

Flaskautomaten

Ett design-exempel av *Ingo Sander*

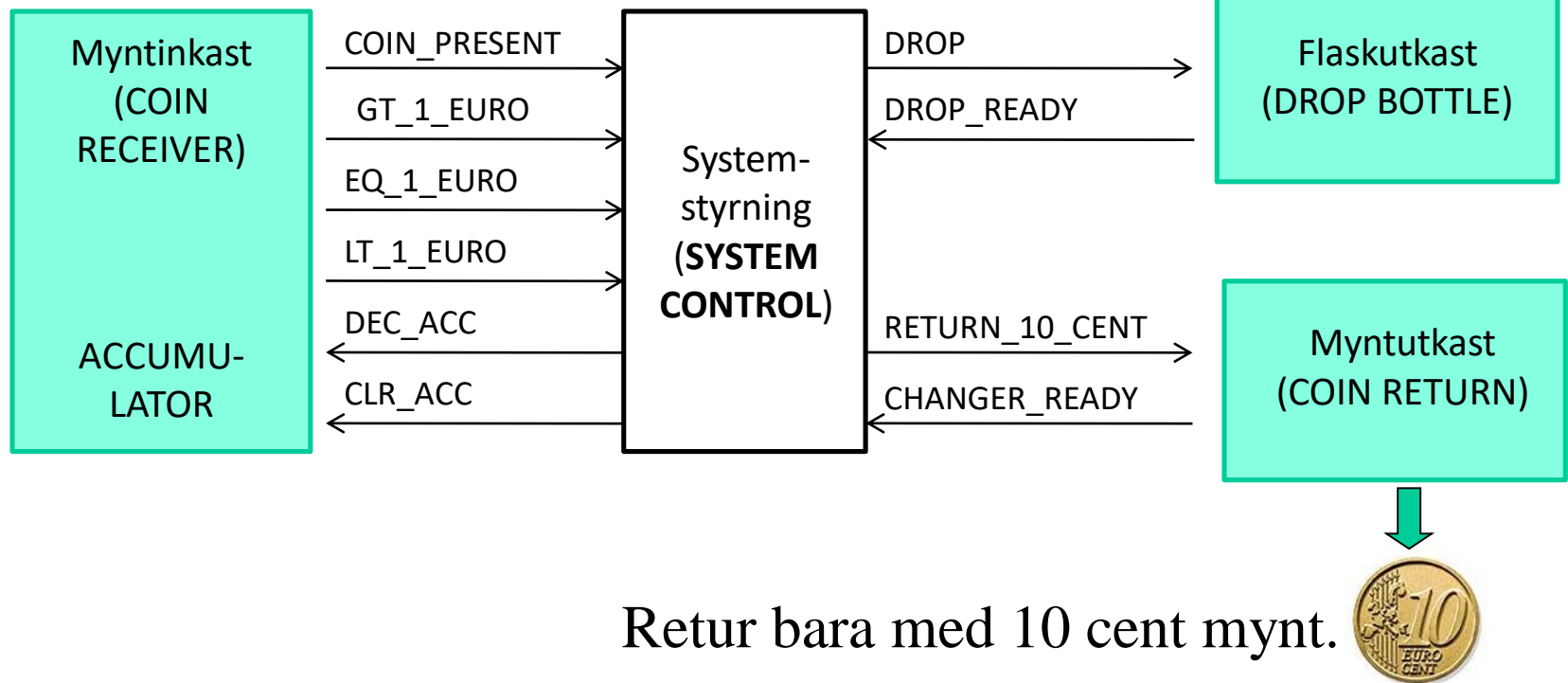


William Sandqvist william@kth.se



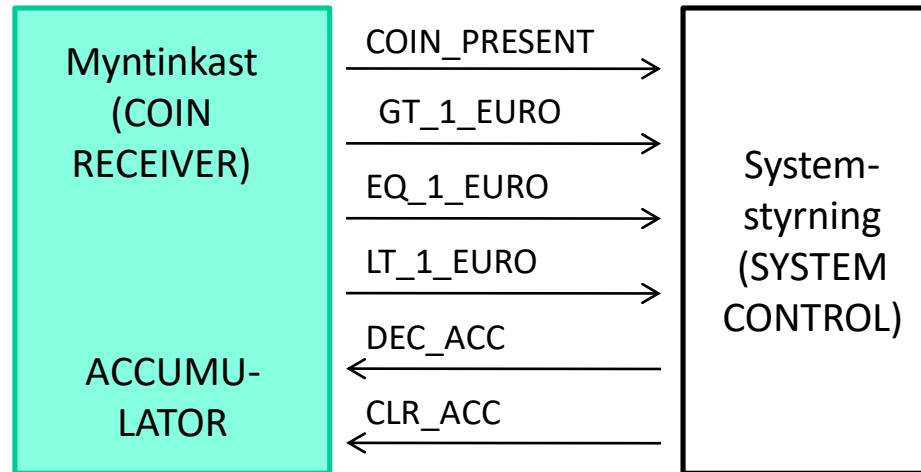
System Control

Vi skall designa blocket systemstyrningen, **System Control**



Myntinkast

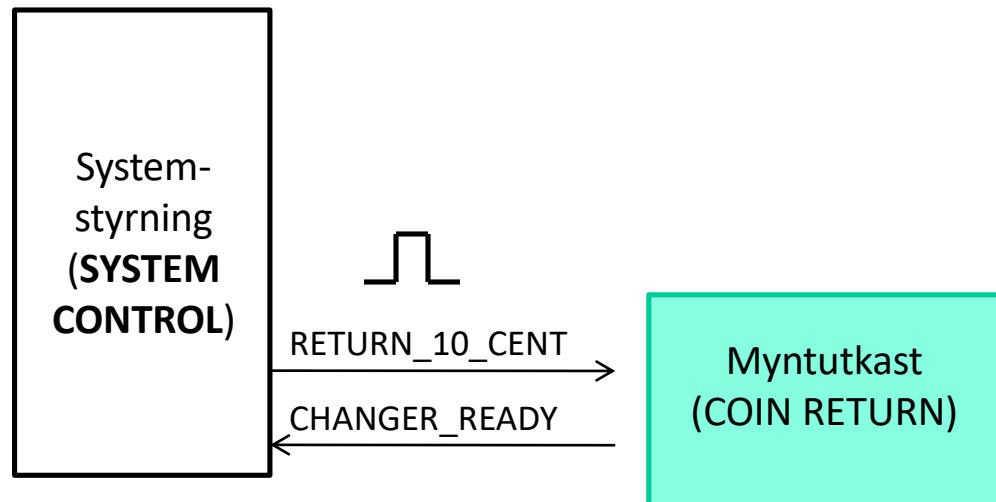
Systemstyrningsenheten styr ett flertal delsystem från andra leverantörer. **Myntinkast. Flaskutkast. Returmyntutkast.**



En ACCUMULATOR räknar ihop summan erlagda mynt.

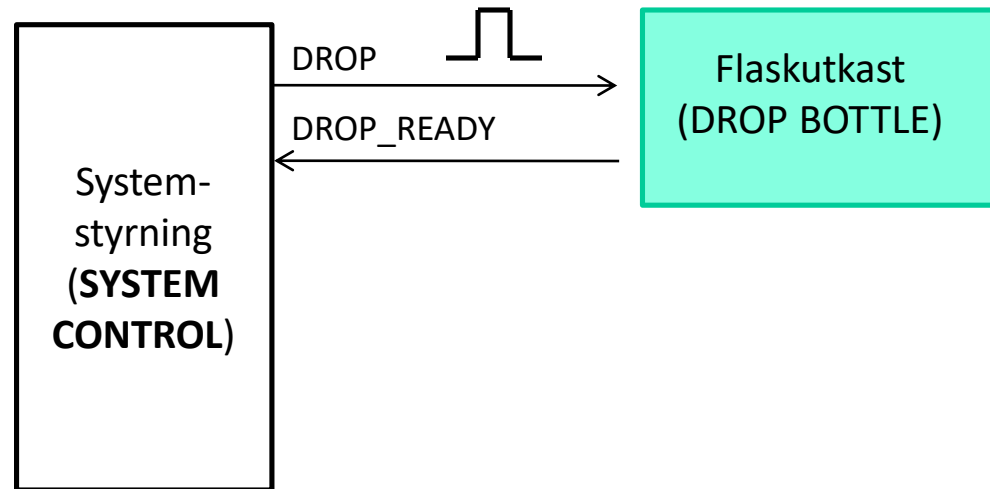
- Signalen COIN_PRESENT indikerar att det finns mynt och "antalet" anges med signalerna GT_1_EURO, EQ_1_EURO, LT_1_EURO.
- Med signalerna DEC_ACC och CLR_ACC kan systemstyrenheten minska summan med 10 cent eller 0-ställa ACCUMULATORN.

Myntutkast



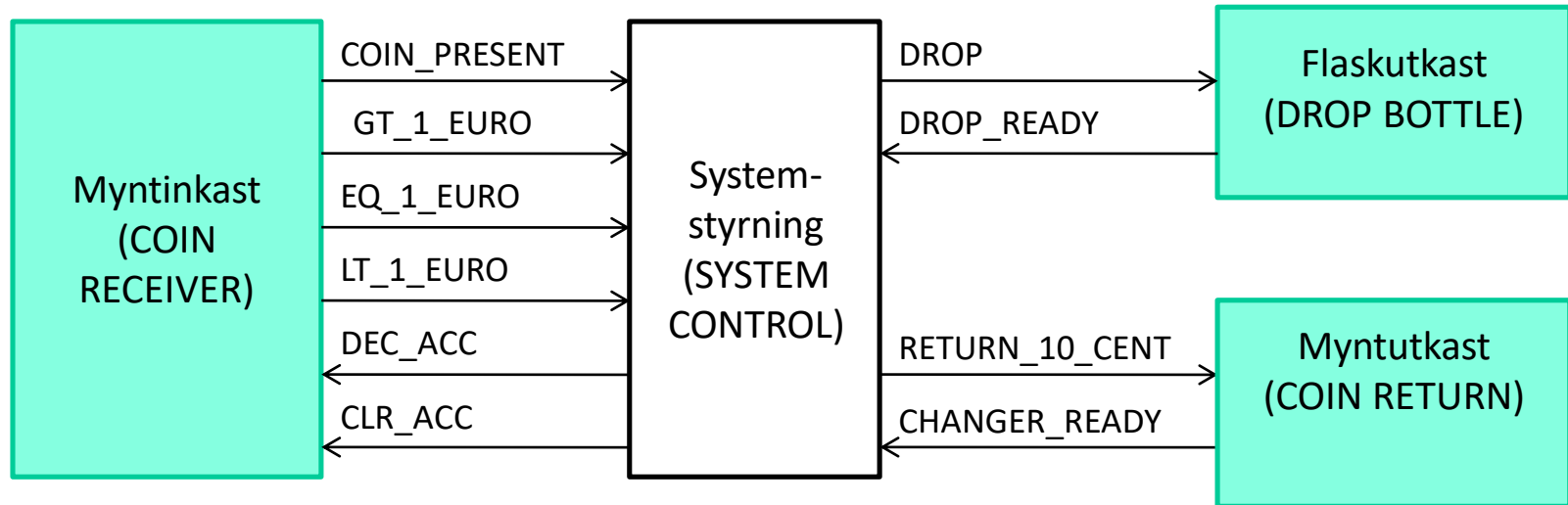
Med en puls på RETURN_10_CENT så lämnar myntutkastet 10 cent, och signalerar CHANGER_READY när detta är utfört och enheten är redo för nästa kommando.

Flaskutkast



Med en puls på DROP så lämnar flaskutkastet en flaska, och signalerar DROP_READY när detta är utfört och enheten är redo för nästa kommando.

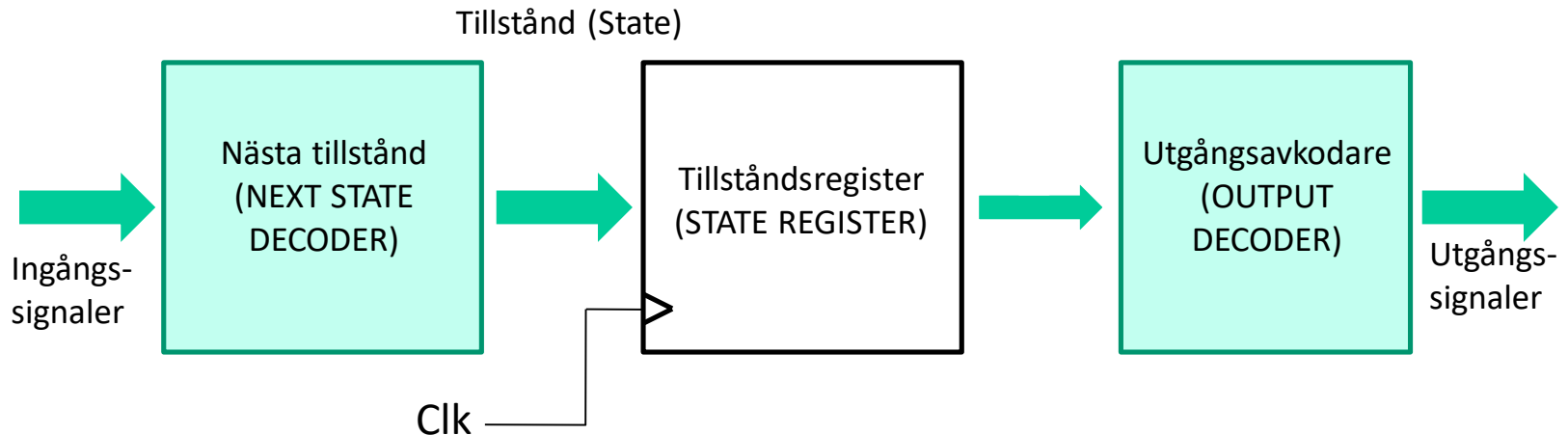
Blockdiagram



- **Signalegenskaper**

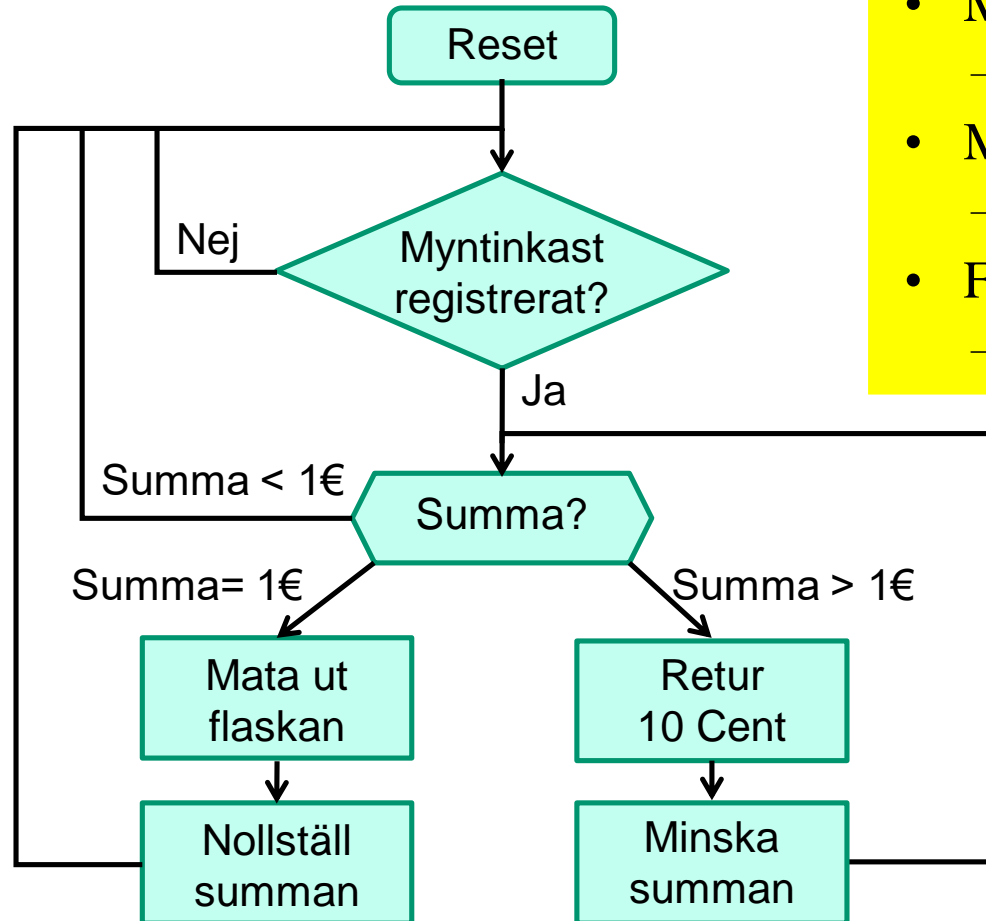
- **DROP_READY** är aktiv för en klockperiod efter att flaskan har matats ut
- **CHANGER_READY** är aktiv för en klockperiod efter att ett 10 Cent mynt har matats ut
- På grund av de mekaniska egenskaper är följande signaler aktiva respektive inaktiva för flera klockperioder:
 - **COIN_PRESENT** (aktiv för flera klockperioder efter myntinkastet)
 - **DROP_READY** (aktiv för flera klockperioder vid flaskutmatning)
 - **CHANGER_READY** (inaktiv för flera klockperioder vid myntutmatning)

Använd Moore-automat



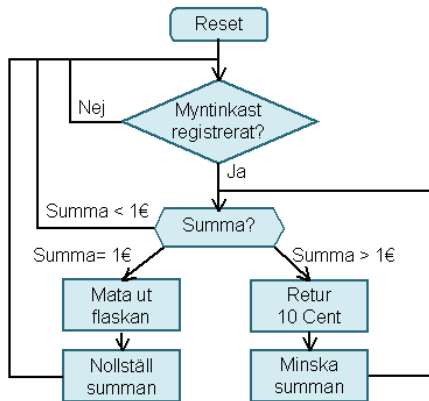
- Konstruktion av en tillståndsmaskin för styrenheten till flaskautomaten
- Antaganden
 - Moore-Automat
 - Tillståndsregistret implementeras med D-vippor

Funktionsdiagramm för flaskautomaten

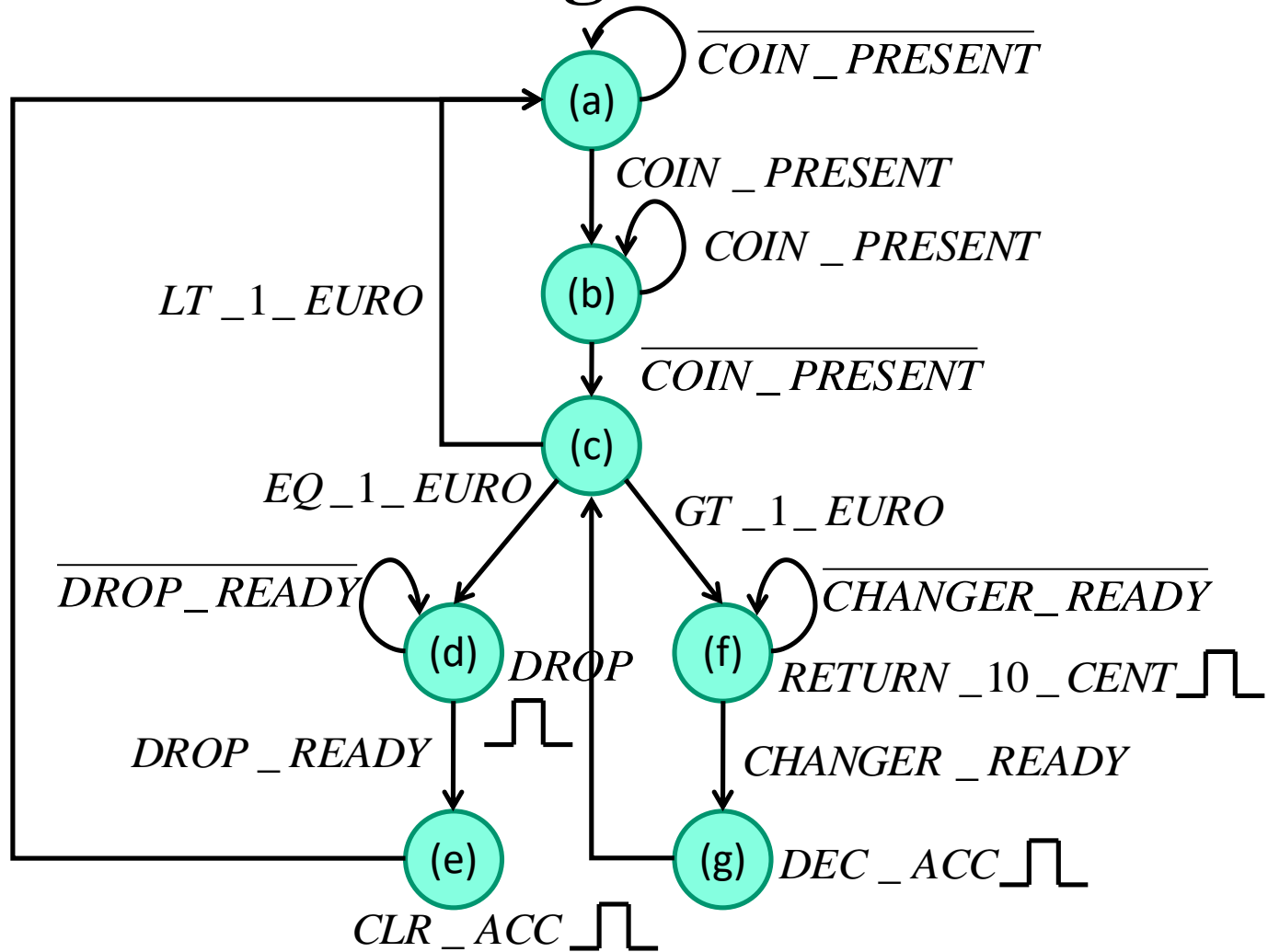


- Myntinkast
 - 10 Cent, 50 Cent, 1 Euro
- Myntutkast
 - 10 Cent
- Flaskpris
 - 1 Euro

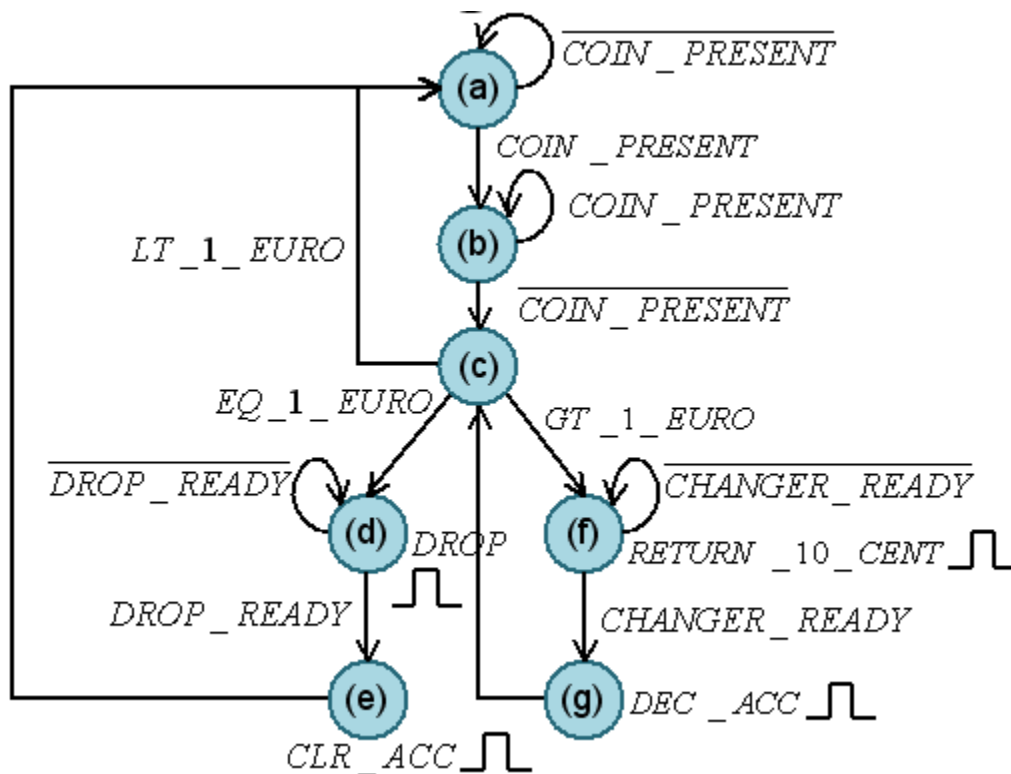
Tillståndsdigram



Vi ritar ett tillståndsdigram från funktionsdiagrammet:

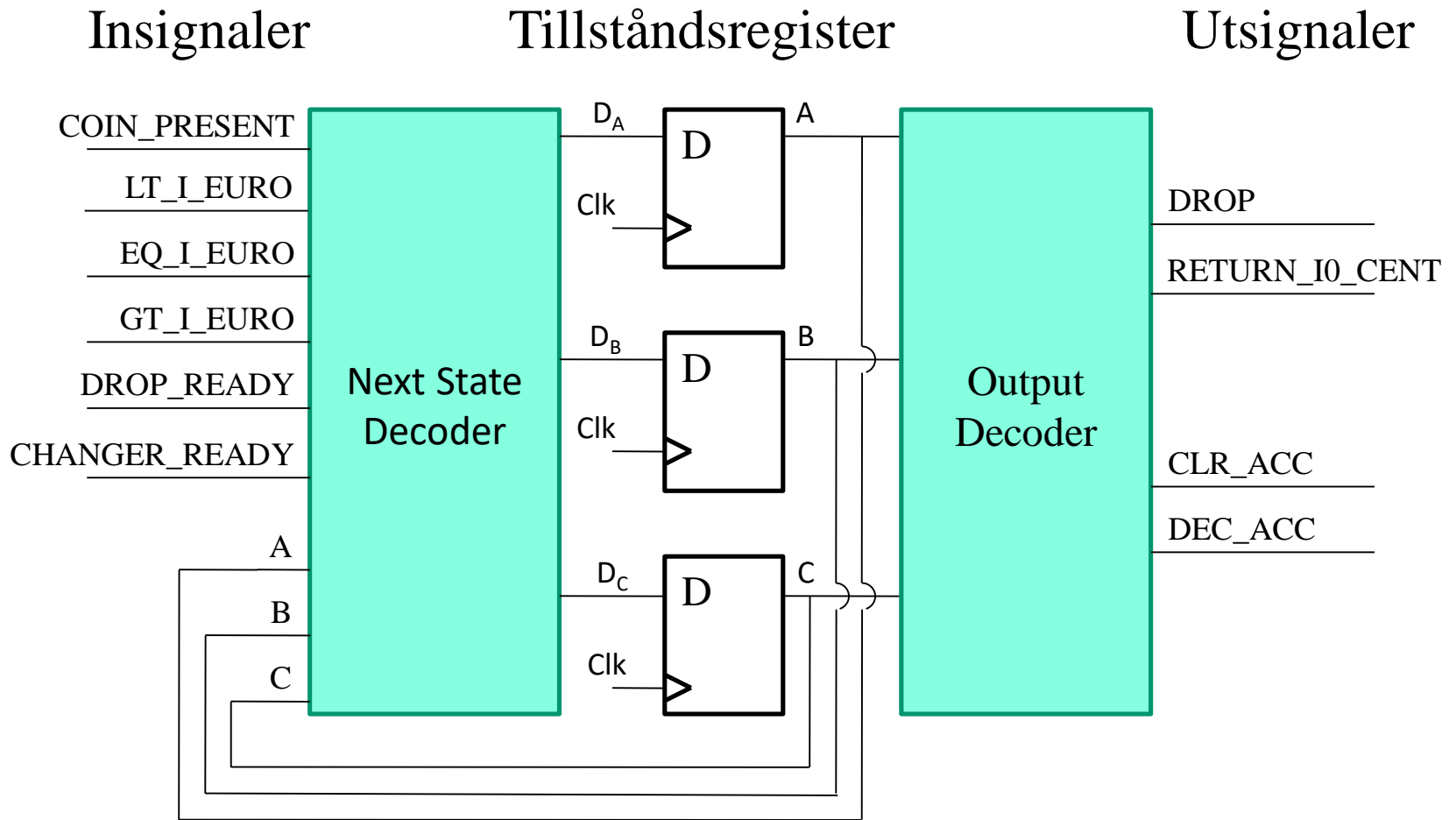


Tillståndsdigram



- (a) Vänta på myntinkast
- (b) Registrering av myntinkast
- (c) Myntinkast är registrerat (3 fall)
- (d) Flaskutmatning
- (e) Nollställ summan
- (f) Retur 10 Cent
- (g) Minska summan med 10 Cent

Blockschema



Tillståndskodning

Idé: Låt tillstånd som är nära varandra i tillståndsdiagrammet ha koder på enhetsavstånd.

(b) bredvid (c)

(d) bredvid (e)

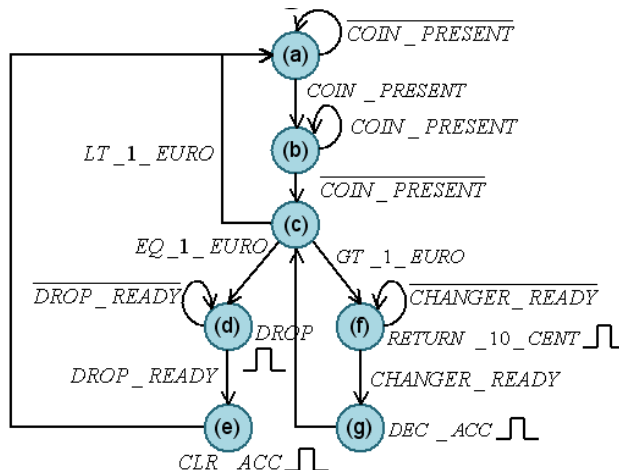
(a) bredvid (b)

(f) bredvid (g)

7 tillstånd kräver 3
tillståndsvariabler A, B, C

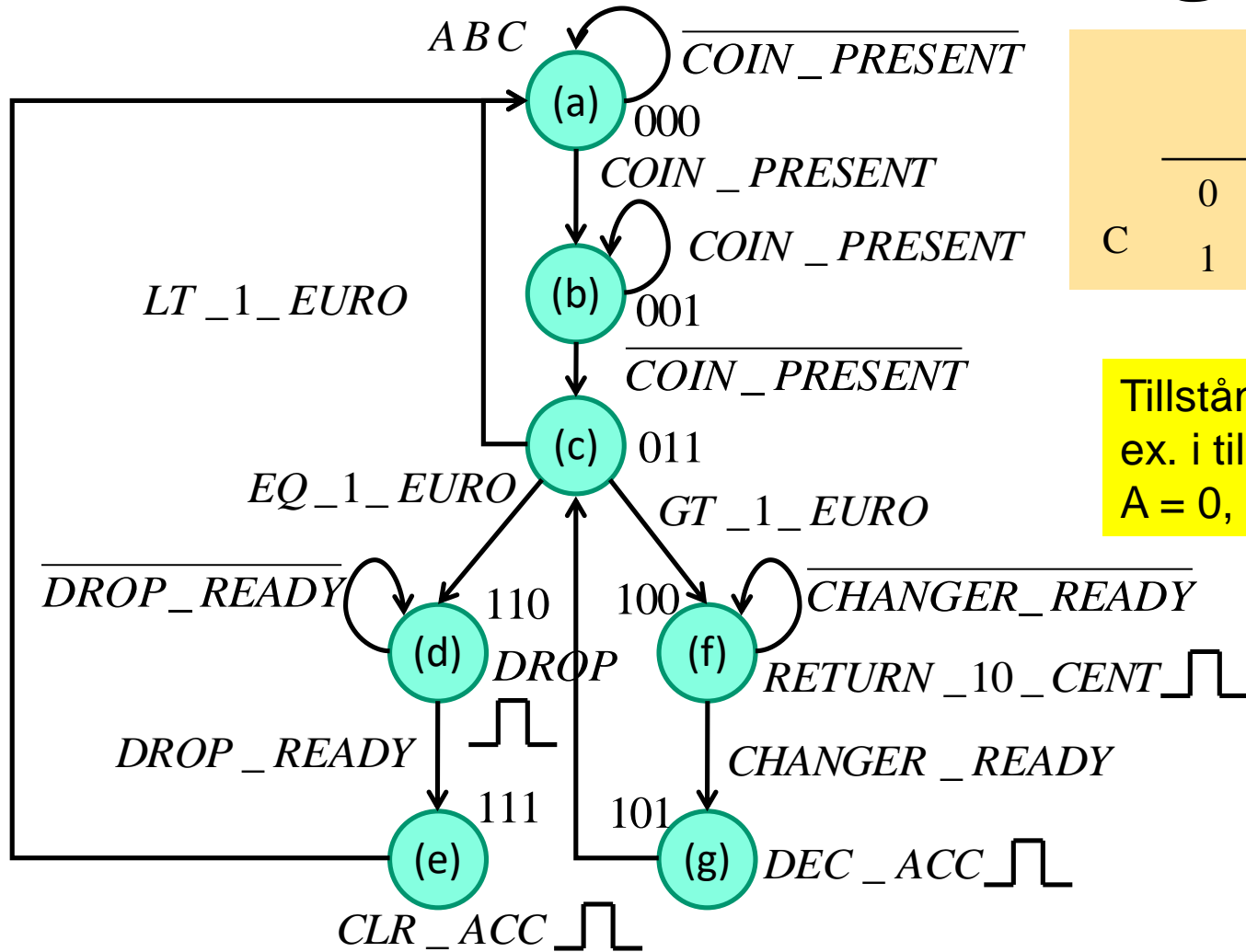
		AB			
		00	01	11	10
C	0	a	Ø	d	f
	1	b	c	e	g

(Ø = don't care)



*Antalet signaler är stort, 6 st,
totalt kan det bli 9 variabler i
Karnaughdiagrammen ???*

Tillståndskodningen



		AB			
		00	01	11	10
C	0	a	Ø	d	f
	1	b	c	e	g

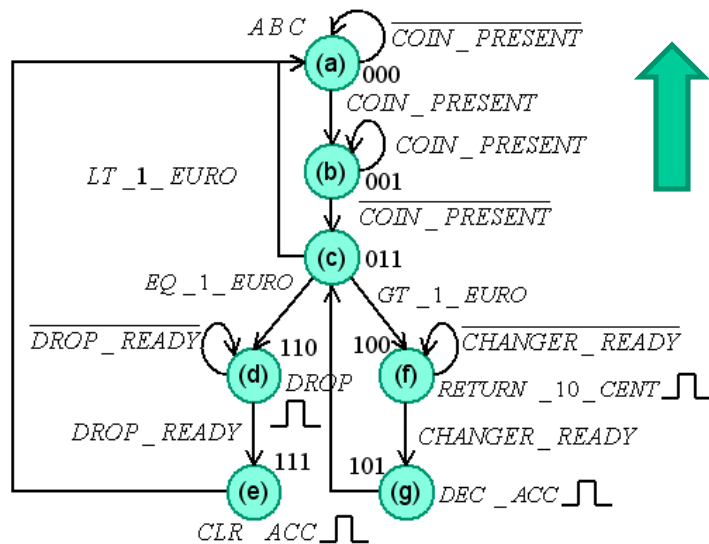
(Ø = don't care)

Tillståndsvariabeln ABC, ex. i tillstånd (c) är A = 0, B = 1 och C = 1

Kodad tillståndstabell?

$$A^+B^+C^+ = f(ABC, CP, DR, CR, GT, LT, EQ)$$

		AB			
		00	01	11	10
C	0	(a): $\overline{CP} \rightarrow 000(a)$ $CP \rightarrow 001(b)$	$\Phi: \Phi$	(d): $\overline{DR} \rightarrow 110(d')$ $DR \rightarrow 111(e)$	(f): $\overline{CR} \rightarrow 100(f)$ $CR \rightarrow 101(g)$
	1	(b): $CP \rightarrow 001(b)$ $\overline{CP} \rightarrow 011(c)$	$GT \rightarrow 100(f)$ (c): $EQ \rightarrow 110(d)$ $LT \rightarrow 000(a)$	(e): $\rightarrow 000(a)$	(g): $\rightarrow 011(c)$



Från tillståndsdigrammet kan man ställa upp följande kodade tillståndstabell.

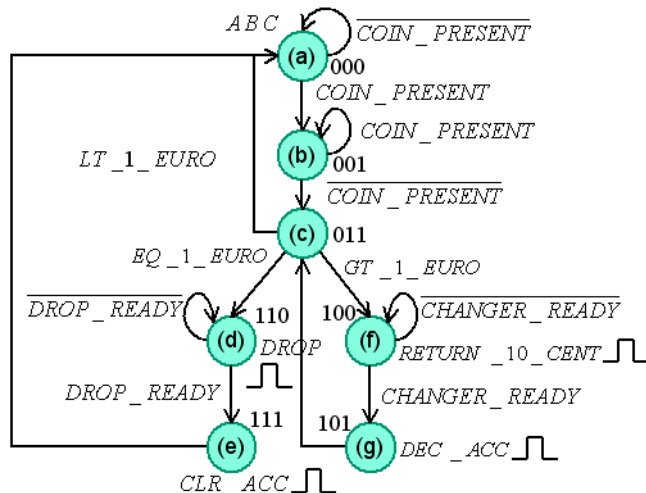
Hur undviker vi komplexiteten med **nio** variabler?

Variable-Entered Mapping (VEM)

Variable-Entered Mapping kan vara till hjälp när man behöver Karnaugh-diagram med många variabler. Man skriver funktions-uttryck i Karnaugh-diagrammet.

$$A^+B^+C^+ = f(ABC, CP, DR, CR, GT, LT, EQ)$$

		AB			
		00	01	11	10
C	0	(a): $\overline{CP} \rightarrow 000$ (a) $CP \rightarrow 001$ (b)	$\Phi: \Phi$	(d): $\overline{DR} \rightarrow 110$ (d) $DR \rightarrow 111$ (e)	(f): $\overline{CR} \rightarrow 100$ (f) $CR \rightarrow 101$ (g)
	1	(b): $CP \rightarrow 001$ (b) $\overline{CP} \rightarrow 011$ (c)	$GT \rightarrow 100$ (f) (c): $EQ \rightarrow 110$ (d) $LT \rightarrow 000$ (a)	(e): $\rightarrow 000$ (a)	(g): $\rightarrow 011$ (c)



		AB			
		00	01	11	10
C	0	0	\emptyset	1	1
	1	0	EQ + GT	0	0

Variable

Nästa tillstånd - D_A

$$A^+B^+C^+ = f(ABC, CP, DR, CR, GT, LT, EQ)$$

		AB			
		00	01	11	10
C	0	(a): $\overline{CP} \rightarrow 000$ (a) $CP \rightarrow 001$ (b)	$\Phi: \Phi$	(d): $\overline{DR} \rightarrow 110$ (d) $DR \rightarrow 111$ (e)	(f): $\overline{CR} \rightarrow 100$ (f) $CR \rightarrow 101$ (g)
	1	(b): $CP \rightarrow 001$ (b) $\overline{CP} \rightarrow 011$ (c)	$GT \rightarrow 100$ (f) (c): $EQ \rightarrow 110$ (d) $LT \rightarrow 000$ (a)	(e): $\rightarrow 000$ (a)	(g): $\rightarrow 011$ (c)

$A^+ D_A$		AB			
		00	01	11	10
C	0	0	\emptyset	1	1
	1	0	EQ + GT	0	0

EQ : EQ_1_EURO
GT : GT_1_EURO

$$A^+ = D_A = \overline{A} \cdot B \cdot EQ + \overline{A} \cdot B \cdot GT + A \cdot \overline{C}$$

Nästa tillstånd - D_B

$$A^+B^+C^+ = f(ABC, CP, DR, CR, GT, LT, EQ)$$

		AB			
		00	01	11	10
C	0	(a): $\overline{CP} \rightarrow 000$ (a) $CP \rightarrow 001$ (b)	$\Phi: \Phi$	(d): $\overline{DR} \rightarrow 110$ (d) $DR \rightarrow 111$ (e)	(f): $\overline{CR} \rightarrow 100$ (f) $CR \rightarrow 101$ (g)
	1	(b): $CP \rightarrow 001$ (b) $\overline{CP} \rightarrow 011$ (c)	$GT \rightarrow 100$ (f) (c): $EQ \rightarrow 110$ (d) $LT \rightarrow 000$ (a)	(e): $\rightarrow 000$ (a)	(g): $\rightarrow 011$ (c)

$B^+ D_B$		AB			
		00	01	11	10
C	0	0	\emptyset	1	0
	1	\overline{CP}	EQ	0	1

EQ : EQ_1_EURO
CP : COIN_PRESENT

$$B^+ = D_B = \overline{A} \cdot B \cdot EQ + B \cdot \overline{C} + \overline{B} \cdot C \cdot \overline{CP} + A \cdot \overline{B} \cdot C$$

Lätt att missa!

Nästa tillstånd - D_C

$$A^+B^+C^+ = f(ABC, CP, DR, CR, GT, LT, EQ)$$

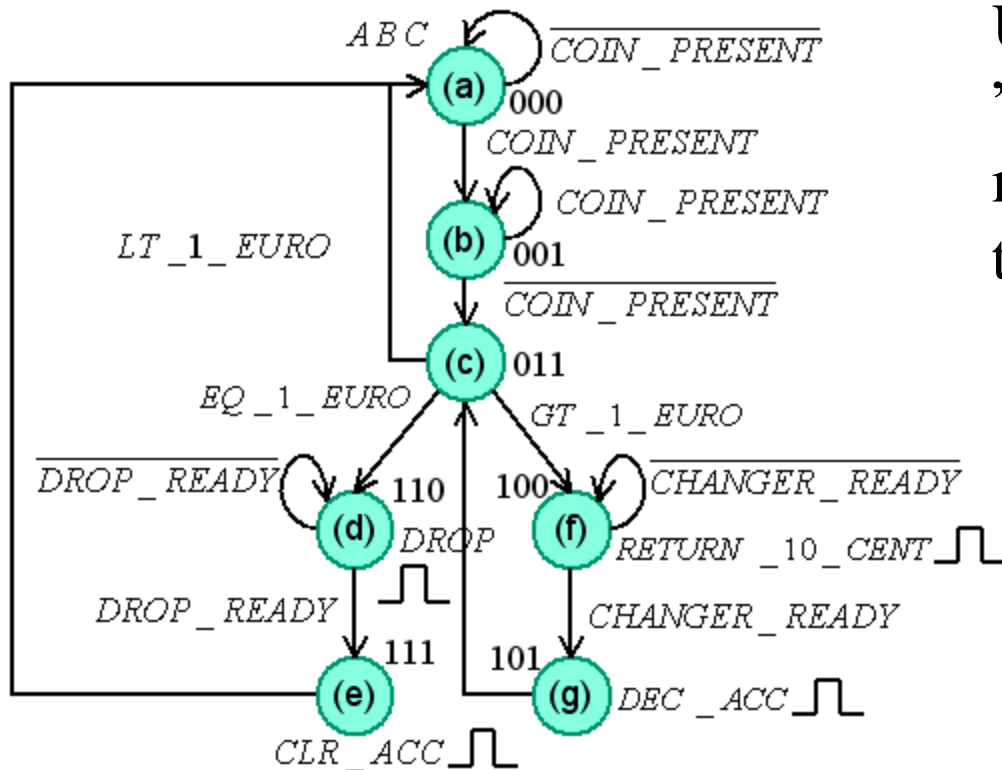
		AB			
		00	01	11	10
C	0	(a): $\overline{CP} \rightarrow 000$ (a) $CP \rightarrow 001$ (b)	Φ	(d): $\overline{DR} \rightarrow 110$ (d) $DR \rightarrow 111$ (e)	(f): $\overline{CR} \rightarrow 100$ (f) $CR \rightarrow 101$ (g)
	1	(b): $CP \rightarrow 001$ (b) $\overline{CP} \rightarrow 011$ (c)	$GT \rightarrow 100$ (f) (c): $EQ \rightarrow 110$ (d) $LT \rightarrow 000$ (a)	(e): $\rightarrow 000$ (a)	(g): $\rightarrow 011$ (c)

CP : COIN_PRESENT
 DR : DROP_READY
 CR : CHANGER_READY

$C^+ D_C$		AB			
		00	01	11	10
C	0	CP	\emptyset	DR	CR
	1	1	0	0	1

$$\begin{aligned}
 C^+ = D_C = & \overline{A} \cdot \overline{C} \cdot CP + B \cdot \overline{C} \cdot DR \\
 & + A \cdot \overline{B} \cdot CR + \overline{B} \cdot C
 \end{aligned}$$

Utgångssignaler



Utgångssignalerna är de ”pulser” som genereras när man passerar igenom tillstånden d, f, e, g.

$$DROP = \boxed{ABC\bar{C}}$$

$$CLR_ACC = \boxed{ABC}$$

$$RETURN_10_CENT = \boxed{\bar{A}\bar{B}\bar{C}}$$

$$DEC_ACC = \boxed{\bar{A}\bar{B}C}$$

Implementering av automaten ...

**"kursdeltagarna ska behärska konstruktion av
*enkla kombinatoriska och sekventiella digitala
system*"**

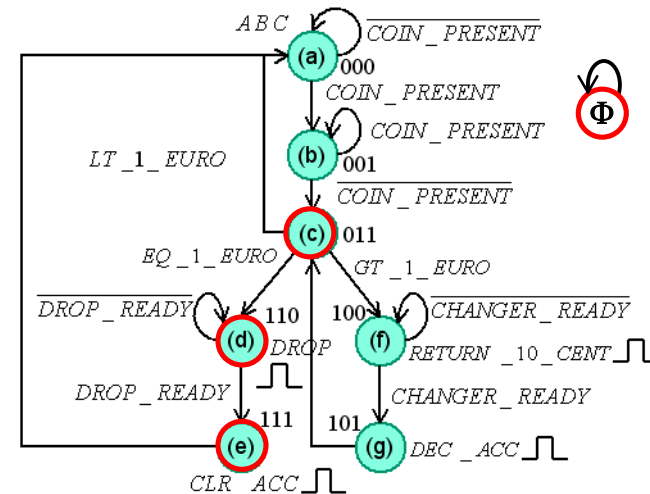
Det gör ni ju nu!

*När dom ringer från CocaCola så är det bara för er
alla **"Digital Designers"** att antaga uppdraget ...*

Vad händer i Φ tillståndet?

		AB			
		00	01	11	10
C	0	a	Ø	d	f
	1	b	c	e	g

$$\Phi = (010)_{ABC}$$



$$A^+ = \bar{A} \cdot B \cdot EQ + \bar{A} \cdot B \cdot GT + A \cdot \bar{C} \Rightarrow A^+(010)_{ABC} = 1 \cdot 1 \cdot EQ + 1 \cdot 1 \cdot GT + 0 \cdot 1 = EQ + GT$$

$$B^+ = \bar{A} \cdot B \cdot EQ + B \cdot \bar{C} + \bar{B} \cdot C \cdot \bar{CP} + A \cdot \bar{B} \cdot C \Rightarrow B^+(010)_{ABC} = 1 \cdot 1 \cdot EQ + 1 \cdot 1 + \dots = 1$$

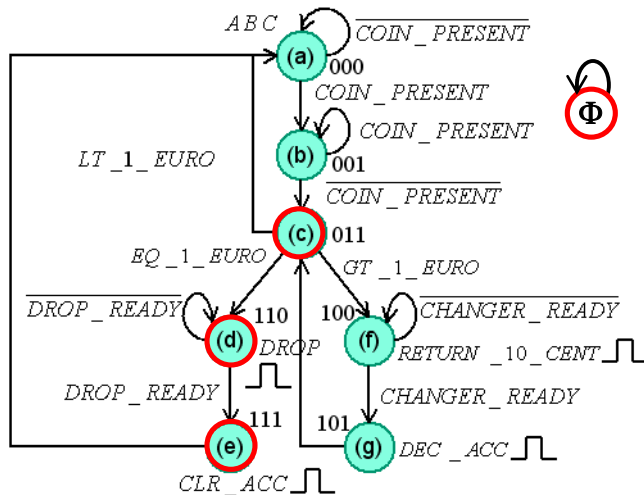
$$C^+ = \bar{A} \cdot \bar{C} \cdot CP + B \cdot \bar{C} \cdot DR + A \cdot \bar{B} \cdot CR + \bar{B} \cdot C$$

$$\Rightarrow C^+(010)_{ABC} = 1 \cdot 1 \cdot CP + 1 \cdot 1 \cdot DR + 0 \cdot 0 \cdot CR + 0 \cdot 0 = CP + DR$$

$$A^+ B^+ C^+ = -1- = 010, 110, 011, 111 \rightarrow \Phi, d, c, e$$

Vad händer i Φ tillståndet?

$$A^+B^+C^+ = -1- = 010, 110, 011, 111 \rightarrow \Phi, d, c, e$$



I Φ -tillståndet fastnar vi, eller går till (c) och sedan vidare. Eller går till (d) och bjuder på läsk, eller går till (e) och 0-ställer eventuell tidigare delbetalning.

Helt uppenbart behöver vi köpa en RESET-krets som ser till att automaten alltid startar i (a) **000**! Annars riskerar vi få berättigade klagomål från kunderna!



RESET-generator

