



Aalto-yliopisto

ELEC-C3240

Elektroniikka 2

Digitaalielektroniikka
Tilakoneet

Sisältö ja alustava aikataulu (periodi IV)

6. Luento

Lukujärjestelmät

Perusteet

7. Luento

Loogiset operaatiot ja boolean algebra

Alkeismenetelmät ja käsitteet

8. Luento

Karnaugh'n kartat

Peruspiirien suunnittelu alkeismenetelmiä käyttäen

9. Luento

Tilakoneet

Monimutkaisten kokonaisuuksien luominen

10. Luento

Logiikkaporttien CMOS-toteutukset

Transistoritason suunnittelu

Luennon oppimistavoite

- Oppii tilakoneen toimintaperiaatteen (1h)
- Oppii suunnittelemaan yksinkertaisia tilakoneita (2h)
- Tuntee muistipiirien toimintaperiaatteet. (0,5h)

Luento+laskari+itseopiskelu=2+2+3,5h=7,5h

Tilakone

- Järjestelmä jossa on useita tiloja
- Tilojen välillä siirrytään kun tietyt ehdot toteutuvat

- Esimerkkinä valotaulu

Mitä halutaan:

AINA = ON HERKUTTELE JASKAN KUPPILASSA

Tilakone

- Järjestelmä jossa on useita tiloja
- Tilojen välillä siirrytään kun tietyt ehdot toteutuvat
- Esimerkkinä valotaulu

Mitä halutaan:

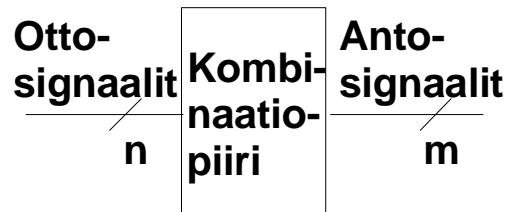
AINA = ON HERKUTTELE JASKAN KUPPILASSA

AINA = EI



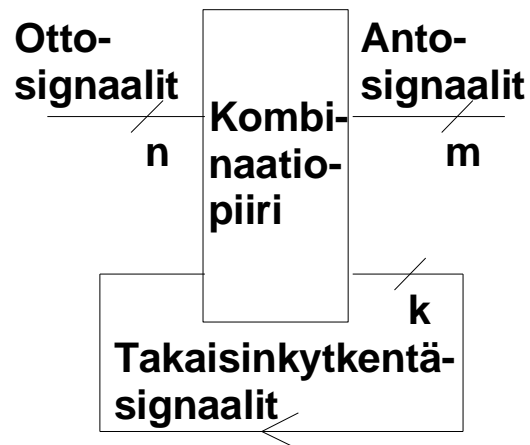
Kombinaatio- ja sekvenssipiirien (tilakone) rakenne

Kombinaatiopiiri



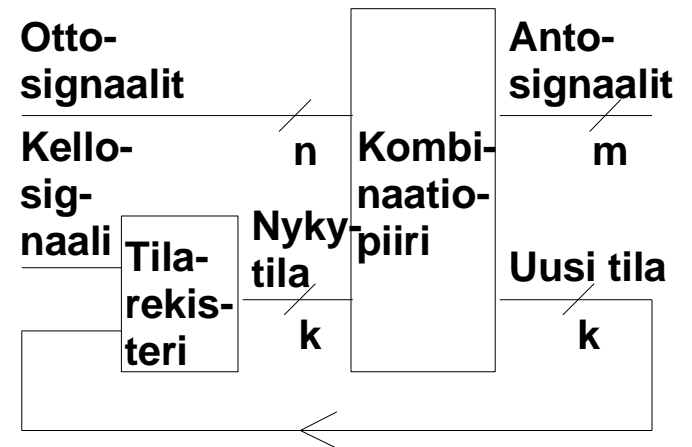
Kombinaatio- ja sekvenssipiirien (tilakone) rakenne

Asynkroninen
sekvenssipiiri



Kombinaatio- ja sekvenssiipiirien (tilakone) rakenne

Synkroninen sekvenssiipiiri

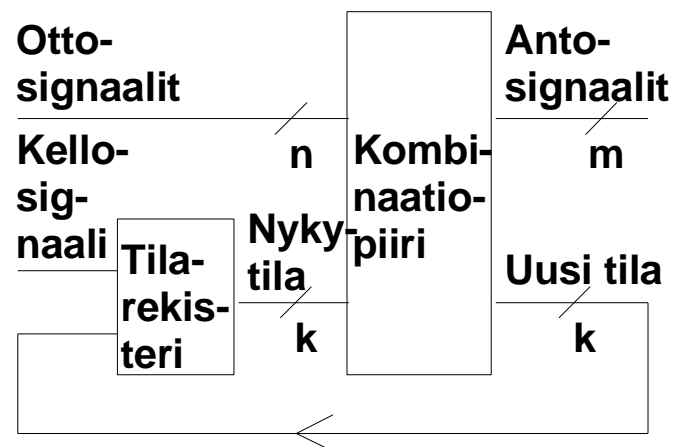
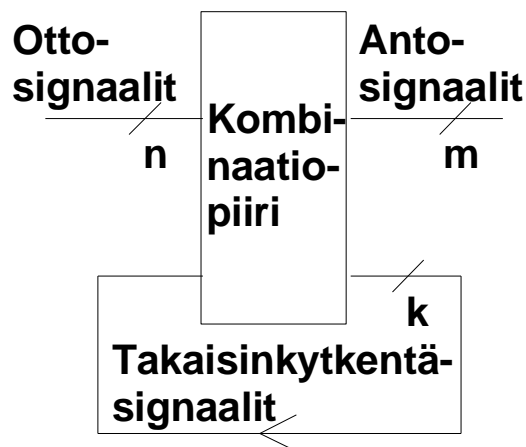
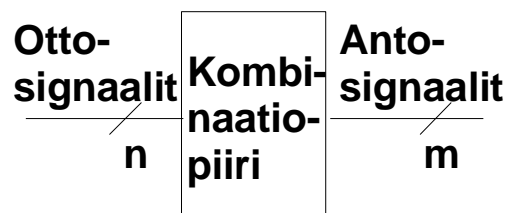


Kombinaatio- ja sekvenssipiirien (tilakone) rakenne

Kombinaatiopiiri

Asynkroninen sekvenssipiiri

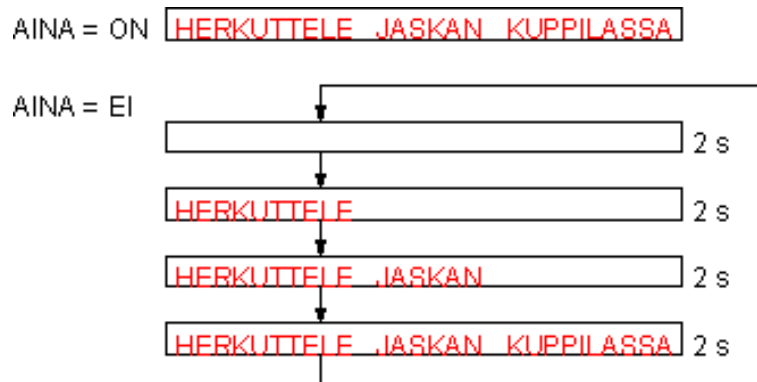
Synkroninen sekvenssipiiri



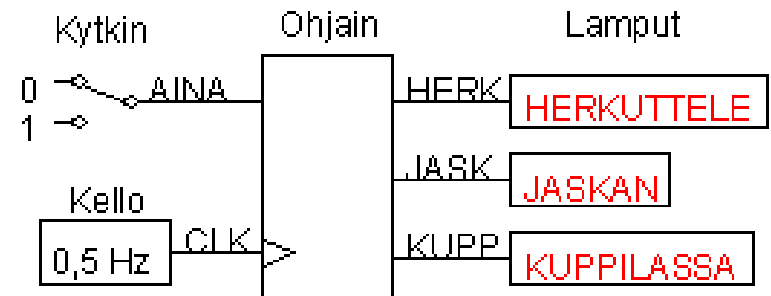
Tilakone

- Järjestelmä jossa on useita tiloja
- Tilojen välillä siirrytään kun tietyt ehdot toteutuvat
- Esimerkkinä valotaulu

Mitä halutaan:



Välineet:

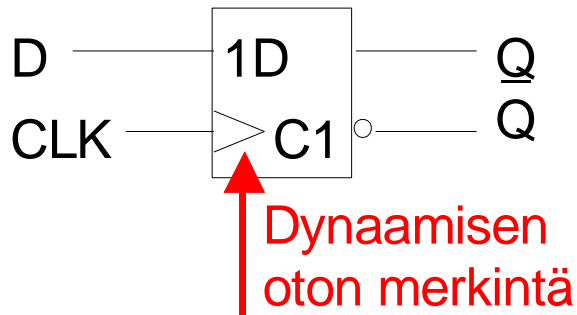


Synkronisten piirien peruselementti

Nousevalla reunalla liipaistava D-kiikku

- liipaisu, kun kello-signaali muuttuu 0 → 1
- liipaisuhetkellä tutkitaan tulon arvo, lähtöön samaa arvoa seuraavaan liipaisuun asti

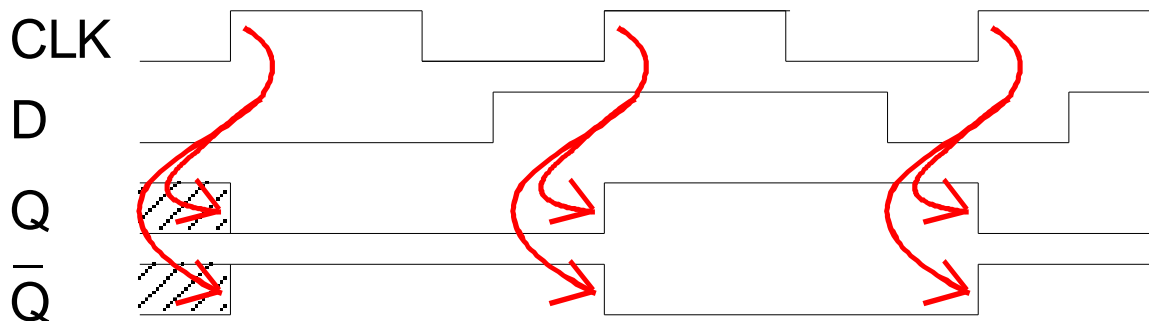
Piirrosmerkki



Toimintakaavio

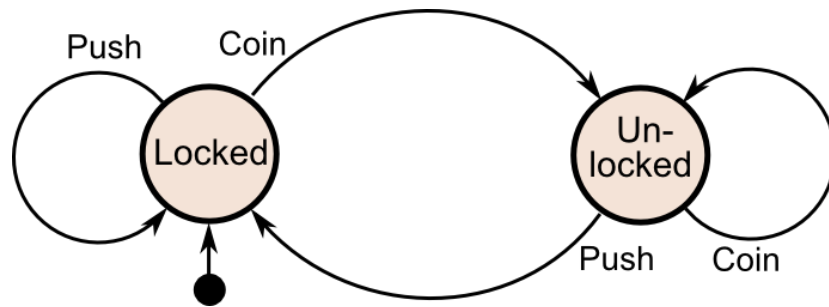
D	Q(t+1)	Tila
0	0	Nollautuu
1	1	Asettuu

Aikakaavio



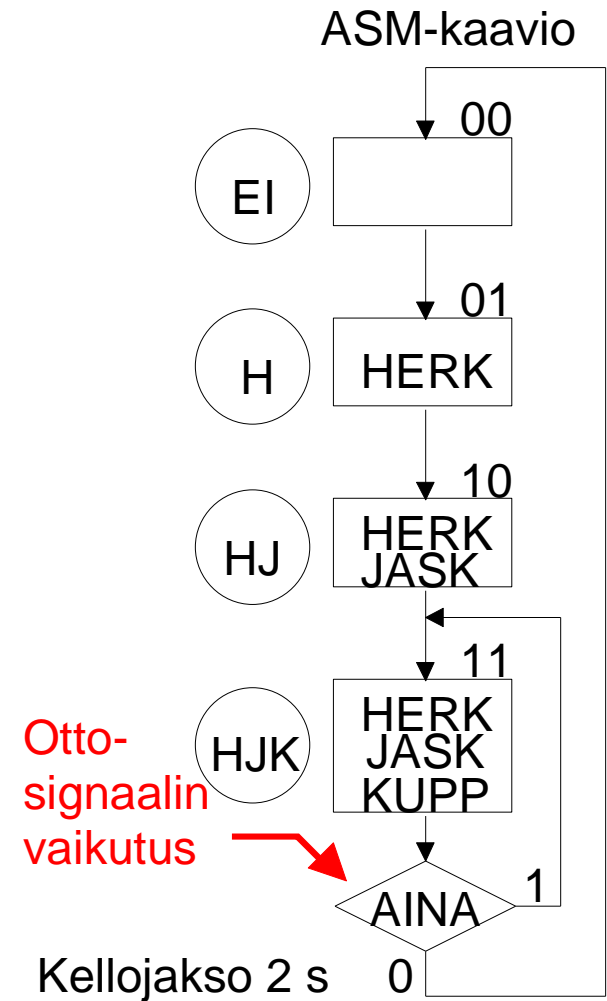
Tilakoneen esitystavat

Tilakaavio
=state diagram



Tilakoneen esitystavat

ASM-kaavio
=Abstract State Machine



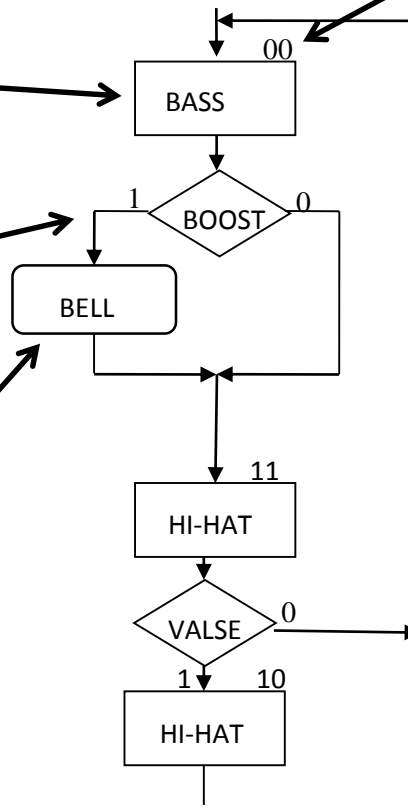
ASM-kaavio: Merkinnät

Terävä suorakulmio=Tila, jonka sisälle listattu lähtösignaalit, joiden tila on "tosi"

Ehtolause.

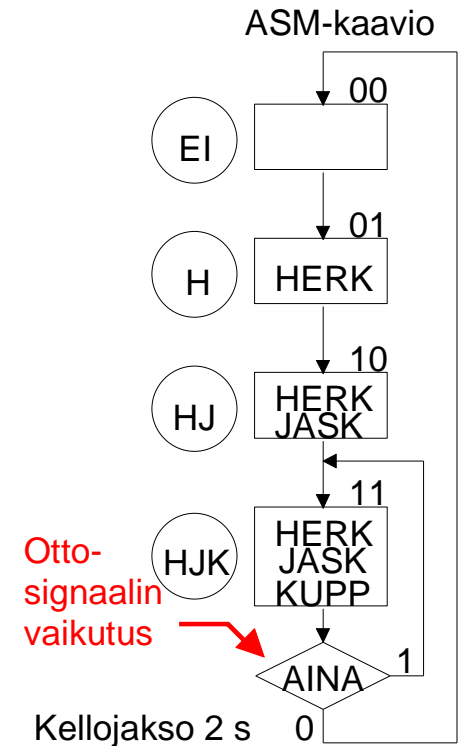
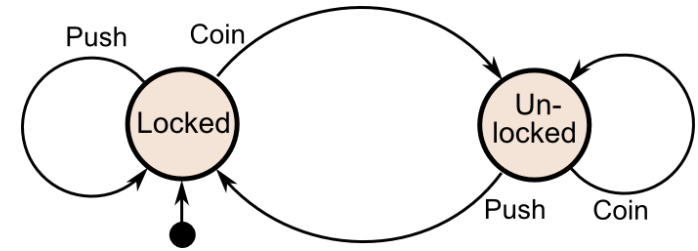
Pyöreä suorakulmio=Lähtösignaalit, joiden tila on "tosi". Ei tila.

Tilan numero



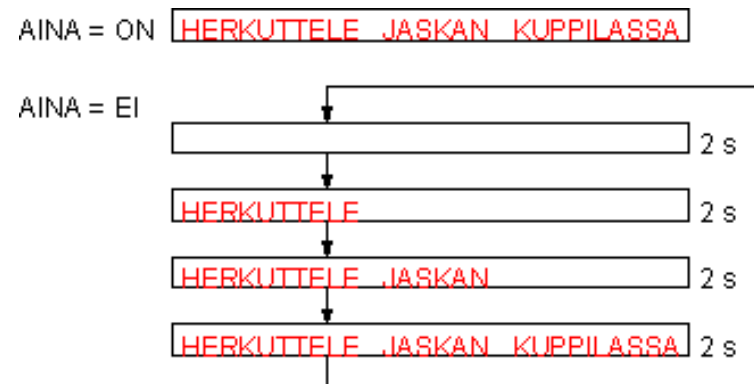
Tilakoneen suunnittelun olennaiset asiat

- Kuinka monta tilaa tarvitaan.
- Siirtymäehdot tilojen välillä
- Antosignaalien määrittely
- Antosignaalien arvojen määrittely kaikissa tiloissa.
- Tilakonetyypit
 - Mooren kone: antosignaalit riippuvat vain nykyisestä tilasta.
 - Mealyn kone: antosignaalit riippuvat nykyisestä tilasta ja tulosignaaleista.



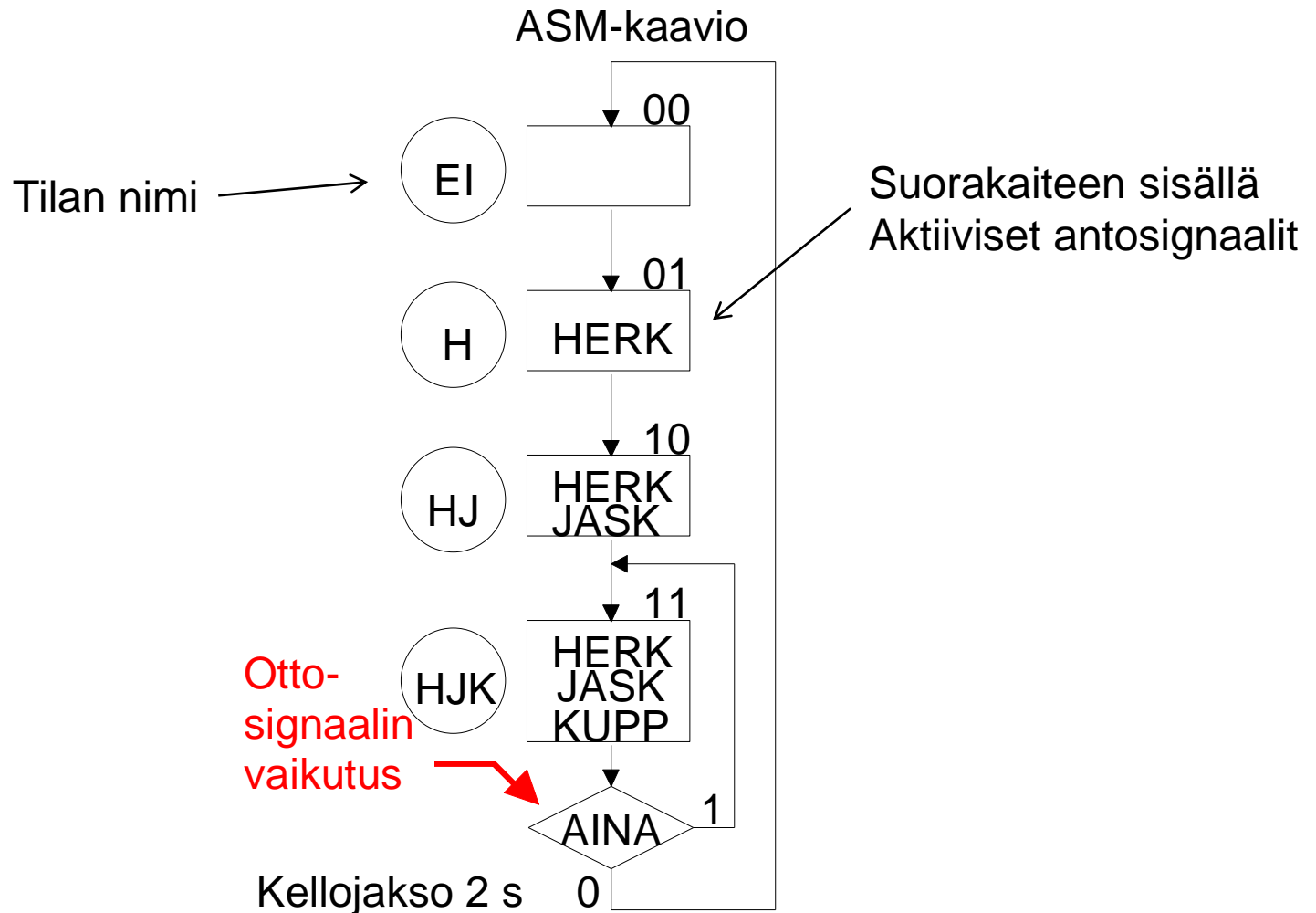
Synkronisen tilakoneen suunnitteluesimerkki

1. ASM (abstract state machine)-kaavio
2. tilataulukko ASM-kaavion perusteella
3. piirikaavion piirtäminen

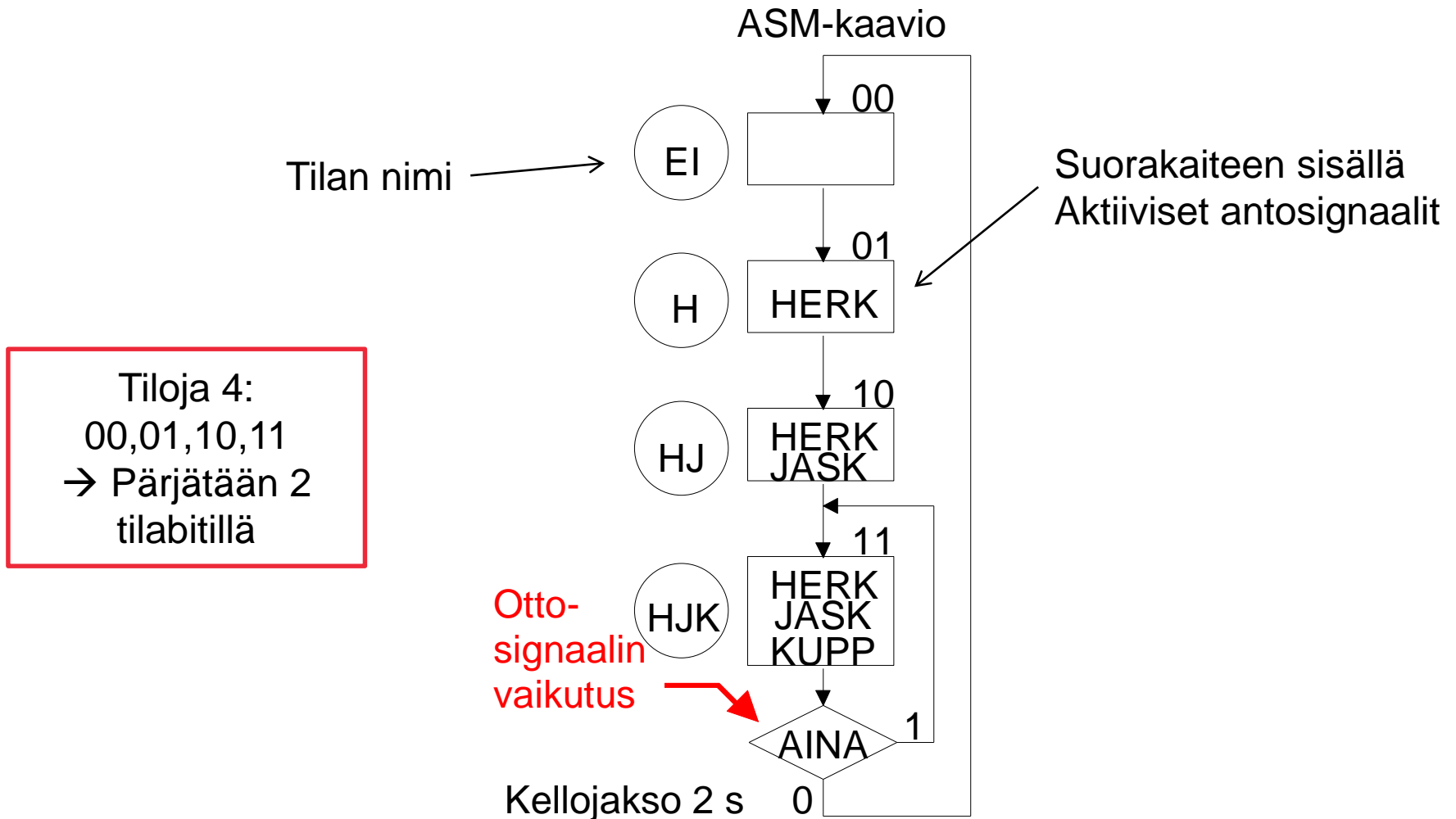


1. ASM-kaavio esimerkki

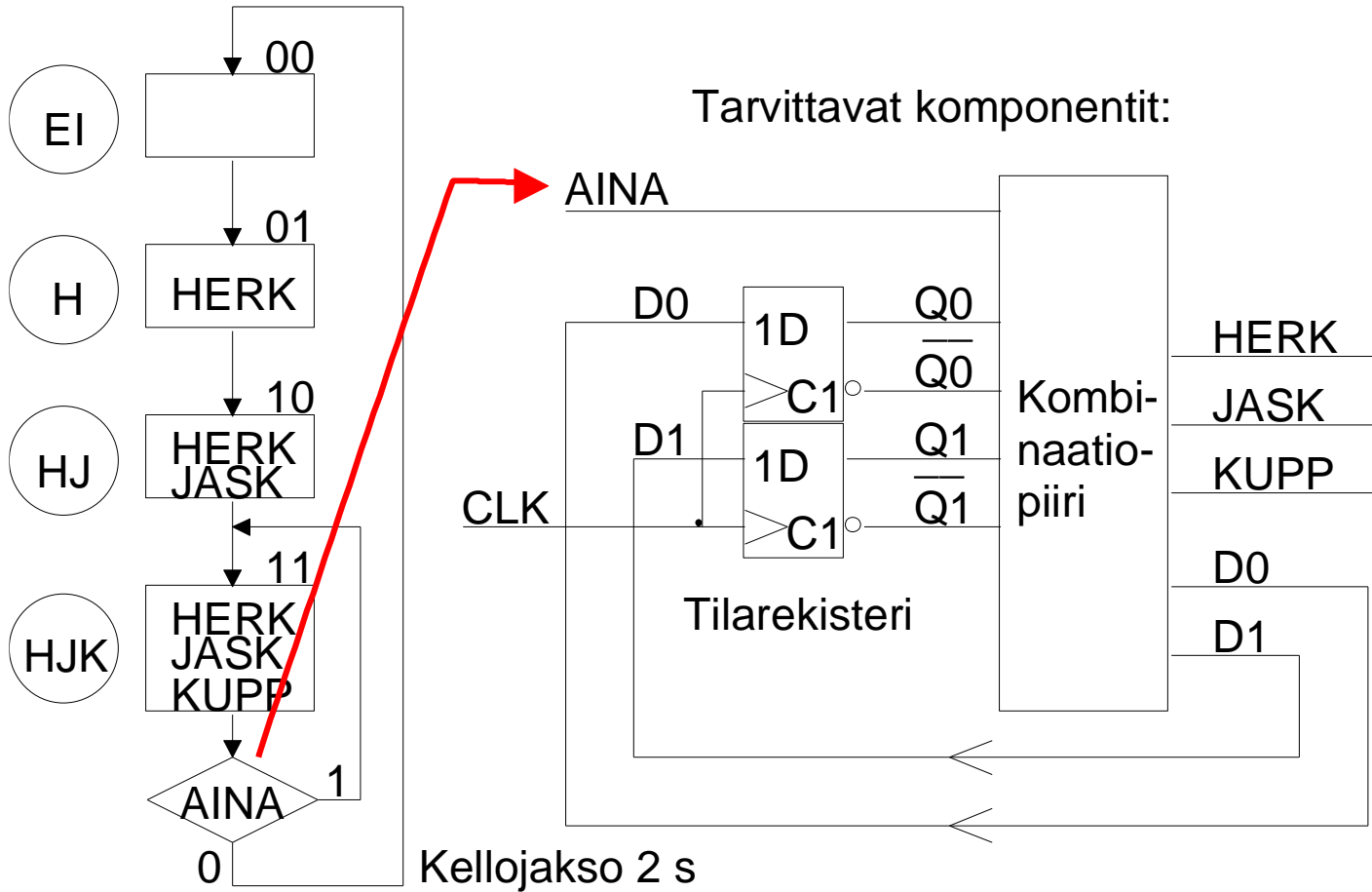
1. ASM-kaavio esimerkki



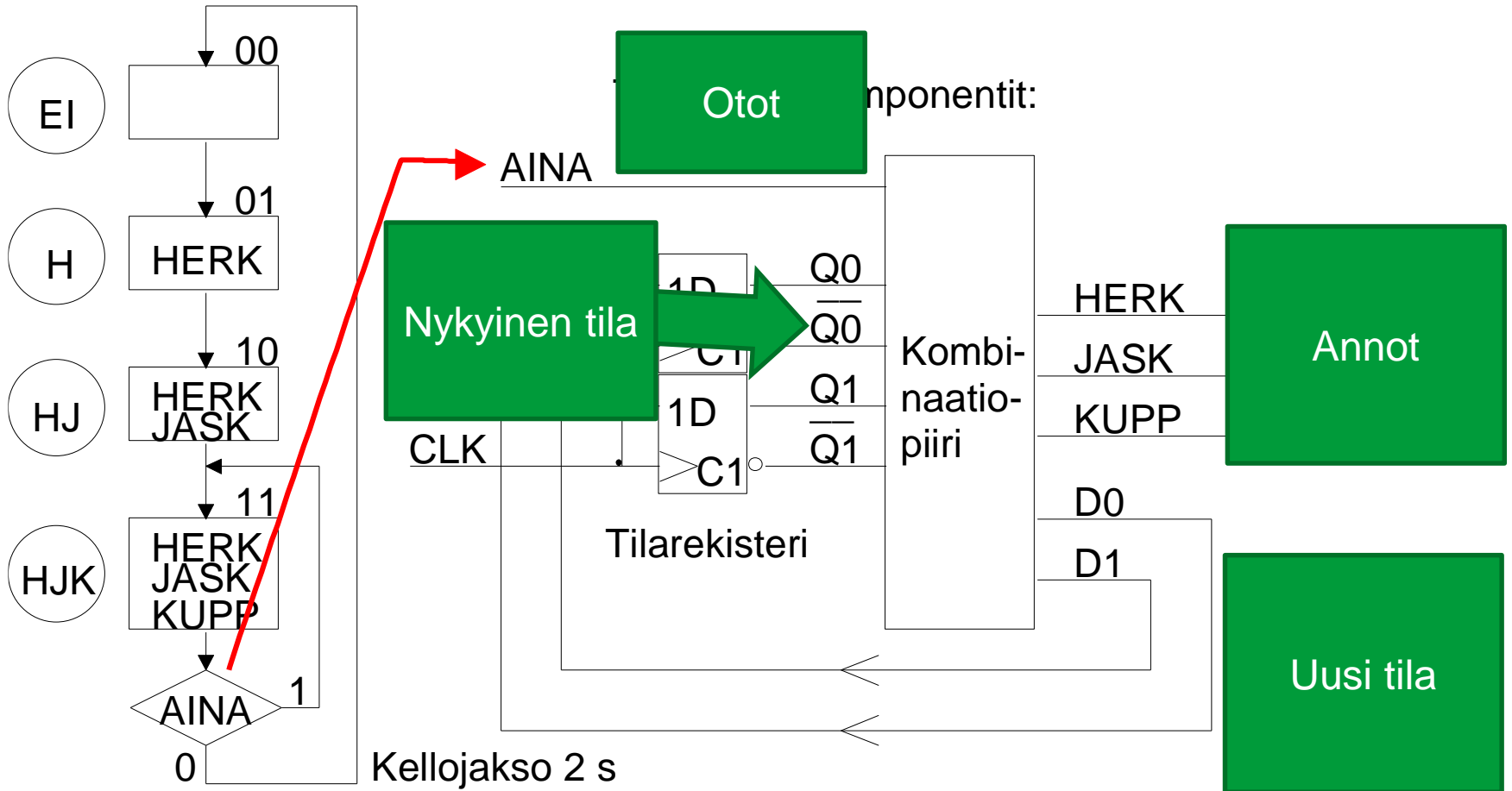
1. ASM-kaavio esimerkki



ASM-kaavio ja piirin perusrakenne



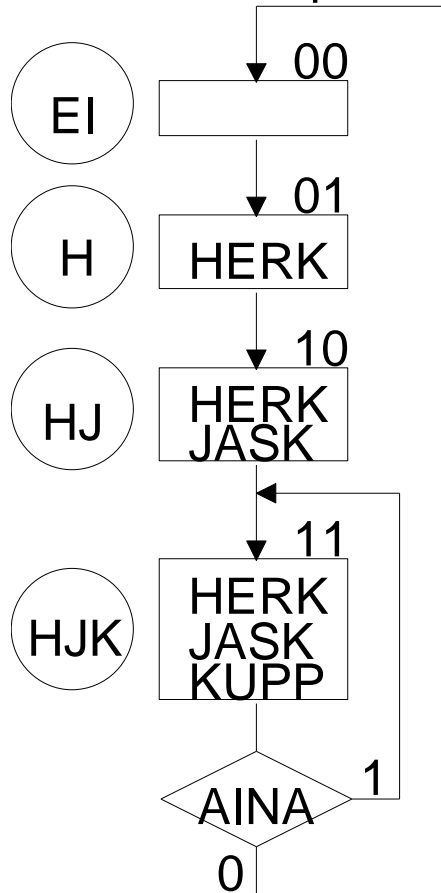
ASM-kaavio ja piirin perusrakenne



2. tilataulukko

2. tilataulukko

Kombinaatiopiirin suunnittelu

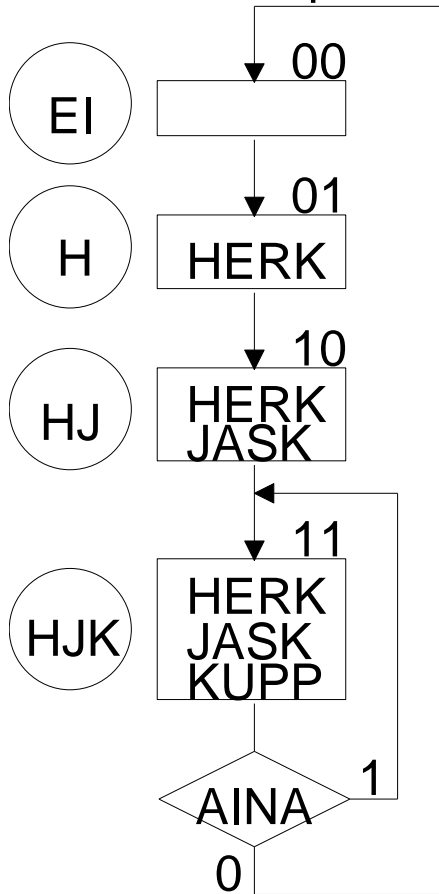


Listataan järjestyksessä:

Nykyinen tila	Otot	Seuraava tila	Annot
---------------	------	---------------	-------

2. tilataulukko

Kombinaatiopiirin suunnittelu



Tilataulukossa mukana myös ottosignaali

Nykytila		Otto	Uusi tila		Annot		
Q1	Q0	AINA	D1	D0	HERK	JASK	KUPP
0	0	X	0	1	0	0	0
0	1	X	1	0	1	0	0
1	0	X	1	1	1	1	0
1	1	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1

Kellojakso 2 s

3. Tilataulukko: uudet tilat

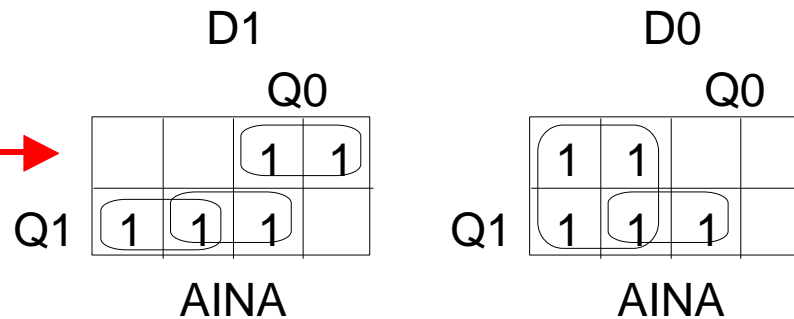
- Uusi tila tilataulukossa: lausekkeet D-kiikkujen otoille
- ovat sekä nykytilan että ottojen funktioita

3. Tilataulukko: uudet tilat

- Uusi tila tilataulukossa: lausekkeet D-kiikkujen otoilele
- ovat sekä nykytilan että ottojen funktioita

Nykytila		Otto AINA	Uusi tila	
Q1	Q0		D1	D0
0	0	X	0	1
0	1	X	1	0
1	0	X	1	1
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

Karnaugh´n kartat:



Kyt Kentäfunktion lausekkeet:

$$D1 = Q0 \cdot \overline{Q1} + \overline{Q0} \cdot Q1 + Q1 \cdot AINA$$

$$D0 = \overline{Q0} + Q1 \cdot AINA$$

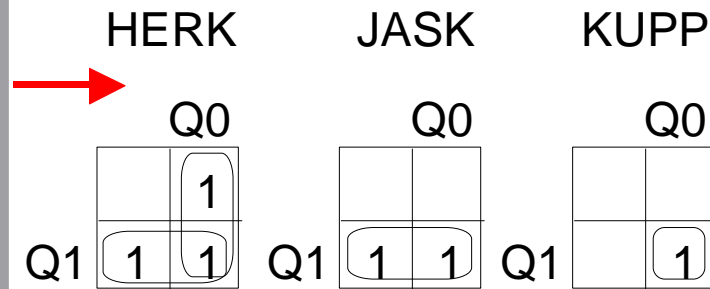
3. Tilataulukko: annot

3. Tilataulukko: annot

- Tämä piiri on Mooren kone: annot riippuvat vain nykytilasta
 - tilasignaaleja 2, joten annot 2 muuttujan funktioita

Nykytila		Otto	Annot		
Q1	Q0	AINA	HERK	JASK	KUPP
0	0	X	0	0	0
0	1	X	1	0	0
1	0	X	1	1	0
1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1

Karnaugh´n kartat:



Annot eivät riipu otosta \Rightarrow samat kartat ja funktiot !

KytKentäfunktioiden lausekkeet:

$$\text{HERK} = Q0 + Q1 \quad \text{JASK} = Q1 \quad \text{KUPP} = Q0 \cdot Q1$$

4. Piirikaavion piirtäminen: kombinaatiopiiri

- Lausekkeet porttipiireillä

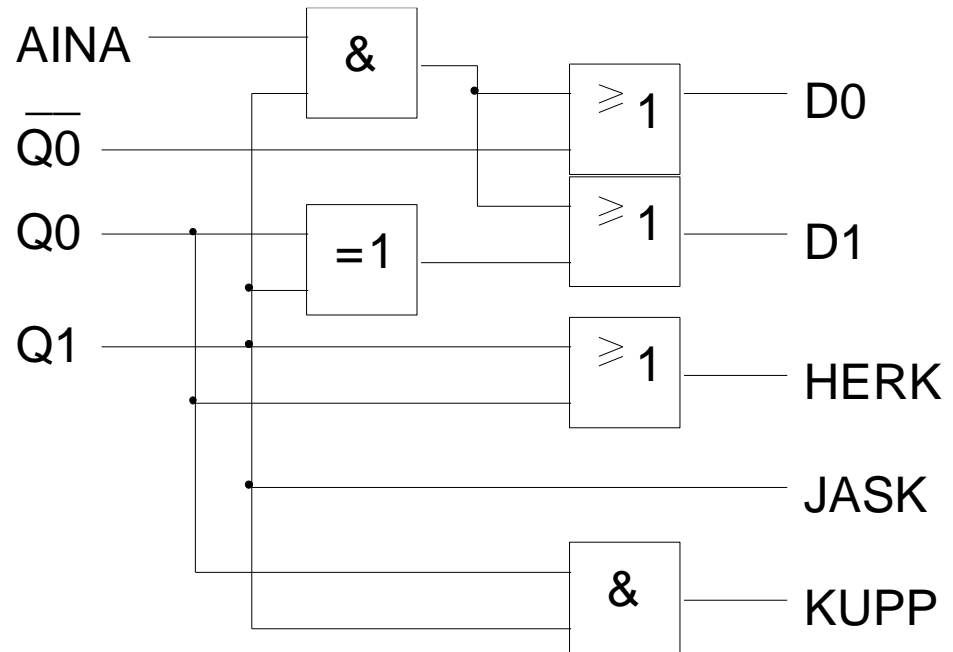
$$D0 = \overline{Q0} + Q1 \cdot AINA$$

$$D1 = Q0 \cdot \overline{Q1} + \overline{Q0} \cdot Q1 + Q1 \cdot AINA$$

$$HERK = Q0 + Q1$$

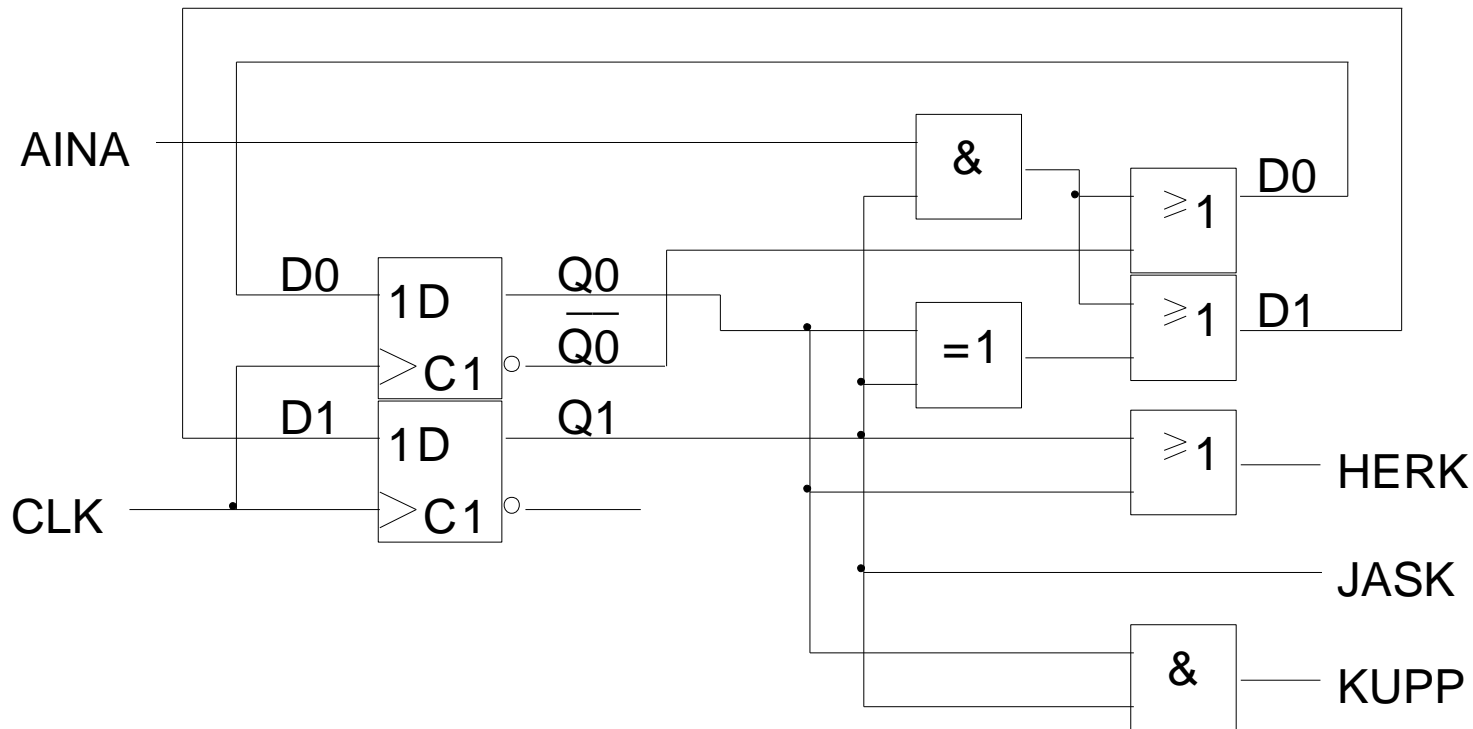
$$JASK = Q1$$

$$KUPP = Q0 \cdot Q1$$

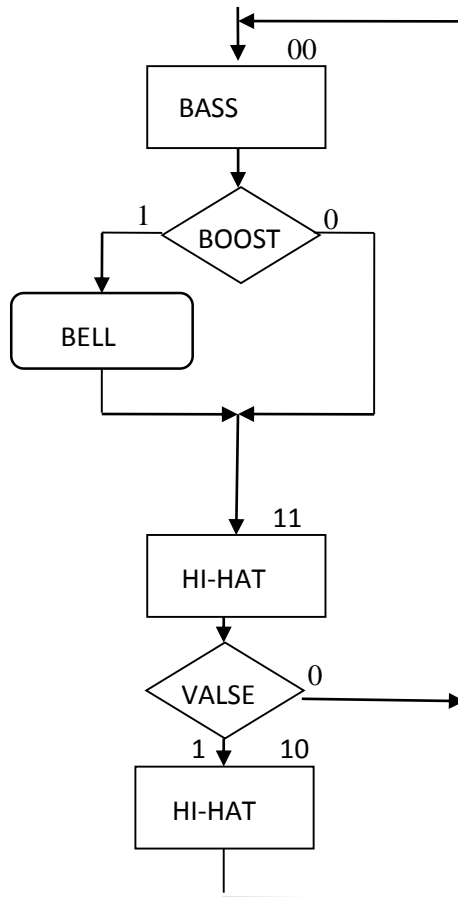


Valmis piirikaavio

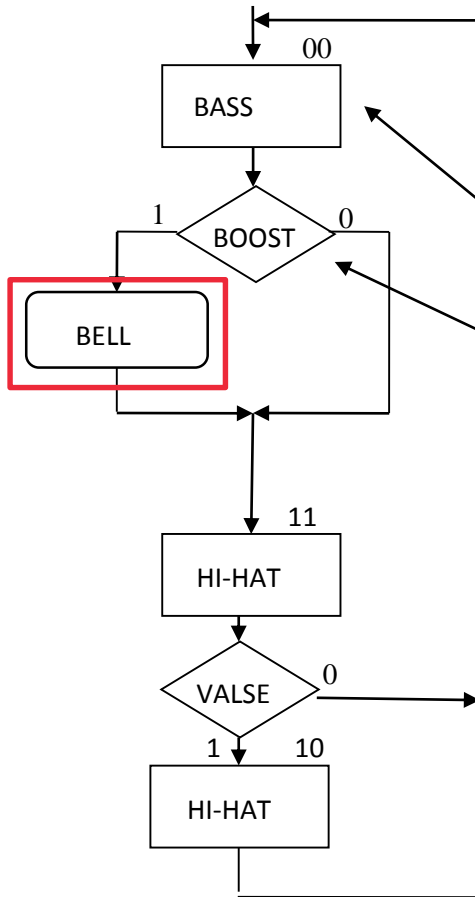
- Lisätään vielä kiikut



Mealyn kone, esimerkki, tilataulukko

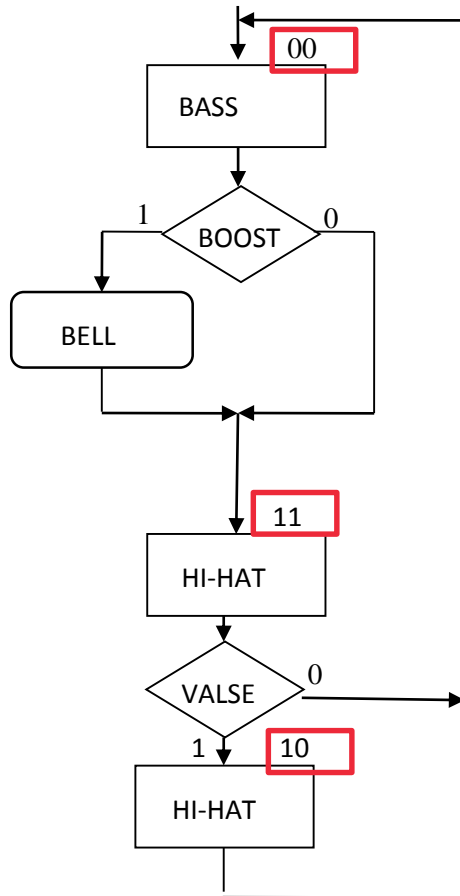


Mealyn kone, esimerkki, tilataulukko



Mealyn kone,
koska annot
riippuvat
TILASTA sekä
TULOISTA

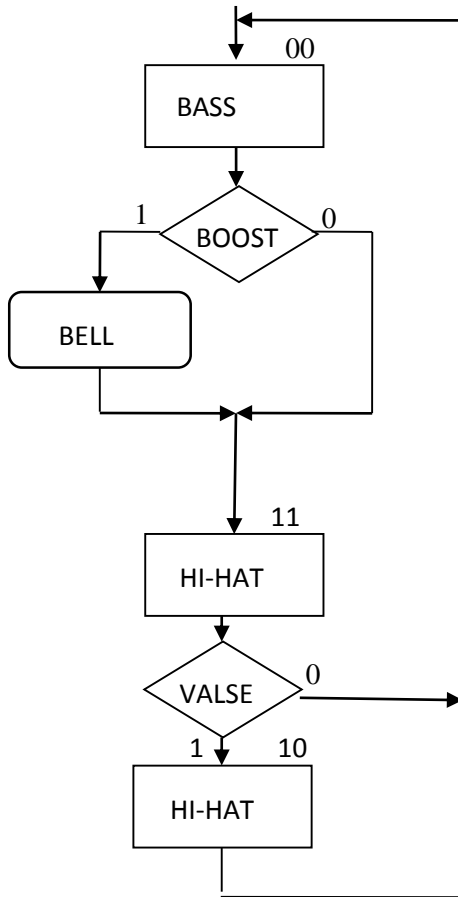
Mealyn kone, esimerkki, tilataulukko



Listataan järjestyksessä:

Nykyinen tila	Otot	Seuraava tila	Annot
---------------	------	---------------	-------

Mealyn kone, esimerkki, tilataulukko

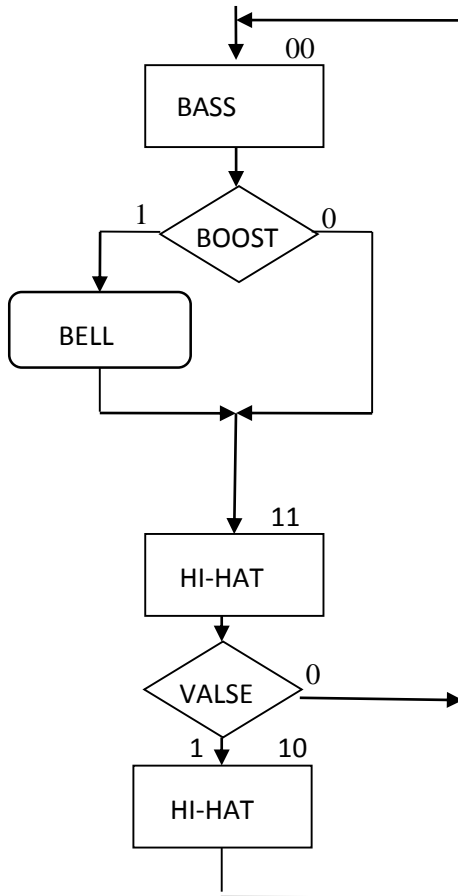


Nykytila		Otot		Uusi tila		Annot		
S1	S0	VALSE	BOOST	N1	N0	BASS	HI-HAT	BELL
0	0	X	0	1	1	1	0	0
0	0	X	1	1	1	1	0	1
0	1	X	X	0	0	X	X	X
1	0	0	X	0	0	0	1	0
1	0	1	X	0	0	0	1	0
1	1	0	X	0	0	0	1	0
1	1	1	X	1	0	0	1	0

Mealyn kone, esimerkki, tilataulukko

kiellettystä tilasta poistuminen:

- tilaan 01 ei pitäisi joutua, mutta poistutaan siitä varmuuden vuoksi vaikka tilaan 00
- Kielletyssä tilassa ei ole väliä mitkä arvot annet saavat

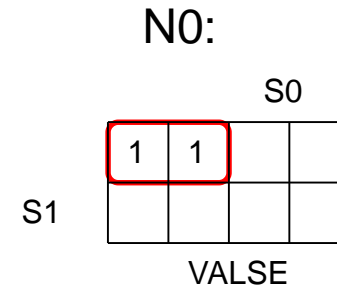
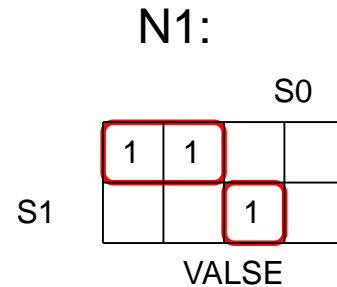


Nykytila		Otot		Uusi tila		Annot		
S1	S0	VALSE	BOOST	N1	N0	BASS	HI-HAT	BELL
0	0	X	0	1	1	1	0	0
0	0	X	1	1	1	1	0	1
0	1	X	X	0	0	X	X	X
1	0	0	X	0	0	0	1	0
1	0	1	X	0	0	0	1	0
1	1	0	X	0	0	0	1	0
1	1	1	X	1	0	0	1	0

Mealyn kone, esimerkki, uudet tilat

Uuteen tilaan vaikuttaa tässä piirissä vain nykytila ja
 VALSE:

Nykytila		Otot	Uusi tila	
S1	S0	VALSE	N1	N0
0	0	0	1	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	1	0	0
1	0	0	0	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	0



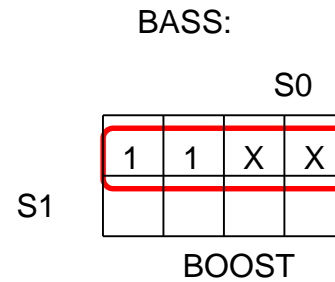
$$N1 = S1' \cdot S0' + S0 \cdot S1 \cdot VALSE$$

$$N0 = S1' \cdot S0'$$

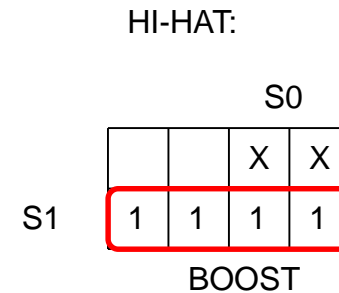
Mealyn kone, esimerkki,annot

Antoihin vaikuttaa tässä piirissä vain nykytila ja BOOST:

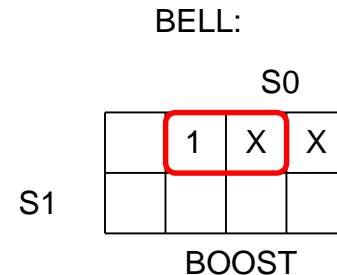
Nykytila		Otot	Annot		
S1	S0	BOOST	BASS	HI-HAT	BELL
0	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	1
0	1	0	X	X	X
0	1	1	X	X	X
1	0	0	0	1	0
1	0	1	0	1	0
1	1	0	0	1	0
1	1	1	0	1	0



$$\text{BASS} = \text{S1}'$$



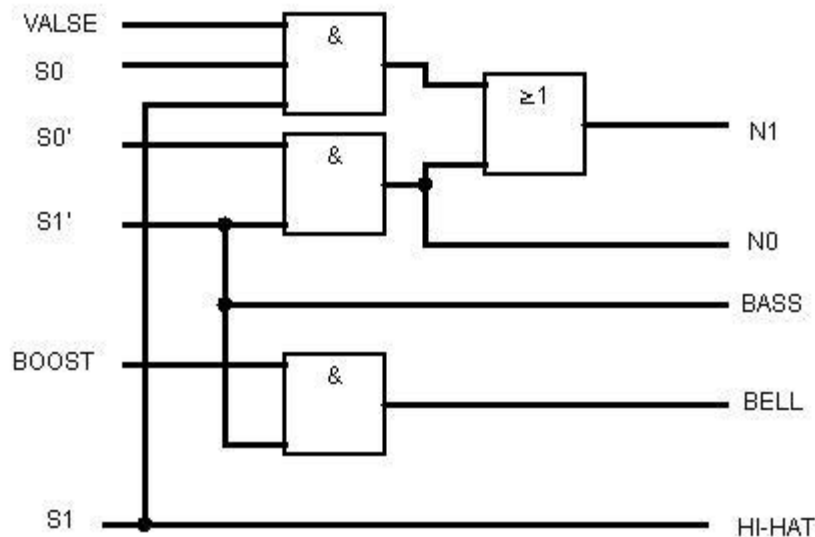
$$\text{HI-HAT} = \text{S1}$$



$$\text{BELL} = \text{S1}' \cdot \text{BOOST}$$

Mealyn kone, esimerkki, piirikaavio

- Muodostetaan ensin kombinaatiopiiri:



$$N1 = S1' \cdot S0' + S0 \cdot S1 \cdot \text{VALSE}$$

$$N0 = S1' \cdot S0'$$

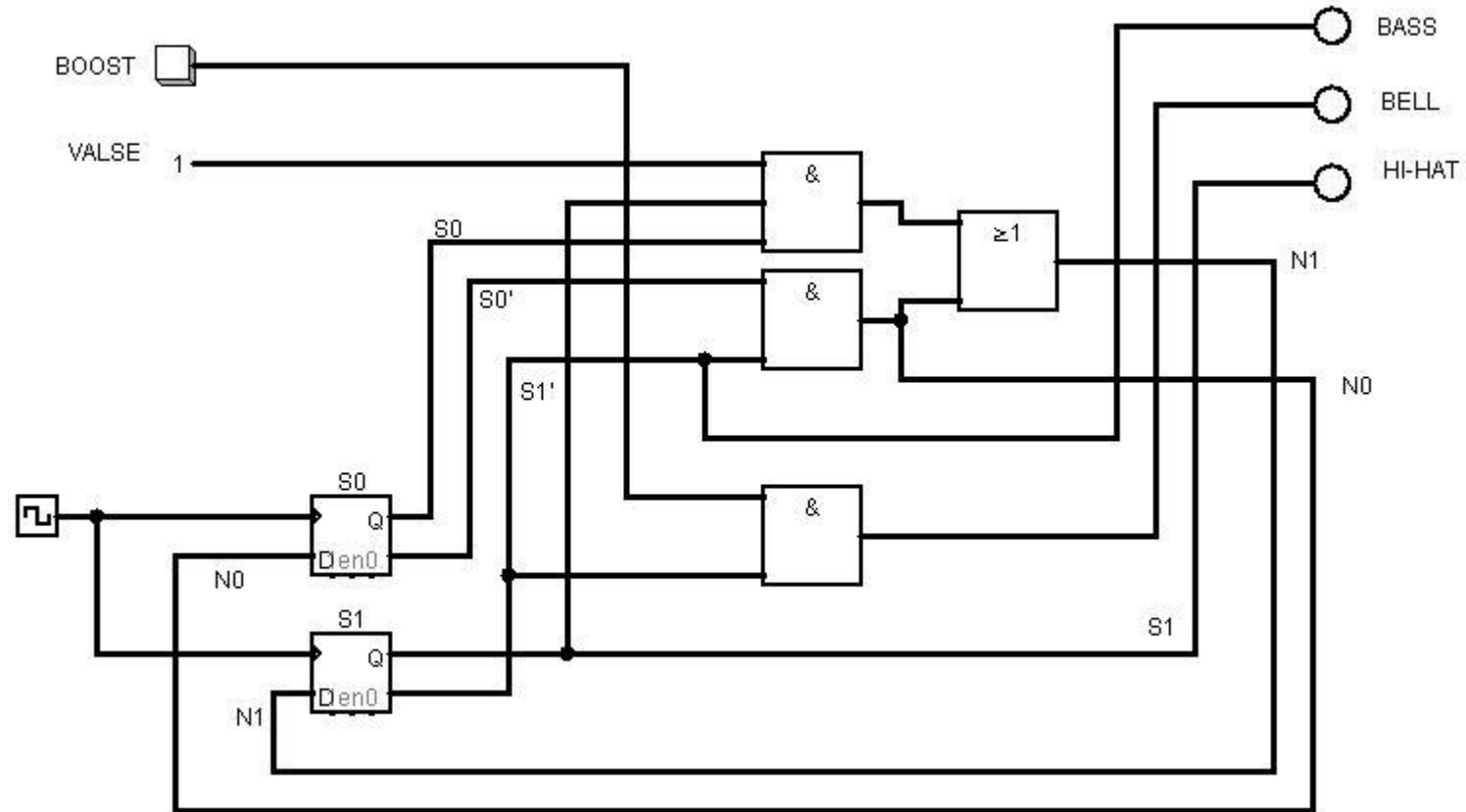
$$\text{BASS} = S1'$$

$$\text{BELL} = S1' \cdot \text{BOOST}$$

$$\text{HI-HAT} = S1$$

Mealyn kone, esimerkki, piirikaavio

- Lisätään sitten D-kiikut:



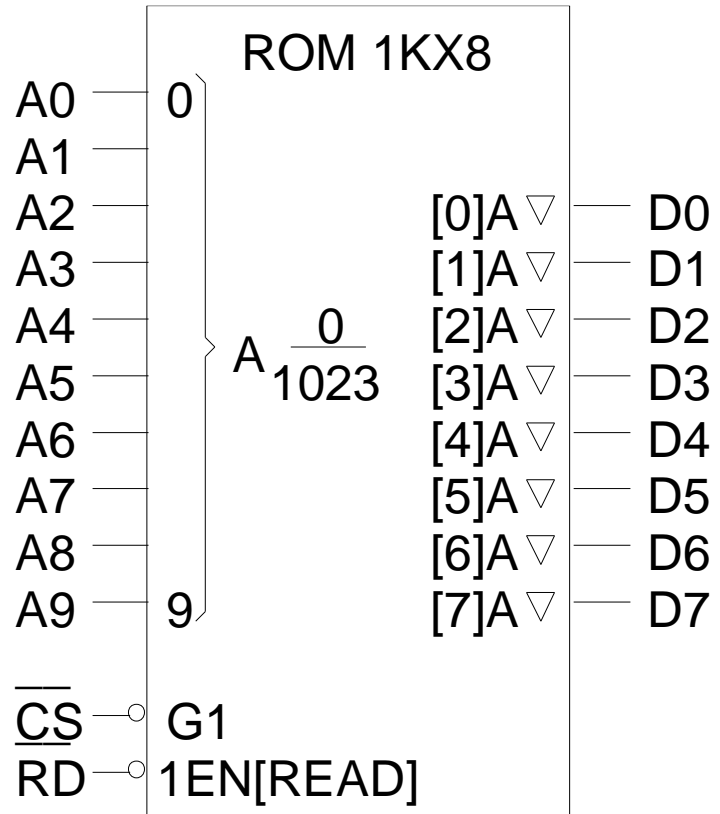
MUISTIPIIRIT

MUISTIPIIRIT

- Keskeiset muistityypit tietokoneissa:
 - vaihtomuisti (RAM)
 - kiintomuisti (lukumuisti, ROM)
- RAM: luku ja kirjoitus nopeasti
- ROM: luku nopeasti, kirjoitus hitaasti jos ollenkaan

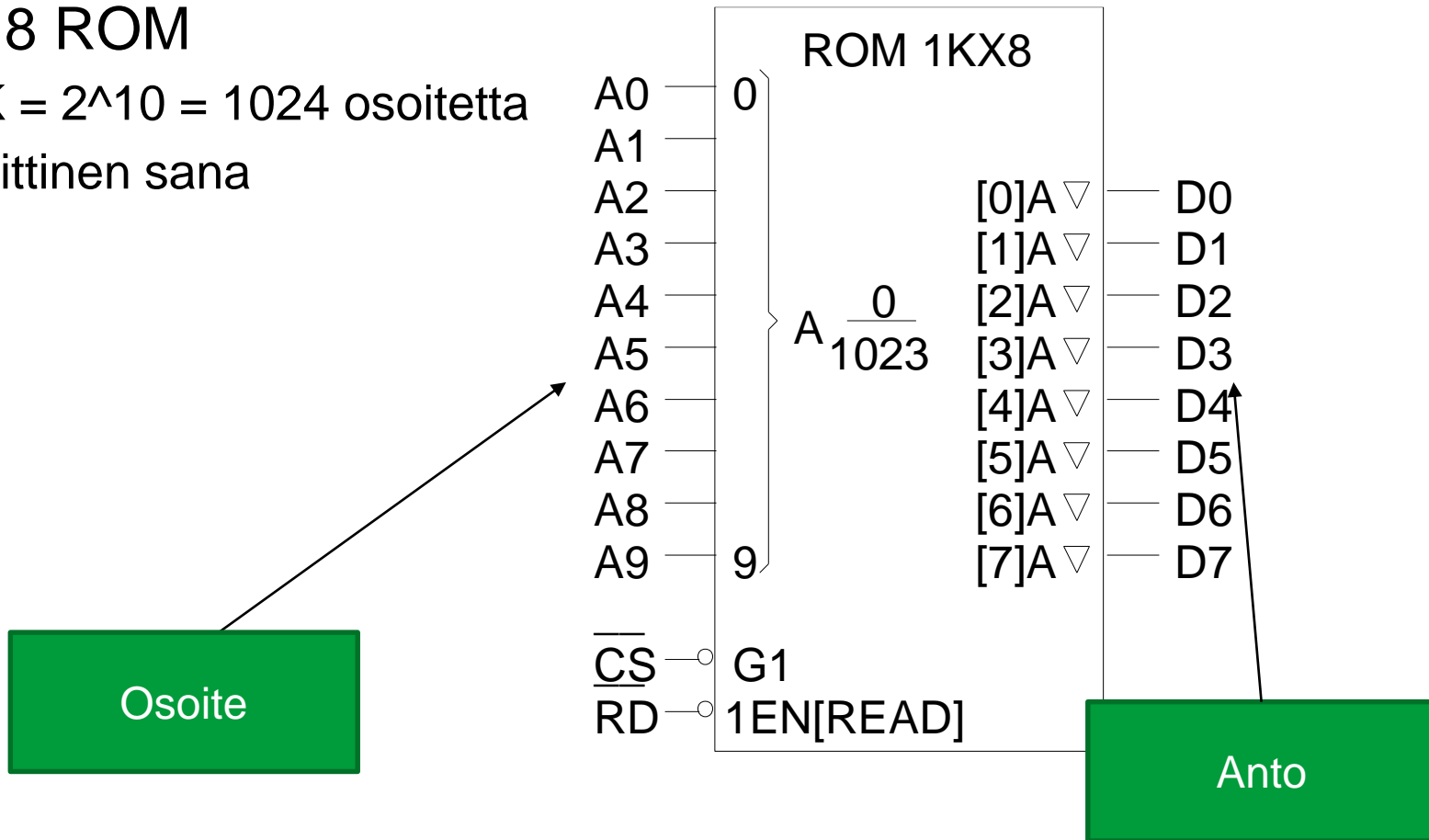
Kiintomuistin piirrosmerkki

- 1 K x 8 ROM



Kiintomuistin piirrosmerkki

- 1 K x 8 ROM
 - 1 K = $2^{10} = 1024$ osoitetta
 - 8 bittinen sana



Muistien sanastoa

- Muistipaikka = sana (word)
- Sanan pituus on yleensä 8, 16, 32,... bittiä
 - joskus muitakin, esim. 10
- 8 bittiä = tavu (byte)
- Jokaisella sanalla on osoite, jonka avulla sitä voidaan milloin vain osoittaa

Muistin koko ja sen merkintätapa

Usein käytössä etuliitteiden 2^n merkinnät:

- Muistin koon ilmoittaminen
 - b bittiä
 - f tavua
 - s x n (sanaa x bittiä / sana)
- Esimerkkejä
 - 64 tavua = 512 bittiä
 - 256 Ktavua = 2 Mbittiä
 - 32 K x 16 = 64 Ktavua = 512 Kbittiä
 - 4 M x 1 = 4 Mbittiä

Yksikkö		Koko
K Kilo	2^{10}	1 024
M Mega	2^{20}	1 048 576
G Giga	2^{30}	1 073 741 824
T Tera	2^{40}	1 099 511 627 776

Huom!

Nykyään usein M = 10^6 jne.

Näin saadaan muisti näyttämään isommalta kuin onkaan

Muistin osoitteot ja osoitteet

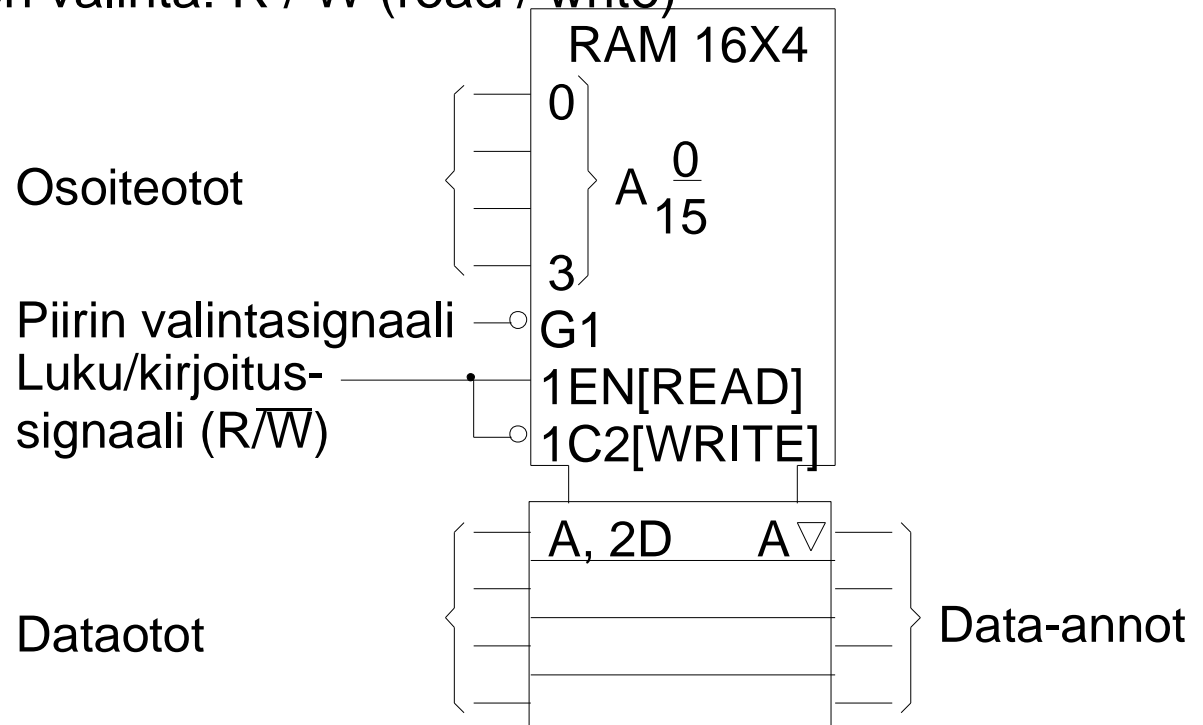
- Muistin sanojen lukumäärä määrää muistin osoitteottojen määrän ja osoiteavaruuden
- osoitteottoja $n \rightarrow$ sanoja $\max 2^n$
- s sanaa \rightarrow osoiteavaruus $0 \dots s-1$
- Esimerkkejä

Sanoja	Osoitteottoja	Osoitteot	Osoiteavaruus	
64	6	A0 - A5	0 - 3F	0 - 63
1 K	10	A0 - A9	0 - 3FF	0 - 1 023
32 K	15	A0 - A14	0 - 7FFF	0 - 32 767
256 K	18	A0 - A17	0 - 3FFFF	0 - 262 143
1 M	20	A0 - A19	0 - FFFFF	0 - 1 048 575
16 M	24	A0 - A23	0 - FFFFFFF	0 - 16 777 215

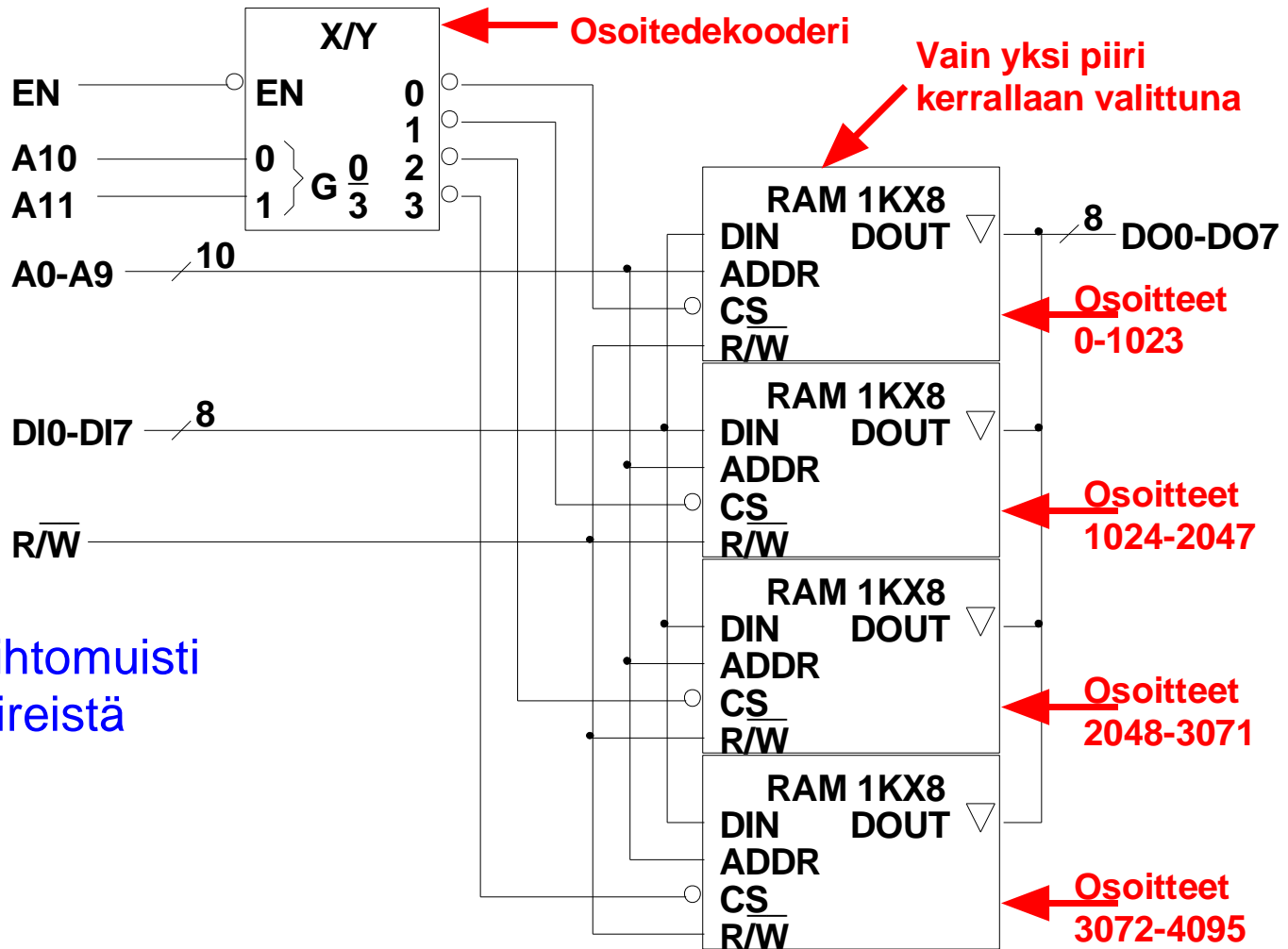
Ohjaussignaalit ja piirrosmerkki

- Piirin valintasignaali CS (chip select, joskus myös CE, chip enable)
- Luvun / kirjoituksen valinta: R / W (read / write)

Pieni muisti
16 x 4 bittiä



Muistin osoitevaruuden laajentaminen



4K x 8 vaihtomuisti
1K x 8 -piireistä

Luennon oppimistavoite

- Oppii tilakoneen toimintaperiaatteen (1h)
- Oppii suunnittelemaan yksinkertaisia tilakoneita (2h)
- Tuntee muistipiirien toimintaperiaatteet. (0,5h)

Luento+laskari+itseopiskelu=2+2+3,5h=7,5h