

ZADÁNÍ SEMESTRÁLNÍ PRÁCE Z PŘEDMĚTU LOGICKÉ SYSTÉMY

Dědourek Pavel, studijní skupina 326

- I. Pomocí synchronního sekvenčního obvodu realizujte konečný automat se dvěma vstupy a, b a jedním výstupem z, zadaný následující tabulkou přechodů a tabulkou výstupů. Použijte vhodnou metodu pro minimalizaci a zakódování vnitřních stavů. Správnost návrhu ověřte pomocí simulace tak, aby se v časovém diagramu prošlo všemi vnitřními stavy minimalizovaného automatu.

\ba\	tabulka přechodů			tabulka výstupů		
Qi\	00	01	10	00	01	10
Q0\	Q6	Q5	Q6	0	0	0
Q1\	Q9	Q1	Q2	0	0	0
Q2\	Q3	Q5	Q3	1	0	1
Q3\	Q8	Q0	Q7	1	0	1
Q4\	Q6	Q9	Q6	0	0	0
Q5\	Q3	Q8	Q4	1	0	1
Q6\	Q9	Q1	Q2	0	0	0
Q7\	Q0	Q3	Q6	1	1	1
Q8\	Q0	Q3	Q1	1	1	1
Q9\	Q3	Q7	Q0	1	0	1

Použijte klopné obvody typu 7474.

1. Použijte hradla typu 7400 a 7410; 7420 jen pokud používáte D-klopné obvody.
 2. Nejvyšší povolená logická zátěž IO je pět.
 3. Vnější vstupy máte k dispozici pouze v přímé formě.
 4. Zpoždění obvodů necht' je pro hradla 20ns a pro klopné obvody 30ns.
- II. Stanovte maximální možnou hodinovou frekvenci za předpokladů: Vstupní stavy obvodu se mění pouze v intervalu $< T, T + 50\text{ns} >$, kde T jsou okamžiky příchodu záporné hrany hodinových pulzů. Správný výstupní stav musí trvat po dobu nejméně 50 ns.

Písemná zpráva musí obsahovat:

1. toto zadání,
2. zakódování vnitřních stavů včetně zdůvodnění volby kódu,
3. zakódovanou tabulku přechodů a výstupů,
4. mapy pro vstupy klopných obvodů a mapy pro výstupní proměnné,
5. výrazy pro budící proměnné klopných obvodů a vnější výstupy v MNDF,
6. schéma obvodu ve dvou exemplářích pro dvě různá ohodnocení vodičů,
7. výpočet maximální možné frekvence hodinových pulzů,
8. časový diagram získaný ze simulátoru s označením vnitřních stavů.

Minimalizace množiny vnitřních stavů

Minimalizaci počtu vnitřních stavů provedeme hledáním rozkladu množiny vnitřních stavů do jednotlivých tříd k -ekvivaletních stavů ($k=1..n$, kde n je počet vnitřních stavů zadaného automatu).

Zde je původní tabulka přechodů. Vnitřní stavy automatu, u kterých se shoduje tabulka výstupů, jsou označeny jednou barvou. Takové stavy jsou 1-ekvivaletní.

Qi\ba	tabulka přechodů			tabulka výstupů		
	00	01	10	00	01	10
Q0	Q6	Q5	Q6	0	0	0
Q1	Q9	Q1	Q2	0	0	0
Q2	Q3	Q5	Q3	1	0	1
Q3	Q8	Q0	Q7	1	0	1
Q4	Q6	Q9	Q6	0	0	0
Q5	Q3	Q8	Q4	1	0	1
Q6	Q9	Q1	Q2	0	0	0
Q7	Q0	Q3	Q6	1	1	1
Q8	Q0	Q3	Q1	1	1	1
Q9	Q3	Q7	Q0	1	0	1

Po seřazení podle tříd

Třída	Qi\ba	tabulka přechodů			tabulka výstupů		
		00	01	10	00	01	10
A	Q0	Q6 _A	Q5 _B	Q6 _A	0	0	0
A	Q1	Q9 _B	Q1 _A	Q2 _B	0	0	0
A	Q4	Q6 _A	Q9 _B	Q6 _A	0	0	0
A	Q6	Q9 _B	Q1 _A	Q2 _B	0	0	0
B	Q2	Q3 _B	Q5 _B	Q3 _B	1	0	1
B	Q3	Q8 _C	Q0 _A	Q7 _C	1	0	1
B	Q5	Q3 _B	Q8 _C	Q4 _A	1	0	1
B	Q9	Q3 _B	Q7 _C	Q0 _A	1	0	1
C	Q7	Q0 _A	Q3 _B	Q6 _A	1	1	1
C	Q8	Q0 _A	Q3 _B	Q1 _A	1	1	1

Třída	Qi\ba	tabulka přechodů			tabulka výstupů		
		00	01	10	00	01	10
A	Q0	Q6 _D	Q5 _B	Q6 _D	0	0	0
A	Q4	Q6 _D	Q9 _B	Q6 _D	0	0	0
D	Q1	Q9 _B	Q1 _D	Q2 _F	0	0	0
D	Q6	Q9 _B	Q1 _D	Q2 _F	0	0	0
E	Q3	Q8 _C	Q0 _A	Q7 _C	1	0	1
F	Q2	Q3 _E	Q5 _B	Q3 _E	1	0	1
B	Q5	Q3 _E	Q8 _C	Q4 _A	1	0	1
B	Q9	Q3 _E	Q7 _C	Q0 _A	1	0	1
C	Q7	Q0 _A	Q3 _E	Q6 _D	1	1	1
C	Q8	Q0 _A	Q3 _E	Q1 _D	1	1	1

Redukovaná tabulka přechodů.

Qi\ba	tabulka přechodů			tabulka výstupů		
	00	01	10	00	01	10
Q _A	Q _D	Q _B	Q _D	0	0	0
Q _B	Q _E	Q _C	Q _A	1	0	1
Q _C	Q _A	Q _E	Q _D	1	1	1
Q _D	Q _B	Q _D	Q _F	0	0	0
Q _E	Q _C	Q _A	Q _C	1	0	1
Q _F	Q _E	Q _B	Q _E	1	0	1

Kódování vnitřních stavů

- Provedu pomocí metody Dolotta-McCluskey
- Automat má 6 vnitřních stavů ($r=6$) a k jejich zakódování potřebujeme 3 proměnné ($2^{n-1} < r < 2^n \Rightarrow 2^{3-1} < 6 < 2^3$). Kódovité sloupce budou mít tedy délku 6 a bude jich 25 (vyplývá z definice kódovité sloupců a z vzorce $C_{(r)} \leq 2^{r-1}$).

Matice výchozích stavů

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0

Matice následných stavů pro vstupní písmeno 00:

0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1

Matice následných stavů pro vstupní písmeno 01:

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Matice následných stavů pro vstupní písmeno 10:

0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1

Výběrová tabulka přechodů

Qt	Qt+1	Qt+1	Qt+1														
x=	0	01	10	a	b	c	d	e	score 1	f	g	score 2	f	g	score 3		
3	17	8	5														
5	-31	4	-19														
6	-14	12	-22														
7	-14	12	-18														
9	2	16	6								16	16					16
10	19	24	3														
11	19	24	7														
12	-29	20	-21												16		16
13	-29	20	-17														
14	-12	28	-20												4		4
15	-12	28	-16												4		4
17	4	-30	4			16			16			16					16
18	21	-22	1														
19	21	-22	5														
20	-27	-26	-23														
21	-27	-26	-19														
22	-10	-18	-22					8	8			8					8
23	-10	-18	-18														
24	6	-14	2								32	32					32
25	6	-14	6			16			16			16					16
26	23	-6	3														
27	23	-6	7								4	4					4
28	-25	-10	-21								4	4					4
29	-25	-10	-17												32		32
30	-8	-2	-20														

Pravidla pro ohodnocení jednotlivých kódovacích sloupců:

- a) výskyt samých nul v řádce pro vstupní písmeno (8 bodů)
- b) výskyt samých jedniček v řádce pro vstupní písmeno (8 bodů)
- c) výskyt stejné hodnoty ve sloupcích pro sousední vstupní písmeno (16 bodů)
- d) stejná hodnota s výchozím stavem (8 bodů)
- e) stejná hodnota s komplementem výchozího stavu (8 bodů)
- f) výskyt stejné hodnoty v řádku jako vybraný sloupec nebo jeho komplement (4 bodů)
- g) výskyt stejné hodnoty v řádku jako v řádku vybraného sloupce (16 bodů)
- h) výskyt hodnot shodných s hodnotami, které získáme operacemi logického součtu nebo součinu vybraných sloupců nebo s jejich komplementy (1 bodů)

Nejprve jsem spočítal skóre 1. Nejvyšší skóre vyšlo u sloupce 17. Poté jsem spočetl skóre 2. To bylo nejlepší u sloupců: 3,13,29. Sloupce 17 a 3 ale netvoří kódovné sloupce, proto jsem vybral ve skóre 2 sloupec 13. Podle toho jsem počítal další skóre. Nejlépe vyšel sloupec 12 a ten opět netvoří kódovný sloupec s vybranými sloupci 17 a 13. Dále můžu vybrat sloupec 29 ve skóre 3, ale ten také netvoří kód. Proto musím změnit výběr ve skóre 2. Tedy vyberu sloupec 29 a zkusím spočítat skóre 3. Nejlépe vyšla opět kombinace 17, 29 a 13 kterou už jsme dříve zavrhl, proto pokračuji dál a vybírám sloupec 28. Tento kód opět není platný. Proto Přehodnotím i skóre 1.

Vyberu sloupec 25. Spočtu skóre 2. Sloupce 9, 23, 27 tvoří neplatný kód, proto vyberu sloupec 28. Poté vypočtu skóre 3. Sloupce 21,29,9,12,17 netvoří kódovné sloupce, ale sloupec 14 tvoří. Proto můžu použít sloupce: 25,28 a 14

Vzájemné kombinace kódovných sloupců

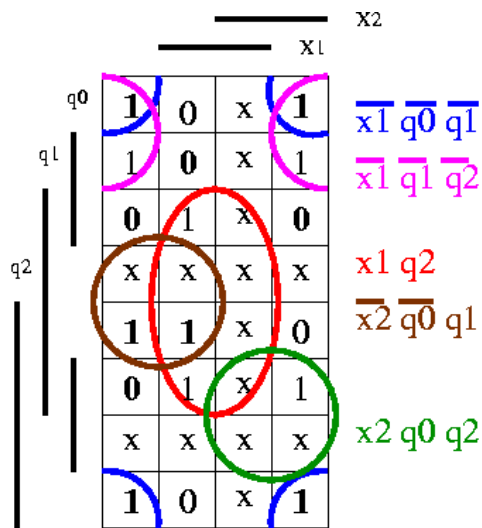
0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0
0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0
0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1

Zakódování vnitřních stavů

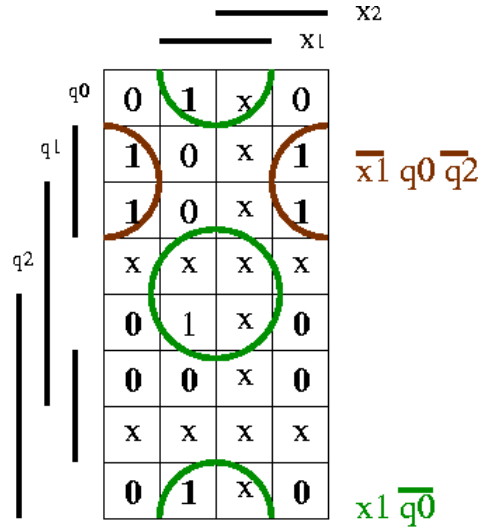
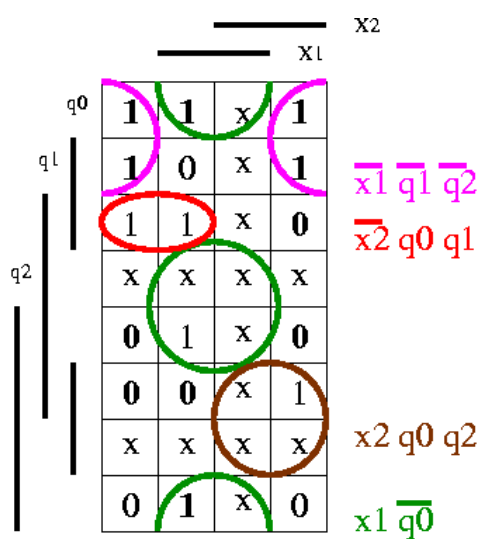
Q _A	0	0	0
Q _B	1	1	0
Q _C	1	1	1
Q _D	0	1	1
Q _E	0	0	1
Q _F	1	0	0

	Zakódovaná tabulka přechodů												Tabulka výstupů		
	Q			x=00			x=01			x=10			x=00	x=01	x=10
	q ₂	q ₁	q ₀	q ₂	q ₁	q ₀	q ₂	q ₁	q ₀	q ₂	q ₁	q ₀			
Q _A	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
Q _B	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
Q _C	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1
Q _D	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Q _E	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1
Q _F	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1

Pozn.: $x=x_2x_1$

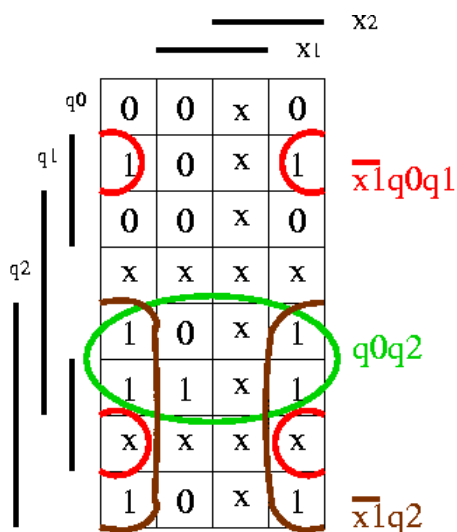


$$\begin{aligned}
 & \overline{x_1 q_0 q_1} + \overline{x_2 q_0 q_1} + \overline{x_1 q_1 q_2} + \overline{x_1 q_1} + \overline{x_2 q_0 q_2} = \\
 & = \overline{x_1 q_1} (\overline{q_0} + \overline{q_2}) + \overline{q_1} (\overline{x_2 q_0} + \overline{x_1}) + \overline{x_2 q_0 q_2} = \\
 & = \overline{x_1 q_1 q_0 q_2 q_1 x_2 q_0 x_1 x_2 q_0 q_2}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 & \overline{x_1 q_1 q_2} + \overline{x_2 q_0 q_1} + \overline{x_2 q_0 q_2} + \overline{x_1 q_0} = \\
 & = \overline{x_1 q_1 q_2 x_2 q_0 q_1 x_2 q_0 q_2 x_1 q_0}
 \end{aligned}$$

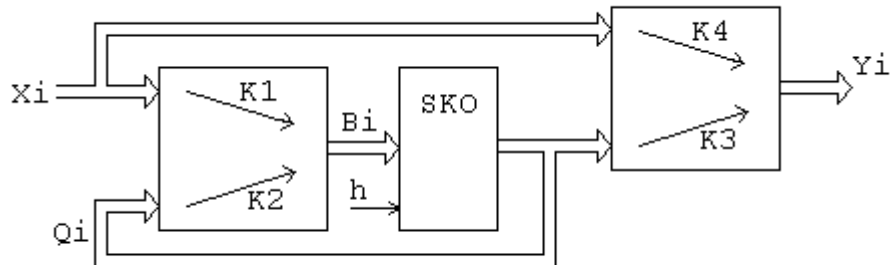
$$\overline{x_1 q_0 q_2} + \overline{x_1 q_0} = \overline{x_1 q_0 q_2 x_1 q_0}$$



$$\overline{x_1 q_2} + \overline{q_0 q_2} + \overline{x_1 q_0 q_1} = \overline{x_1 q_2 q_0 q_2 x_1 q_0 q_1}$$

Schéma je nakresleno v Orcadu. Na schématu jsem simuloval přechod ze stavu Q_A do Q_D (při $x_1=0, x_2=0$) a poté jsem změnil vstupy na $x_1=0, x_2=1$, tedy jsem přešel ze stavu Q_D do Q_F .

Výpočet maximální možné frekvence hodinových pulzů



Automat s hranovými klopnými obvody

Klopné obvody 7274 (TTL řada) jsou typu master-slave, t.j. změna na výstupu nastane po příchodu sestupné hrany hodinového pulzu. Délka úrovně H hodinového signálu musí být (dle katalogu) $t_1 = 20$ ns. Minimální délka úrovně L je dána vztahem

$$T_{\min} = \max [Z_{KO} + \max (NZ_{K3} + D_{st.Yi}, NZ_{K2} + t_{\text{setup}}), D_{ust.Xi} + \max (NZ_{K4} + D_{st.Yi}, NZ_{K1} + t_{\text{setup}})]$$

kde

Z_{KO} zpoždění klopných obvodů

NZ_{Ki} nejdelší zpoždění v cestě K_i kombinační části

$D_{st.Yi}$ potřebná doba stabilního výstupního písmena Y_i

t_{setup} předstih klopných obvodů

$D_{ust.Xi}$ doba potřebná pro ustálení vstupního písmena X_i

V zadání jsou stanoveny doby zpoždění a požadavky na vstup/výstup:

$$Z_{KO} = 30 \text{ ns}$$

$$Z_{HR} = 20 \text{ ns (zpoždění hradla)}$$

$$D_{st.Yi} = 50 \text{ ns}$$

$$D_{ust.Xi} = 50 \text{ ns}$$

$$\text{Z katalogu dále určíme: } t_{\text{setup}} = 10 \text{ ns}$$

Podle schématu vypočítáme největší zpoždění v jednotlivých větvích kombinační části:

$$NZ_{K1} = 5 \cdot 20 \text{ ns} = 100 \text{ ns}$$

$$NZ_{K2} = 4 \cdot 20 \text{ ns} = 80 \text{ ns}$$

$$NZ_{K3} = 2 \cdot 20 \text{ ns} = 40 \text{ ns}$$

$$NZ_{K4} = 3 \cdot 20 \text{ ns} = 60 \text{ ns}$$

Minimální délka úrovně L hodinového pulzu je

$$T_{L\min} = \max[30 + \max(40 + 50, 80 + 10), 50 + \max(60 + 50, 100 + 10)] = \\ \max[30 + \max(90, 90), 50 + \max(110, 110)] = \max[30 + 90, 50 + 110] = \underline{\underline{160 \text{ ns}}}$$

Minimální délka periody hodinových impulzů je

$$T_{\min} = T_{L\min} + t_1 = 160 + 20 = \underline{\underline{180 \text{ ns}}}$$

Maximální frekvence hodinových pulzů vychází

$$f_{\max} = 1/T_{\min} = \underline{\underline{5,55 \text{ MHz}}}$$

Závěr

V semestrální práci jsem neudělal simulaci obvodu, jelikož mi chybělo vhodné programové vybavení. Disponuji Orcadem verze 9.2 a zde jsem nebyl schopen najít program pro simulaci (resp. program Stimulus Editor). Proto jsem pro náznak simulace použil ohodnocování vývodů ve schématu. Pokusil jsem se dostat ze stavu Q_A do Q_D (při $x_1=0$, $x_2=0$) a poté ze stavu Q_D do Q_F (při $x_1=0$ a $x_2=1$) což se také podařilo.