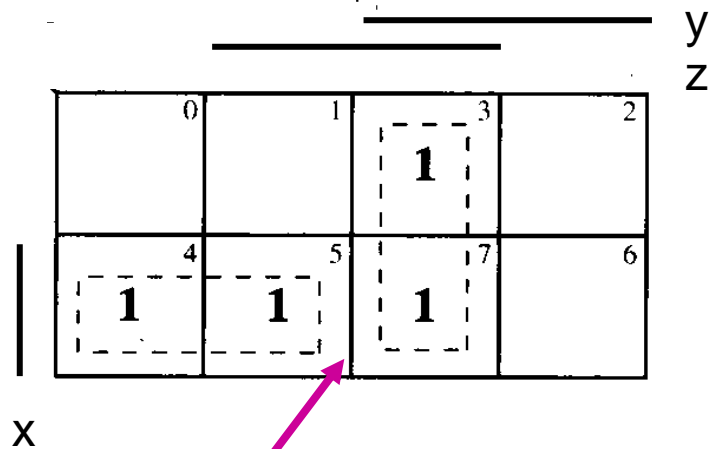


# Hledání a odstranění

- Nalezení a odstranění „lokálního“ statického hazardu
- Časový diagram – zpoždění kritických signálů
- Simulace, citlivá cesta ...

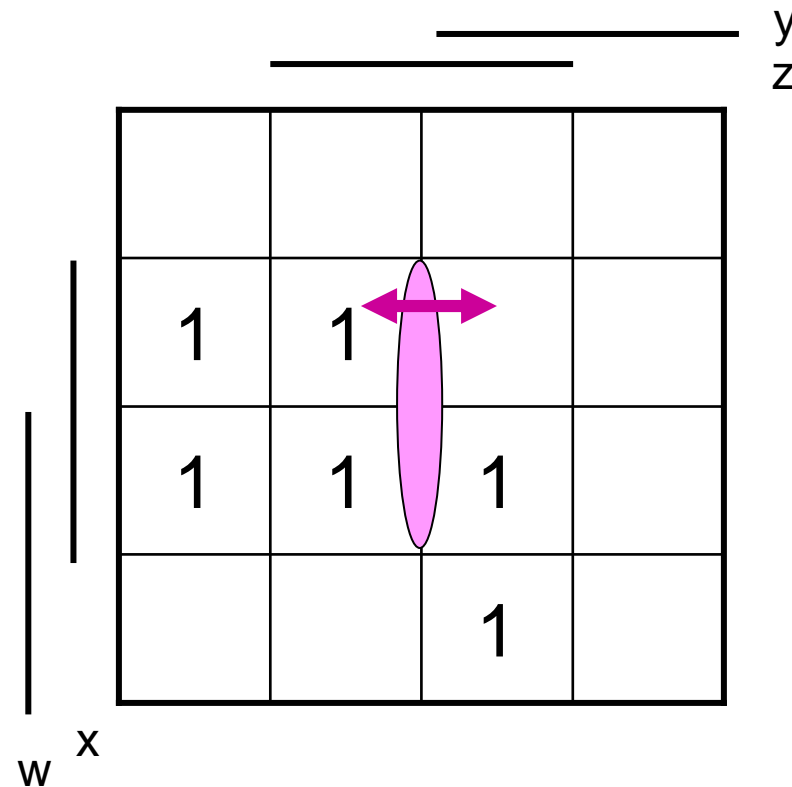
Typické nešvary – údajně nelze zjistit z mapy, ale lze zjistit z několika map:

- v mapách pro vnitřní vodiče hledáme statický hazard
- pro nalezený statický hazard musí výstupní funkce nabývat opačné hodnoty 0 a 1 – **dynamický hazard nastává pro změnu výstupu!!**



Statický hazard

$$F = x\bar{y} + y\bar{z}$$



$$F = (x\bar{y} + yz)(\bar{y} + w) = x\bar{y} + x\bar{y}w + yzw$$

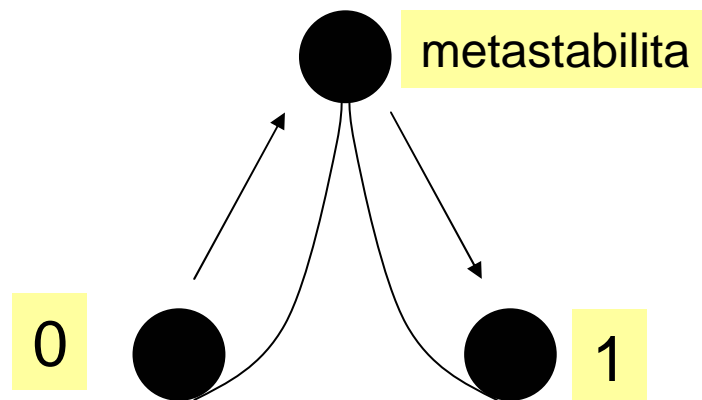
# Kdy hazardy vadí?

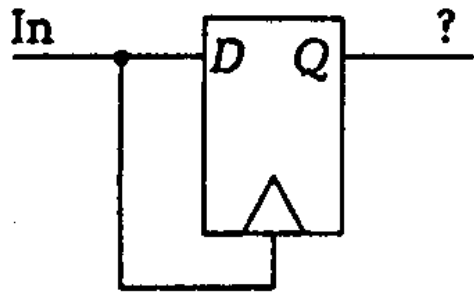
- Co je hazard-free design?
- Hazardy v návrhu kombinačních obvodů nejsou kritické, protože se výstupy po „nějaké“ (krátké) době vždycky ustálí ve správných hodnotách
- Naopak v sekvenčních obvodech mohou přivést klopný obvod do nesprávného stavu, a tím celý obvod i do nevratného „špatného“ vnitřního stavu
- Řešení – synchronní návrh a správný výpočet maximální hodinové frekvence



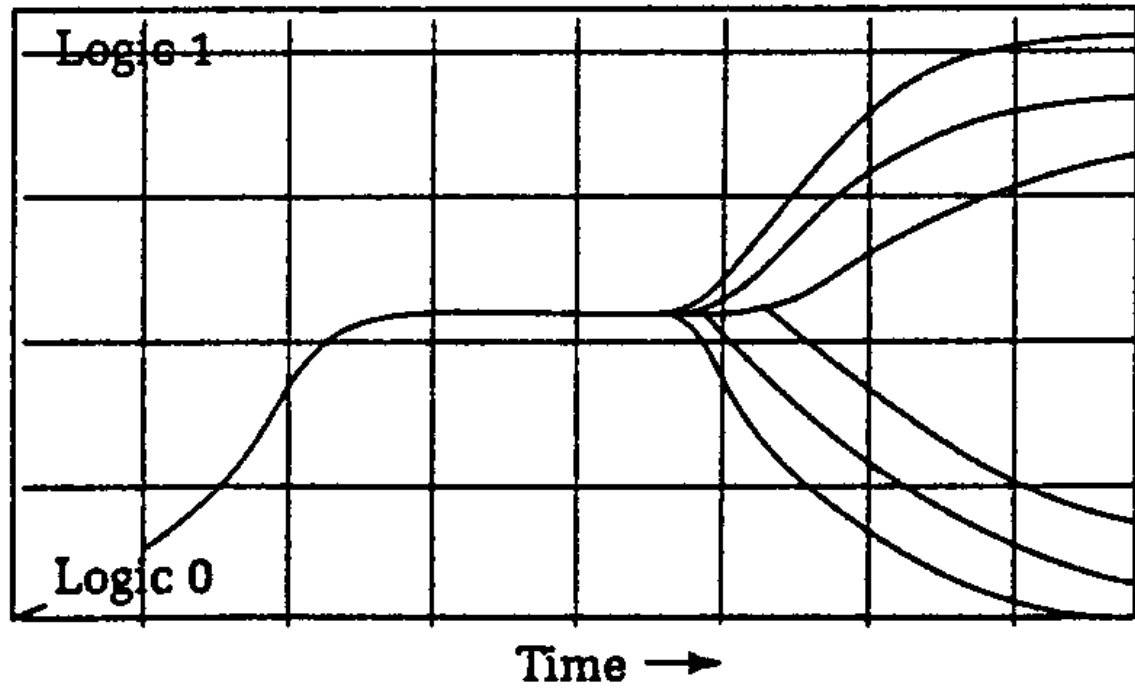
# Metastabilita

- Souběh změny vstupu a aktivní hrany hodinového signálu
- Výstup není definován, protože je v „zakázaném pásmu“
- Analogie z mechaniky: „rovnovážná poloha stabilní a labilní“



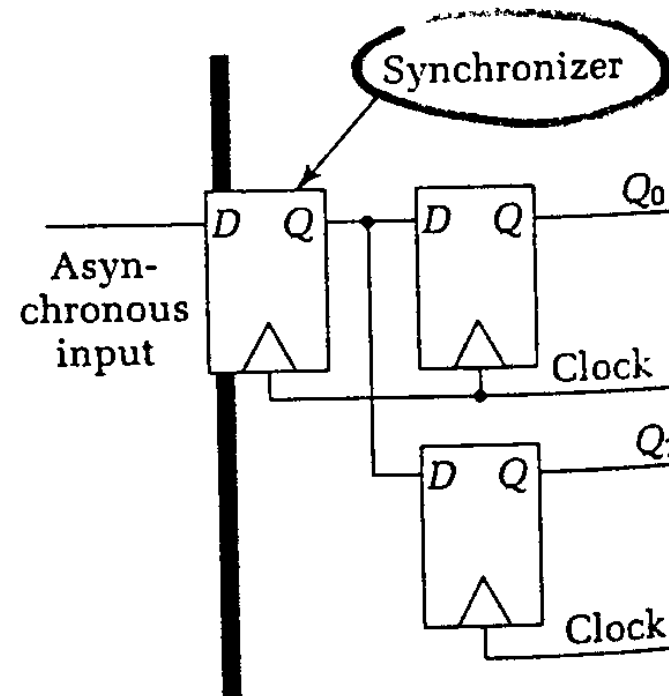
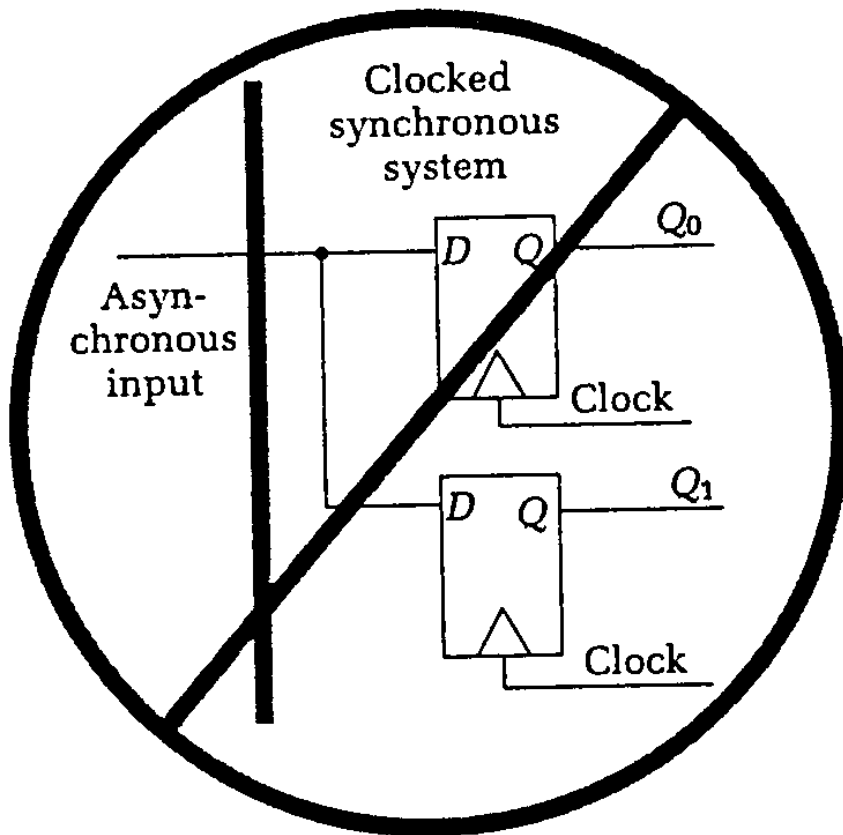


Změřeno osciloskopem:



# Odstranění

- Úplně nelze
- Většinou vstupují do systému nějaké asynchronní vstupy, které nelze „svázat“ s hodinovým signálem
- Snaha o maximální omezení jejich vlivu
  - nevětvit
  - synchronizovat klopným obvodem



# Derivační člen

