Hur tar man fram ett tillståndsdiagram?

Tillståndsdiagram används förutom i digitaltekniken även i programmeringsämnena.

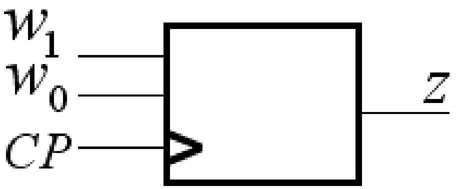
Diagramtypen finns med i standarden UML.

Uppgift

En synkron Moore-automat har två insignaler w_1w_0
och en utsignal z.

- För ingångssekvensen w_1w_0 10, 11 ska utsignalen bli $z = 0$.
- För ingångssekvensen w_1w_0 01, 11 ska utsignalen bli $z = 1$.
- För w_1w_0 01, 10 ska utsignalen **byta värde**.
- För övriga ingångssekvenser **behålles** utsignalens **värde**.

Tag fram automatens **tillståndstabell**, minimera den så långt det går. Rita därefter automatens **tillståndsdiagram**.



Hur många tillstånd?

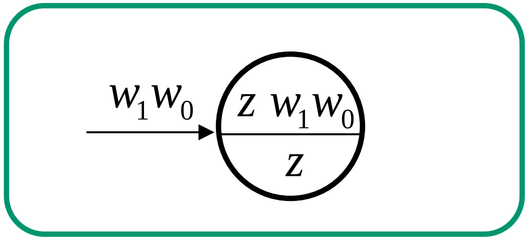
Alla beskrivna tillståndssekvenserna är i högst två steg. Vi behöver därför (denna gång) inte ”hålla reda på” några längre sekvenser så.
Insignalen w_1w_0 kan ha fyra olika värden, 00 01 10 och 11. Börja med att antaga att man kan behöva komma till ***två*** olika tillstånd från varje insignalvärde, ett med utgångsvärdet $z = 0$ och ett med $z = 1$ (eftersom utsignalen ska kunna ”toggla”). Detta ger 8 tillstånd.

Man behöver inte vara rädd för att använda för många tillstånd, eftersom det senare går att reducera antalet med tillståndsminimering.

”Tillfällig numrering” av tillstånden

Det blir enklare att resonera sig fram till tillståndstabellen om tillståndsbeteckningarna (eller tillståndsnumren) återspeglar ”egenskaper” hos tillstånden. Till exempel ”z $w_1 w_0$”. **Tillståndsnumret** har här tagits från utsignalvärdet i tillståndet och från den insignalskombination som leder till tillståndet.

Namnger man bara tillstånden med beteckningar från *a* … *h* kan det vara lite svårare att följa övergångarna i tabellen.

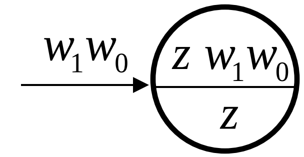


William Sandqvist william@kth.se

Tillstånd: ”utsignal insignal”

$state^{+}(w_1 w_0)$

$z\ w_1 w_0$		$w_1 w_0$: 00	01	11	10	z
0 00	a	$0\,00:a$	$-01:-$	$-11:-$	$-10:-$	0
0 01	b	$-00:-$	$0\,01:b$	$-11:-$	$-10:-$	0
0 10	c	$-00:-$	$-01:-$	$-11:-$	$0\,10:c$	0
0 11	d	$-00:-$	$-01:-$	$0\,11:d$	$-10:-$	0
1 00	e	$1\,00:e$	$-01:-$	$-11:-$	$-10:-$	1
1 01	f	$-00:-$	$1\,01:f$	$-11:-$	$-10:-$	1
1 10	g	$-00:-$	$-01:-$	$-11:-$	$1\,10:g$	1
1 11	h	$-00:-$	$-01:-$	$1\,11:h$	$-10:-$	1



Först:

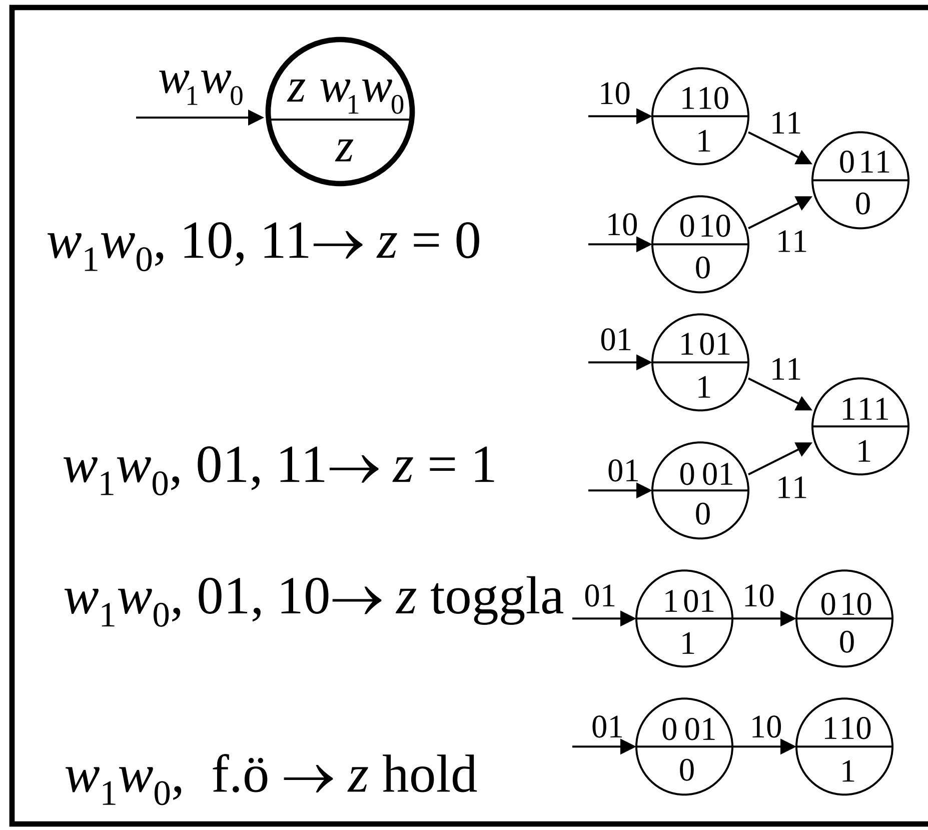
För varje insignal hamnar man i ett av de två tillstånd, som har insignalen i sitt tillståndsnummer (tex. 00 *a* eller *e*, 01 *b* eller *f*).
För den ”egna” insignalen förblir man kvar i tillståndet.

Beskrivningen

$state^+(w_1w_0)$

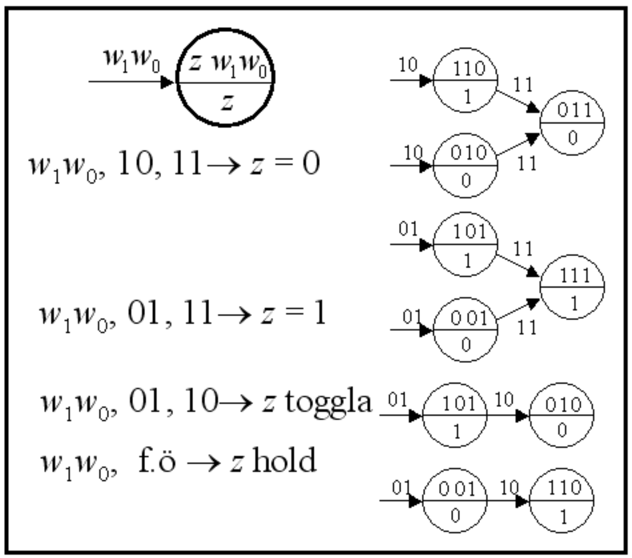
$z\,w_1w_0$		w_1w_0 = 00	01	11	10	z
0 00	*a*	*a*				0
0 01	*b*		*b*			0
0 10	*c*				*c*	0
0 11	*d*			*d*		0
1 00	*e*	*e*				1
1 01	*f*		*f*			1
1 10	*g*				*g*	1
1 11	*h*			*h*		1

Tillståndstabellen är nu påbörjad.



Beskrivningens tillståndsövergångar

Beskrivningen - tillståndsövergångar



$state^+(w_1w_0)$

$z\ w_1w_0$		w_1w_0 00	01	11	10	z
0 00	a	$0\,00 : a$	$-01 : -$	$-11 : -$	$-10 : -$	0
0 01	b	$-00 : -$	$0\,01 : b$	$111 : h$	$110 : g$	0
0 10	c	$-00 : -$	$-01 : -$	$0\,11 : d$	$0\,10 : c$	0
0 11	d	$-00 : -$	$-01 : -$	$0\,11 : d$	$-10 : -$	0
1 00	e	$1\,00 : e$	$-01 : -$	$-11 : -$	$-10 : -$	1
1 01	f	$-00 : -$	$1\,01 : f$	$111 : h$	$0\,10 : c$	1
110	g	$-00 : -$	$-01 : -$	$0\,11 : d$	$110 : g$	1
111	h	$-00 : -$	$-01 : -$	$111 : h$	$-10 : -$	1

Därefter fyller man i tillståndsövergångarna enligt beskrivningen.

William Sandqvist william@kth.se

Övriga tillståndsövergångar

$state^{+}(w_1 w_0)$

$z\,w_1 w_0$		w_1w_0 = 00	01	11	10	z
0 00	a	$0\,00:a$	$0\,01:b$	$0\,11:d$	$0\,10:c$	0
0 01	b	$0\,00:a$	$0\,01:b$	$1\,11:h$	$1\,10:g$	0
0 10	c	$0\,00:a$	$0\,01:b$	$0\,11:d$	$0\,10:c$	0
0 11	d	$0\,00:a$	$0\,01:b$	$0\,11:d$	$0\,10:c$	0
1 00	e	$1\,00:e$	$1\,01:f$	$1\,11:h$	$1\,10:g$	1
1 01	f	$1\,00:e$	$1\,01:f$	$1\,11:h$	$0\,10:c$	1
1 10	g	$1\,00:e$	$1\,01:f$	$0\,11:d$	$1\,10:g$	1
1 11	h	$1\,00:e$	$1\,01:f$	$1\,11:h$	$1\,10:g$	1

För resten av tillstånden går man till det tillstånd som har ”numret för insignalen och har samma utsignal” (behålla utsignalen).

Tillståndstabell

$state^{+}(w_1 w_0)$

	$w_1 w_0$ 00	01	11	10	z
a	a	b	d	c	0
b	a	b	h	g	0
c	a	b	d	c	0
d	a	b	d	c	0
e	e	f	h	g	1
f	e	f	h	c	1
g	e	f	d	g	1
h	e	f	h	g	1

Nu kan man ta bort den tillfälliga numreringen av tillstånden och presentera tillståndstabellen med bokstavsbeteckningar.

Man ser direkt att flera av tillstånden är ekvivalenta, så tillståndsminimering följer.

Tillståndsminimering

$$P_0 = (a,b,c,d,e,f,g,h)$$
$$P_1 = (a,b,c,d)(e,f,g,h)$$
$$P_2 = (a,c,d)(b)(e,h)(f)(g)$$
$$P_3 = P_2 \quad a,b,e,f,g$$

Beteckningar på de nya tillstånden.

$state^{+}(w_1 w_0)$

	w_1w_0 00	01	11	10	z
a	a	b	d	c	0
b	a	b	h	g	0
c	a	b	d	c	0
d	a	b	d	c	0
e	e	f	h	g	1
f	e	f	h	c	1
g	e	f	d	g	1
h	e	f	h	g	1

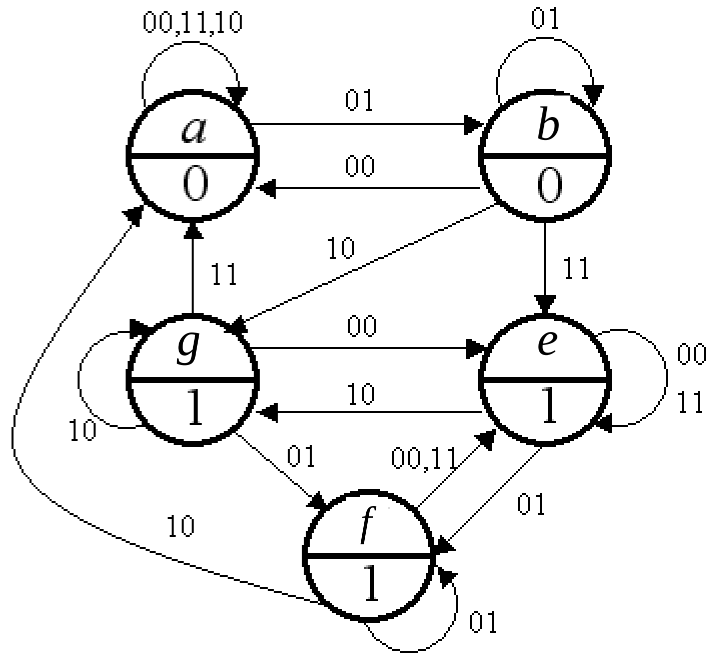
$state^{+}(w_1 w_0)$

	w_1w_0 00	01	11	10	z
a	a	b	a	a	0
b	a	b	e	g	0
e	e	f	e	g	1
f	e	f	e	a	1
g	e	f	a	g	1

Minimerat tillståndsdiagram

$state^{+}(w_1 w_0)$

$w_1 w_0$	00	01	11	10	z
a	a	b	a	a	0
b	a	b	e	g	0
e	e	f	e	g	1
f	e	f	e	a	1
g	e	f	a	g	1



William Sandqvist william@kth.se