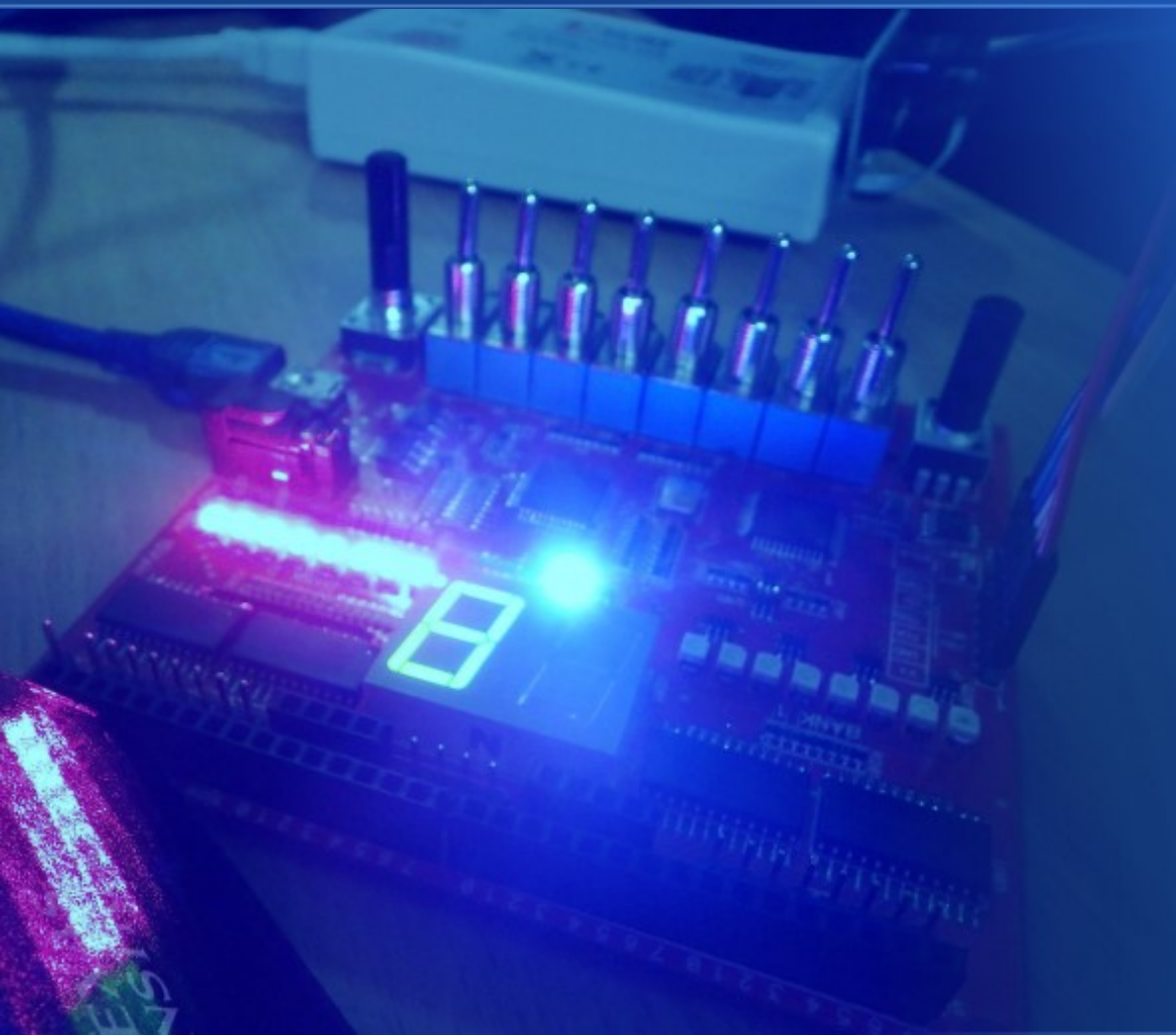


Ohjelmoitavien logiikkapiirien perusteet



PLD-piirit



Helsinki Hacklab

Aiemmin opittua

- Digitaalitekniikan peruspalikat (“teoria”)
 - Kombinaatiologiikka
 - portit, muxit, dekooderit, ...
 - Sekvenssilogiikka
 - kiikut, laskurit, siirtorekisterit, ...
- Logiikkaperheiden ominaisuudet (“käytäntö”)
 - Lähtöjen ja tulojen ominaisuudet
 - toteemipaalu, kolmitila, schmitt-tulo, ...
 - 7400- ja 4000-sarjat
 - nastajärjestykset, piirien numerointi, ...



Programmable Logic Devices

PLD-alalajit

- SPLD (simple PLD)
 - PLA, PAL/GAL
 - PROM
- CPLD (complex PLD)
 - “monimutkainen SPLD”
- FPGA (field programmable gate array)
 - sisäinen arkkitehtuuri erilainen kuin SPLD/CPLD:ssä



Kehitysympäristö

- PLD-piiri ei tehtaalta lähtiessään tee mitään
 - ohjelmointi (= konfigurointi) tehdään kentällä
- Tarvitaan kehitysympäristö, jolla ohjelmointi pystytään tekemään
 - kehitysympäristöt valmistajakohtaisia
- Kehitysympäristön osat:
 - Ohjelmisto, jolla haluttu toiminnallisuus määritellään
 - Laite, jolla määrittely siirretään PLD-piiriin
- Toiminnallisuus kuvataan kytkentäkaaviona tai HDL-kielellä (hardware description language)

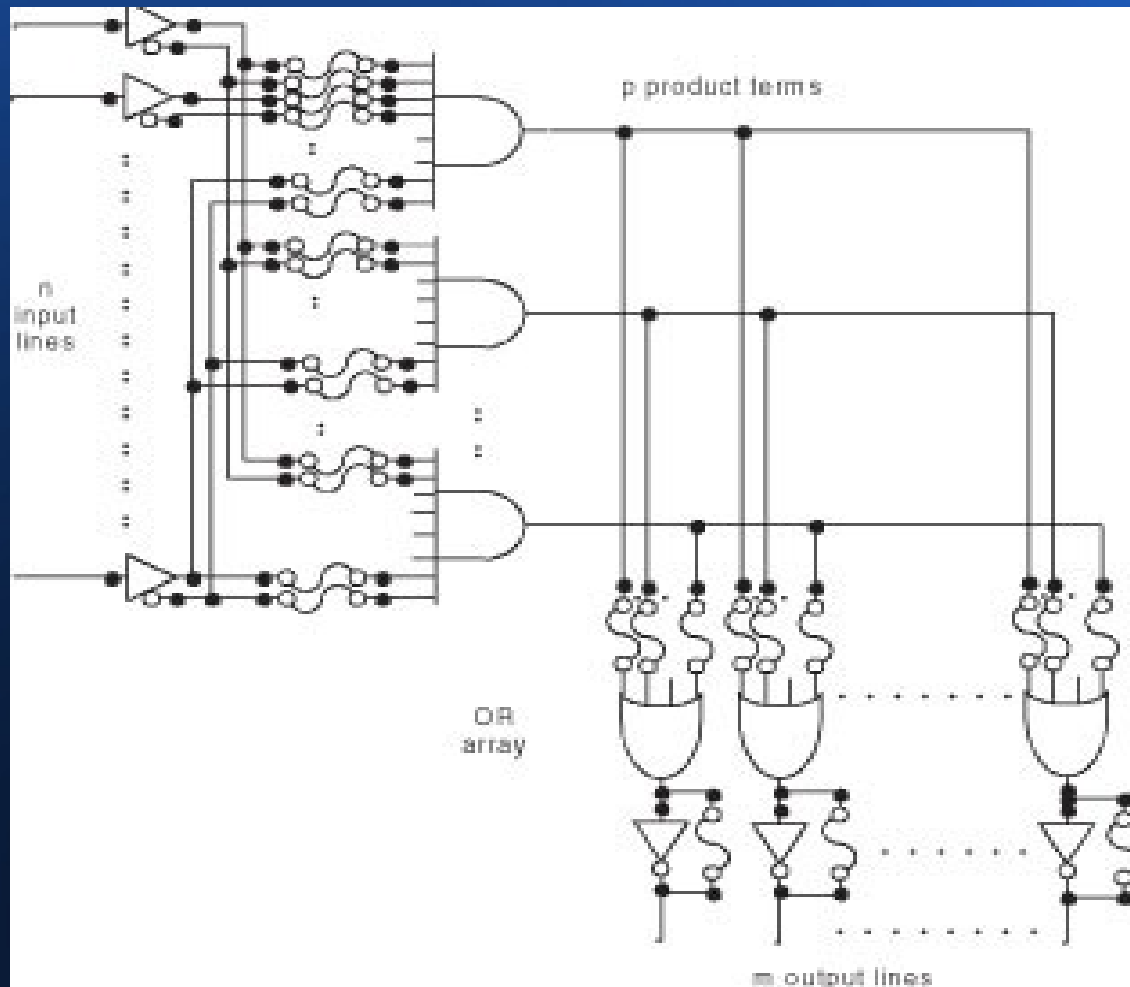


PLD-piirien valmistajat

- Xilinx
 - Altera
 - Lattice
 - Cypress, Atmel, Actel, ...
- } 80% markkinaosuus (FPGA)



SPLD-perusrakenne

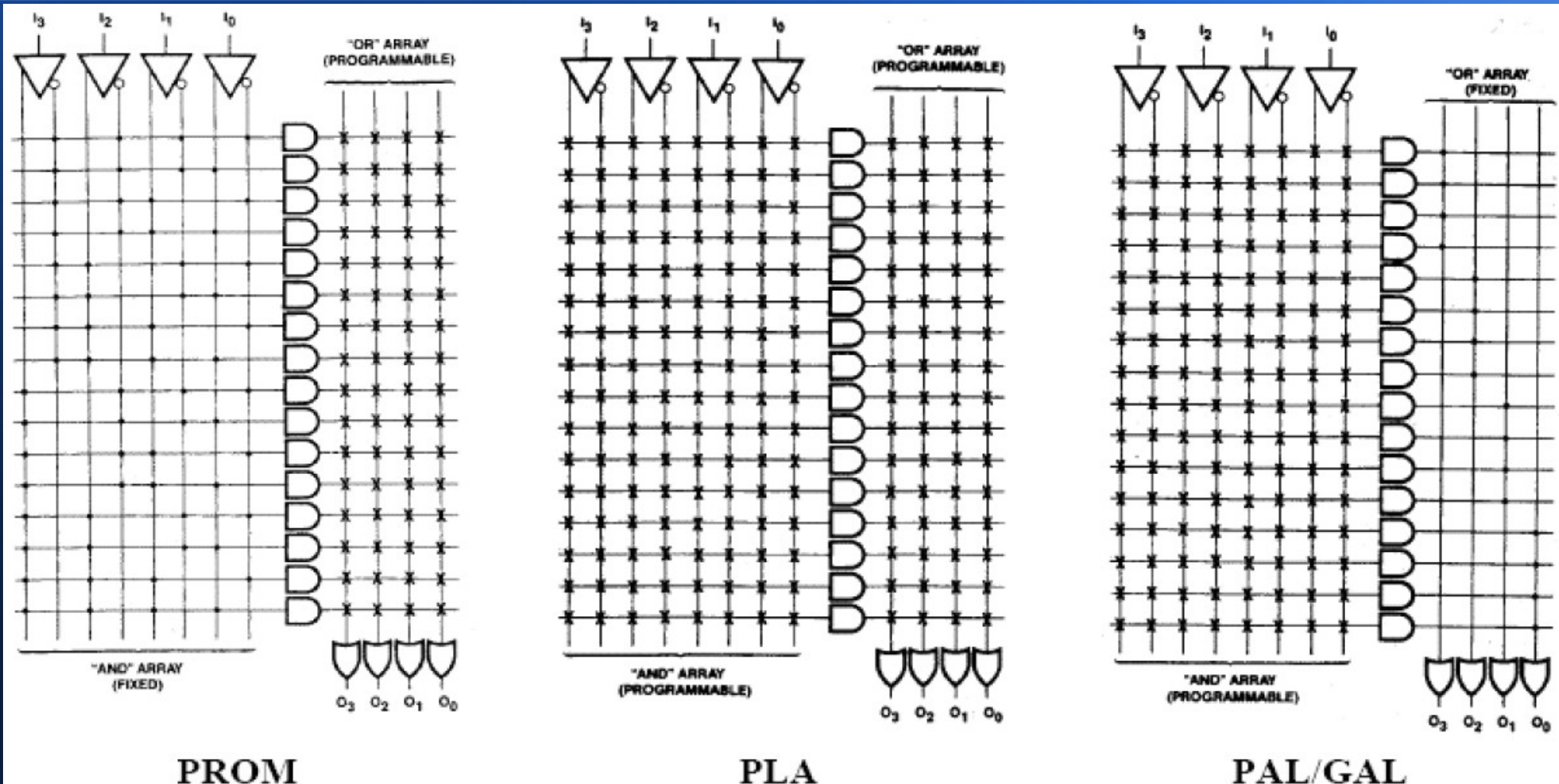


PLA-rakenne: sekä AND-array että OR-array ohjelmoitavia.

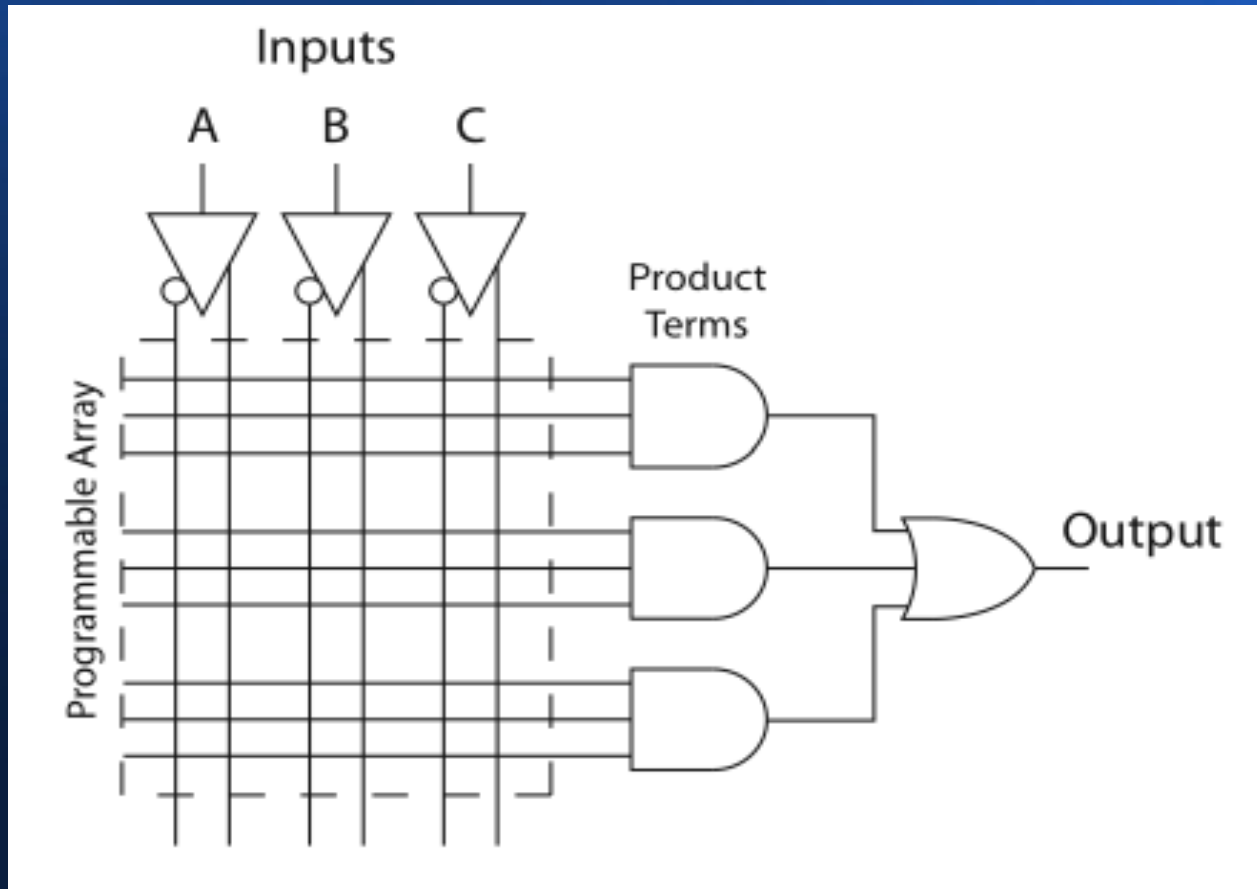
Aaltoviiva = “fuse”, ohjelmoitava elementti.



SPLD-tyypit



PAL-rakenne

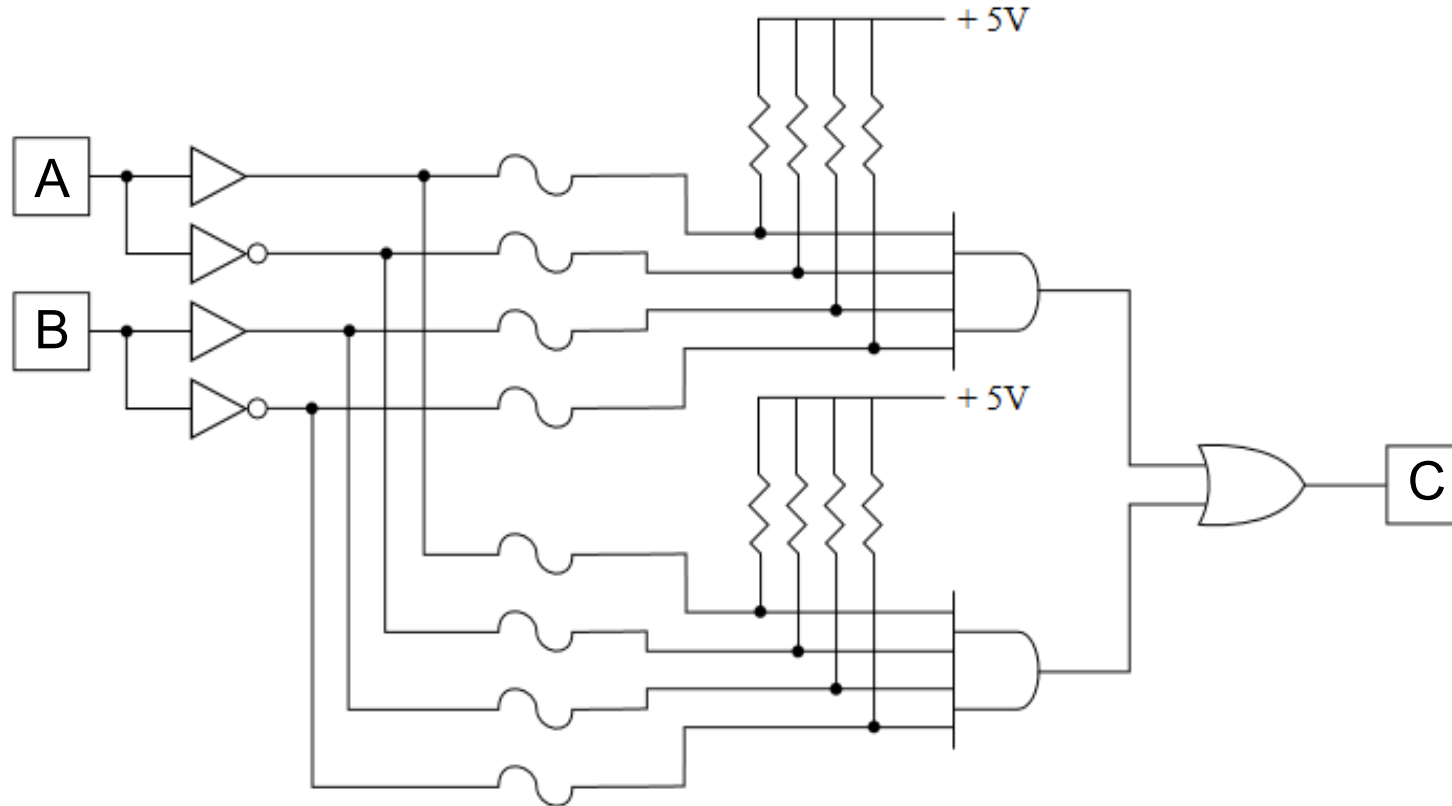


- AND-array ohjelmoitava
- OR-array kiinteä



Yleiskäyttöinen portti

Tulot

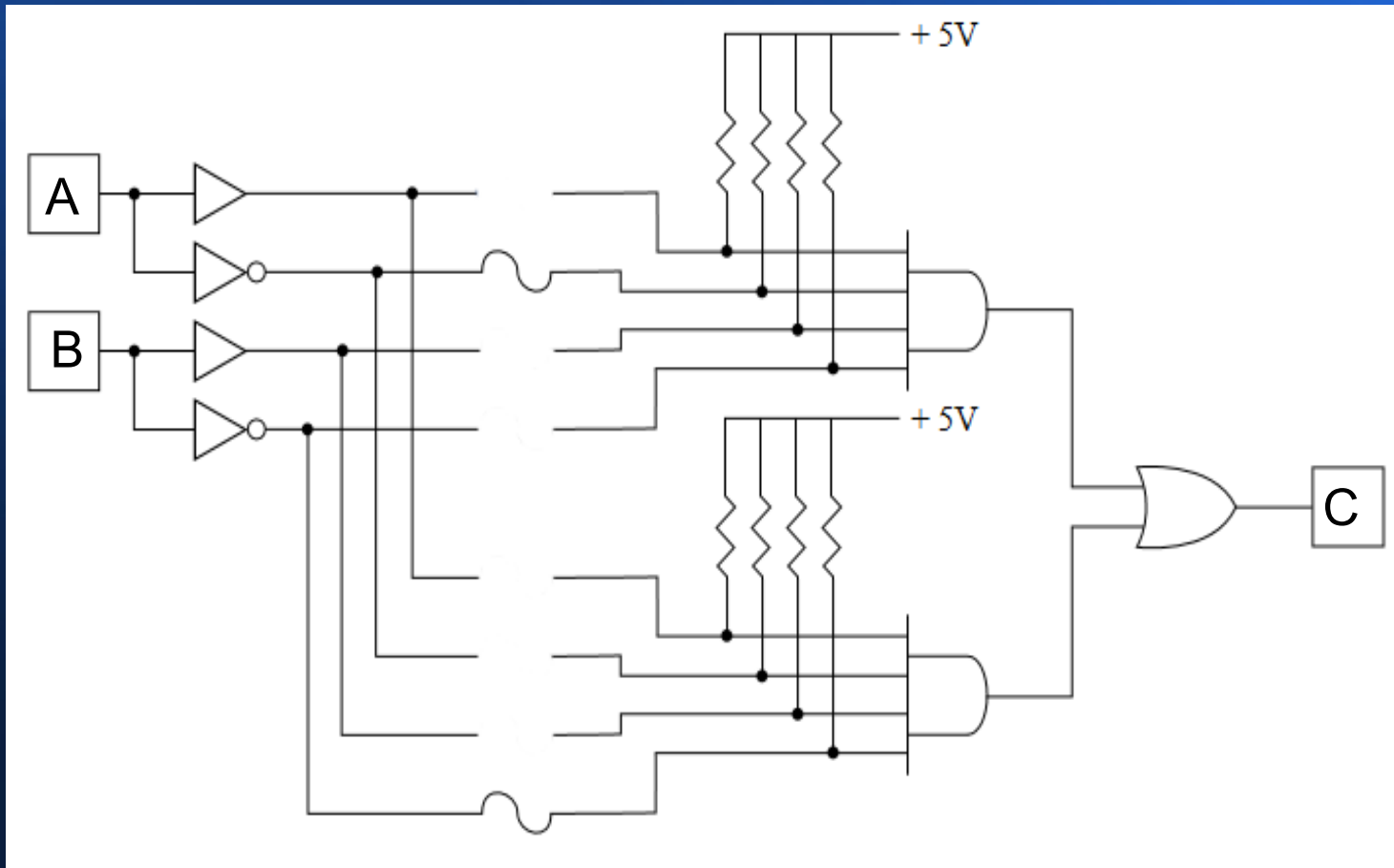


Simplified programmable logic device



Helsinki Hacklab

NAND yleisportilla



NAND-portin totuustaulu:

A	B	C
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

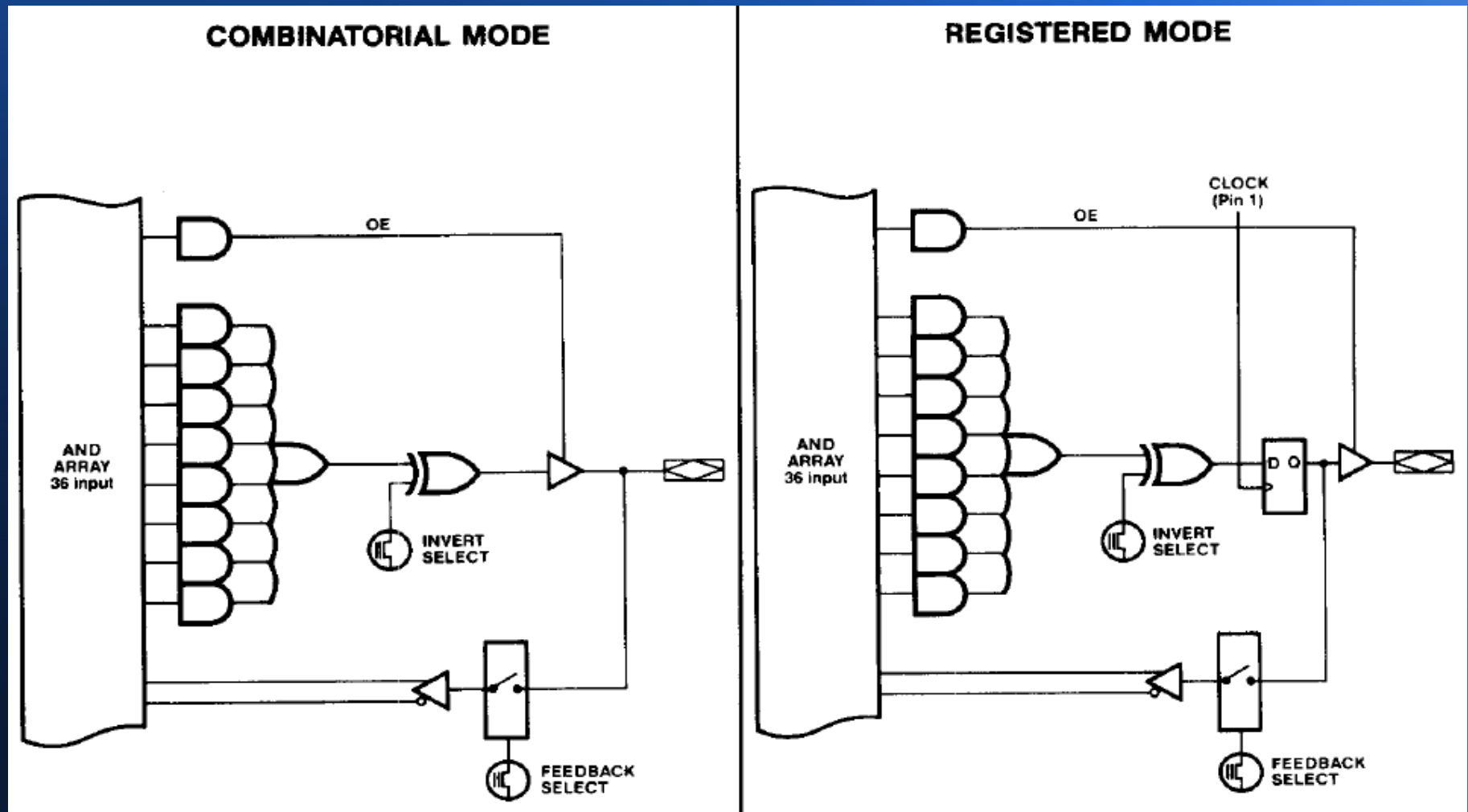


PROM-tekniikat

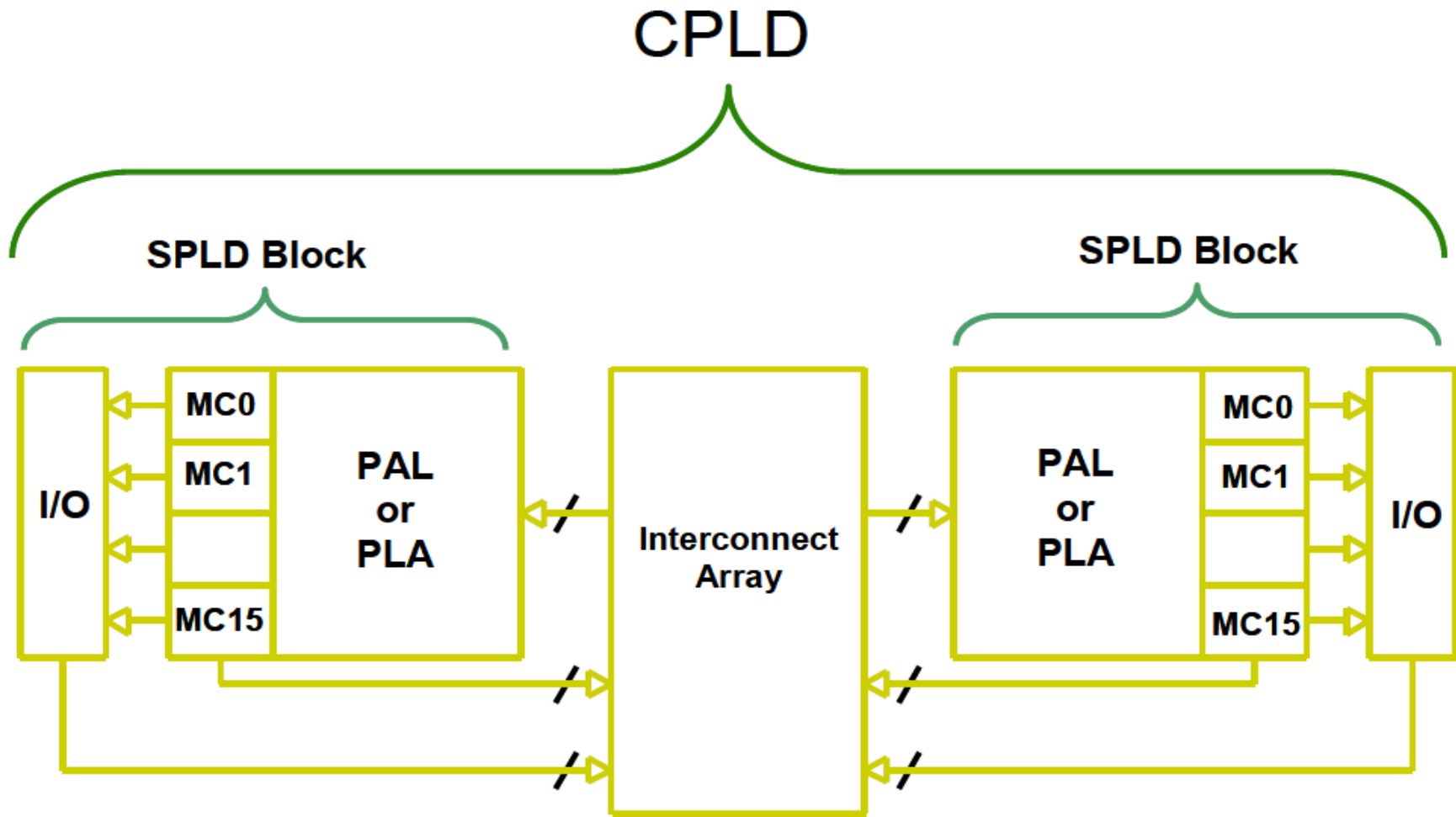
Tekniikka	Ohjelmointi	Tyhjennys
PROM	ohjelmointilaite	ei mahdollista (kertaohjelmoitava)
EPROM	ohjelmointilaite	erillinen tyhjennyslaite (UV-valo)
EEPROM	in-circuit	in-circuit
Flash	in-circuit	in-circuit



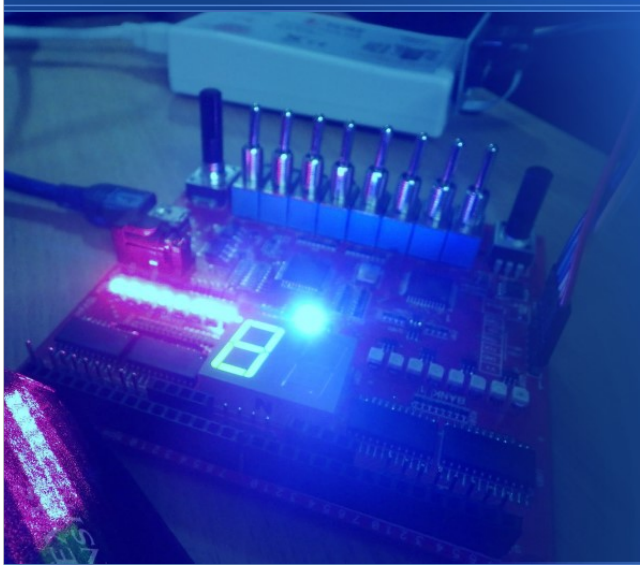
Makrosolu (macrocell)



CPLD



Ohjelmoitavien logiikkapiirien perusteet



PLD-piirit



Helsinki Hacklab

PLD-piirit (programmable logic devices)

Aiemmin opittua

- Digitaalitekniikan peruspalikat ("teoria")
 - Kombinaatiologiikka
 - portit, muxit, dekooderit, ...
 - Sekvenssilogiikka
 - kiikut, laskurit, siirtorekisterit, ...
- Logiikkaperheiden ominaisuudet ("käytäntö")
 - Lähtöjen ja tulojen ominaisuudet
 - toteemipaalu, kolmitila, schmitt-tulo, ...
 - 7400- ja 4000-sarjat
 - nastajärjestykset, piirien numerointi, ...



Helsinki Hacklab

Digitaalitekniikan alkeiskurssilla opittuja asioita. Peruskurssilla teoriaosuus on edelleen hyvin tarpeellista, käytäntöosuus vähemmän. Toki käytännön puolelta lähtöjen ja tulojen ominaisuudet tarvitaan, onhan PLD-piiritkin digitaalisia mikropiirejä. Mutta 74- ym. piiriperheiden nastajärjestyksiä ei tarvita.

Programmable Logic Devices

PLD-alalajit

- SPLD (simple PLD)
 - PLA, PAL/GAL
 - PROM
- CPLD (complex PLD)
 - “monimutkainen SPLD”
- FPGA (field programmable gate array)
 - sisäinen arkkitehtuuri erilainen kuin SPLD/CPLD:ssä



Helsinki Hacklab

PLD-jaottelu. SPLD ei ole kovin vakiintunut termi, mutta toimii hyvänä vastinparina CPLD:lle. FPGA on sitten aika lailla omanlaisensa, eikä siihen vielä peruskurssilla mennäkään.

Kehitysympäristö

- PLD-piiri ei tehtaalta lähtiessään tee mitään
 - ohjelmointi (= konfigurointi) tehdään kentällä
- Tarvitaan kehitysympäristö, jolla ohjelmointi pystytään tekemään
 - kehitysympäristöt valmistajakohtaisia
- Kehitysympäristön osat:
 - Ohjelmisto, jolla haluttu toiminnallisuus määritellään
 - Laite, jolla määrittely siirretään PLD-piiriin
- Toiminnallisuus kuvataan kytkentäkaaviona tai HDL-kielellä (hardware description language)



Helsinki Hacklab

Jotta PLD-piiriin saadaan ohjelmoitua haluttu toiminnallisuus, tarvitaan työkaluja: kehitysympäristö ja ohjelmointiprobe.

Kehitysympäristö mahdollistaa toiminnallisuuden kuvaamisen kolmella vaihtoehtoisella tavalla:

- kytkentäkaavio
- VHDL-kieli
- Verilog-kieli

PLD-piirien valmistajat

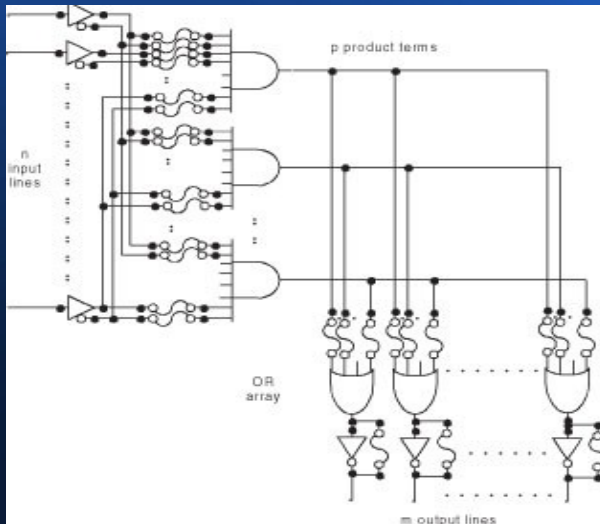
- Xilinx
 - Altera
 - Lattice
 - Cypress, Atmel, Actel, ...
- } 80% markkinaosuus (FPGA)



Helsinki Hacklab

Pieni katsaus tämän alan valmistajiin. FPGA-maailma on aika pitkälle kahden kauppa. SPLD/CPLD-puolella on muitakin valmistajia.

SPLD-perusrakenne



PLA-rakenne: sekä AND-array että OR-array ohjelmoitavia.

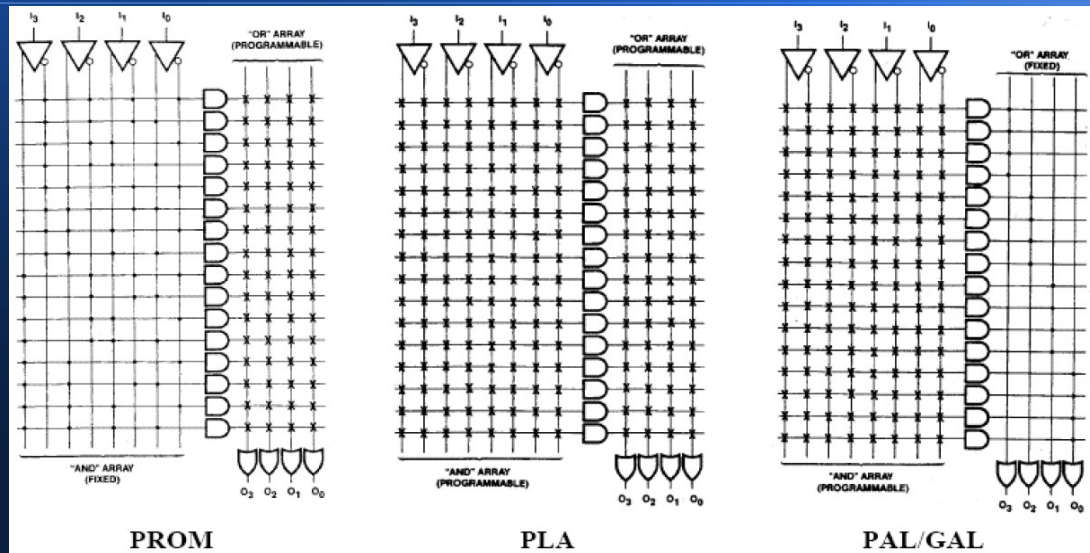
Aaltoviiva = "fuse", ohjelmoitava elementti.



Helsinki Hacklab

SPLD-piirin perusrakenne.

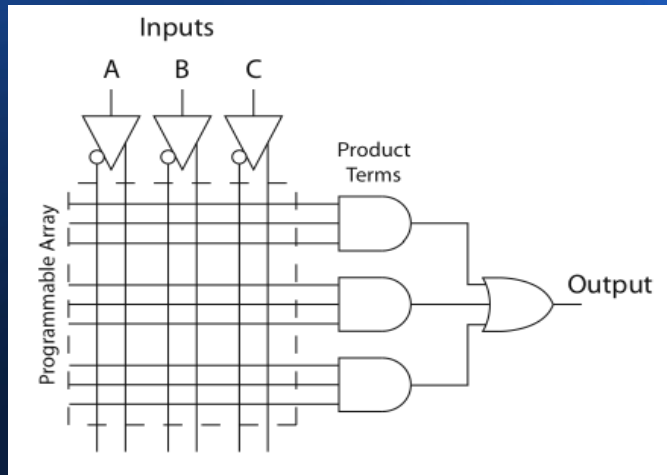
SPLD-tyypit



Helsinki Hacklab

Eri variaatioita SPLD-piireistä. Oikealla oleva PAL/GAL-tyyppi on se, jota eniten käytetään. PLA-tyyppiä käytetään joissakin tapauksissa. Myös PROM, jota ei yleensä käytetä SPLD-tyyppisissä käytöissä, on sisäiseltä rakenteeltaan samaa sarjaa.

PAL-rakenne



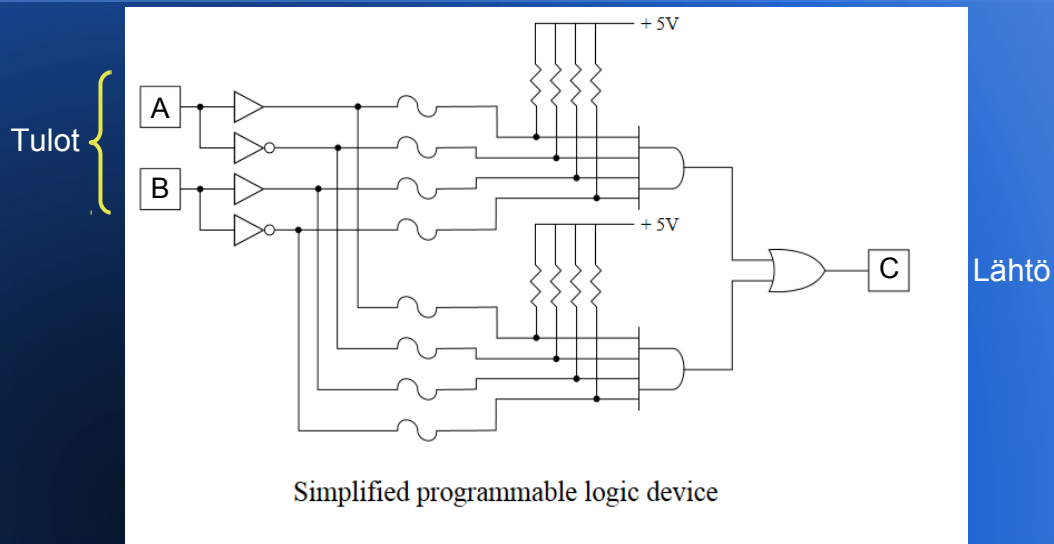
- AND-array ohjelmoitava
- OR-array kiinteä



Helsinki Hacklab

PAL-tyypin perusrakenne. Se, mitä piirissä voi ohjelmoida, on katkoviivalla rajatun alueen sisällä olevat ristiinkytkennot.

Yleiskäyttöinen portti



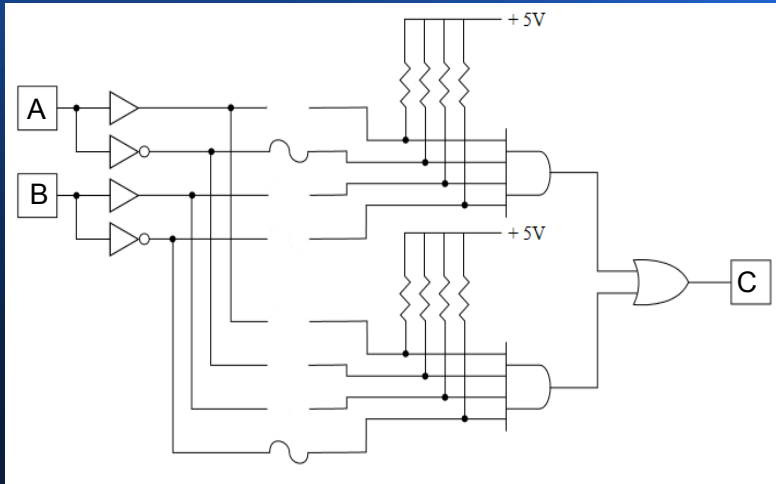
Helsinki Hacklab

Yleiskäyttöinen porttipiiri. Tällä voidaan toteuttaa kaikki mahdolliset totuustaulut, joita kahden tulon ja yhden lähdön portilla voi teoriassa olla (16 kpl). Tärkeimmät ovat tietysti AND, OR, NAND, NOR, XOR, NOT. Toteuttaminen tapahtuu katkomalla keskellä aaltoviivoina näkyviä siltauksia sopivasti.

Lisää yleisportin totuustaulusta:

http://en.wikipedia.org/wiki/Truth_table#cite_ref-tlp5.101_2-1

NAND yleisportilla



NAND-portin totuustaulu:

A	B	C
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



Helsinki Hacklab

Esimerkki NAND-portin toteutuksesta yleisportilla.
Osa siltauksista on katkaistu, osa jätetty ehjiksi, ja lopputulos toteuttaa normaalin NANDin totuustaulun.

PROM-tekniikat

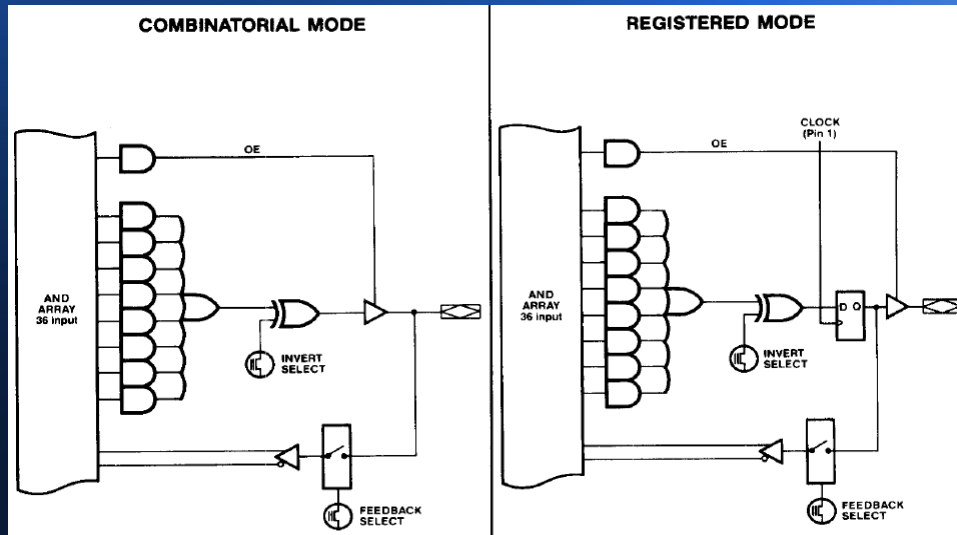
Tekniikka	Ohjelmointi	Tyhjennys
PROM	ohjelmointilaite	ei mahdollista (kertaohjelmoitava)
EPROM	ohjelmointilaite	erillinen tyhjennyslaite (UV-valo)
EEPROM	in-circuit	in-circuit
Flash	in-circuit	in-circuit



Helsinki Hacklab

Katsaus eri tekniikoihin, mitä historian kuluessa on käytetty ja käytetään PROM-piirien toteutuksessa. Kaikkia näitä on käytetty myös SPLD-piirien toteuttamisessa. Nykyään valatekniikka on Flash, PROMmeissa kätetään myös EEPROM-tekniikkaa edelleen. Muut tekniikat ovat menneisyyttä.

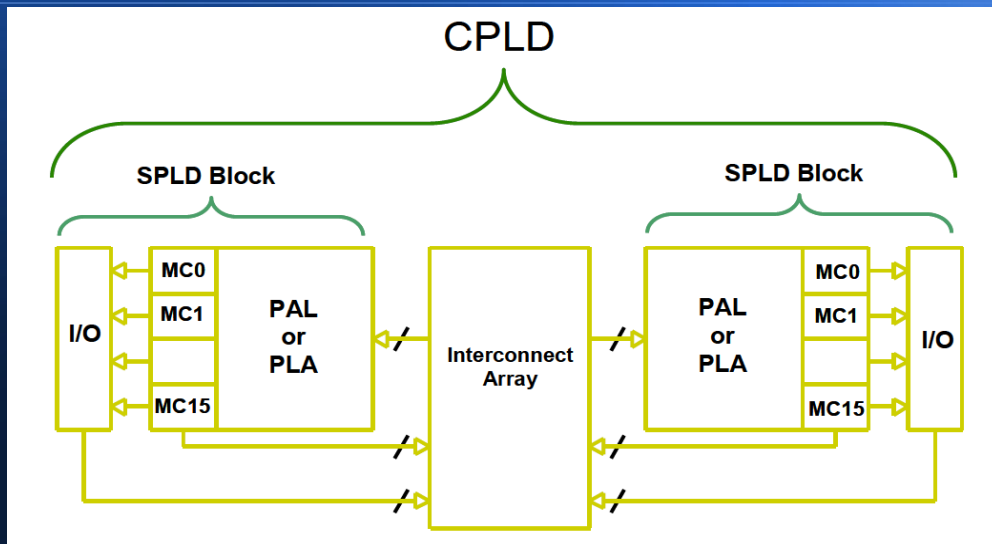
Makrosolu (macrocell)



Helsinki Hacklab

Makrosolu muodostuu edellä kuvatusta ohjelmoitavasta PAL-rakenteesta ja sen perässä olevasta I/O-asteesta. I/O-aste voi sisältää D-kiikun. Yleensä makrosolusta on mahdollista kytkeä signaali myös takaisin (muiden makrosolujen inputiksi) ja /tai ulos I/O-pinniin.

CPLD



Helsinki Hacklab

CPLD muodostuu joukosta makrosoluja ja niiden välisiä kytkentöjä hoitavasta kytkentämatriisista (interconnect array).