SYNTÉZA TABULEK PŘECHODŮ

1. NEALGEBRAICKÉ METODY

a) GINSBURGOVA METODA

Využívá tzv. korespondencí mezi vstupním a výstupním slovem při dané vstupní a výstupní abecedě. Jinak řečeno, vyhodnocují se jednotlivé odezvy na přicházející symboly(písmena) vstupního slova.

Formulace metody:

Nechť je dáno *p* korespondencí mezi vstupními a výstupními slovy, z nichž může být *m* necyklických a (*p* – *m*) může mít tzv. cyklický konec, tedy

$$\left.\begin{aligned} \xi_i &= X_1^i X_2^i \;\ldots\ldots\; X_k^i \\ \eta_i &= Y_1^i Y_2^i \;\ldots\ldots\; Y_k^i \end{aligned}\right\}$$

pro $1 \le i \le m$ necyklické délky a

$$\left.\begin{aligned} \xi_j &= X_1^j X_2^j \;\ldots\ldots\; X_{k(j)}^j \left\{X_{l+1}^j \;\ldots\ldots\; X_{q(j)}^j\right\} \\ \eta_j &= Y_1^j Y_2^j \;\ldots\ldots\; Y_{l(j)}^j \left\{Y_{l+1}^j \;\ldots\ldots\; Y_{q(j)}^j\right\} \end{aligned}\right\}$$

pro $(m + 1) \le j \le p$ necyklické délky $l(j)$, ale s cyklickým koncem s periodou $(q – l)$

Potom je možné každé dvojici $\left(X_b^a, Y_b^a\right)$ takové, že $1 \le a \le p$; $1 \le b \le k$ nebo q přiřadit jeden vnitřní stav Q_b^a a výstupní stav Y_b^a. Výstupní funkci λ a přechodovou funkci δ je možné definovat následovně :

$$\lambda\,(Q_b^a, X_b^a) = Y_b^a$$

$$\delta\,(Q_b^a, X_b^a) = Q_{b+1}^a \qquad \text{pro } 1 \le a \le m$$

$$\delta\,(Q_q^a, X_q^a) = Y_{l+1}^a \qquad \text{pro } (m+1) \le a \le p$$

Příklad: Měli bychom sestrojit tabulku přechodů respektive vývojovou tabulku (společná přechodová a výstupní tabulka) automatu A_1, který by realizoval následující korespondence mezi vstupními a výstupními slovy pro vstupní abecedu $\{X_1, X_2, X_3\}$ a výstupní abecedu $\{Y_1, Y_2\}$.

Dané korespondence:

$$S_1^1 : \xi_1^1 = X_1\ X_2\ X_3\ X_1 \qquad S_2^1 : \xi_2^1 = X_1\ X_3$$
$$\eta_1^1 = Y_1\ Y_2\ Y_1\ Y_2 \qquad \eta_2^1 = Y_2\ Y_2$$

Stanovení vnitřních stavů automatu :

$S_1^1 :$ $(X_1, Y_1) \longrightarrow Q_0^1$

$(X_2, Y_2) \longrightarrow Q_1^1$, **přičemž** $Q_1^1 = \delta(X_1, Q_0^1)$

$(X_3, Y_1) \longrightarrow Q_2^1$, **přičemž** $Q_2^1 = \delta(X_2, Q_1^1)$

$(X_1, Y_2) \longrightarrow Q_3^1$, **přičemž** $Q_3^1 = \delta(X_3, Q_2^1)$

$S_2^1 :$ $(X_1, Y_2) \longrightarrow Q_0^2$

$(X_3, Y_2) \longrightarrow Q_1^2$, **přičemž** $Q_1^2 = \delta(X_1, Q_0^2)$

Z těchto zobrazení lze sestavit rovnou vývojovou tabulku přechodů (primitivní) :

A \ X Q	X_1	X_2	X_3
Q_0^1	Q_1^1/Y_1	—	—
Q_1^1	—	Q_2^1/Y_2	—
Q_2^1	—	—	Q_3^1/Y_1
Q_3^1	$-/Y_2$	—	—
Q_0^2	Q_1^2/Y_2	—	—
Q_1^2	—	—	$-/Y_2$

Jedná se tedy o neúplně určený automat(parciální), jehož stavová abeceda by se sjednotila a eventuálně redukovala. O redukci množiny vnitřních stavů bude pojednáno později.

b) AIZERMANOVA METODA

Využívá opět zadaných korespondencí a vzhledem k heuristickému přístupu vede tato metoda na redukovaný počet vnitřních stavů. Algoritmus ukážeme na jednoduchém příkladu.

<u>Příklad:</u> **Nechť je dána korespondence S_1^2 automatu A_2**

$$S_1^2 : \begin{matrix} X_1 & X_2 & X_1 & X_3 \\ Y_1 & Y_1 & Y_2 & Y_2 \end{matrix}$$

Tato korespondence by u Ginsburgovy metody vedla na automat se 4 stavy.

Předpokládejme, že automat je ve stavu Q_0, pak můžeme položit

$$\delta\,(X_1 , Q_0) \;=\; Q_0 \;\;\Rightarrow\;\; \lambda\,(X_1 , Q_0) = Y_1$$

Po symbolu X_1 přichází na vstup symbol X_2 a můžeme zkusit , zda Q_0 bude i při tomto symbolu následným stavem, tedy

$$\delta\,(X_2 , Q_0) \;=\; Q_0 \;\;?$$

Pro následující symbol X_1 bychom obdrželi

$$\lambda\,[X_1 , \delta(X_2 , Q_0)] \;=\; \lambda\,(X_1 , Q_0) \;=\; Y_1$$

Podle zadané korespondence však má být výstupní stav

$$\lambda\,[X_1 , \delta(X_2 , Q_0)] \;=\; Y_2$$

Proto tedy nemůžeme položit $\delta\,(X_2 , Q_0) \;=\; Q_0$ a je třeba *zavést nový vnitřní stav* Q_1, tedy

$$\delta(X_2, Q_0) = Q_1 \;;\; \lambda(X_1, Q_1) = Y_2 .$$

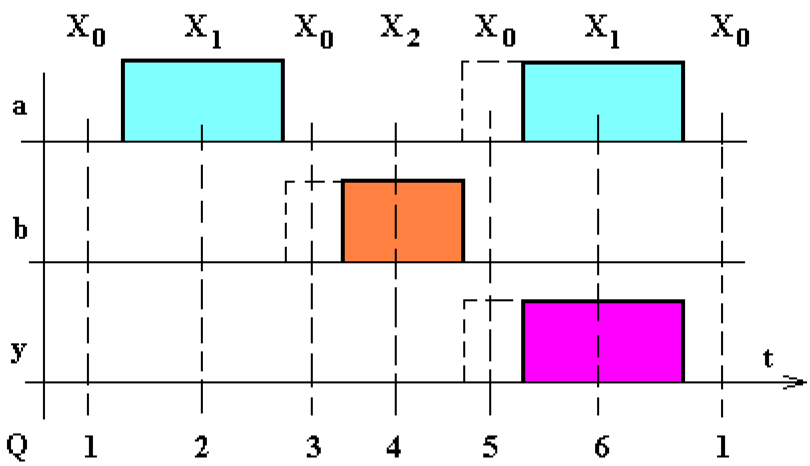
Nebrání nám však položit $\delta(X_3, Q_1) = Q_0$, poněvadž $\lambda(X_3, Q_0)$ není ještě definováno.
Položme tedy $\lambda(X_3, Q_0) = Y_2$. Přechodovou funkci $\delta(X_3, Q_0)$ není třeba definovat, neboť korespondence dále nepokračuje.

Výsledná vývojová tabulka je tedy následující :

X / Q	X_1	X_2	X_3
Q_0	Q_0 / Y_1	Q_1 / Y_1	$– / Y_2$
Q_1	Q_0 / Y_2	—	—

c) <u>Sestrojení tabulky přechodů z časového diagramu</u>

Nechť je dá časový digram vstupních signálů a požadované odezvy na výstupní proměnné



Každé kombinaci stavů na vstupních proměnných odpovídá určitý vstupní symbol X_i a tomu pak je přiřazen vnitřní stav

Q = {1, 2, 3, 4, 5, 6}. Po stavu 6 by cyklicky následoval stav 1 atd.

X	*a*	*b*
X_0	0	0
X_1	1	0
X_2	0	1
X_3	1	1

Y	*y*
Y_0	0
Y_1	1

Q	q_1	q_2	q_3
1	0	0	0
2	1	0	0
3	0	1	0
4	1	1	0
5	0	0	1
6	1	0	1
–	0	1	1
–	1	1	1

Zakódované vnitřní stavy
Dva kódy jsou nevyužité

X_3 — nepřístupný vstupní stav

Automat budeme řešit jako Mooreův

$Q_1^0 = 1$ - počáteční vnitřní stav.

Navrhneme nejprve stabilní vnitřní stavy pro každý přípustný vstupní symbol :

$\delta(1, X_0) = 1$ $\delta(2, X_1) = 2$ $\delta(3, X_0) = 3$

$\delta(4, X_2) = 4$ $\delta(5, X_0) = 5$ $\delta(6, X_1) = 6$

Nyní si můžeme připravit tabulku přechodů se zapsanými stabilními stavy a řešit přechodové funkce v prvém řádku tabulky.

Q \ X	X_0	X_1	X_2	X_3	Y
1	1	2	1	?	Y_0
2		2		?	
3	3			?	
4			4	?	
5	5			?	
6		6		?	

Přijde-li impuls na proměnné *a*, tj. působí na vstupu písmeno X_1, bude přechodová funkce $\delta(X_1, 1) = 2$. Tedy automat přejde do stavu 2. Kdyby přišel ale nejdříve impuls na vstupní proměnné *b* můžeme automat ponechat v počátečním stavu 1. Kdyby přišly impulsy na obou proměnných současně, tedy přišel by nepřípustný symbol X_3, mohl by opět automat zůstat v počátečním stavu 1 a čekat na příchod správného impulsu. Z časového diagramu můžeme také stanovit výstupní stav Mooreova automatu, tedy $\lambda(Q_0) = Y_0$.

Nyní dořešíme další řádky tabulky přechodů, tedy pro současné stavy 2, 3, 4, 5 a 6.

Mooreův automat

ab — kontrolní stav

Q \ X	X_0 00	X_1 01	X_2 10	X_3 11	Y	K
1	1	2	1	1 ?	Y_0	? K_0
2	3	2	– (4)	(7)	Y_0	K_0
3	3	– (2)	4	(7)	Y_0	K_0
4	5	– (6)	4	(7)	Y_0	K_0
5	5	6	– (4)	(7)	Y_0	K_0
6	1	6	– (1)	(7)	Y_1	K_0
7	1	7	7	7	Y_0	K_1

δ (sloupce X_0–X_3) λ (sloupce Y, K)

Ze stavu 2 (pro X_1 je stabilní) může při příchodu symbolu X_0 pokračovat do stavu 3, tedy přechodová funkce je $\delta(X_0 , 2) = 3$. Co se ale může stát, na místo mezery mezi impulsy přijde v návaznosti na impuls na *a* přijde impuls na *b* , tedy přijde vstupní symbol X_2, tj. přechodová funkce není jasně určená $\delta(X_2 , 2) =$? Následný stav nemusí být definován (–) nebo se připustí současná změna na vstupní proměnné *a* (do nuly) i *b* (do jedničky), jak je naznačeno v časovém diagramu. Pak by pro toto vstupní písmeno mohl být následný vnitřní stav 4. Výstupní funkce je nadále $\lambda(2) = 2$. Ve stavu 3 setrvává při vstupním symbolu X_0 a při X_2 přechází do stavu 4 ($\delta(X_2 , 3) = 4$). Přišel-li by ze stavu 3 znovu impuls na *a*, tedy vstupní symbol X_1, nastane nedefinovaný stav nebo se může automat vrátit dostavu 2 ($\delta(X , 3) = 2$). Ještě může nastat zajímavá situace ve stavu 4 a kdy může jednak trvat symbol X_2, ale mohla by přijít současná změna na vstupní proměnné *b* (do nuly) i na *a* (do jedničky) a pak přejde automat buď do nedefinovaného stavu nebo přejde rovnu do stavu 6. Mohl by se také vrátit dostavu 2.

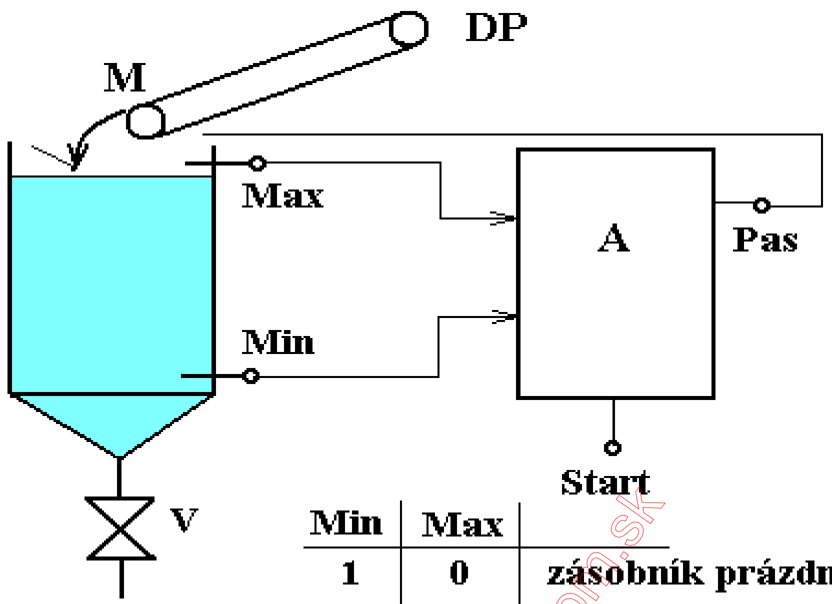
Jiná možnost by byla vyhodnocovat nesprávné posloupnosti signálů dalším diagnostickým stavem 7, který by současně tento stav signalizoval výstupem K_1 .

d) Sestrojení tabulky přechodů, resp.grafu přechodů pomocí vý vojového diagramu

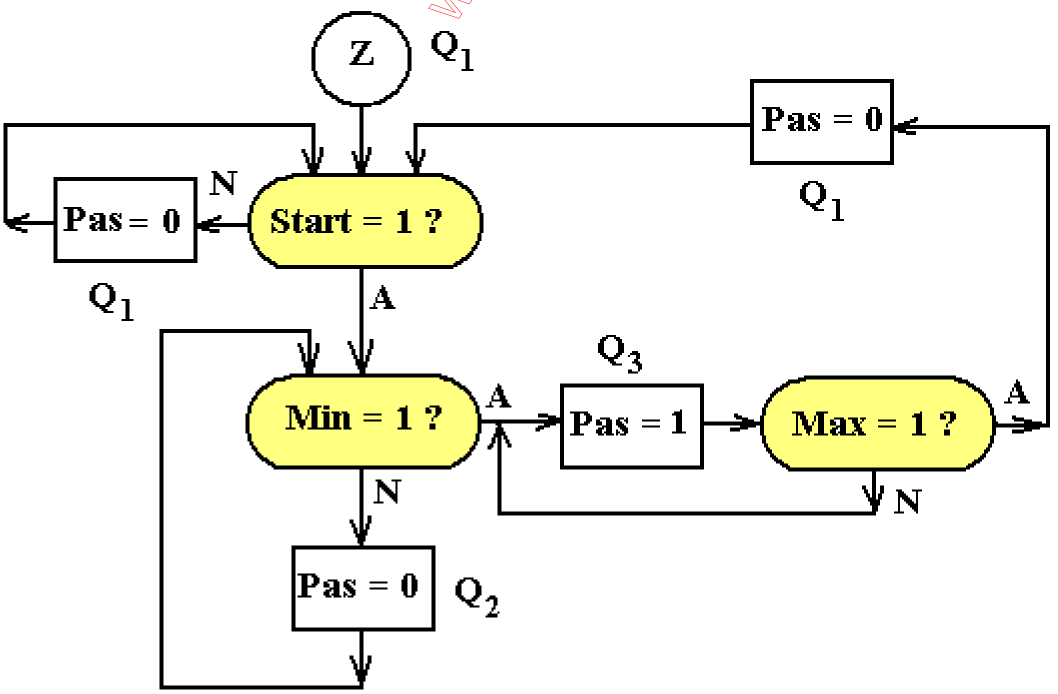
Příklad: Navrhněte tabulku přechodů automatu, který bude doplňovat zásobník se sypkým materiálem, Zásobník má dvě čidla Max a Min, která budou hlídat, aby se zásobník nepřeplnil nebo úplně nevyprázdnil. To budou tak dvě vstupní proměnné automatu a současně bude mít automat jednu výstupní proměnnou, která bude řídit spouštění motoru M dopravníkového pásu DP. Systém je vyobrazen na přiloženém obrázku. Současné jedničkové hodnoty Max = 1 a Min = 1 jsou nepřípustné.

V návaznosti na činnost automatu lze nakreslit vývojový diagram, který je na dalším obrázku. Pak každému výkonnému bloku může být přiřazen vnitřní stav (Mooreova) automatu, tzn., že automat bude mít množinu vnitřních stavů(stavovou abecedu) celkem se 3 vnitřními stavy – $Q = \{Q_1 , Q_2 , Q_3\}$. Vnitřní stav Q_1 je počátečním vnitřním stavem, ve kterém automat setrváváno doby, než se stlačí tlačítko Start. Poté přejde automat do stavu Q_2 a testuje se, zda hladina v zásobníku nepoklesla na čidlo Min. Při tom generuje výstupní stav Pas = 0. Nastane-li situace, že bude hladina na minimu, tj. bude Min = 1, bude automat přecházet do

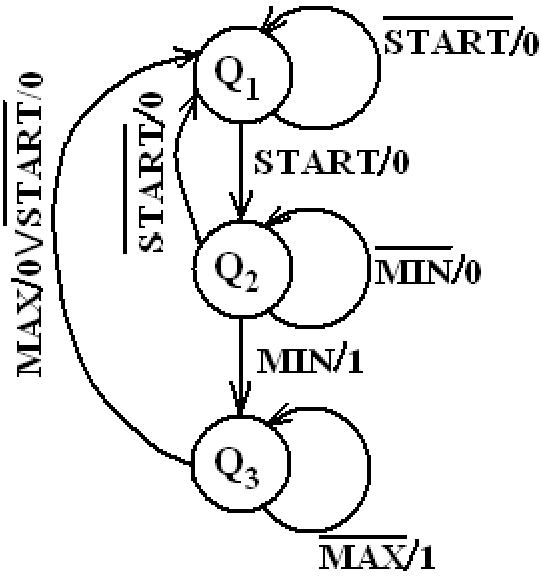
Stavu Q_3 . V tom případě bude výstupní proměnná Pas = 1 a bude se materiál dosypávat. V této smyčce se testuje, zda zásobník je naplněn, tedy zda není Max = 1 ? Po naplnění přejde automat opět přes vnitřní stav Q_1 do stavu Q_2.



Min	Max	
1	0	zásobník prázdný
0	0	- " - poloplný
0	1	- " - plný
1	1	zakázaný stav



Nyní je možné zachytit toto chování do grafu přechodů a do tabulky přechodů např. jako automatu Mealyho.



A	START=0 MIN, MAX x x	START = 1 0 0	1 0	1 1	0 1
Q_1	$Q_1/0$	$Q_2/0$	$Q_2/0$	—	$Q_2/0$
Q_2	$Q_1/0$	$Q_2/0$	$Q_3/1$	—	$Q_2/0$
Q_3	$Q_1/0$	$Q_3/1$	$Q_3/1$	—	$Q_1/0$

Tabulka přechodů Mooreova automatu:

A	Start, Min, Max X_0–X_3 0 - -	X_4 1 0 0	X_5 1 0 1	X_6 1 1 0	X_7 1 1 1	Pas
Q_1	Q_1	Q_2	Q_2	Q_3	—	0
Q_2	Q_1	Q_2	Q_2	Q_3	—	0
Q_3	Q_1	Q_3	Q_1	Q_3	—	1

d) <u>Příklad na sestrojení grafu přechodů detektoru znaků</u>

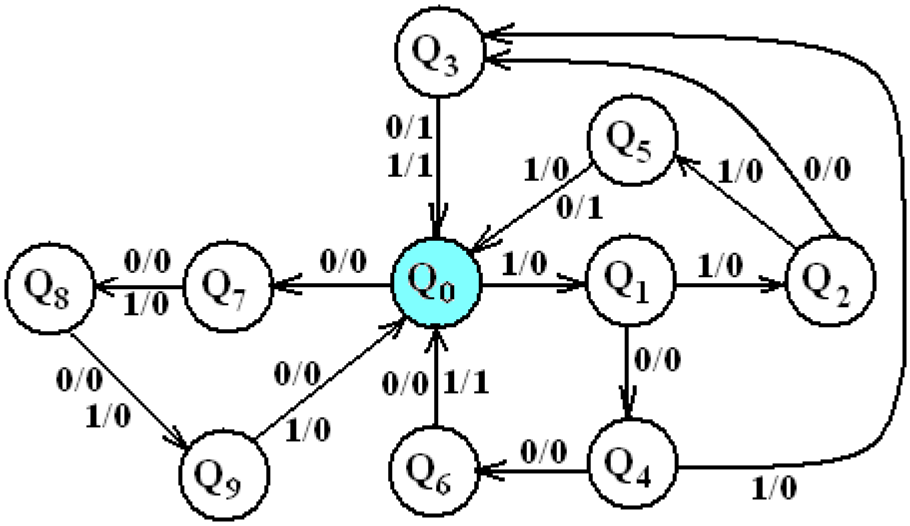
Pro daný detektor znaků je výhodnější sestrojovat graf přechodů. Měli bychom nevrhnout tedy graf přechodů automatu, který bude detekovat např. přicházející lichá čísla *x* v rozmezí $2 < x < 14$ v přímém binárním kódu sériově na vstup *a* Mealyho automatu. Přijde-li tedy na vstup sériově číslo 3 (nebo 5, 7, 9, 11, 13) bude s příchozím 4.bitem na výstupu *y* generována jedničková hodnota. V ostatních případech bude na výstupu *y* nula. Čísla vstupují do automatu počínaje bitem s nejnižší váhou (nultým bitem).

Přicházející čísla :

3	**-**	**0011**
5	**-**	**0101**
7	**-**	**0111**
9	**-**	**1001**
11	**-**	**1011**
13	**-**	**1101**

Počáteční vnitřní stav bude Q_0 a bude např. př. Číslici 3 přicházet nultý bit, tj. a = 1 a na výstupu *y* bude 0 a automat přejde do stavu Q_1. S příchozím dalším 2. bitem, který je rovněž 1, přejde automat do stavu Q_2 a *y* =0. S třetím bitem *a* = 0 přejde automat do stavu Q_3 a výstup je stále *y* = 0. Teprve se 4. bitem *a* = 0 bude na výstupu generována hodnota *y* = 1 a automat přechází do počátečního stavu Q_0. Nyní může přicházet další číslice.

Sestavovaný graf přechodů Mealyho automatu :



Takovým způsobem zavedeme na posloupnost 0101 (čísla 5) další vnitřní stav Q_4 , na posloupnost 0111 (čísla 7) další nový stav Q_5 . S dalším přicházejícím číslem 9, tedy s posloupností 1001 na vstupu *a* je třeba zavést další nový vnitřní stav Q_6. S čísly 11 a 13 již není třeba další vnitřní stavy zavádět. Je třeba ale zavést nové tři vnitřní stavy pro ostatní čísla (0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 15) Q_7, Q_8, a Q_9, při nichž bude na výstupu generována hodnota *y* = 0.

Nyní můžeme převést graf automatu na tabulku přechodů, neboť tabulka přechodů bude pro nás výchozí podklad pro sestrojování strukturního modelu automatu.

x / Q	0	1	0	1
Q_0	Q_7	Q_1	0	0
Q_1	Q_4	Q_2	0	0
Q_2	Q_6	Q_3	0	0
Q_3	Q_0	Q_0	1	1
Q_4	Q_5	Q_3	0	0
Q_5	Q_0	Q_0	0	1
Q_6	Q_0	Q_0	1	0
Q_7	Q_8	Q_8	0	0
Q_8	Q_9	Q_9	0	0
Q_9	Q_0	Q_0	0	0