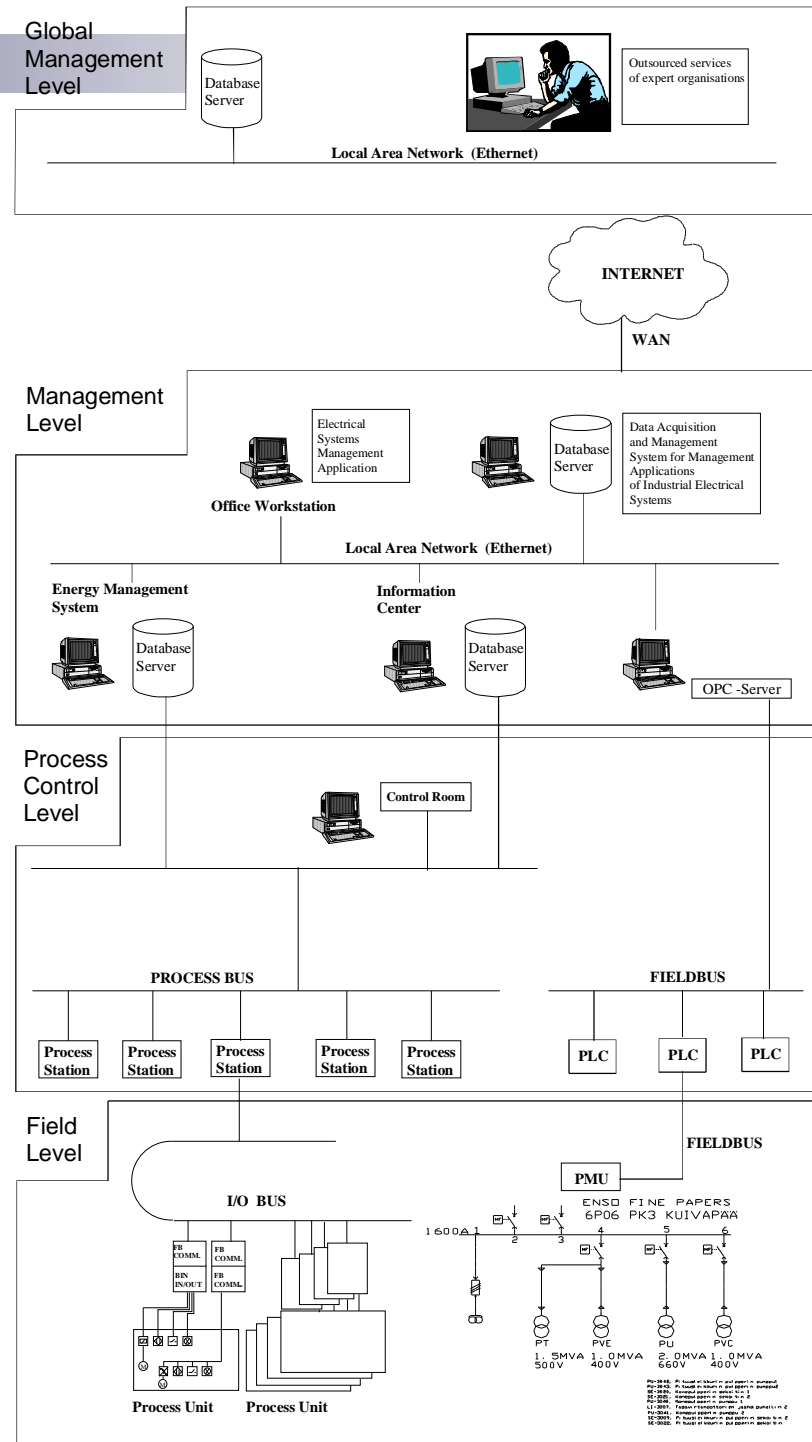




Tietojärjestelmä- hierarkia

Tuomo Lindh

Tietojärjestelmien hierarkia teollisuuslaitoksessa





Teollisuuslaitoksen tietojärjestelmien hierarkia

n Kenttätaso

- Instrumentoinnin ja toimilaitteiden taso
- Väylinä deterministiset anturi- ja kenttäväylät
- Aikakriittistä tiedonsiirtoa, pieni datamäärä

n Prosessin ohjaustaso

- Prosessin laatusuureiden säätö ja korkeamman tason ohjaukset
- Kenttäväylät ja prosessiväylät
- Tiedonsiirron aikakriittisyys vähenee ja tietomäärä kasvaa

n Tuotannon ohjaustaso

- Tuotannon suunnittelu
- Energiakauppa
- Diagnostiikka
- Tiedonkeruu
- Toimistoverkot, Ethernet/TCP/IP



Prosessiohjauksen liittäminen prosessiin

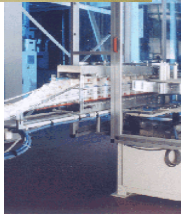
- n Kenttätasolla on I/O -laitteita, jotka on liitettävä prosessinohjausjärjestelmään:
 - Analogiset anturit (jännitemittaus, virta-, jne..)
 - Digitaaliset anturit (esim. tilatiedot)
 - Pulssisensorit (esim. kulma-anturit)
 - Lähettimet (vääntömomenttianturi, paineanturi, jne)
 - Toimilaitteet (esim. säätimet, venttiilit)
- n Tarvitaan siirtomedia ja koodaustapa mittaus- ja ohjaustietojen siirtoon, mahdollisia tapoja:
 - Analoginen ja binäärinen tiedonsiirto
 - Digitaalinen tiedonsiirto kenttäväyliä hyödyntäen



PLC

- n Pienillä ohjelmoitavilla logiikoilla tehdään nykyisin hyvin suuri osa teollisuuden automaatiosta
- n Pienet yksiköt muodostavat hajautetun automaation, joka yhdistetään kenttäväylillä toisiinsa ja ylempiin valvontaja raportointijärjestelmiin

Pienistä logiikoista prosessinohjaukseen



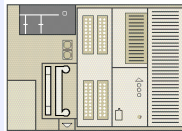
I/O-laajuus ↑

OEM / Laitevalmistajat

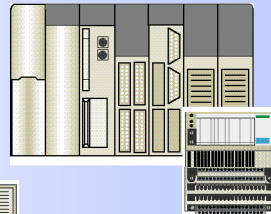
Twido



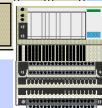
Micro



Premium

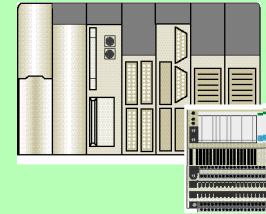


Momentum

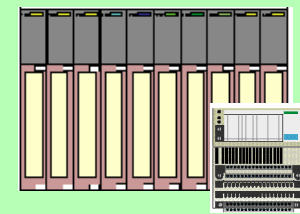


Loppukäyttäjät

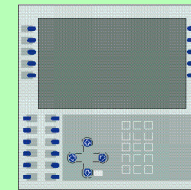
Premium



Quantum



Momentum



Magelis

Valmistajat

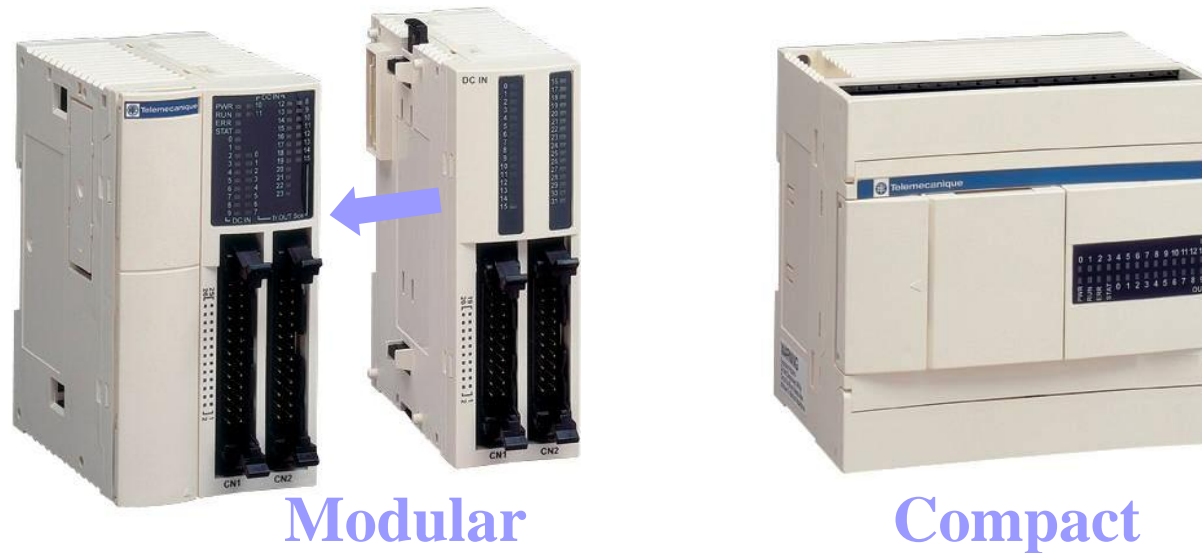
Prosessin hallinta

Ominaisuudet →

Lähde: Schneider

esimerkki pienestä logiikasta **TWIDO**

- 18 erilaista laajennusyksikköä (14 binääri- ja 4 analogiyksikköä)
 - Max. 7 laajennusyksikköä/CPU (yhteensä jopa 264 I/O:ta!)
 - 2 erillistä sarjaporttia (Modbus RTU (master/slave))
 - Nopea 20kHz:n laskuri
 - Lämpötilan mittaus (PT100)
 - Pikaliitinkaapelointijärjestelmä (**TwidoFast**)
 - Pieni tilantarve keskuskaapissa (syvyys 70mm, korkeus 90mm)
- Kalenteri, reaaliaikakello ja paikallisnäyttö lisävarusteina



Lähde: Schneider

esimerkki pienestä logiikasta **SIMATIC** **S7200 (CPU 221)**

- 6 binäärituloa 4 binäärilähtöä)
- Sarjaportti RS485 PPI-protokolla, vapaasti ohjelmitava protokolla
- Ohjelmamuisti 4 kB
- Datamuisti 2 kB
- 8 bittinen mikrosuoritin
- Ei laajennusyksiköitä

- Muut CPU yksiköt esim CPU224
 - laajennusyksiköitä
 - mm profibus
 - AI/AO



Lähde: Siemens


Esimerkki suuresta PLC:stä

Quantum

- n Yksi Schneider Automationin strategisista alustoista
- n SA:n tehokkain logiikkaperhe
- n Ohjausjärjestelmä, joka erityisesti soveltuu
 - Prosessin ohjaukseen
 - Suurinopeuksisten laitteiden ohjaukseen (dieselgeneraattorit)
 - Infrastruktuurisovelluksiin
 - Pumppaamosovelluksiin
- n Schneider Automationin joustavin tuoteperhe
 - Tukee useita erilaisia järjestelmäarkkitehtuureja
 - Tarjoaa suuren määrän liityntämahdollisuuksia erilaisiin kommunikaatiojärjestelmiin (Ethernet jne.)
 - Suurin järjestelmäkapasiteetti (max. 65000 I/O)
 - Laajat säätö- ja erikoistoimilohkokirjastot
 - Paljon erikoismoduleja (Hot-Stand-by, paikoitus jne.)



Lähde: Schneider



Esimerkki suuresta PLC:stä


SIMATIC S7-400

- n SIEMENSIN tehokkain logiikkaperhe
- n Ohjausjärjestelmä, joka erityisesti soveltuu
 - Prosessin ohjaukseen
 - Suurinopeuksisten laitteiden ohjaukseen (dieselgeneraattorit)
 - Infrastruktuurisovelluksiin
 - Pumppaamosovelluksiin
- n Tukee useita erilaisia järjestelmäarkkitehtuureja
 - Tarjoaa suuren määrän liityntämahdollisuuksia erilaisiin kommunikaatiojärjestelmiin (Ethernet jne.)
 - Suurin järjestelmäkapasiteetti
 - Laajat säätö- ja erikoistoimilohkokirjastot
 - Paljon erikoismoduleja
- n Useita ohjelmointikieliä



Prosessiautomaatiojärjestelmät

- n Perinteisesti on erotettu PLC-järjestelmät ja prosessinohjausjärjestelmät (keskitetyt tai hajautetut)
- n Prosessinohjausjärjestelmiä ovat esimerkiksi ALCONT, MetsoDNA ja DAMATIC
- n Nykyisin jako on usein vaikeaa ja keinotekoisia sillä esimerkiksi S7-tuoteperheellä ja sopivilla valvomo- raportointi- ja tietokantaratkaisuilla voidaan toteuttaa toiminnallisuudeltaan samankaltainen järjestelmä kuin on esimerkiksi edellä mainitut.



Esimerkki suuresta prosessiautomaatiojärjestelmästä DAMATIC XDi

n Koostuu

- väylillä yhdistetyistä asemista, jotka toteuttavat hajautetun ohjauksen
- Informaatiojärjestelmä XIS

n Väylät

- järjestelmäväylä liittää prosessiläheiset asemat toisiinsa, nopea, deterministinen
- toimistoväylä, Ethernet liittää käyttöliittymäasemat, suunnittelujärjestelmän ja informaatiojärjestelmän

n Hajautettu logiikkajärjestelmä, jossa IEC 61131-3 standardin mukainen ohjelmointi



DAMATIC cont'd

- n Prosessiasemat PCS liittävät IO:n järjestelmään
 - .. sisältää suorittimen joka ohjaava ja säätelee prosessia
- n Muita prosessiläheisiä asemia on esimerkiksi varmennus- diagnostiikka- ja liityntäasemat



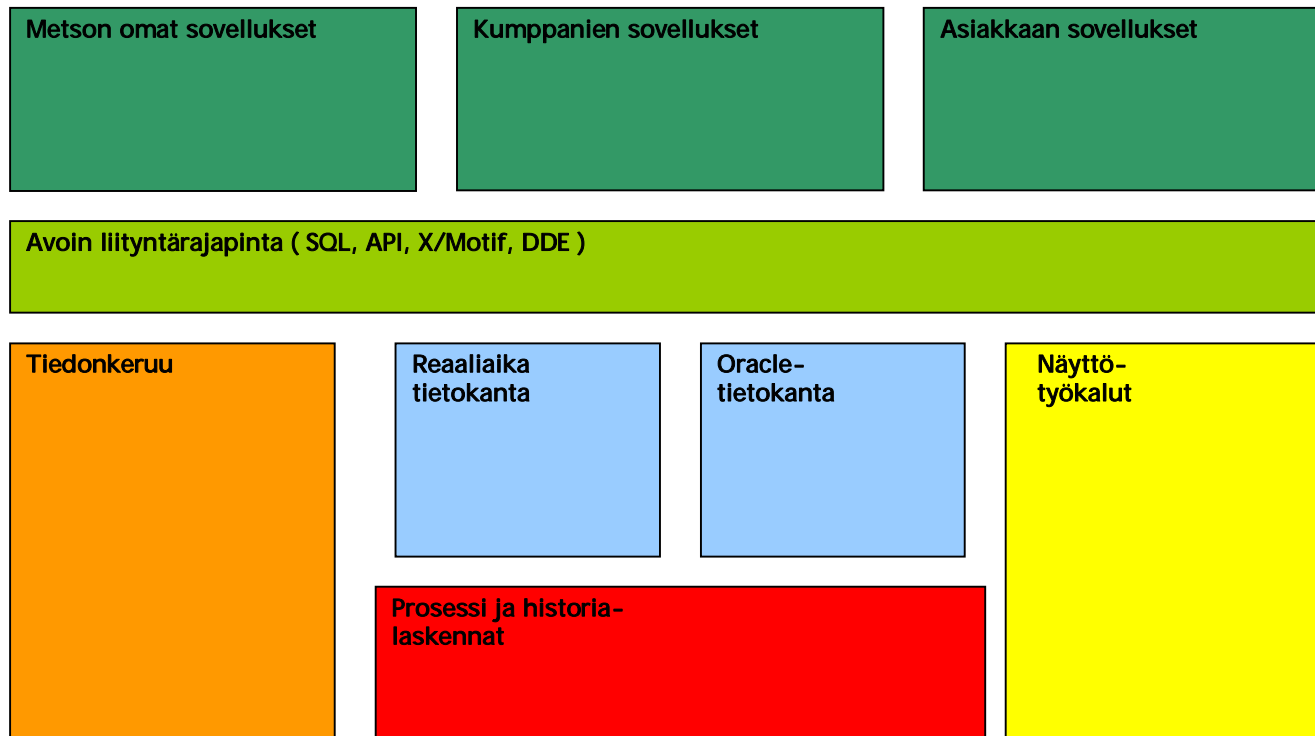
DAMATIC cont'd

n Käyttäjäläheiset asemat

- .. operointiasemat
- .. suunnittelu
- .. raportointi



XIS *sovellusarkkitehtuuri*





DAMATIC cont'd

- n Alun perin 70-luvulla VALMET automaation kehittämä
- n DAMATIC XD vuonna 84
- n DAMATIC XDi (XD + XIS) vuonna 84
- n Metso DNA (Dynamic Network of Applications)
 - .. kenttäväylät
 - .. noudatta edellä esitettyä tietojärjestelmäinfrastruktuuria, jossa tuotannonohjaustasolta päästään kiinni prosessiin esimerkiksi OPC:n välityksellä
 - .. Prosessinohjaus ja ohjelmointi usein kenttätason yläpuolella korkean tason kielellä tehtynä



Metso DNA

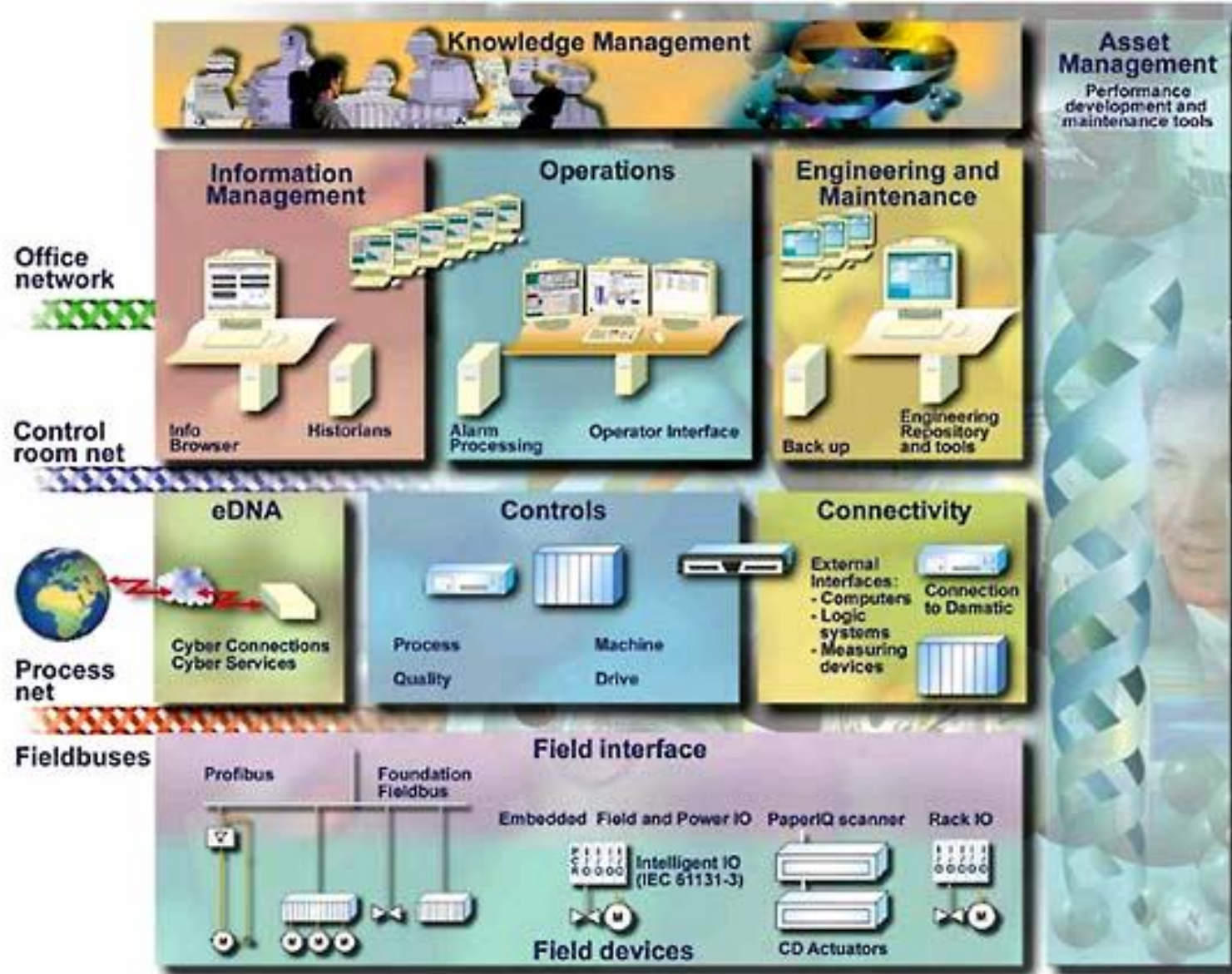
- n Informaatio- ja automaatiojärjestelmät ovat liitetty MetsoDNA yhteiseksi sovellusverkoksi.
- n MetsoDNA:ssa I/O-tasolla laitteita ohjaa Damaticin tyylinen perinteinen hajautettu PLC-automatiaojärjestelmä
- n Kenttätason yläpuolelle on synnytetty suuri joukko ohjelmistopohjaisia toiminnallisuuksia
- n Järjestelmään liittyy eritasoisia väyliä ja loogisia kerroksia, jotka välittävät tietoa sekä ylös että alaspäin verkossa ja ovat yhteydessä toisiinsa.

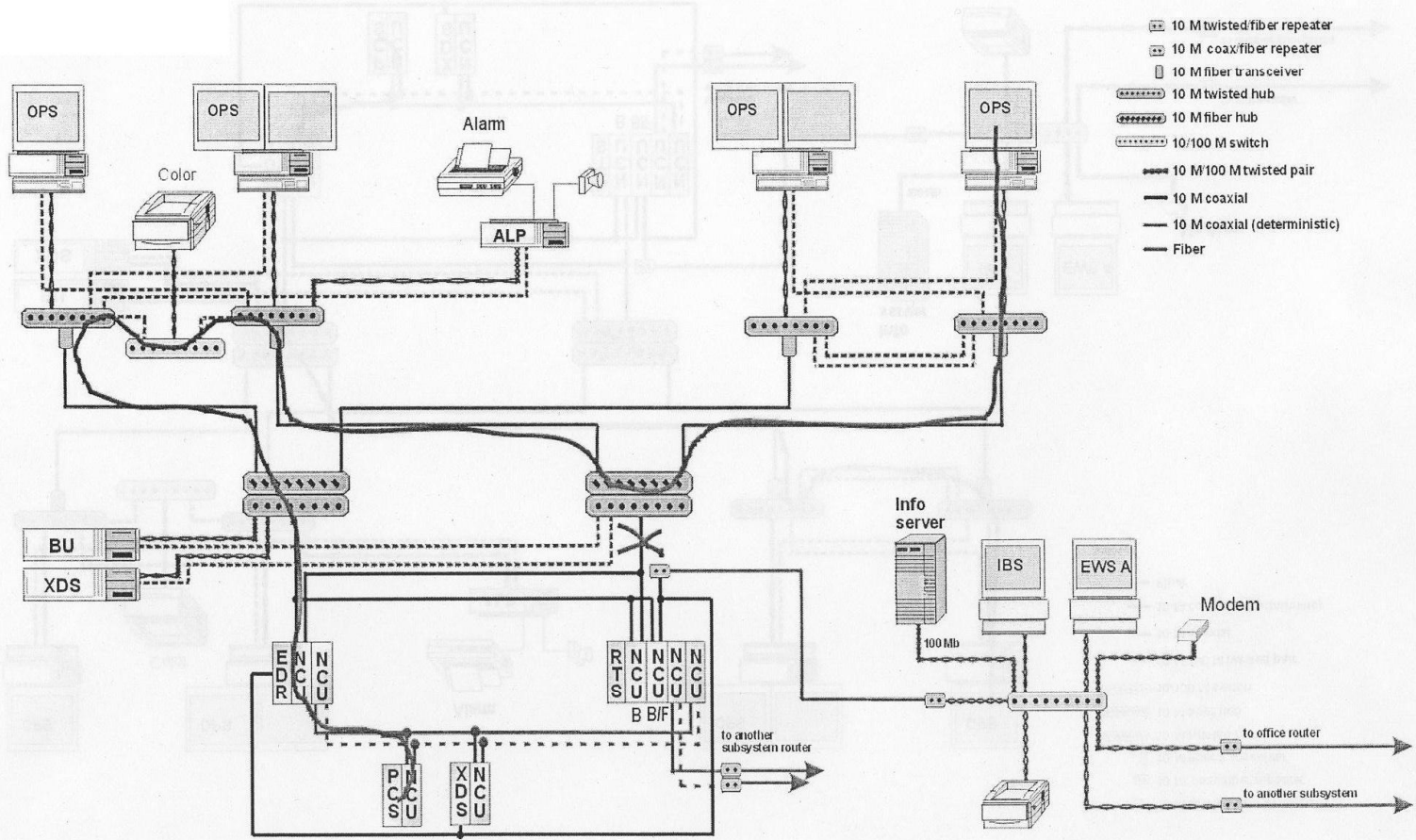
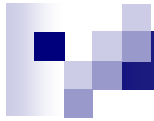


Metso DNA

n DNA:n aktiviteetit jaetaan

- .. Informaation hallinta-aktiviteetit
- .. Ohjaus- ja operointiaktiviteetit
- .. Yhdistettävyyssaktiviteetti, jolla taataan liittynät ulkoisiin laitteisiin kuten logiikat, tietokoneet, OPC-palvelimet, DAMATIC
- .. Alimmaisena kenttäaktiviteetit eli kenttälaitteet ja I/O:t,

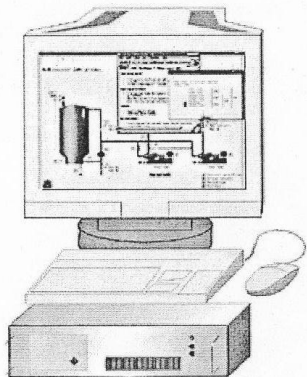




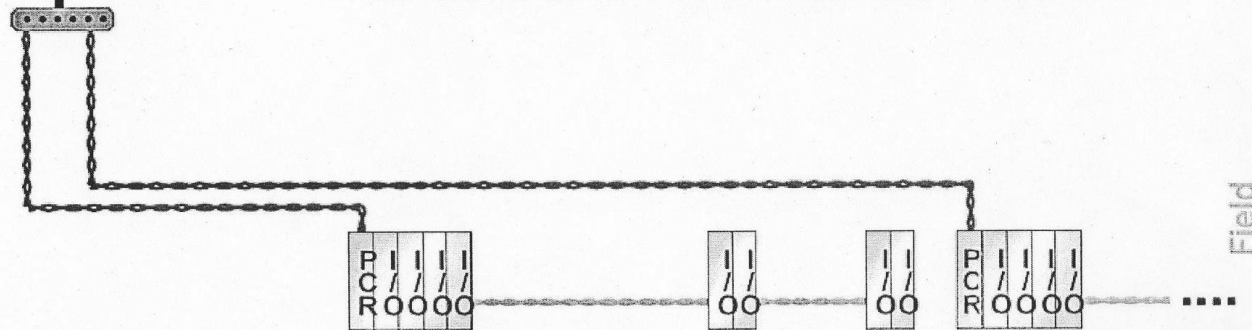
metsoDNA



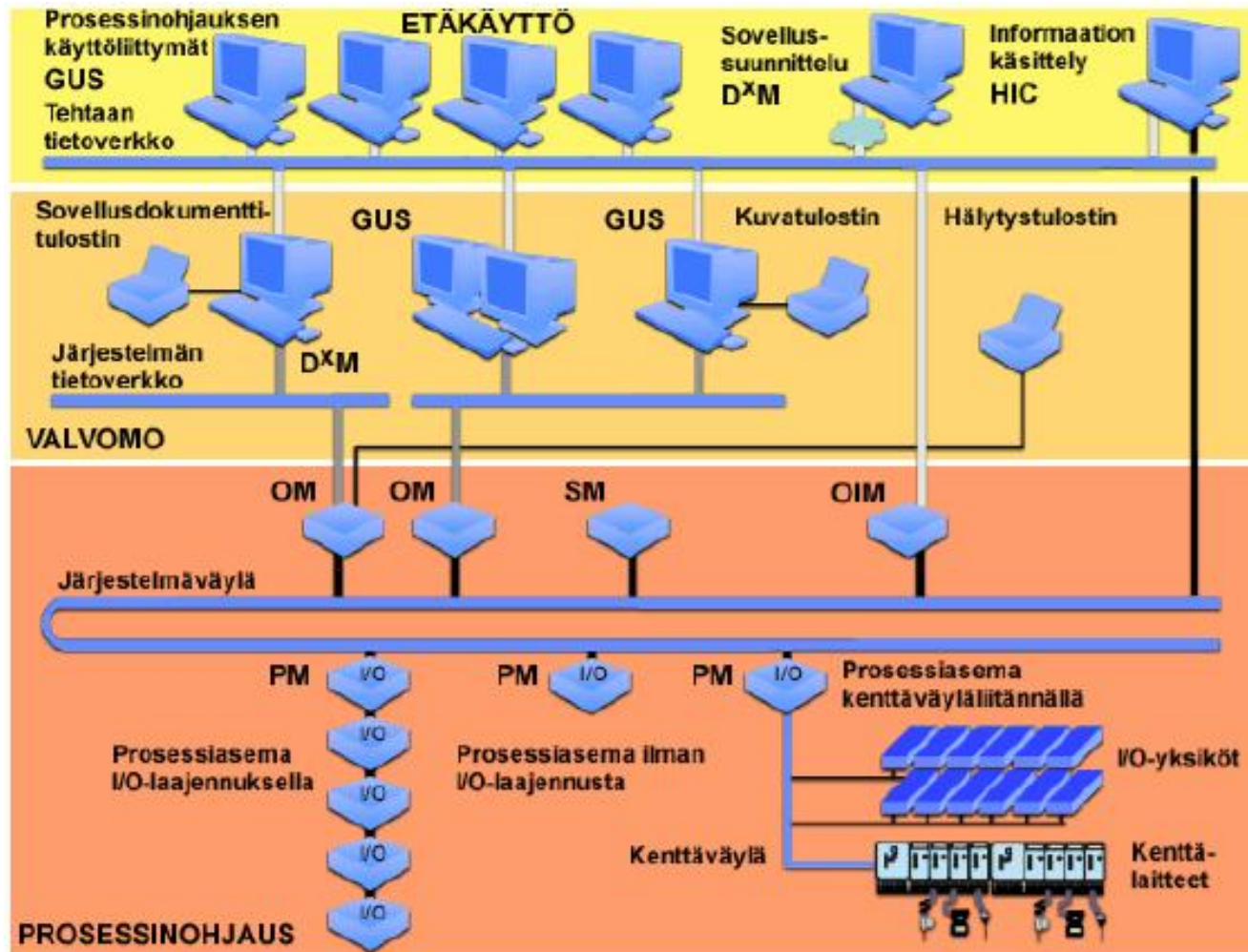
Tai kaikki yhdessä tietokoneessa (Soft DCS)



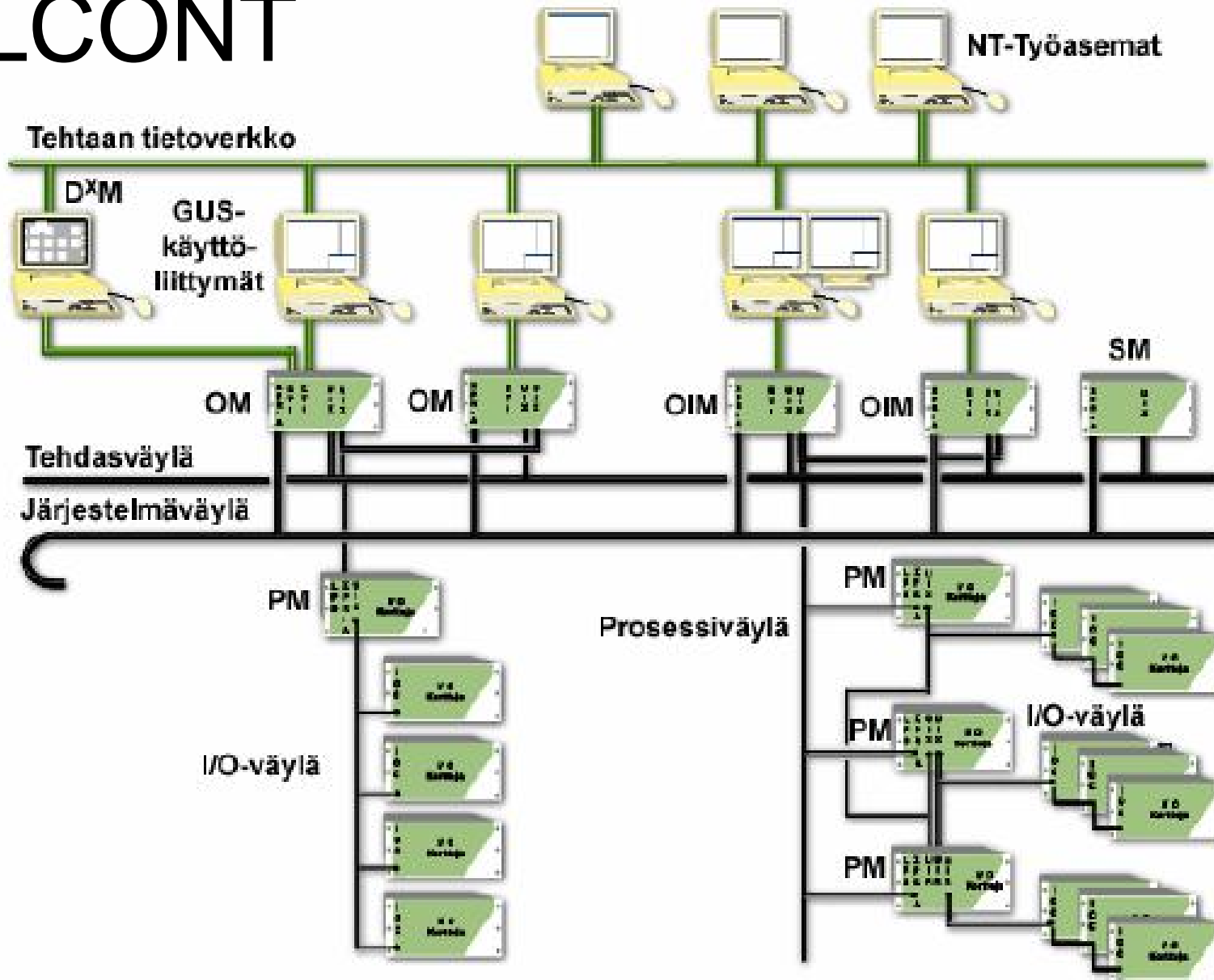
- Pieni ja skaalautuva
- Windows NT työasema
- Standardi hardware
- Erilaisia monipuolisia verkkotyyppejä tarpeiden mukaan
- Kaikki aktiviteetit samassa PC:ssä



ALCONT



ALCONT





Alcont

n perusosa on osasto

- .. yhden tehdasosaston tai osaprosessin ohjaamiseen käytettäväjärjestelmä.
- .. Osasto koostuu järjestelmäväylästä ja siihen liitettävistä asemista
 - n prosessiasema
 - n Valvomoasema
 - n Valvomoliitântäasema
 - n tietواسema.



n **Prosessiasema**

- Prosessiasemien (PM, Process Module) tehtävänä on hoitaa itsenäisesti paikalliset prosessin säätö- ja ohjaustehtävät.
- Mittaustietoa tarvittaessa muille asemille ja asetusarvot ja parametrit muilta asemilta.

n **Valvomoasema**

- Valvomoasema (OM, Operation Module) säilyttää varmuuskopioita osaston varusohjelmistoista ja ohjelmistomäärittelyistä.
- Valvomoasemalla on tiedot järjestelmän rakenteesta eli mukana olevista asemista, tietovarastoista ja tietoväylistä.
- Kerää ja käsittelee hälytyksiä sekä lähettää niitä edelleen valvomoon
- Osastojen tiedonsiirron reititys.

n **Valvomoliitintäasema**

- Valvomoliityntäasema (OIM, Operation Interface Module) toimii yhteysreitteinä valvomolaitteilta järjestelmään.
- Yleensä järjestelmäväylässä



n **Käyttöliittymä**

- Alcont GUS (GUS, Global User Station) on Windows NT-pohjainen
- liittyy Ethernet-väylän kautta tehtaan tietoverkkoon
- välittää käyttäjille sekä prosessiin, tuotantoon että liiketoimintaan liittyvät tiedot
- asetusarvojen ja parametrien syöttö.

n **Tietoasema**

- Laajamittainen historiatietojen keruu ja raportointi.
- Tietoasema liittyy järjestelmään järjestelmäväylän kautta.

n **Sovellusasema**

- Ohjelmistosovellusten suunnitteluun, testaukseen, ylläpitoon ja dokumentointiin.

n **Tiedonkeruu- ja tiedonkäsittelysovellus**

- Käsittelee tietokantoihin kerättyjä esim. prosessi- ja tuotantotietoja, laboratorion analyysejä ja laatutietoja
- Tiedonkeruu- ja käsittelysovellusta käytetään koko tehtaan informaatiolähteenä sekä tuotannon ja prosessien seurantatyökaluna.

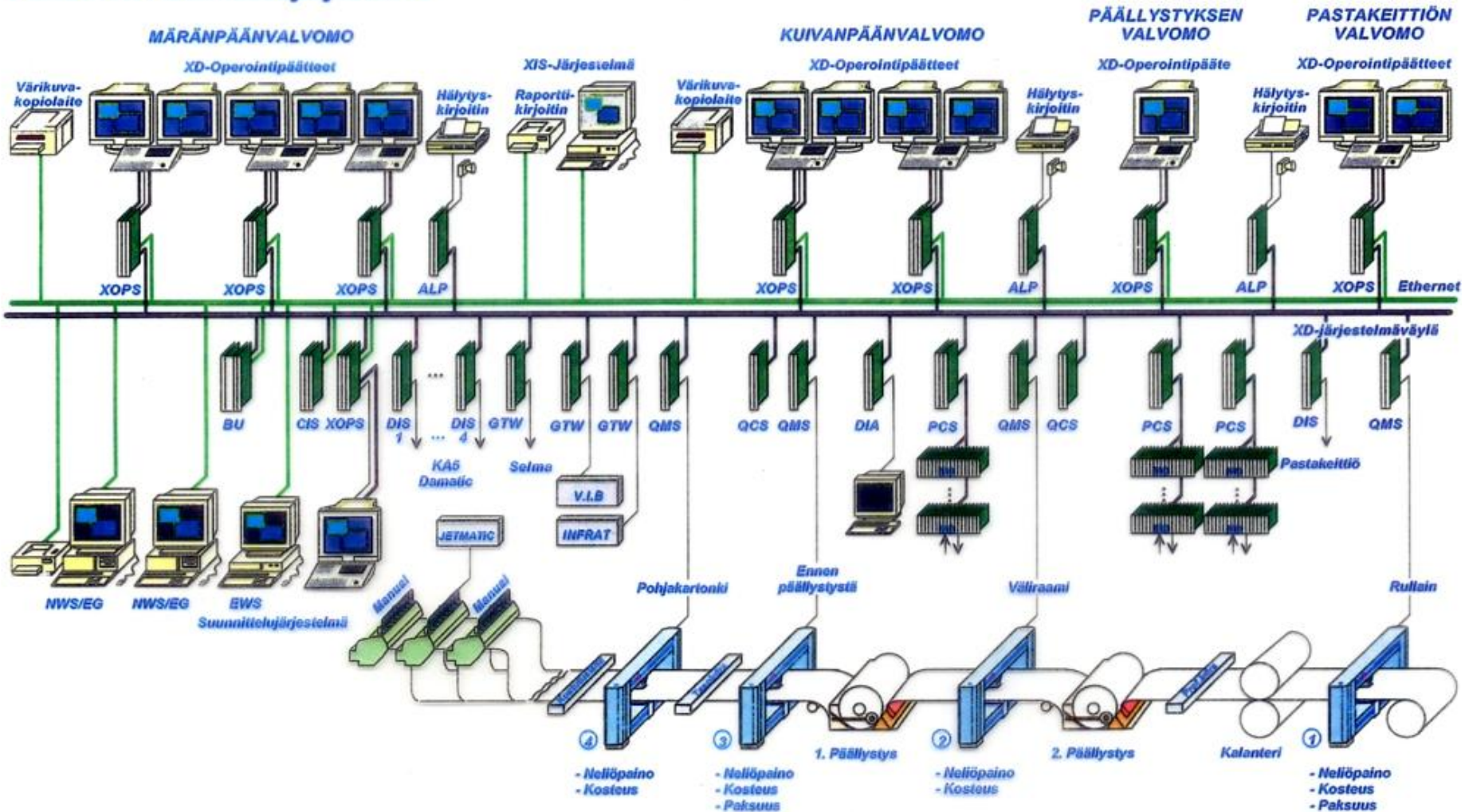


Alcont- väylät

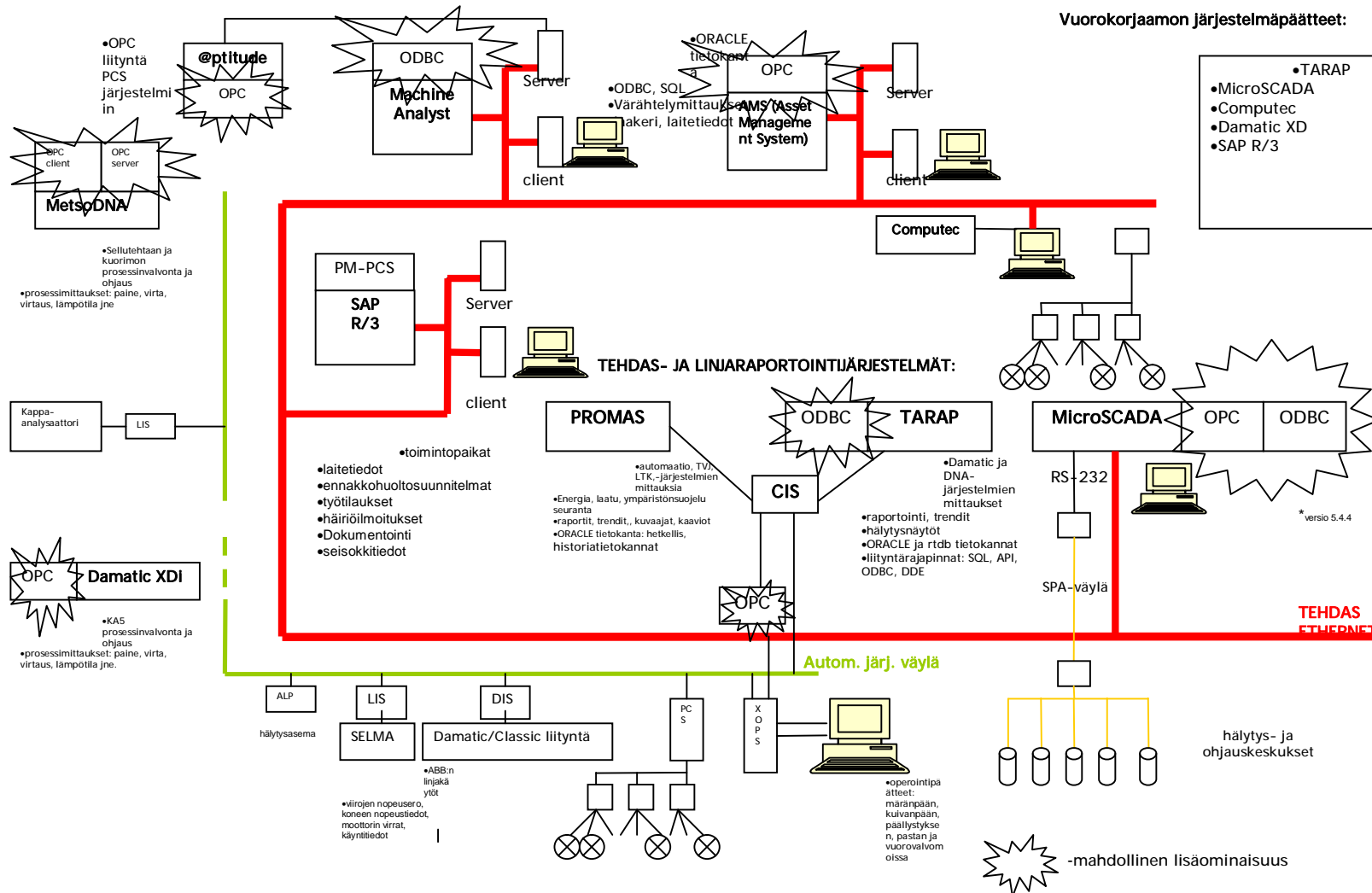
- n Asemat liittyvät toisiinsa toimittajan upline-
väylillä
 - .. kahdennettua koaksiaalikaapelia tai
valokuitua.
- n I/O-väylissä normaalit kenttäväylät, kuten
Interbus, DeviceNet ja Profibus.

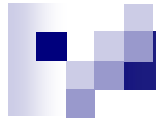
Imatran tehtaat kartonkikone 5

ENSOOY
 Tainionkoski, KA5
 DamaticXDAutomaatiojärjestelmä



Automaatiojärjestelmä esimerkki StoraEnso Imatran tehtaalta





Automaatiojärjestelmä esimerkki

StoraEnso Imatra



PLC, reaaliaikajärjestelmä

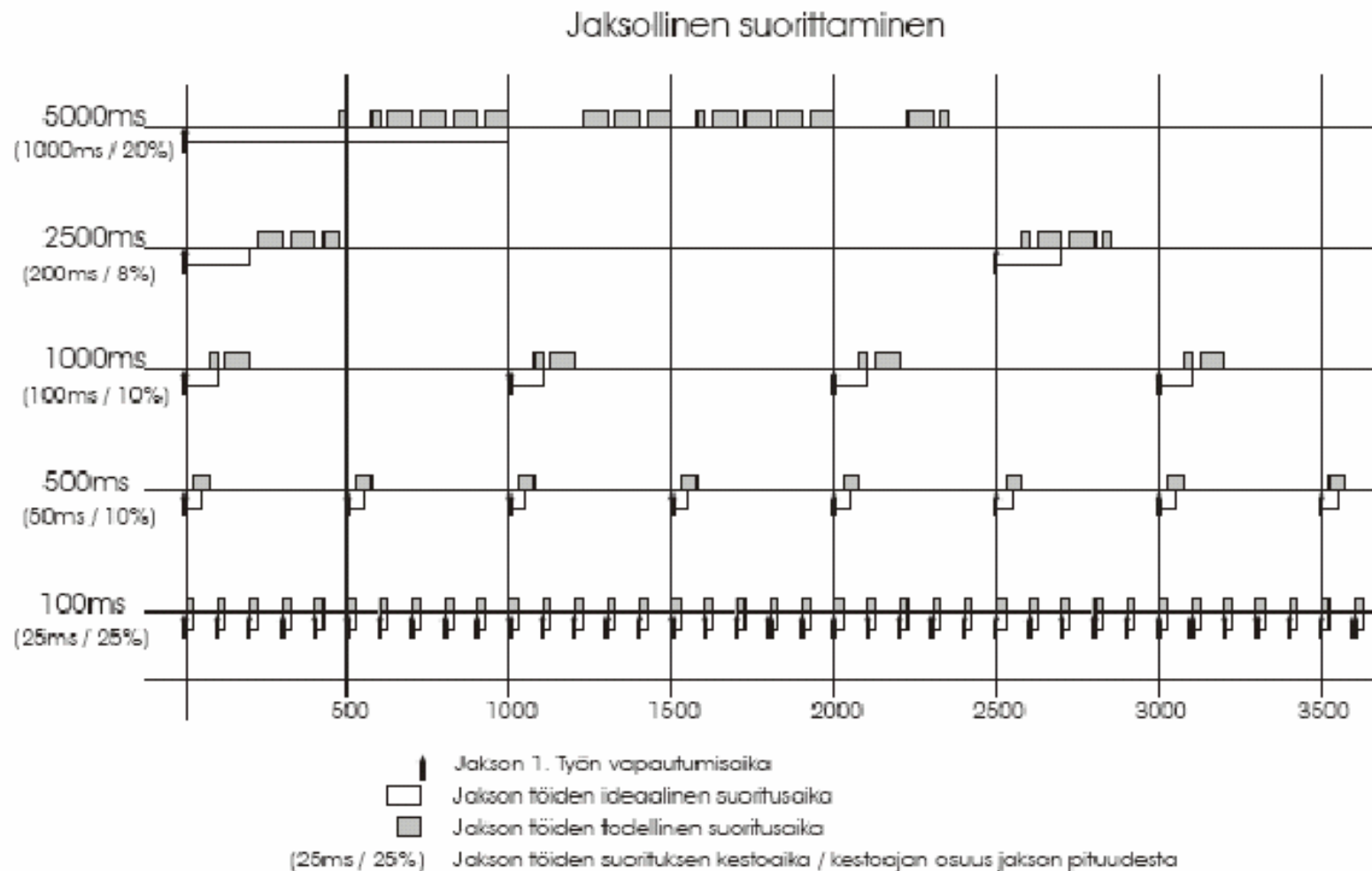
n jaksollinen suorittaminen


- .. synkroninen
- .. suoritusväli voi olla vakio tai se voi riippua koodin määrästä
- .. yksi tai useita eritaajuisia tehtäviä

n tapahtumapohjainen suorittaminen

- .. asynkroninen

Voi olla Preemptive, Rate-monotonic scheduling (RMS)

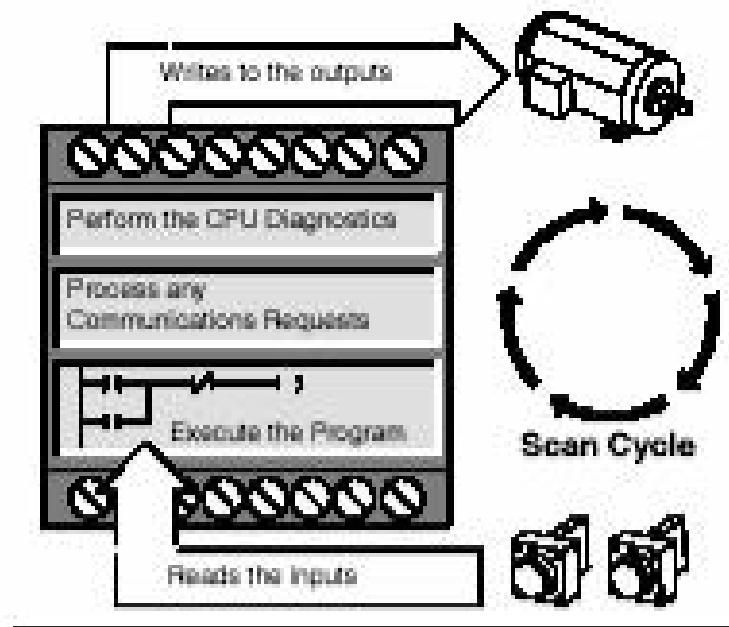
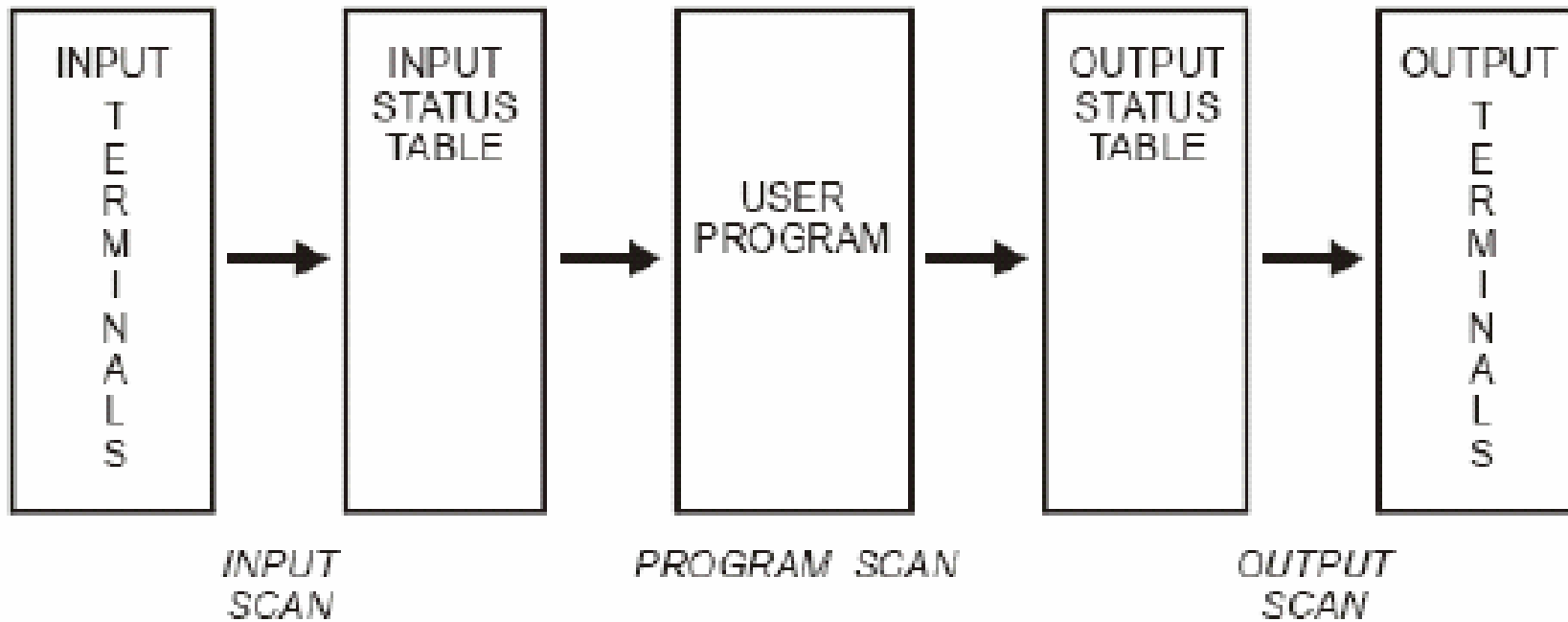




Jaksollinen suorittaminen, perinteinen suoritusmalli

- n Yhden tehtävän malli
 1. Tulojen lukeminen (input scan)
 2. Käyttäjäohjelman suoritus (program scan, execution)
 3. Lähtöjen kirjoitus

- n On siis pollaava järjestelmä (Round Robin)
- n Etuja: yksinkertaisuus, Vaiheessa 1 prosessin tilasta saadaan kokonaiskuva





Tapahtumapohjaisuus, perinteinen malli

1. Tulojen lukeminen (input scan)
 2. Käyttäjäohjelman suoritus (program scan, execution)
 3. Lähtöjen kirjoitus
- n Ja näiden rinnalla tapahtumapohjaiset tehtävät, jotka käynnistetään keskeytyksin
 - n On siis pollaava järjestelmä keskeytyksin (Round-Robin keskeytyksin, with interrupts)
 - n Etuja: yksinkertaisuus, Vaiheessa 1 prosessin tilasta saadaan kokonaiskuva ja pystyy vastaamaan nopeasti haluttuihin tehtäviin



Tapahtumapohjaisuus, muut mallit

n Funktiojonoajoitus

- Voidaan toteuttaa edellisessä mallissa yksinkertaisimillaan siten, että tulojen lukemisen jälkeen tarkastetaan onko ajettavia tehtäviä, ne suoritetaan FIFO-periaattella ja sen jälkeen suoritetaan mahdollinen jaksollinen käyttäjäohjelma
 - n Tehtävä tulee ajettavaksi tapahtumapohjaisesti joko aikataulutuksen (synkroninen tehtävä) tai keskeytyksen johdosta



Tapahtumapohjaisuus, muut mallit

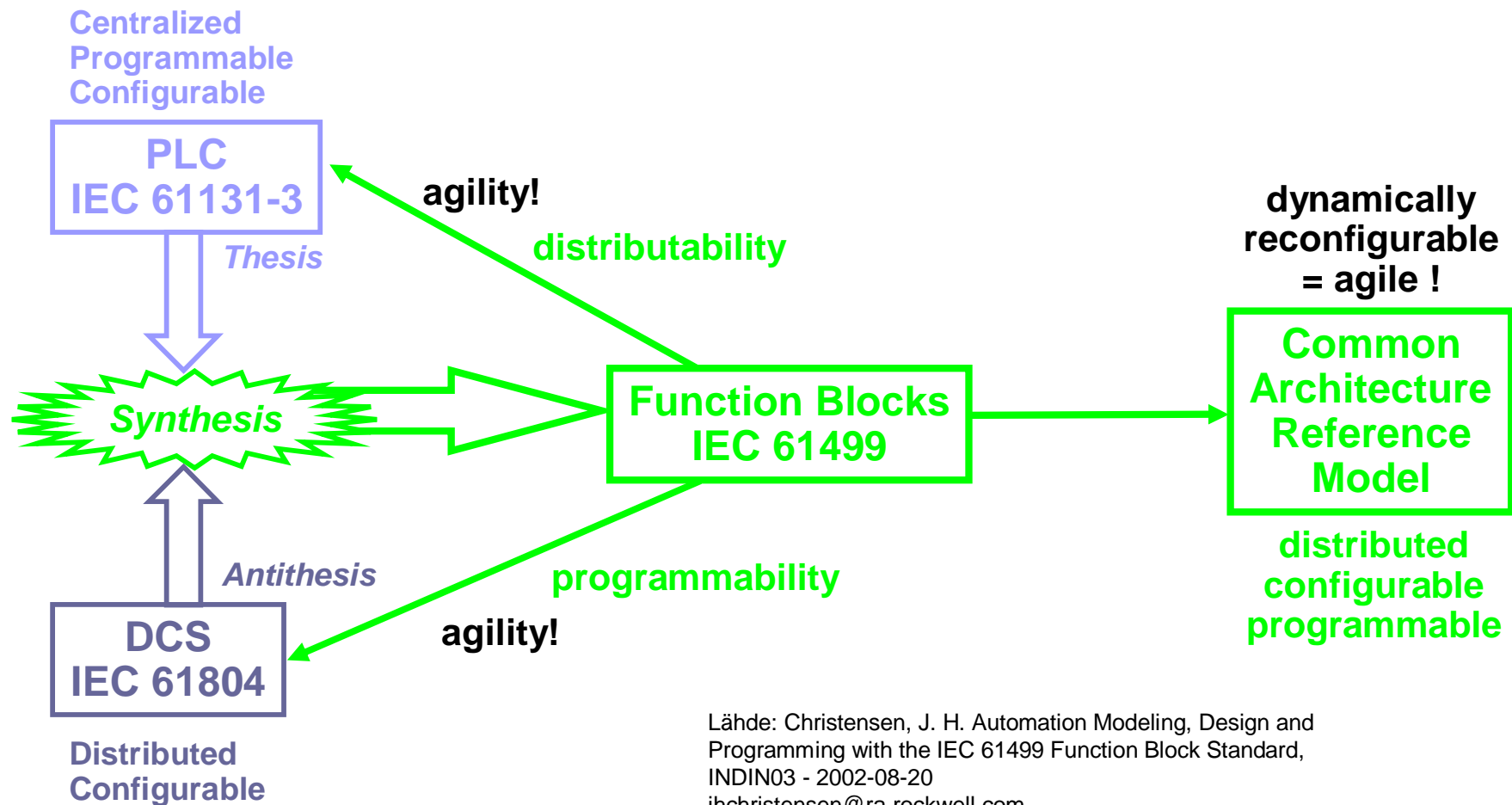
- n Tehtävien prioriteettiin perustuva malli
 - .. Preemptive
 - .. Non preemptive



PLC-rakenteet

- n Integroitu CPU, IO:t
- n Räkkipohjainen CPU-moduulit, IO-moduulit, väylä-moduulit
- n Hajautettu IO
- n "Softa-PLC" , esim. Windows, Nucleus tai LINUX-käyttöjärjestelmällinen tietokone jossa ajetaan käyttäjäohjelma, kenttäväylä ja IO-moduulit

IEC -standardit



Lähde: Christensen, J. H. Automation Modeling, Design and Programming with the IEC 61499 Function Block Standard, INDIN03 - 2002-08-20
jhchristensen@ra.rockwell.com
<http://www.rockwell.com>
<http://www.holobloc.com>




IEC 61131

- n IEC 61131-1: General information
 - “ sisältää aiheeseen liittyvät määrittelyt.
- n IEC 61131-2: Equipment requirements and tests
 - “ sähköiset, mekaaniset ja toiminnalliset vaatimukset PLC-laitteille sekä menetelmät niiden todentamiseen.
- n IEC 61131-3: Programming languages
 - “ kielen syntaksi , sisältö



IEC

- n IEC 61131-4: User guidelines
 - .. Ohjeita ja kuvauksia käyttäjälle laitteiden määrittelyssä ja valinnassa.
- n IEC 61131-5: Messaging service specification
 - .. Määrittelee hajautettujen ratkaisujen kommunikointimenetelmiä.
- n IEC 61131-7: Fuzzy control programming
 - .. Standardoi sumean logiikan ohjelmoinnin osan kolme kielillä.
- n IEC 61131-8: Guidelines for the application and implementation of programming languages
 - .. Ohjeita ohjelmoijille sovellusten toteuttamiseksi.



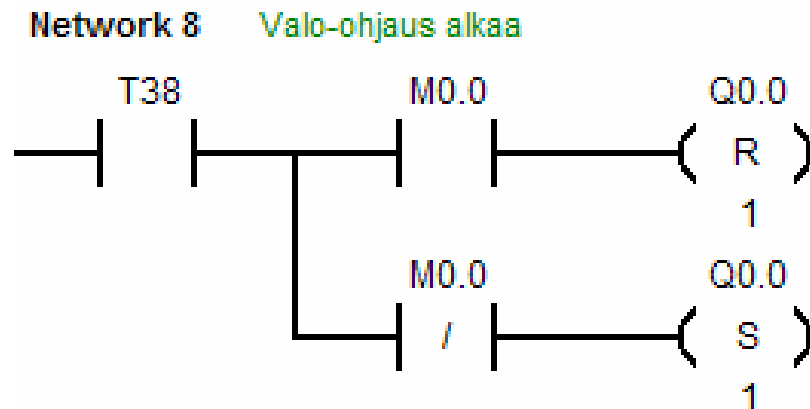
IEC 61131-3

n Syntaksi, esitystavat

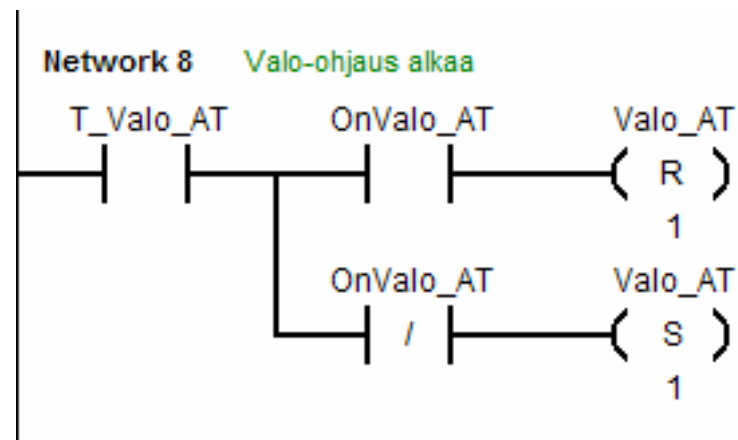
1. Käskylista (Instruction List, IL)
2. Rakenteellinen teksti (Structured Text, ST)
3. Tikapuukaavio (Ladder Diagram, LD)
4. Toimilohkokaavio (Function Block Diagram, FBD)
5. Askelkaavio (Sequential Function Chart, SFC)

PLC-järjestelmä voi toteuttaa kaikkia tai osan näistä

Tikapuukaavio LAD



muuttujat esitettävissä useimmissa ohjelmointiympäristöissä symbolisina





Käskylista IL

n NETWORK 8 //Valo-ohjaus alkaa

n // MEND

n LD T38

n LPS

n A M0.0

n R Q0.0, 1

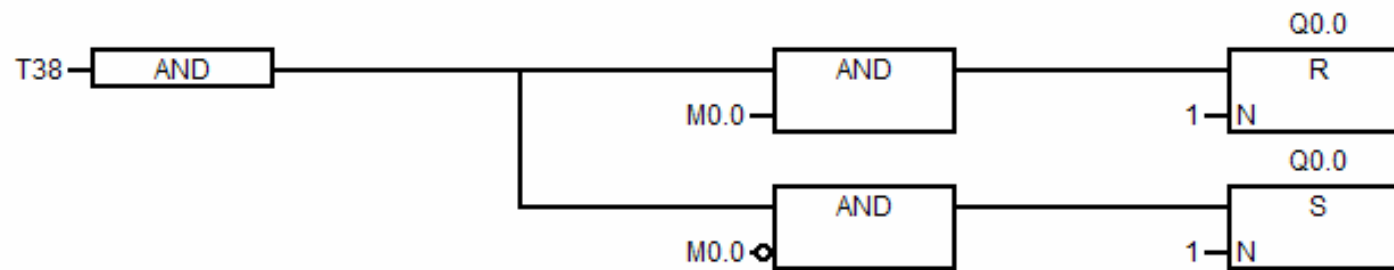
n LPP

n AN M0.0

n S Q0.0, 1

Toimilohkokaavio (FBD)

Network 8 Valo-ohjaus alkaa





Rakenteellinen teksti (ST)

```
IF A > B & C < B THEN
  D := 1;
ELSEIF A = B + 2 THEN
  D := 2;
  C := 0;
ELSE
  D := 3;
END_IF;
```

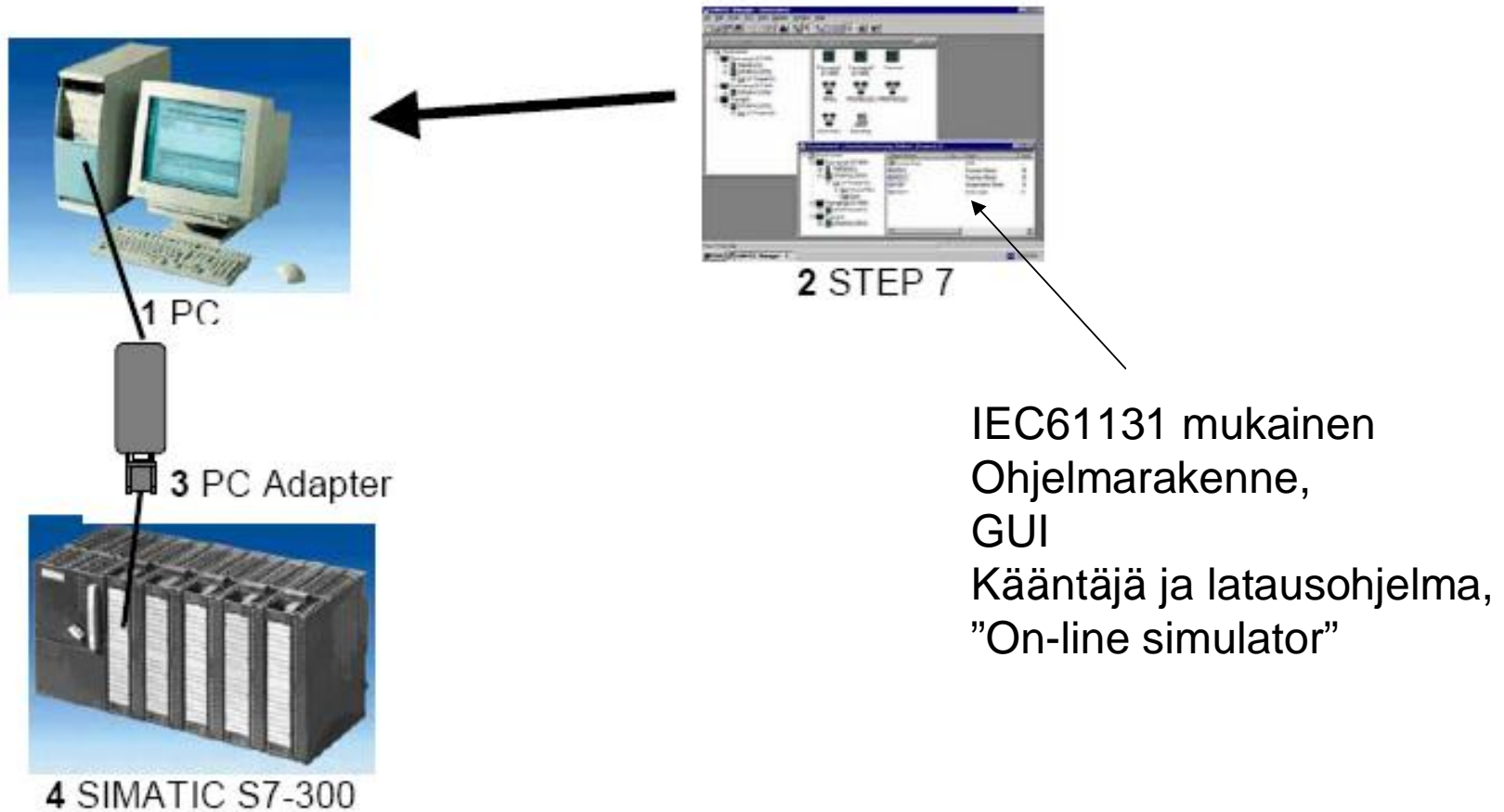


ASKELKAAVIO (SFC)

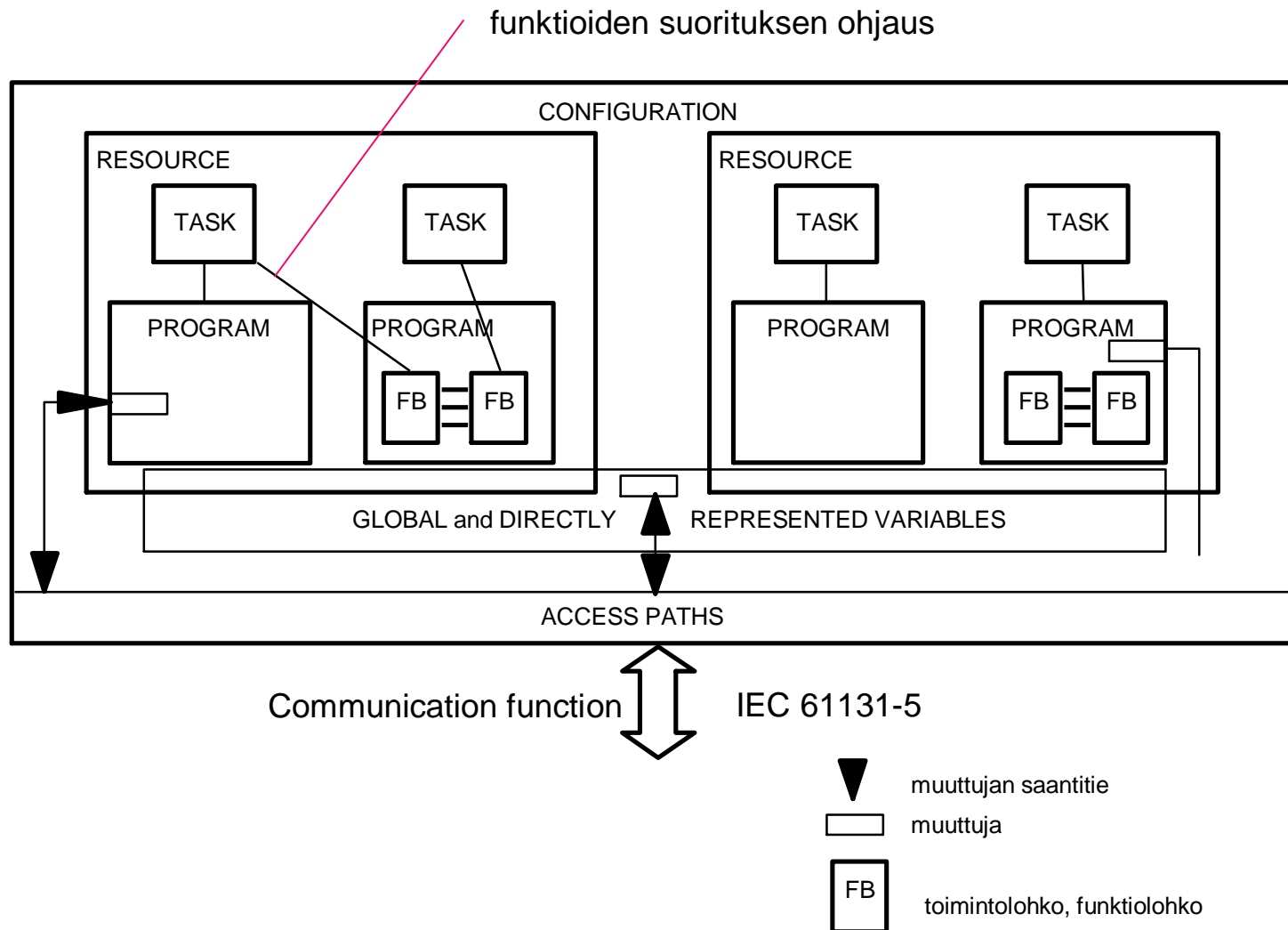
- n Kuvaa ohjelman käyttäytymistä sekvesseissä
- n koostuu askelista (steps), toiminnoista (actions) ja siirtymäehdoista (transitions).
- n Siirtymäehdon ollessa tosi otetaan askel ja suoritetaan sekvenssiin kuuluvia toimintoja esim aliohjelmilla



Ohjelmistoympäristömalli



Ohjelmistomalli





IEC tietotyypit

Elementary Data Types	Data Type Size	Description	Range
BOOL	1 bit	Boolean	0 to 1
BYTE	8 bits	Unsigned Byte	0 to 255
BYTE	8 bits	Signed Byte (SIMATIC mode for SHRB instruction only)	-128 to +127
WORD	16 bits	Unsigned Integer	0 to 65,535
INT	16 bits	Signed Integer	-32768 to +32767
DWORD	32 bits	Unsigned Double Integer	0 to 4294967295
DINT	32 bits	Signed Double Integer	-2147483648 to +2147483647
REAL	32 bits	IEEE 32 bit floating point	+1.175495E-38 to +3.402823E+38 -1.175495E-38 to -3.402823E+38

Lisäksi rakenteelliset tietotyypit

IEC 61131-3 käskyjä IL

No.	Operator	Modifiers	Operand	Semantics
1	LD	N	many	Set current result equal to operand
2	ST	N	many	Store current result to operand location
3	S R	Note 3 Note 3	BOOL BOOL	Set Boolean operand to 1 Reset Boolean operand to 0
4	AND	N, (	BOOL	Boolean AND
5	&	N, (	BOOL	Boolean AND
6	OR	N, (	BOOL	Boolean OR
7	XOR	N, (	BOOL	Boolean Exclusive OR
8	ADD	(	many	Addition
9	SUB	(	many	Subtraction
10	MUL	(	many	Multiplication
11	DIV	(	many	Division
12	GT	(	many	Comparison: >
13	GE	(	many	Comparison: >=
14	EQ	(	many	Comparison: =
15	NE	(	many	Comparison: <>
16	LE	(	many	Comparison: <=
17	LT	(	many	Comparison: <
18	JMP	C, N	LABEL	Jump to label
19	CAL	C, N	NAME	Call function block (note 4)
20	RET	C, N		Return from called function or function block
21	)			Evaluate deferred operation

IEC 61131-3 käskyjä LAD

Instructions

Bit Logic

—| |	—| |	Normally Open
—| |	—|/|	Normally Closed
—| |	—| |	Normally Open Immediate
—| |	—|/|	Normally Closed Immediate
—| |	—|NOT|	NOT
—| |	—|P|	Positive Transition
—| |	—|N|	Negative Transition
— <	—)	Output
— <	— I|	Output Immediate
— <	— S|	Set (1 bit)
— <	— SI|	Set Immediate (N bits)
— <	— R|	Reset (1 bit)
— <	— RI|	Reset Immediate (N bits)
—|	—|NOP	No Operation
—|	—|SR	Set Dominant Bistable
—|	—|RS	Reset Dominant Bistable

Instructions

Numeric

—|	—|SQRT	Square Root
—|	—|SIN	Sine
—|	—|COS	Cosine
—|	—|TAN	Tangent
—|	—|LN	Natural Logarithm
—|	—|EXP	Natural Exponential
—|	—|PID	PID Calculation



Toimilohkot (function blocks)

n Ohjelma voidaan jakaa rakenteisiin osiin

```
FUNCTION_BLOCK FunktionNimi
```

```
VAR_INPUT:
```

```
X: INT;
```

```
Y: INT;
```

```
END_VAR
```

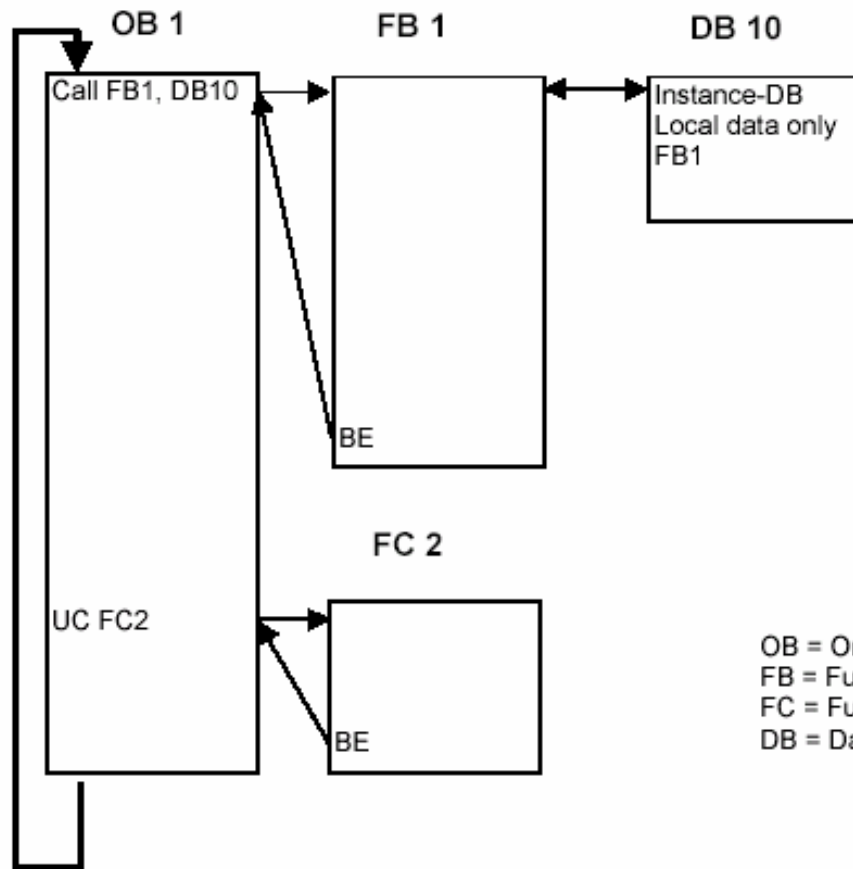
```
VAR_OUTPUT:
```

```
Z: INT;
```

```
END_VAR
```

```
// funktion koodi
```

```
END_FUNCTION_BLOCK
```



OB:ssä kutsu

CALL FB 1, DB10

Inputs:

- In-Button S0 = I 0.0
- Out-Button S1 = I 0.1

Outputs:

- Band motor = Q 4.0

Memory bits:

- Cycle counter = MD20

OB = Organization block
 FB = Function block
 FC = Function
 DB = Data block

Lähde: Simatic S7-300 function blocks



IEC 61158 kenttäväylät

- n Digital datacommunications for measurement and control – Fieldbus for use in industrial control systems).
- n 8 eri standardiväylää
 1. Foundation Fieldbus (<http://www.fieldbus.org/>)
 2. ControlNet (<http://www.controlnet.org/>)
 3. Profibus (<http://www.profibus.com/>)
 4. P-Net (<http://www.p-net.dk/>)
 5. Fieldbus Foundation, High-Speed Ethernet (<http://www.fieldbus.org/>)
 6. SwiftNet (<http://www.shipstar.com/swiftnet.html>)
 7. WorldFIP (<http://www.worldfip.org/>)
 8. Interbus-S (<http://www.interbusclub.com/>)



IEC 61499

- n Toimilohkoihin perustuva hajautettu automaatiojärjestelmä
 - 61499 –mallin mukaiset toimilohkot voivat käyttää kenttäväylän toimintoja suoraan hyväkseen.
 - n Toimilohkomalli (Function block model)
 - rakenne, käyttö ja arkkitehtuuri
 - n Sovelluksen hallintamalli (Management model).
- n Ensimmäinen kaupallinen sovellus olemassa
 - www.isagraf.com/

IEC 61499 kokonaisuus

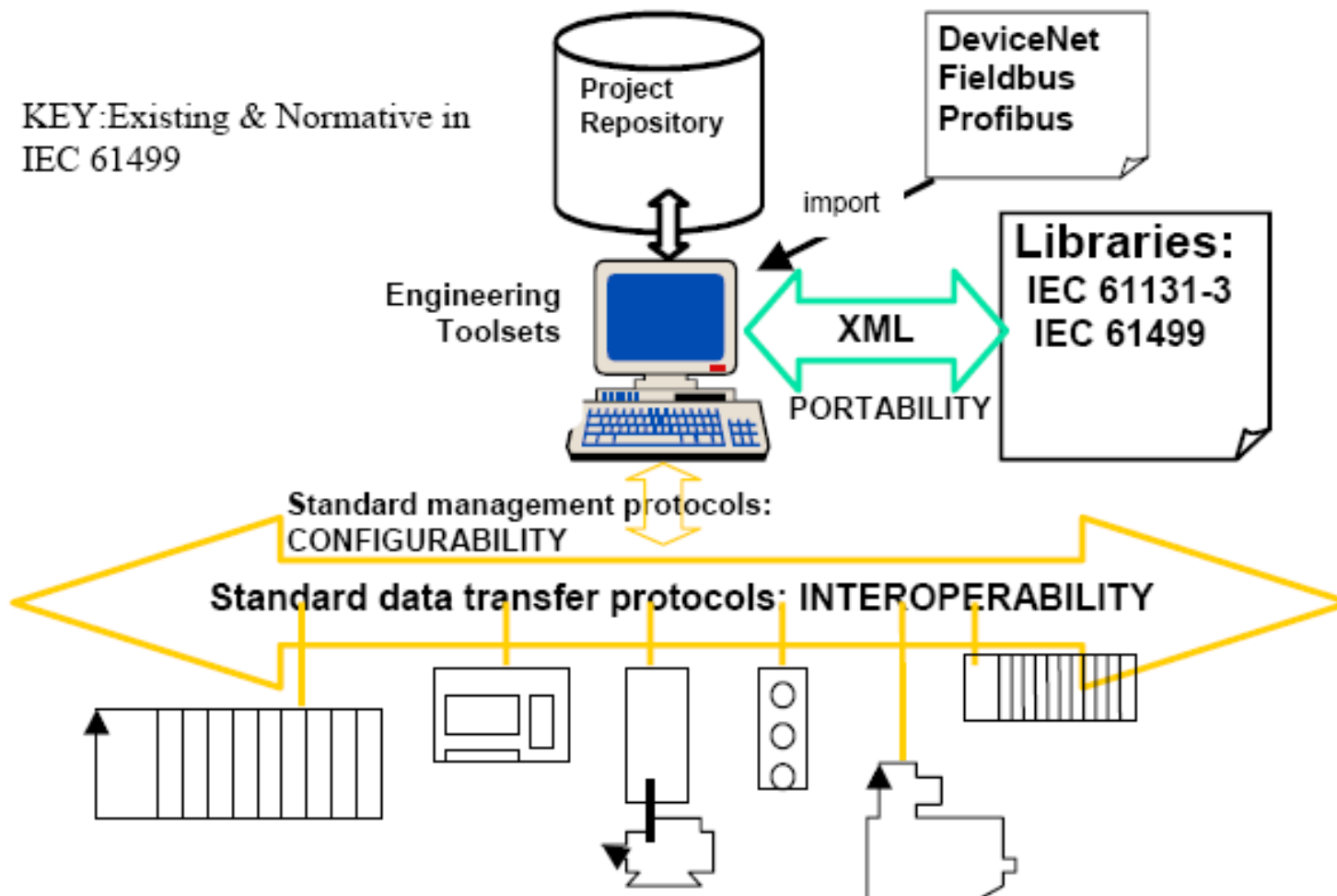
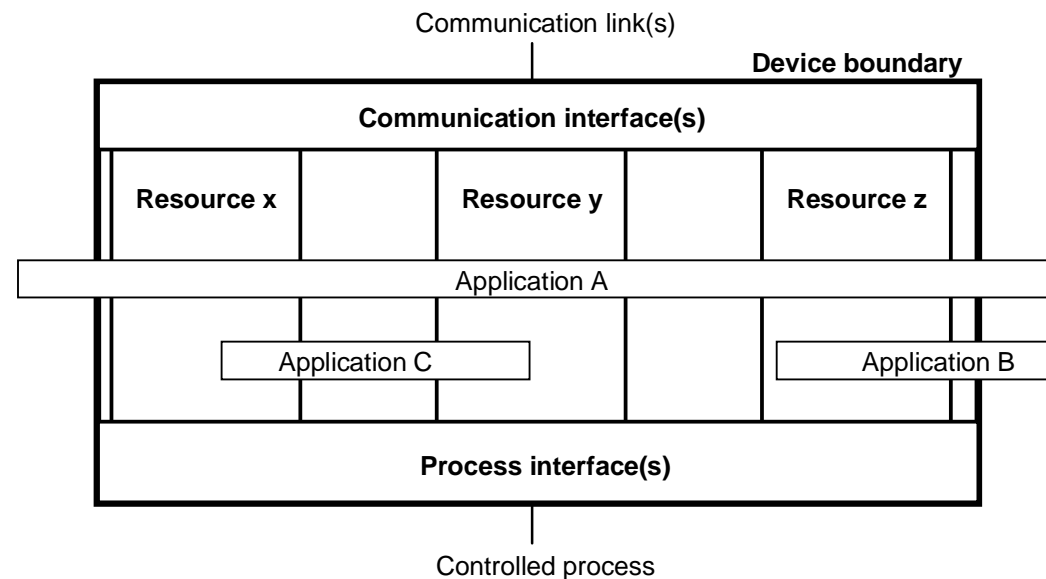


Fig.2.2.1 Distributed intelligent devices & controllers

IEC 61499

- n sovellus voidaan hajauttaa eri laiteresursseille
 - .. älykkäät laitteet osana automaatiota
- n Prosessien välinen kommunikointi
 - .. toimilohkojen hajautus





IEC 61499 Tavoitteita ja ominaisuuksia

- n Yksikäsitteisyys
- n Fyysinen rekonfiguroitavuus
 - johtaa hajautettuun automaatioon
- n Ohjelmien rekonfiguroitavuus
- n IP, softan kapselointi ja uudelleenkäytettävyys
- n aikataulutus
- n tilakoneet
- n dynaaminen rekonfiguroitavuus



Arkkitehtuuri kattaa

- n Aikataulutus
- n Kommunikation ja suorituksen vuorovaikutus (tapahtumat)
- n Vasteaikavaatimukset
- n Vaihtoehtoisten algoritmien valinta
- n Tilakoneet esim. ECC (Execution Control Chart)
- n Kapselointi ja uudelleenkäytettävyys
- n Dynaaminen uudelleenmäärittely (Agility)



Seuraavat kalvot kopioitu

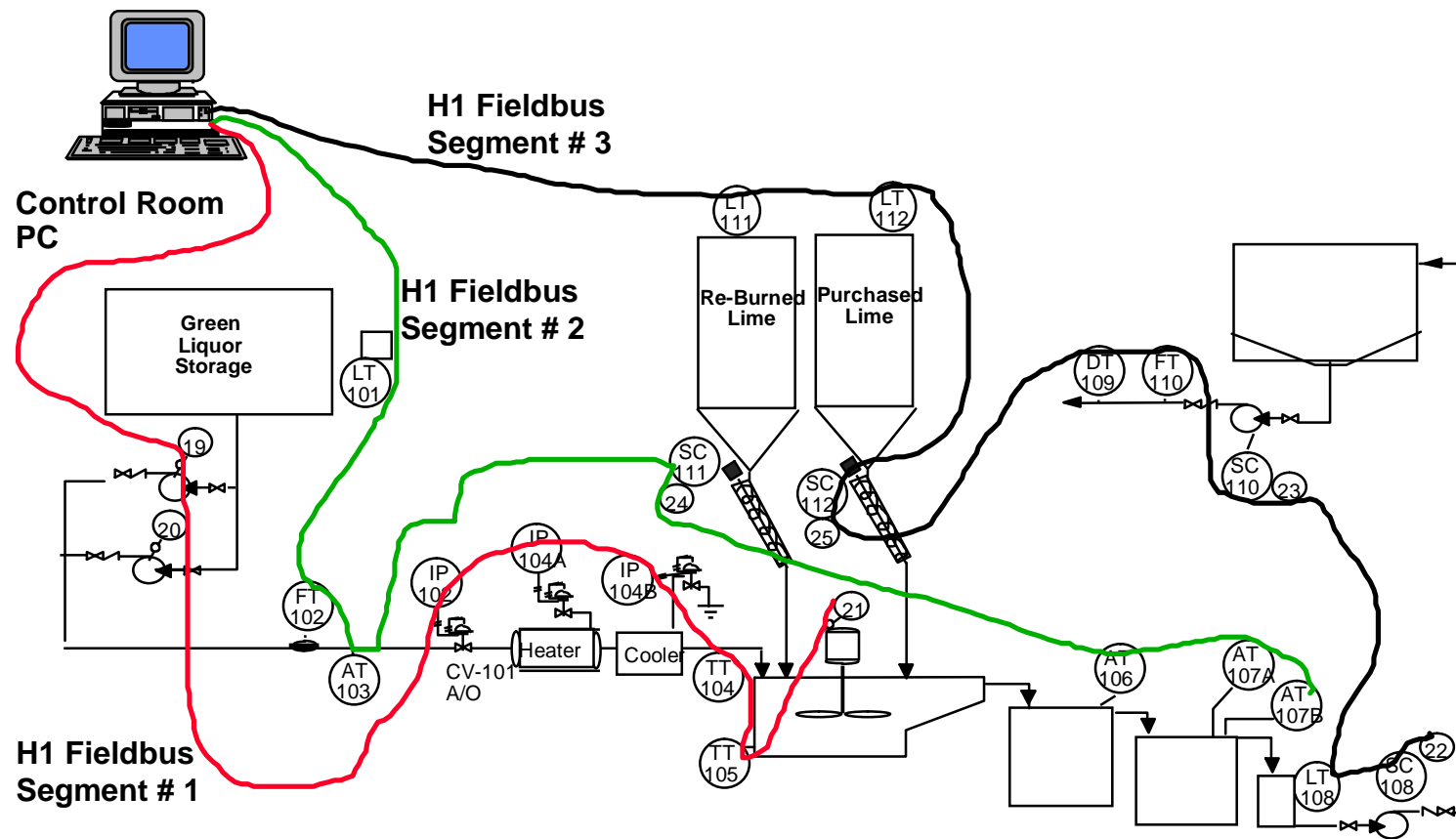
*n*presented at:

Distributed Automation 2000
Magdeburg, Germany
2000-03-22

*n*by:

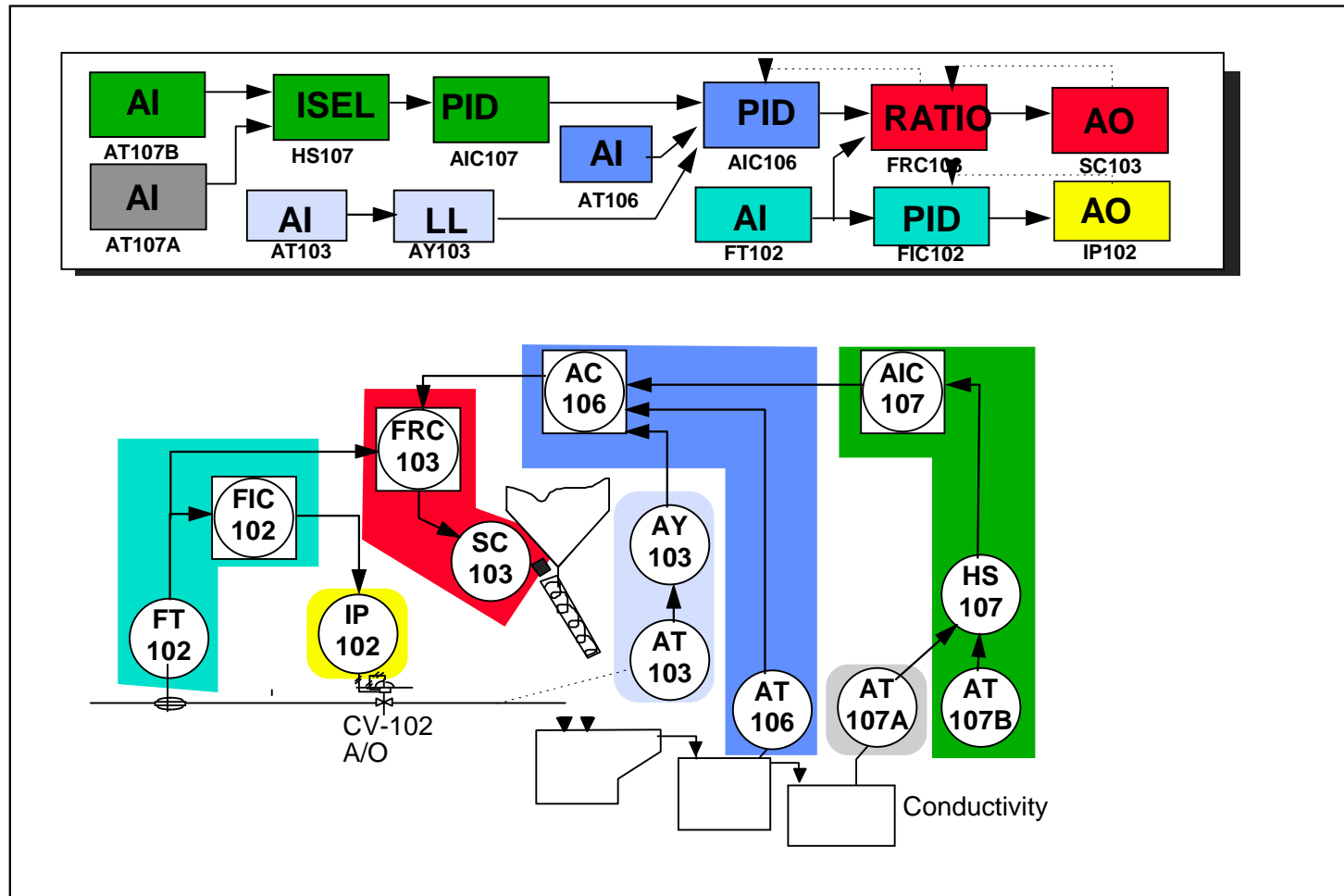
JAMES H. CHRISTENSEN , Ph.D.
IEC 61499 Project Leader
Senior Principal Engineer
Rockwell Automation
JHChristensen@ra.rockwell.com

Toimintalohkot IEC 61804 Fyysinen näkymä



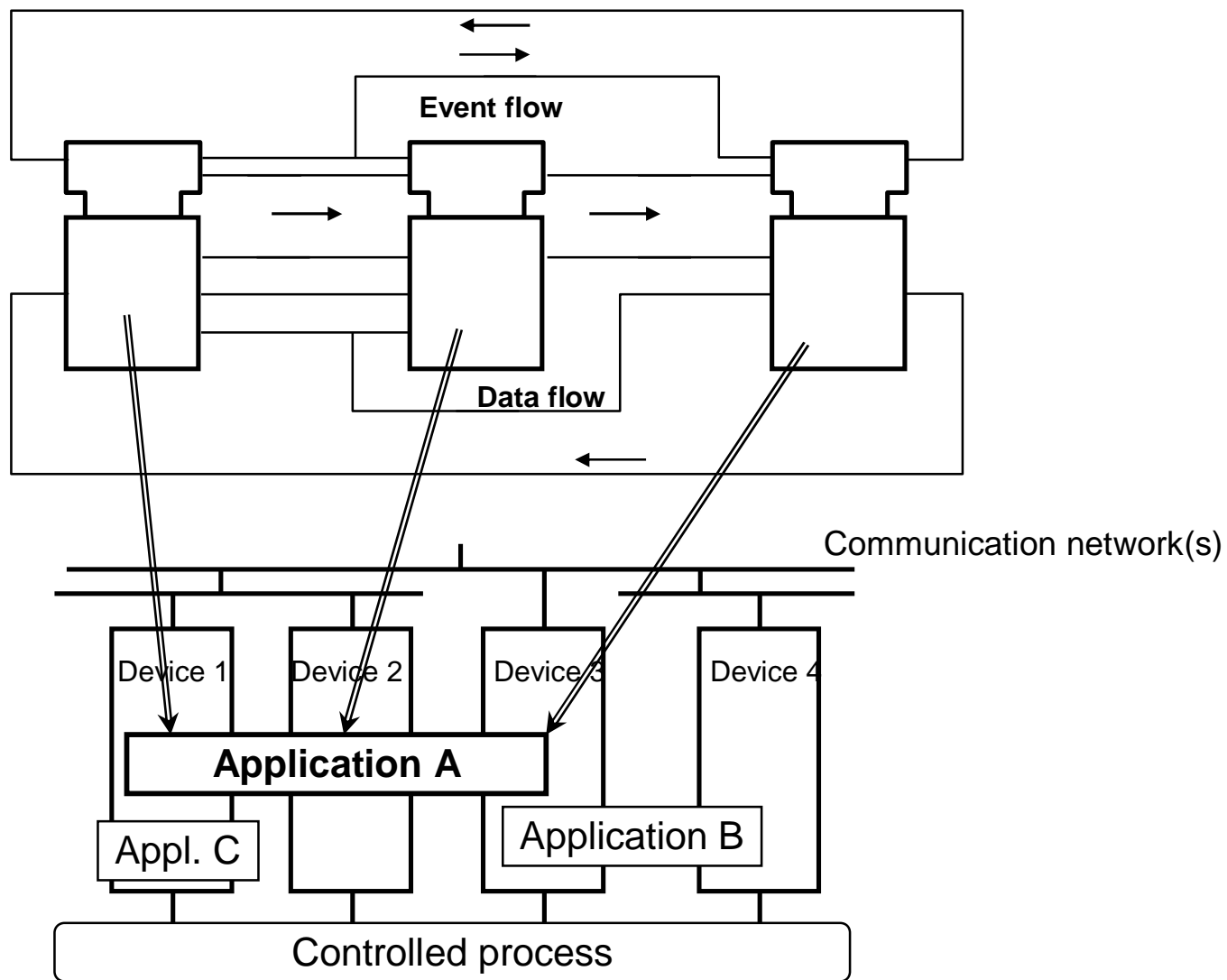
Lähde: JAMES H. CHRISTENSEN , Ph.D.

Looginen näkymä

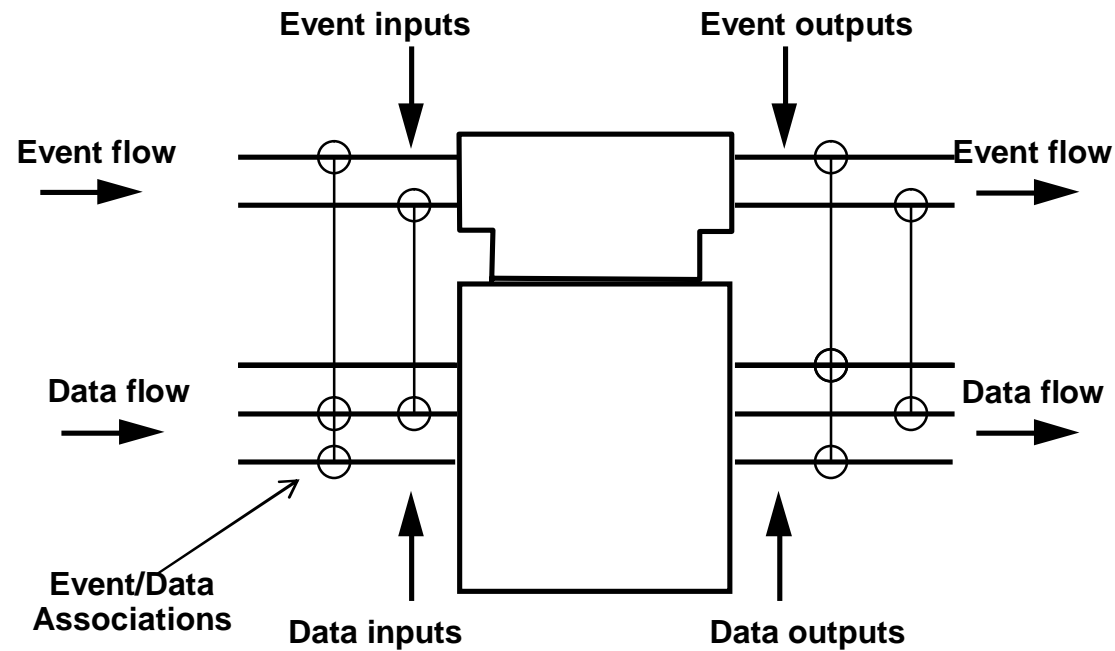


Lähde: JAMES H. CHRISTENSEN , Ph.D.

Hajautetut sovellukset

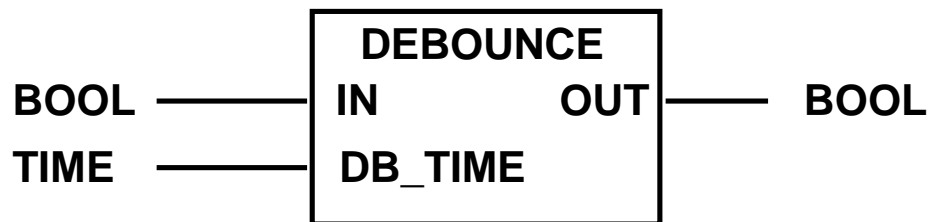


Tapahtumien ja datan rajapinnat



Datan kapselointi ja uudelleenkäyttö

IEC 61131-3

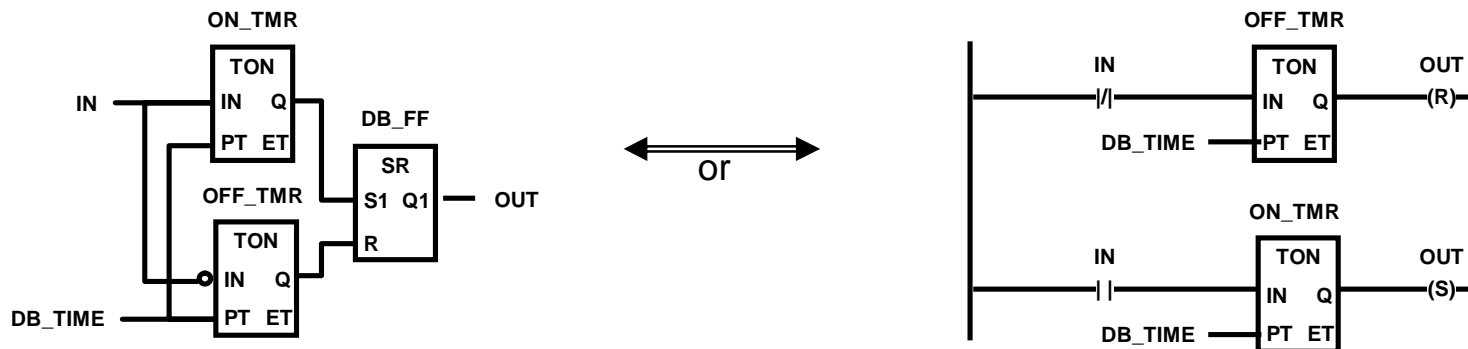


External Interface Specification



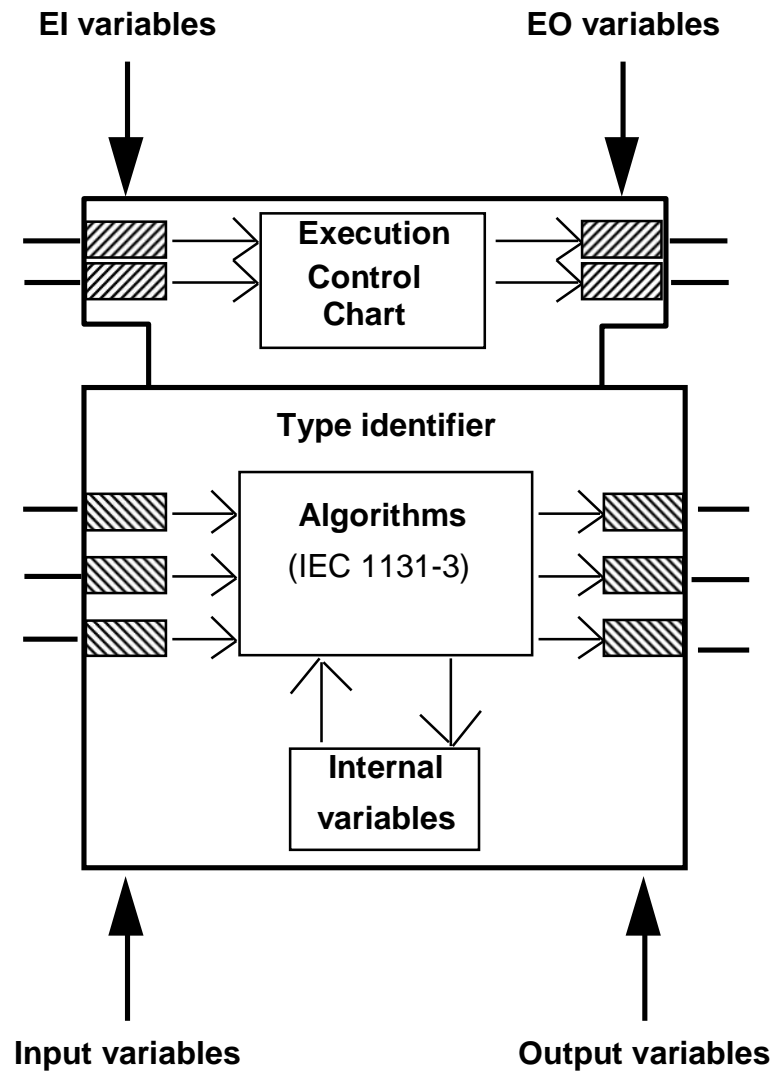
Eli lohkon sisäinen toiminta voidaan muuttaa lohko säilyy ohjelmassa ennallaan

Control Algorithm Specification



Datan kapselointi ja uudelleenkäyttö

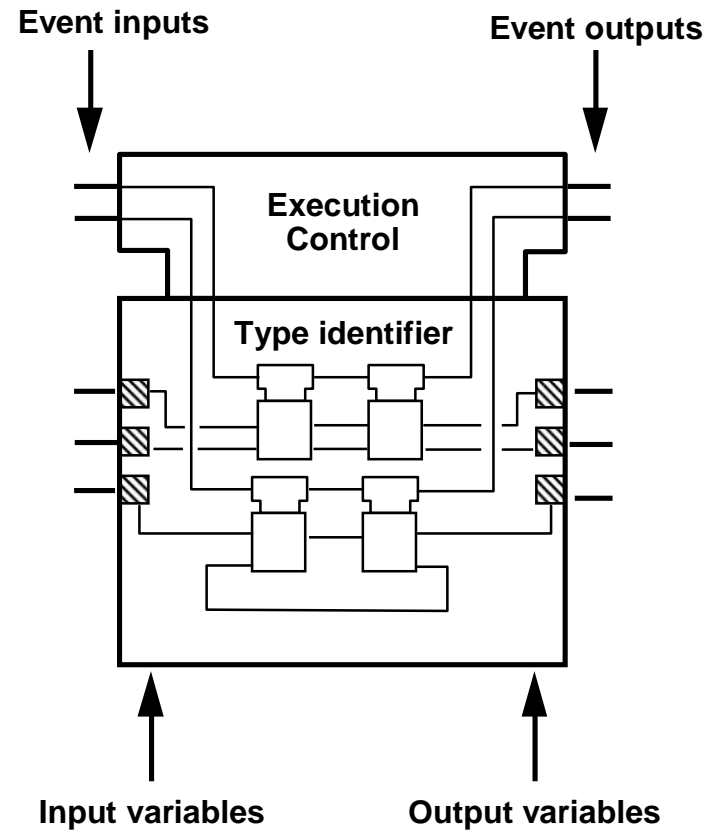
IEC 61499: Toimintolohko (function block)



Datan kapselointi ja uudelleenkäyttö

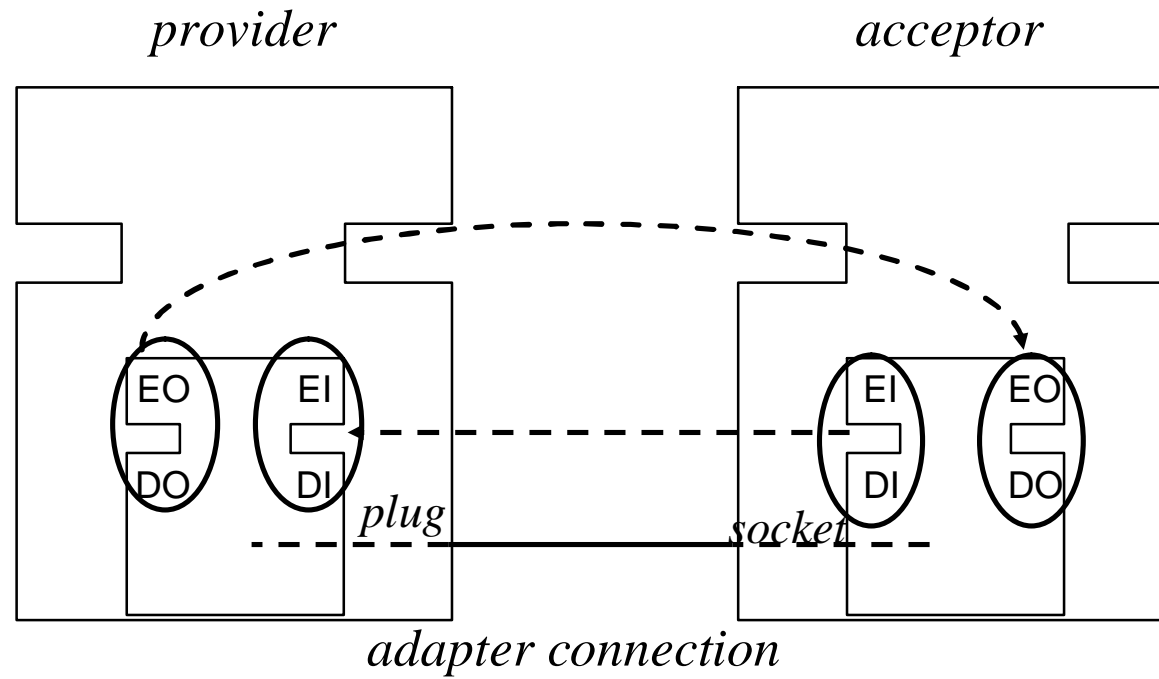
IEC 61499

- n Funktionaalinen rakenne
- n Uudelleenkäytettävyys
- n Atomisuus

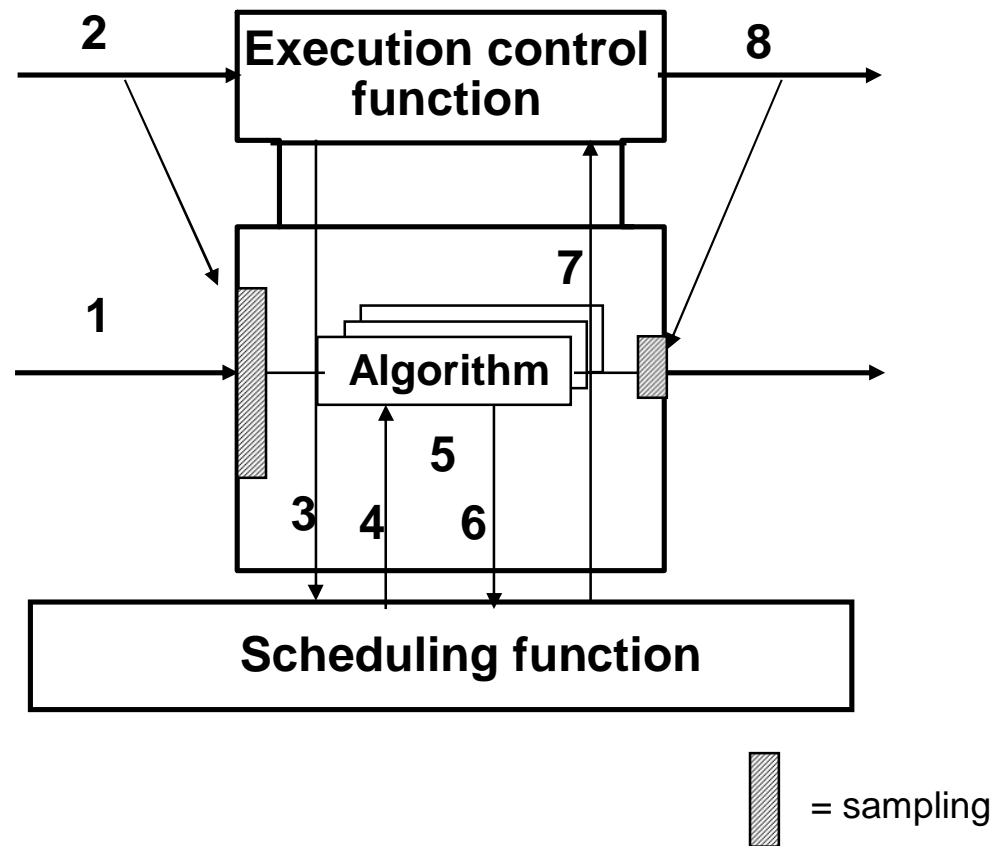


Datan kapselointi ja uudelleenkäyttö

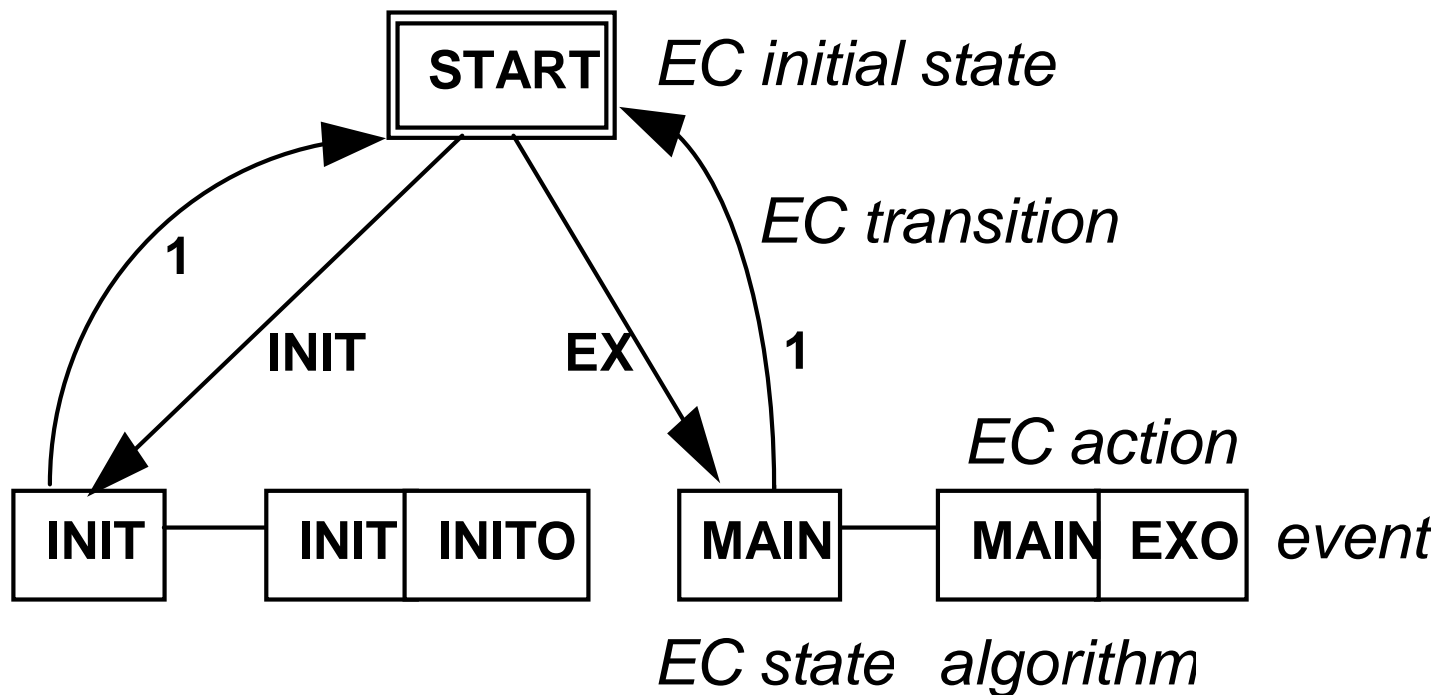
IEC 61499 adapter interface



Tapahtumapohjainen suoritus



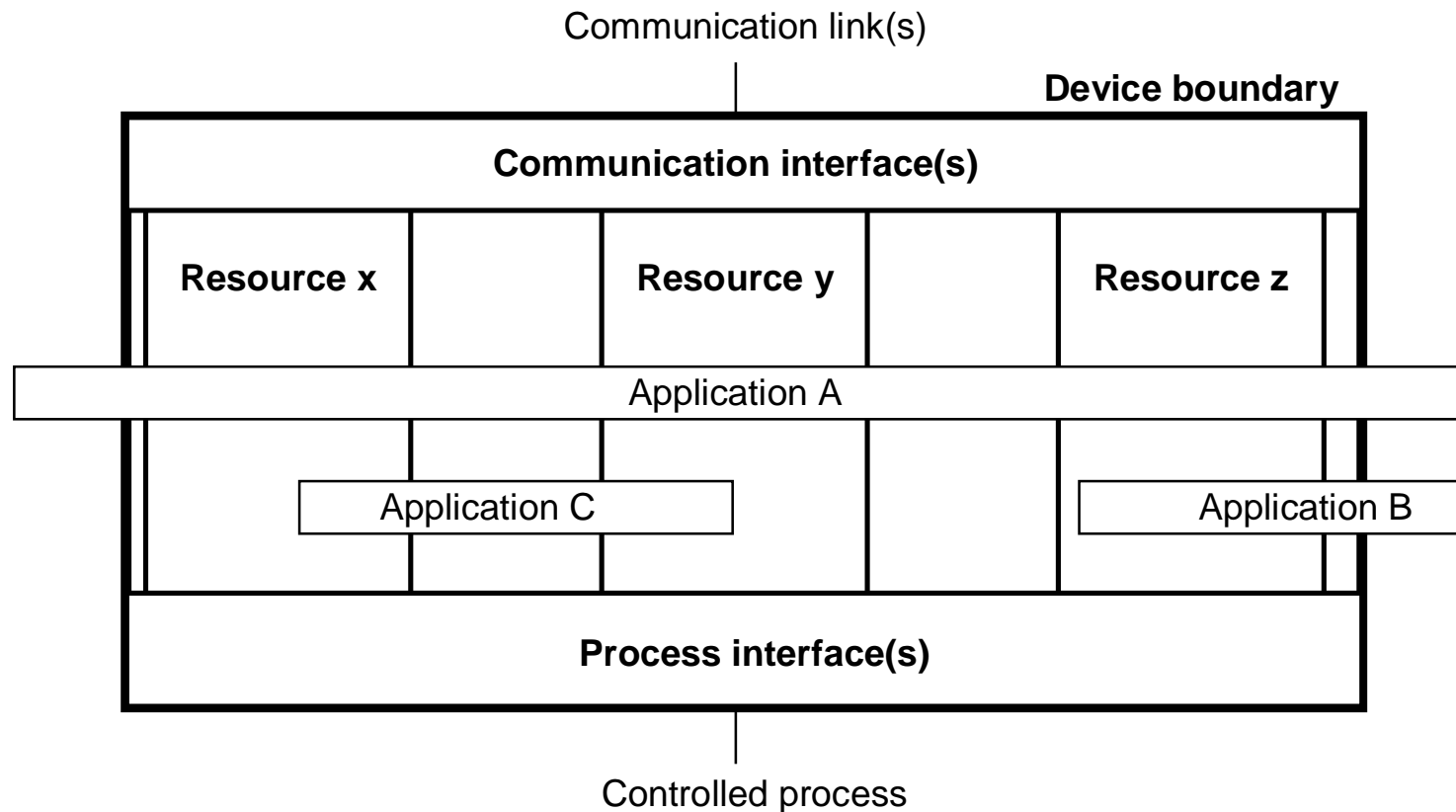
Execution Control Chart (ECC): Tapahtumien ohjaama tilakone



IEC 61499 laitemalli

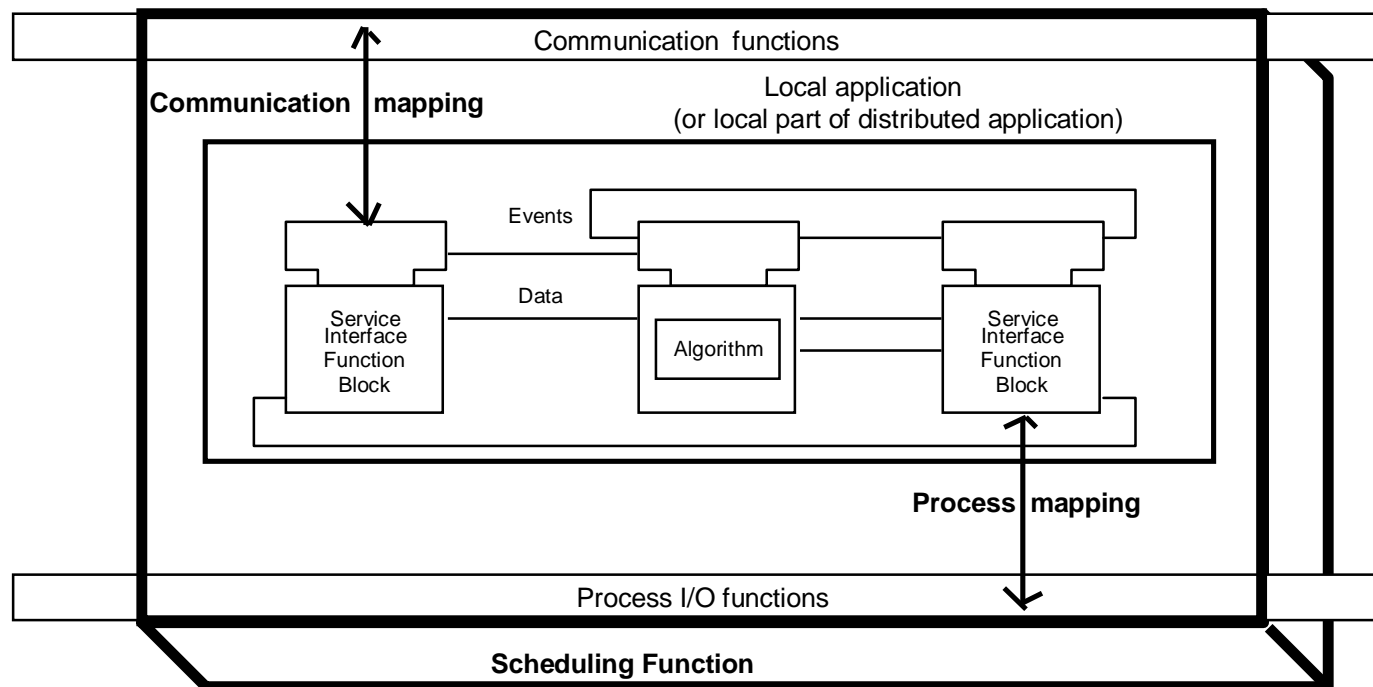
n objektiorientoitunut

- .. laite = Resurssin omistaja (Container-luokka)
- .. Laite sisältää kommunikaatio- ja prosessirajapinnan



IEC 61499 resurssimalli

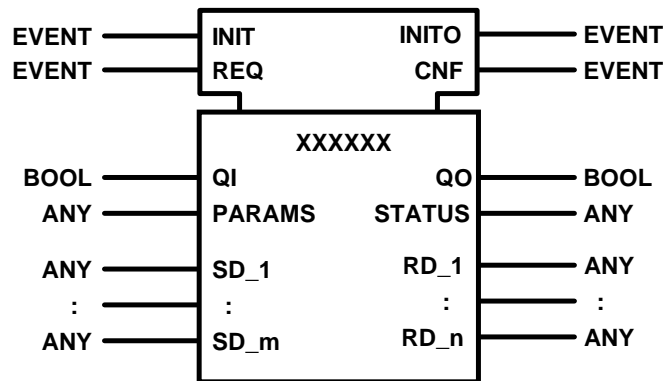
- n Resurssi aikatauluttaa ja suorittaa funktiolohkon algoritmit
- n Resurssilla kommunikaatio & I/O Funktiot, jotka palvelevat rajapintafunktiolohkoja



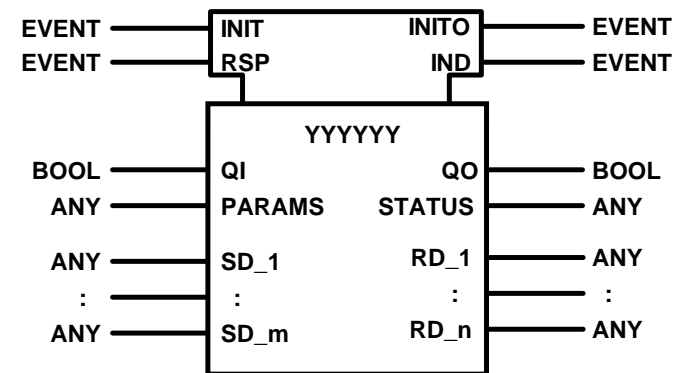
Rajapintafunktiolohkot

Service Interface Function Blocks

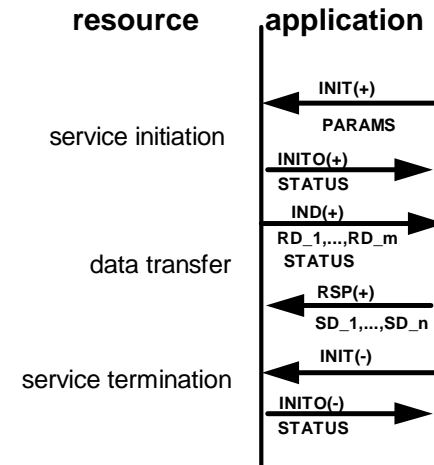
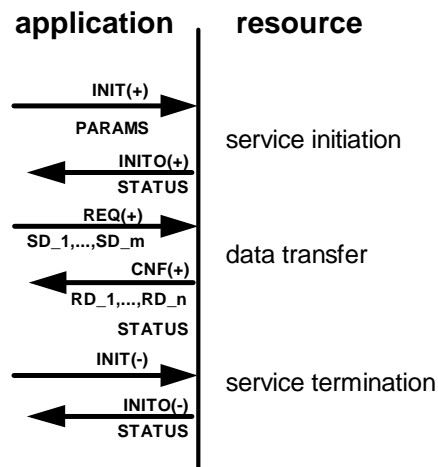
n Resurssien toiminnallisuuden käyttö (pääsy)



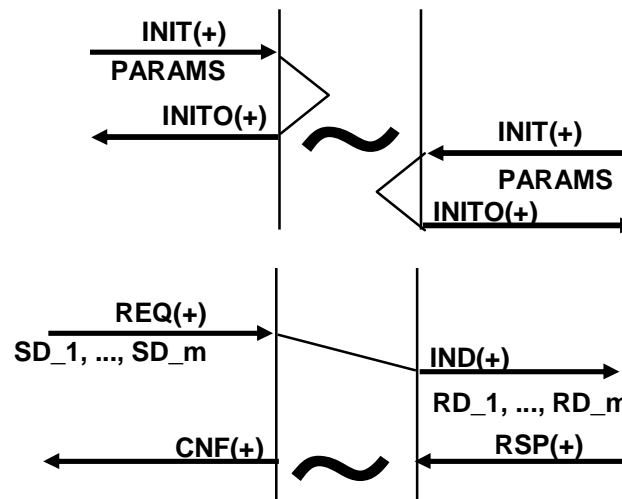
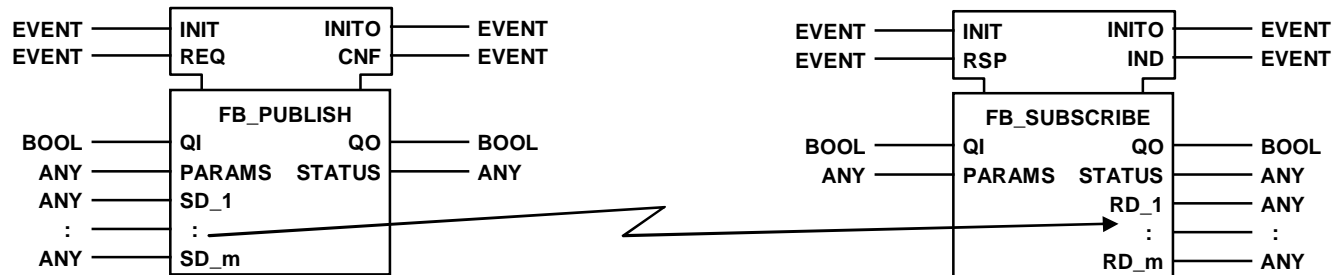
(application-initiated transactions)



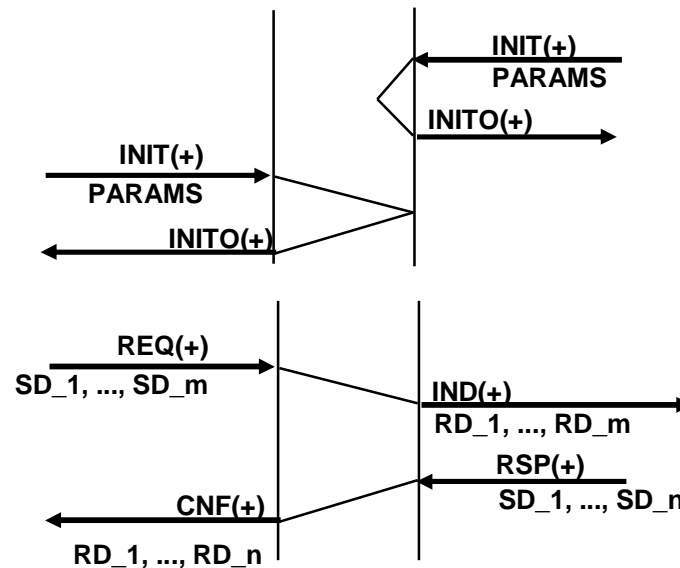
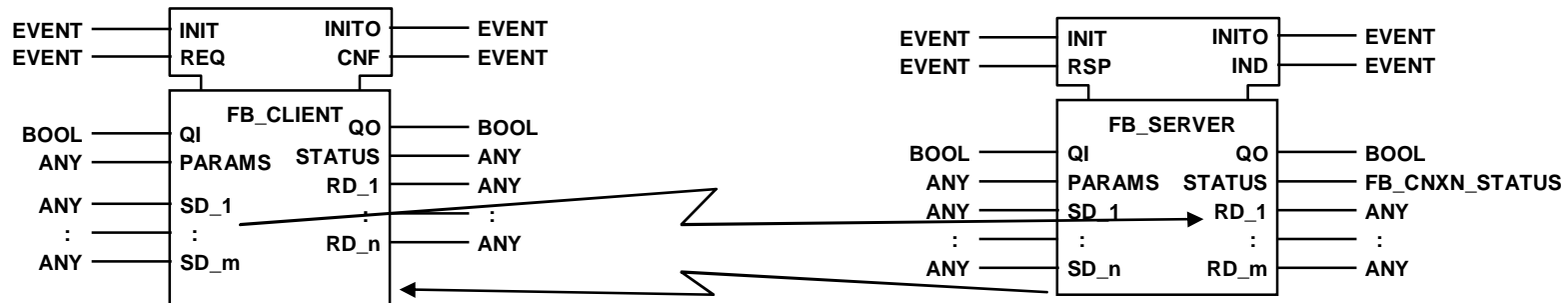
(resource-initiated transactions)



Communication Service Interfaces: Publish/Subscribe -malli

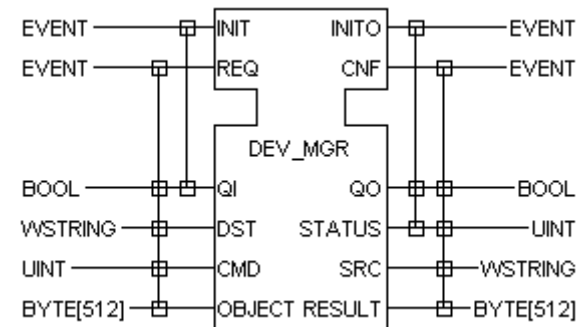


Communication Service Interfaces: Client/Server-malli



Laitehallinta: Device Management Service Interface

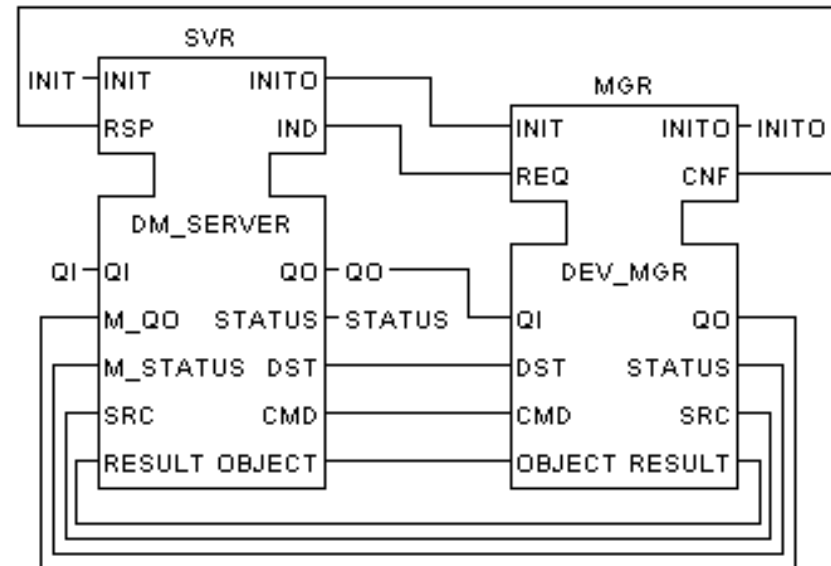
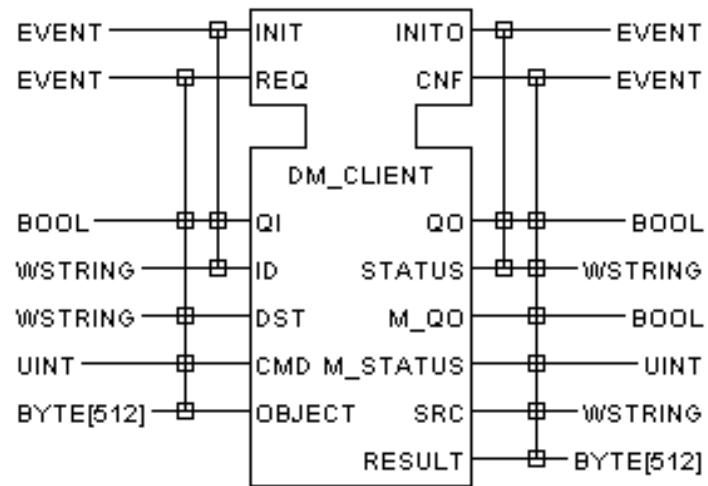
- huomaa objektorientoituneisuus
- mahdollistaa erilaisten laitteiden dynaamisen käytön (agility)



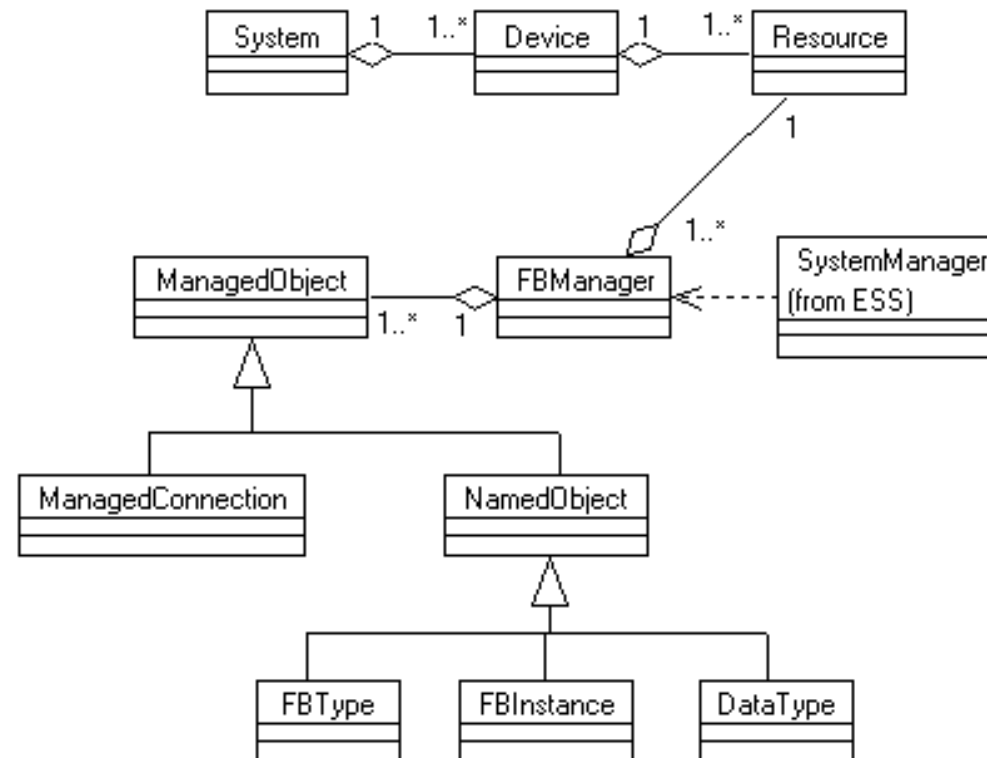
n Komento(syntaksi) esimerkkejä:

- .. CREATE functionBlockInstance
- .. CREATE functionBlockType
- .. QUERY dataTypeName
- .. CREATE connection
- .. START functionBlockInstance
- .. STOP functionBlockInstance
- .. DELETE connection
- .. DELETE functionBlockInstance

A Remote Device Management Model



Järjestelmän hallintamalli



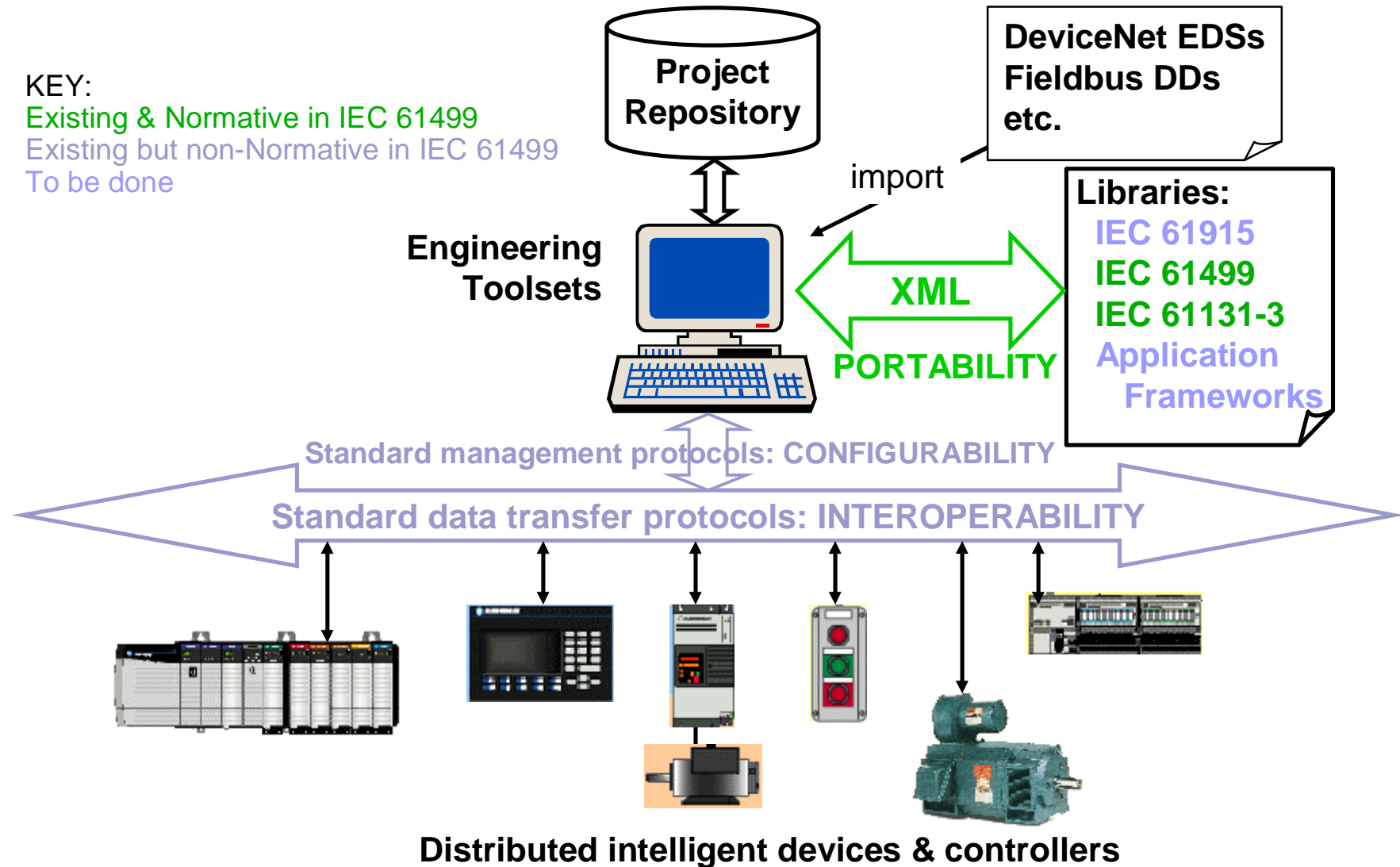
Avoim automaatio IEC61499 visio

KEY:

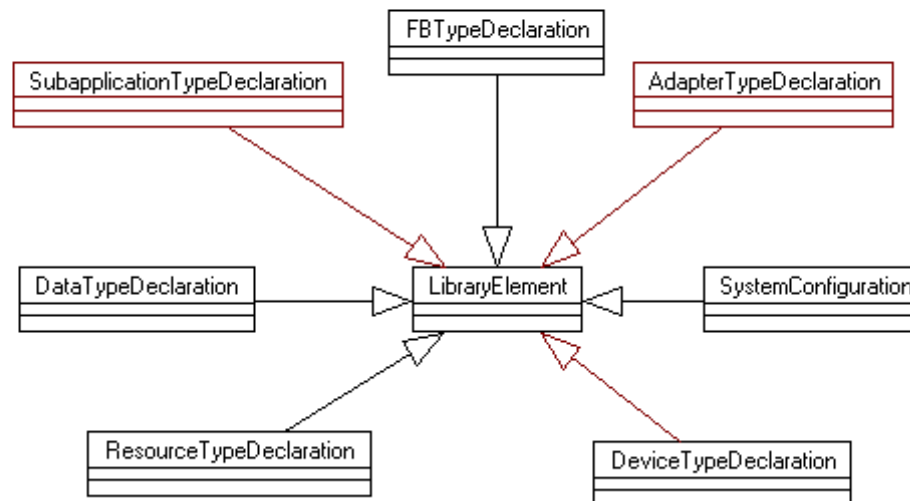
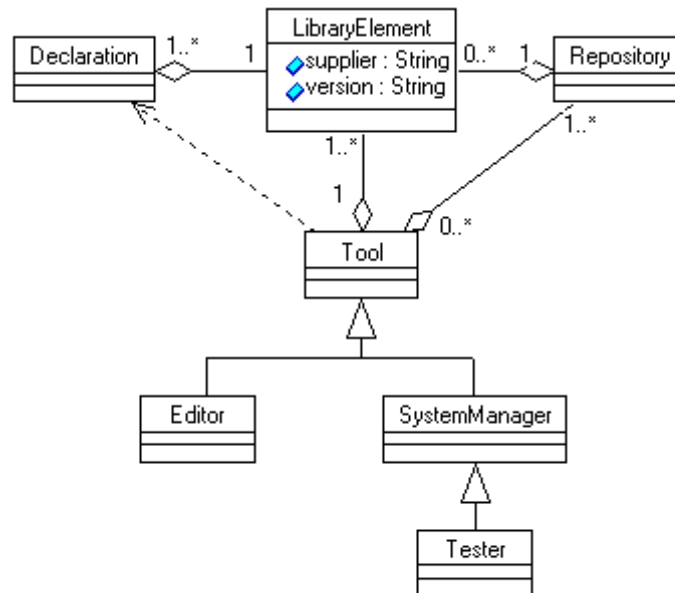
Existing & Normative in IEC 61499

Existing but non-Normative in IEC 61499

To be done



Hallintatyökalumallit





Laitteistoriippumattomuus (porttaus) IEC61499

- DTD (Document Type Definitions) on XML kuvaus
 - Kirjastoelementeille
 - Tietotyypeille
 - (toiminto-) funktiolohkotyypeille
 - Laitteille
 - Resursseille
 - Järjestelmäkoonpanolle
 - Yms



XML

- n HTML HyperText Markup Language
- n SGML Standard Generalized Markup Language
- n XML Extensible Markup Language
 - .. Metakieli
 - .. Määrätty syntaksi ei kielioppia
 - n `<name attribute="value">content</name>`



Esim, <http://www.w3schools.com>

<note>

<to>Tove</to>

<from>Jani</from>

<heading>Reminder</heading>

<body>Don't forget me this
weekend!</body>

</note>



Osiot

- n PI, processing instruction
 - .. Ohjeet parserille tai ohjelmalle, joka käyttää
- n DTD, Document Type Definition
 - .. Määrittelee yhteen kuuluvat osiot (tiedostot yms.)
- n Namespaces (nimiavaruus)
 - .. Samat nimet voivat olla eri kokonaisuuksien osia, parserin pitää erotella



XML automaatiassa

- n Tiedon vaihto järjestelmien välillä
- n Esim profibus-organisaatio kehittää
 - .. XML@PROFIBUS
- n OPC:n datan kuvaus OPC-XML-DA



PLC-hardware

Tuomo Lindh



PLC

- n Pienet ohjelmoitavat logiikat perustuvat mikro-ohjaimiin, joten suorituskyky jää hieman vaatimattomaksi
 - esim SIMATIC S7-214 Siemens SABC501G 8-bittinen mikro-ohjain
 - n ilman sisäistä muistia
 - n kellotaajuus 40 MHz
 - n bitti-operaatio-orientoitunut käskykanta (8051)
 - n suuremmissa CPU-malleissa 32 bittinen ALU
- n Ei käyttöjärjestelmää tai yksinkertainen aikatasoihin perustuva käyttöjärjestelmä tai aikataulutin
- n SRAM datamuisti, esim. SIMATIC S7-224 8k x8
- n EEPROM, FLASH ohjelmamuisti noin 8ksanaa



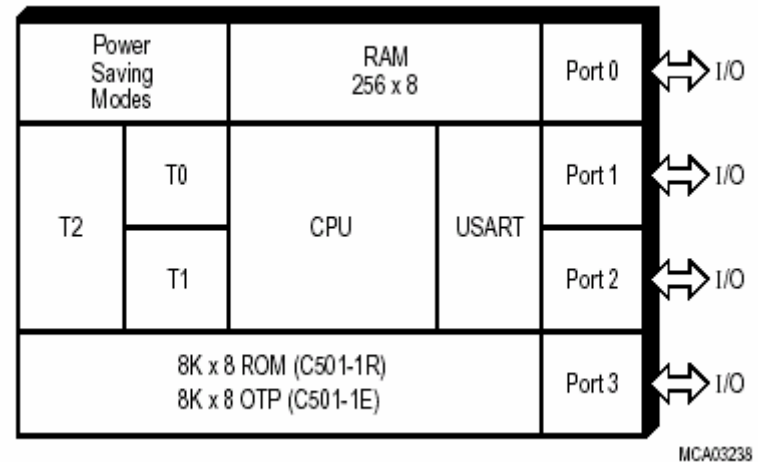
S7-214 CPU

- Fully compatible to standard 8051 microcontroller
- Versions for 12/24/40 MHz operating frequency
- Program memory : completely external (C501-L)
 - 8K × 8 ROM (C501-1R)
 - 8K × 8 OTP memory (C501-1E)
- 256 × 8 RAM
- Four 8-bit ports
- Three 16-bit timers / counters (timer 2 with up/down counter feature)
- USART
- Six interrupt sources, two priority levels
- Power saving modes
- Quick Pulse programming algorithm (C501-1E only)
- 2-Level program memory lock (C501-1E only)
- P-DIP-40, P-LCC-44, and P-MQFP-44 package
- Temperature ranges :

SAB-C501	T_A : 0 °C to 70 °C
SAF-C501	T_A : - 40 °C to 85 °C

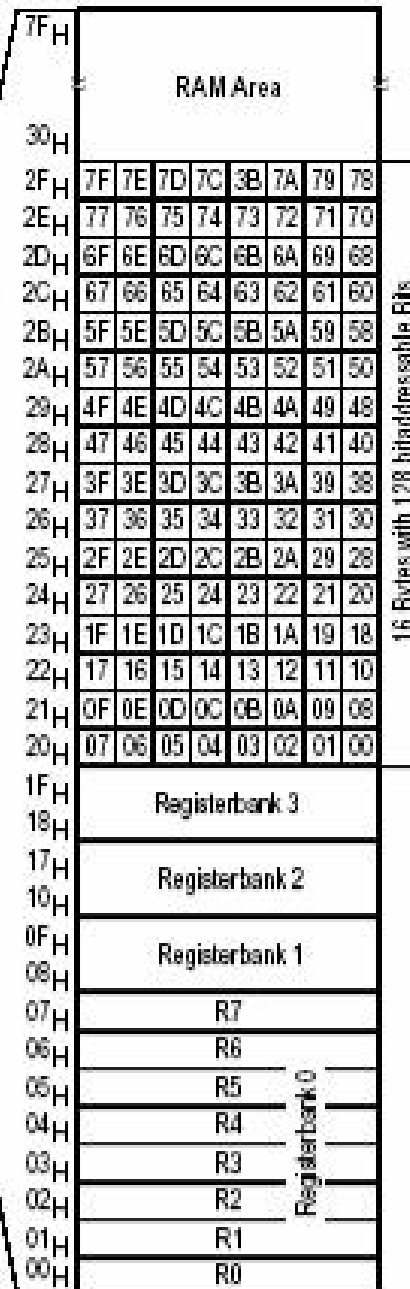
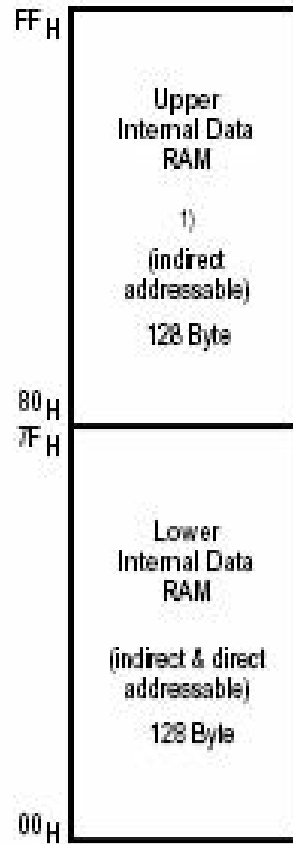
8051

- n bittiorientoituneet käskyt osalle data-alueesta (sisäinen RAM ja SFR:t) mahdollistavat nopean muistinkäsittelyn ohjaimien yms. tarvitsemien tilojen tallentamiseen ja hakuun
 - Boolean-prosessori bittikohtaisen datan käsittelyyn
- n Ulkoisen muistin osoitus sekä data- että ohjelmamuistille
- n Useita datan osoitusrekistereitä (INFINEON) ja useita osoitusmuotoja
- n Harvard-arkkitehtuuri



FF _H	
F8 _H	FF FE FD FC FB FA F9 F8
F0 _H	F7 F6 F5 F4 F3 F2 F1 F0
E8 _H	EF EE ED EC EB EA E9 E8
E0 _H	E7 E6 E5 E4 E3 E2 E1 E0
D8 _H	DF DE DD DC DB DA D9 D8
D0 _H	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0
C8 _H	CF CE CD CC CB CA C9 C8
C0 _H	C7 C6 C5 C4 C3 C2 C1 C0
B8 _H	BF BE BD BC BB BA B9 B8
B0 _H	B7 B6 B5 B4 B3 B2 B1 B0
A8 _H	AF AE AD AB AC AA A9 A8
A0 _H	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0
98 _H	9F 9E 9D 9C 9B 9A 99 98
90 _H	97 96 95 94 93 92 91 90
88 _H	8F 8E 8D 8C 8B 8A 89 88
80 _H	87 86 85 84 83 82 81 80

Internal SFR Area
(direct addressable)
128 Byte



1) This internal RAM area is optional. Some low-end C500 family microcontrollers don't



Aritmetiikka 8051

n Usein vain 8-bittinen ALU

- .. 16 ja 32 bittisten lukujen laskutoimitukset hitaita
- .. 8 bittisten kertolasku suhteellisen nopea , tulos 16 bittinen
- .. 8 bittisten jakolasku suhteellisen nopea , tulos 16 bittinen kokonaisosa ja fract
- .. Liukulukulaskut erittäin hitaita, softatoteutus



Boolean prosessori

n Oma käsyykanta

- set bit
- clear bit
- complement bit
- jump if bit is set
- jump if bit is not set
- jump if bit is set and clear bit
- move bit from / to carry

Infineon, ATMEL jne.



Ajastimet

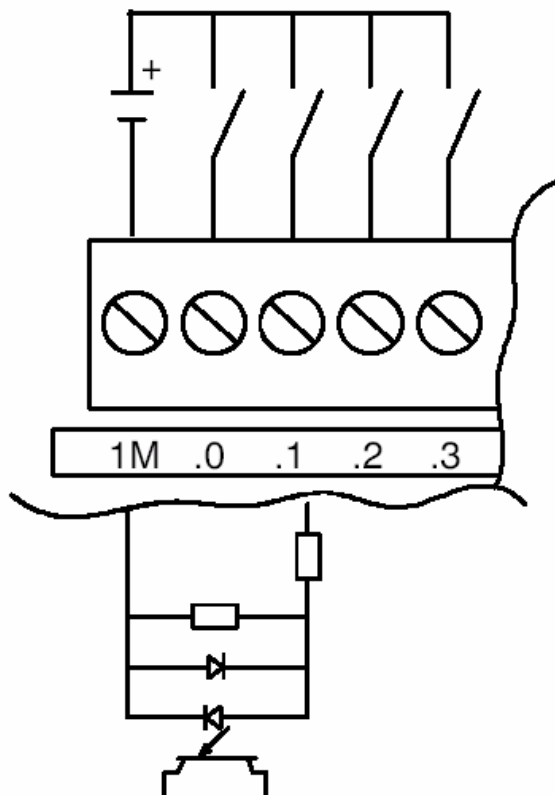
- n PLC:ssä voidaan käyttää kymmeniä tai satoja ajastimia, nämä kuitenkin on toteutettu esimerkiksi yhteen hardware-ajastimeen ja siitä muodostettuihin ohjelmallisiin kellotuksiin



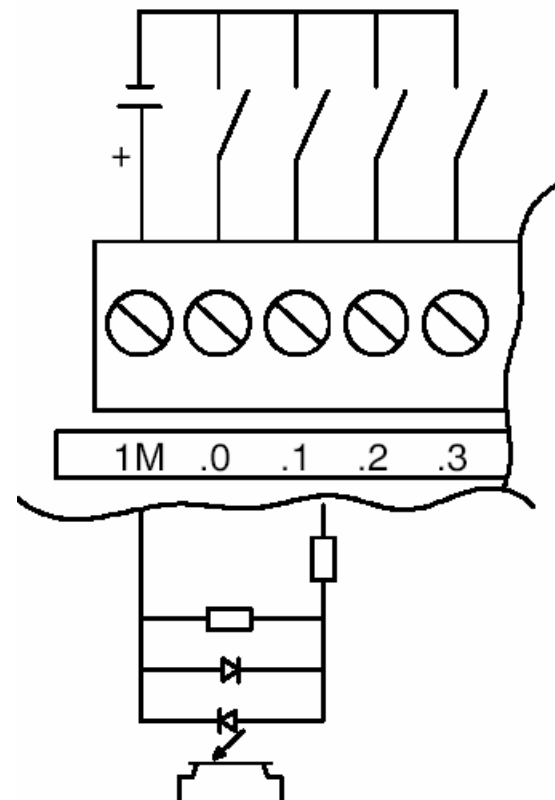
Kenttä-IO

Tuomo Lindh

IO, digitaalinen tulo



Sinking



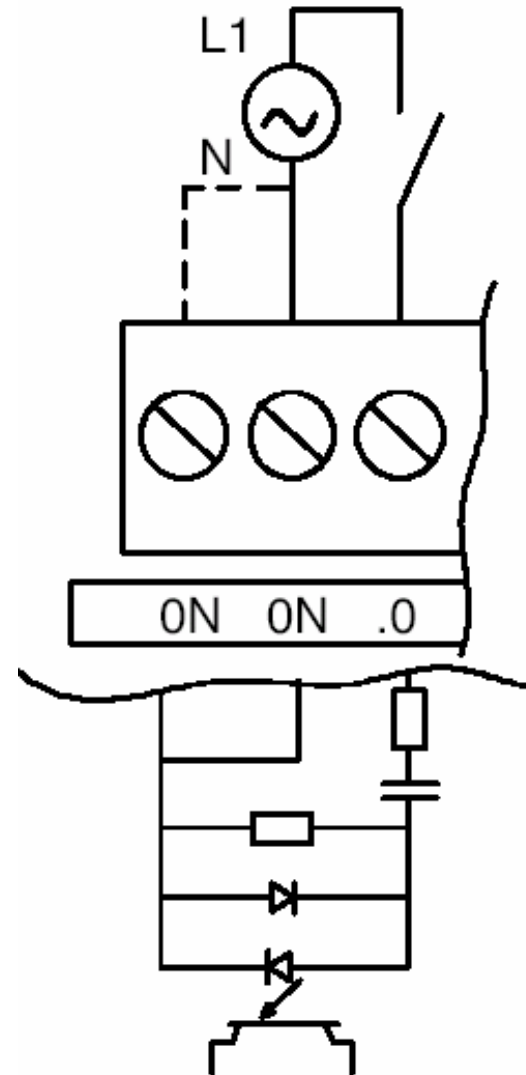
Sourcing



General	24 VDC Input (CPU 221, CPU 222, CPU 224, CPU 226)	
Type	Sink/Source (IEC Type 1 Sink)	
Rated voltage	24 VDC at 4 mA typical	
Max. continuous permissible voltage	30 VDC	
Surge voltage	35 VDC for 0.5 s	
Logic 1 (min.)	15 VDC at 2.5 mA	
Logic 0 (max.)	5 VDC at 1 mA	
Input delay	Selectable (0.2 to 12.8 ms)	
Connection of 2 wire proximity sensor (Bero) Permissible leakage current (max.)	1 mA	
Isolation (field to logic) Optical (galvanic) Isolation groups	Yes 500 VAC for 1 minute See wiring diagram	
High Speed Counter (HSC) input rate HSC Inputs All HSC All HSC HC4, HC5 on CPU 224XP only	Logic 1 Level 15 to 30 VDC 15 to 26 VDC > 4 VDC	Single phase 20 kHz 30 kHz 200 kHz

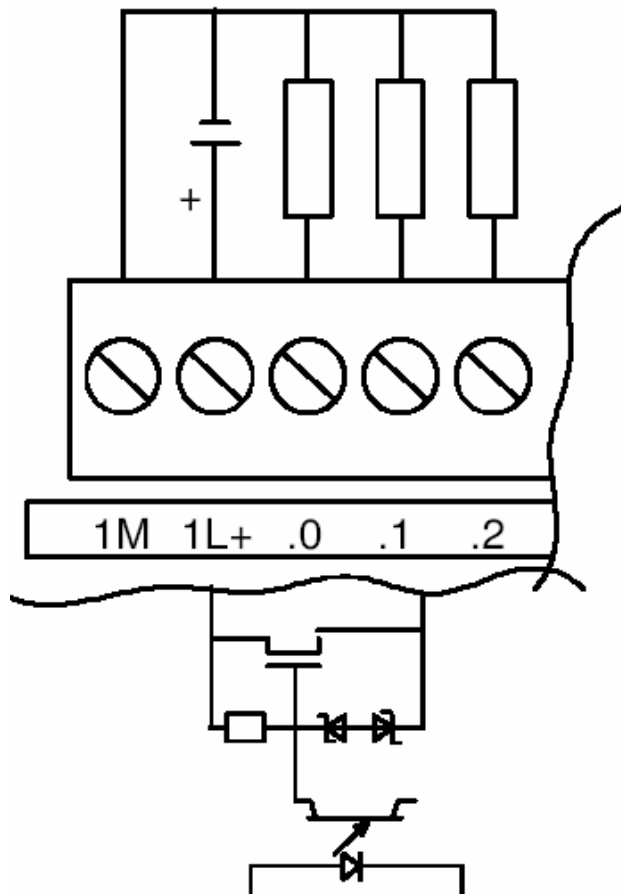
IO, digitaalinen 230 VAC tulo

120/230 AC Input

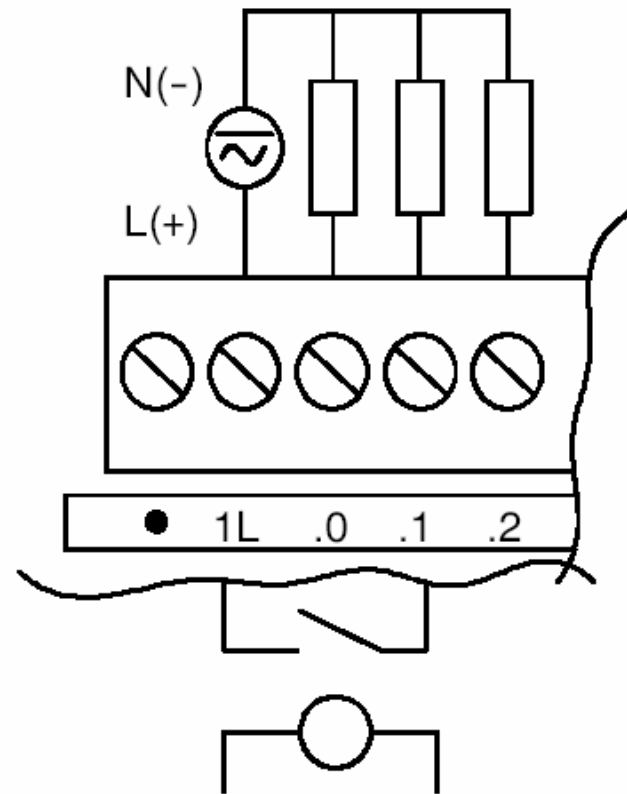


IO, digitaalinen lähtö

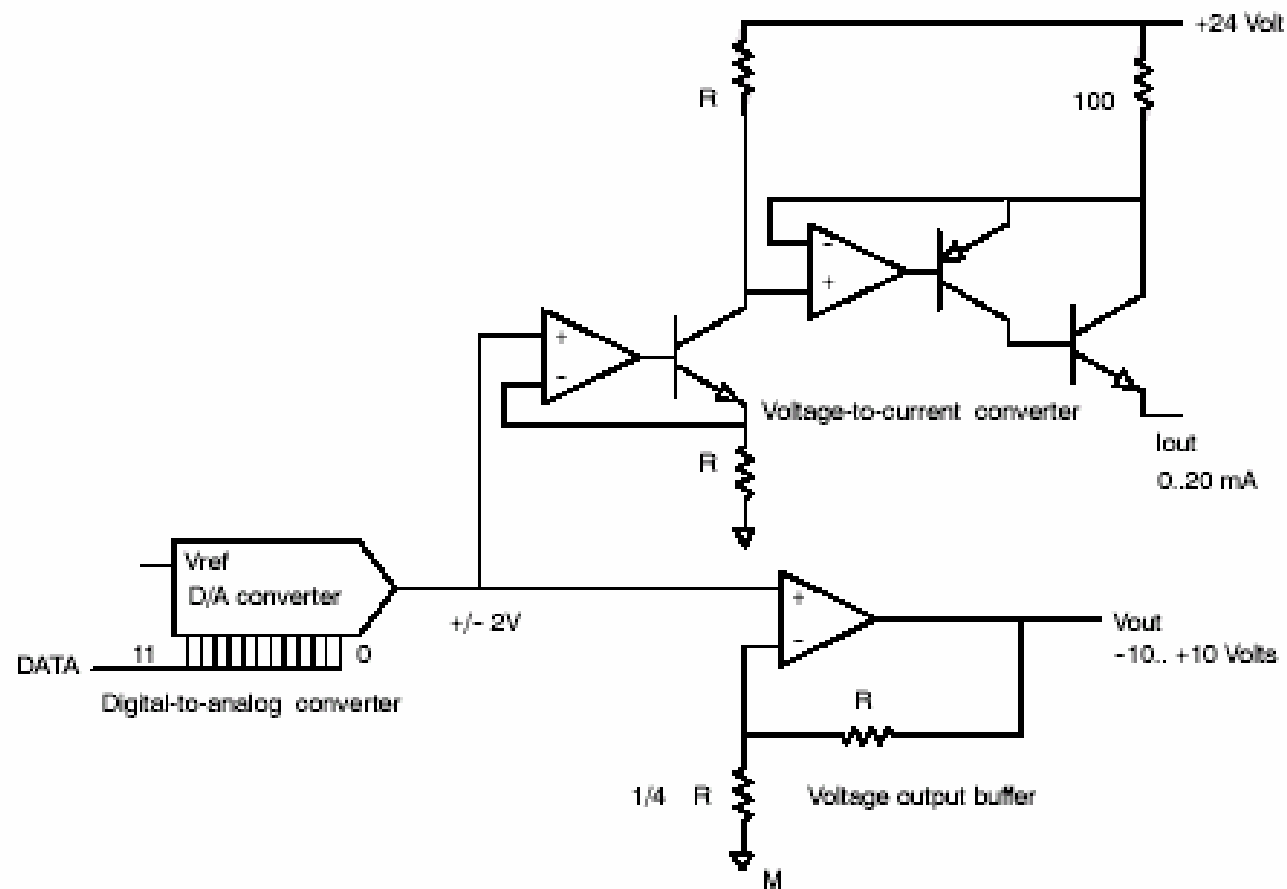
24 VDC Output



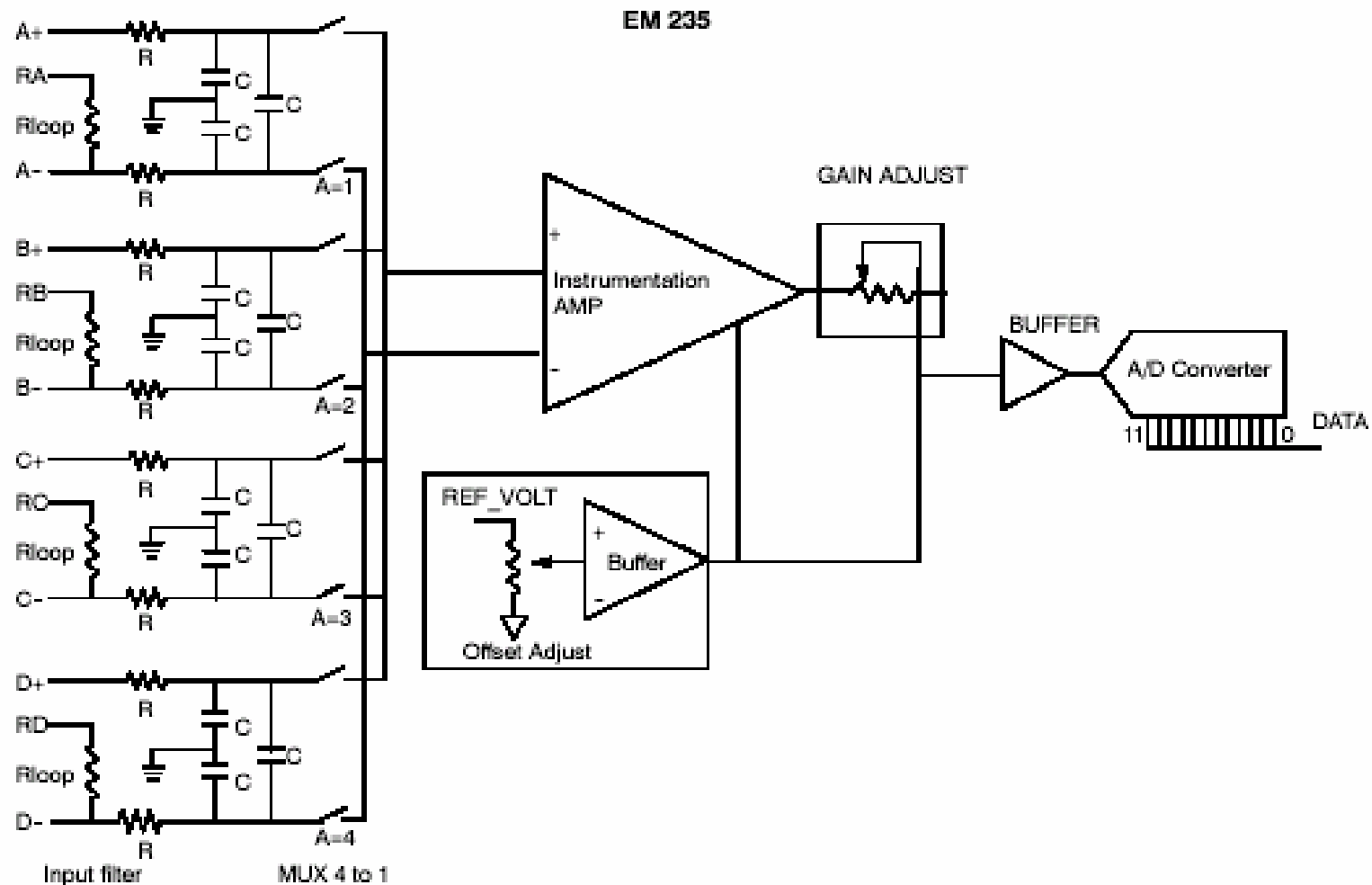
Relay Output



IO, analoginen lähtö



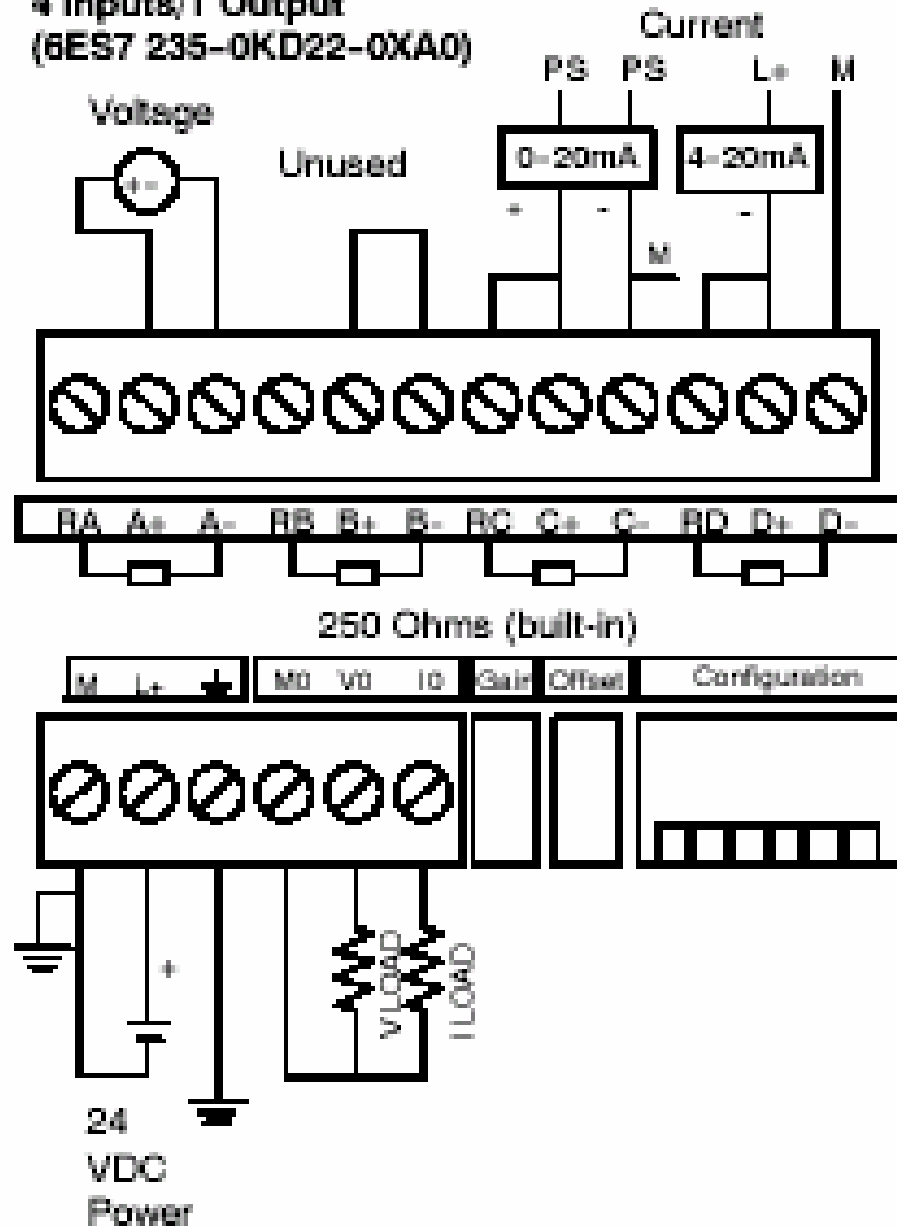
IO, analoginen tulo



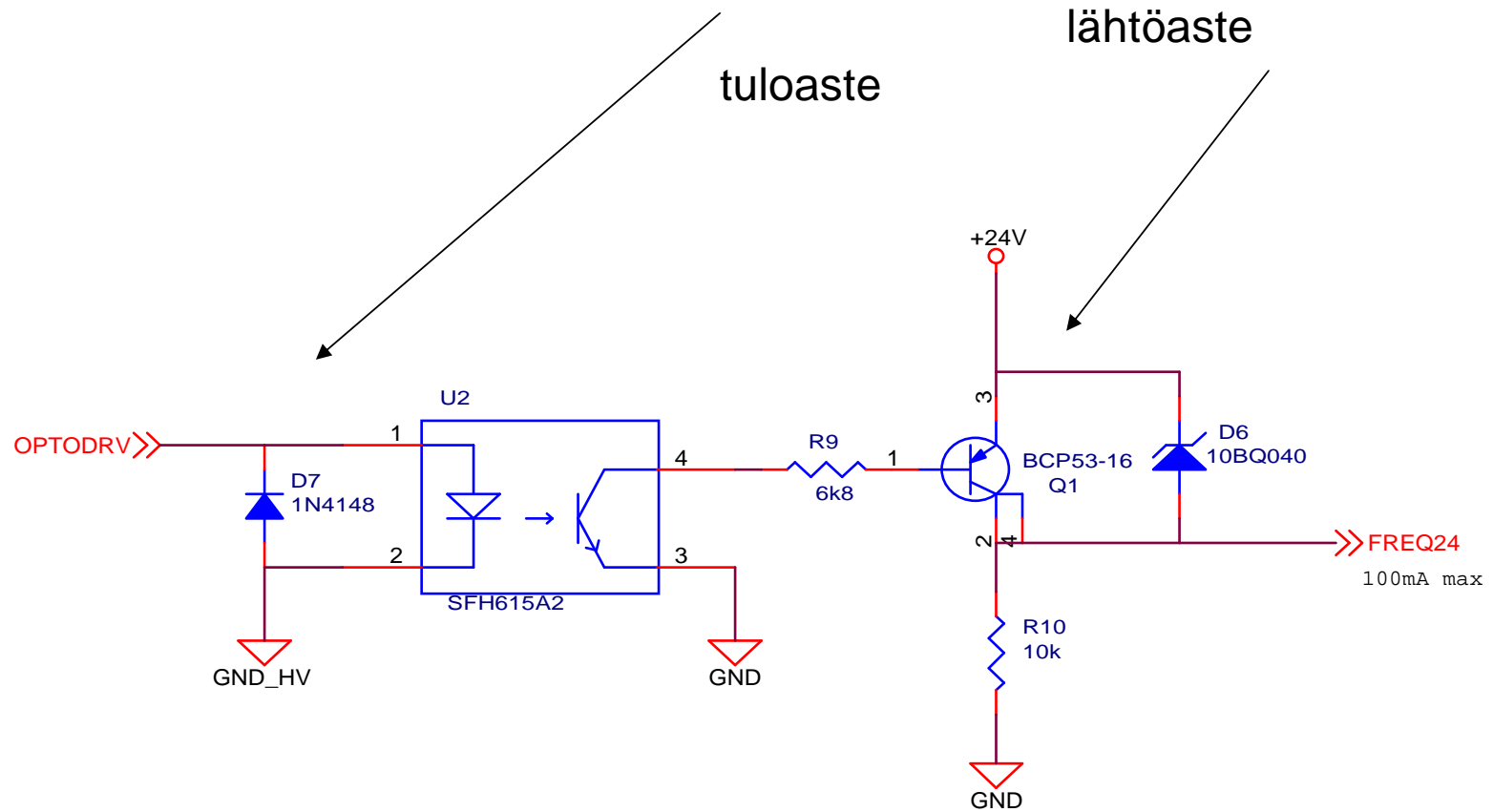
Kytkentä

EM 235 Analog Combination

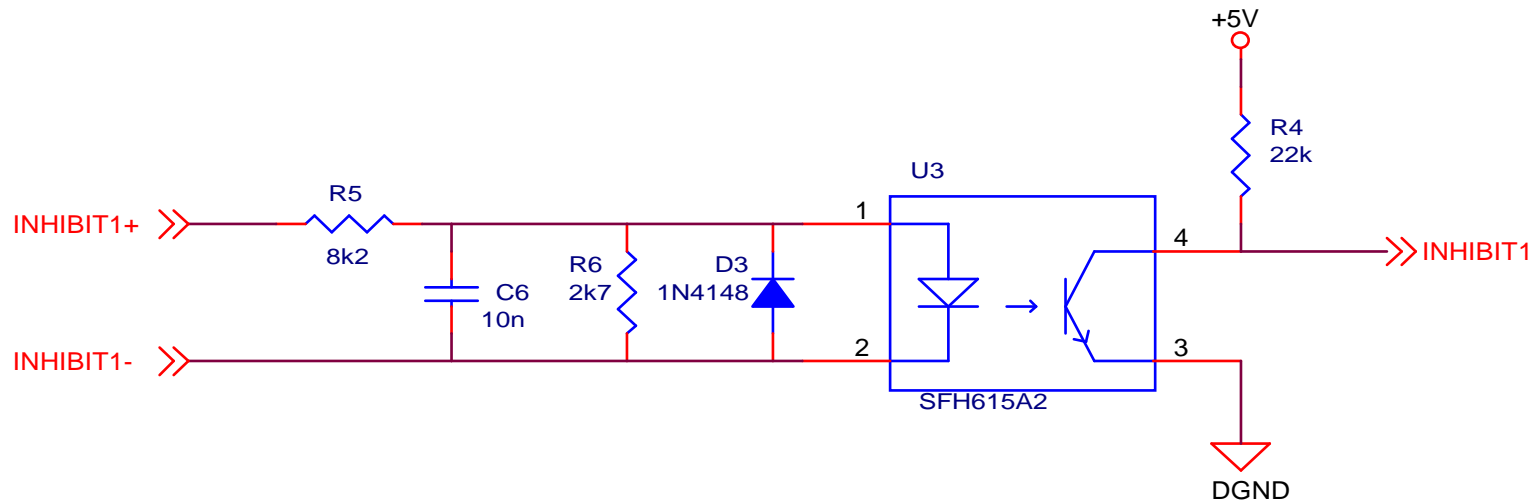
4 Inputs/1 Output
(6ES7 235-0KD22-0XA0)



Tuloasteita, yhteistä maata vasten

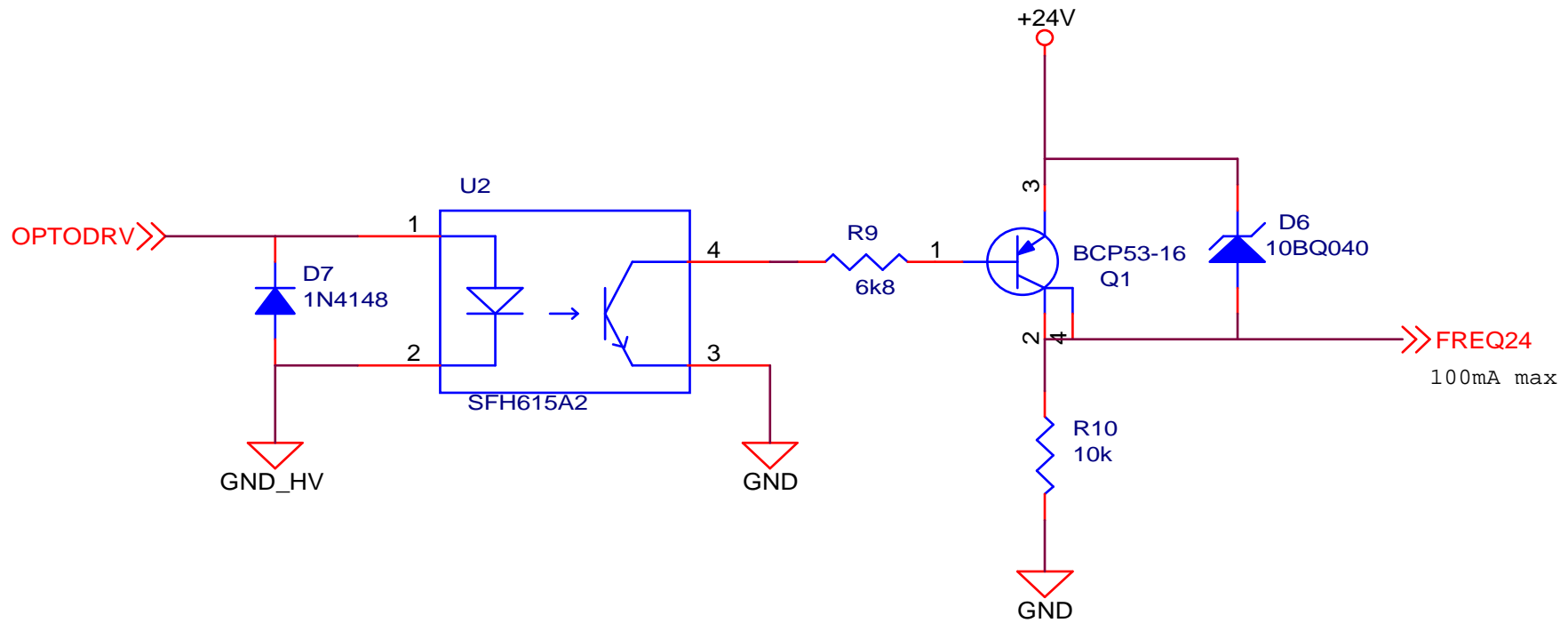


Tuloasteita, ei yhteistä maata

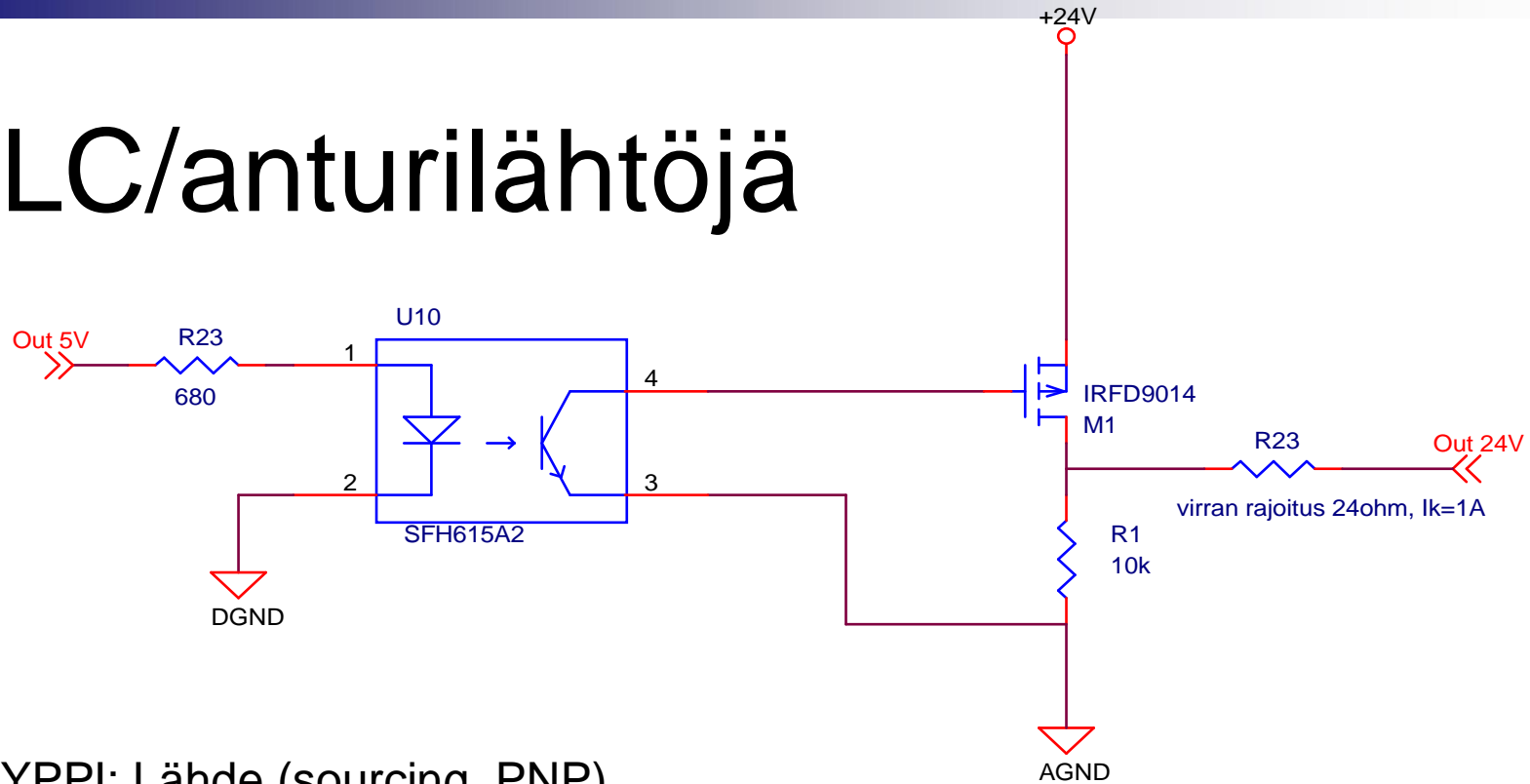


- Toteutus optolla tai releen kelalla (eli kuvan opto korvataan releellä)

Lähtöaste

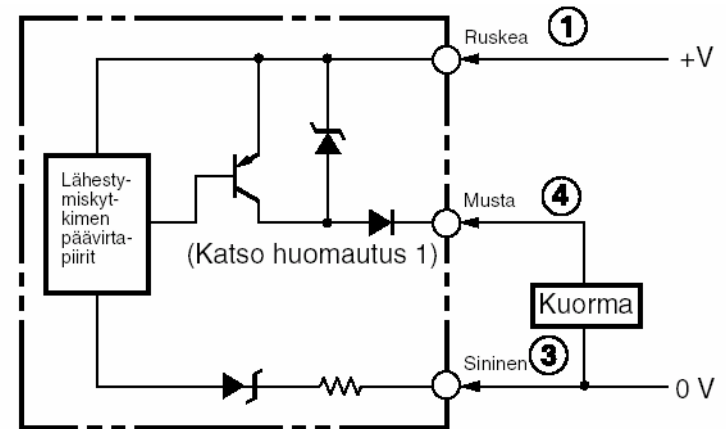


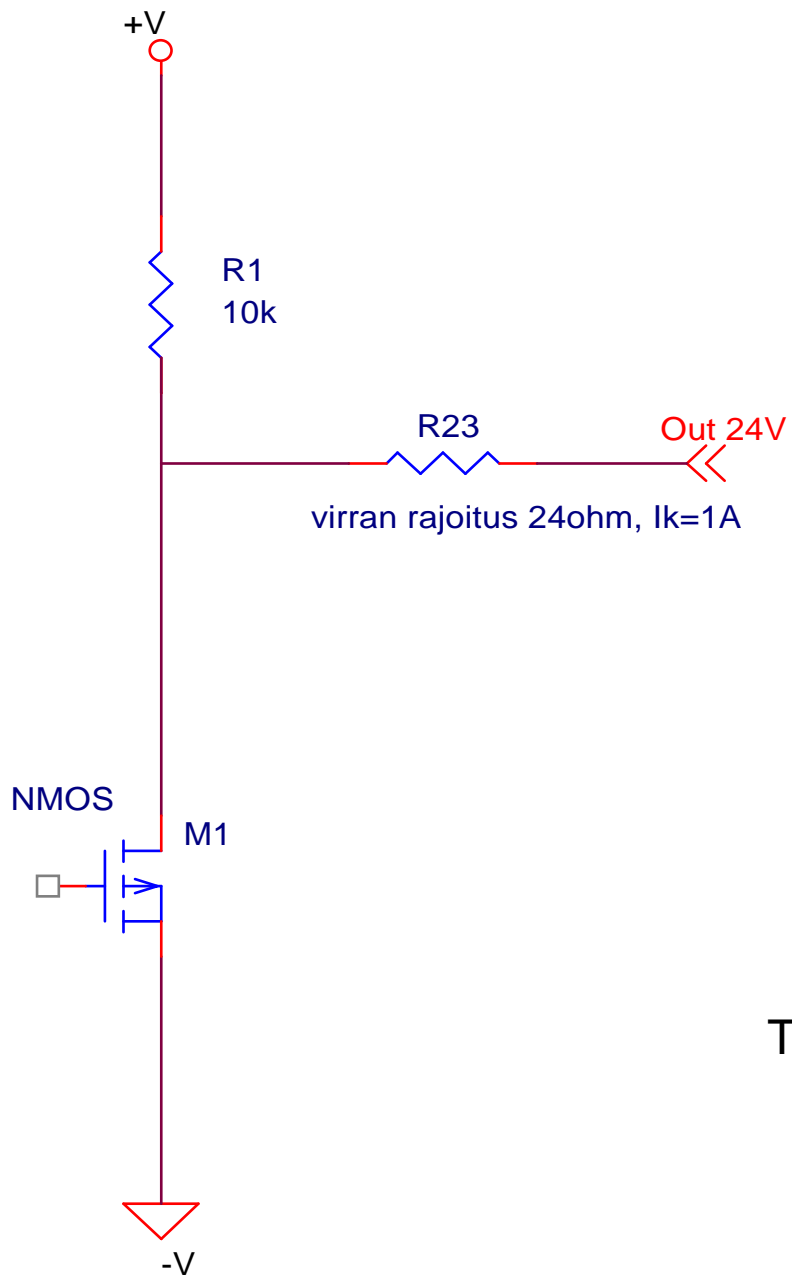
PLC/anturilähtöjä



TYYPPI: Lähde (sourcing, PNP)

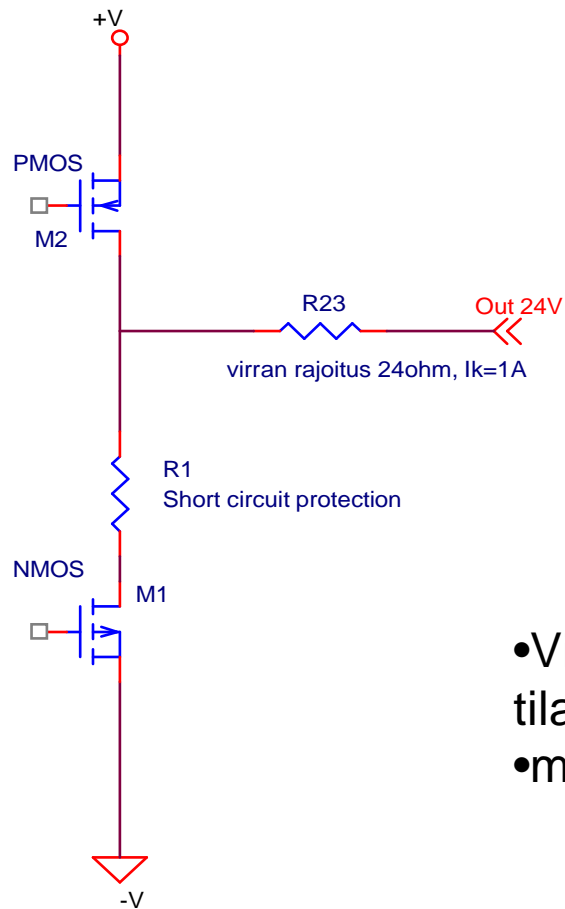
Esim. induktiivinen lähestymiskytkin, avoin kollektori PNP



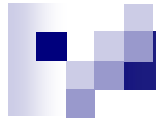


TYYPPI: Nielu (sinking, NPN)

Toteemipaalulähtö



- Virran rajoitus voi toteutua myös FET:in johtavan tilan resistanssilla
- melkein rail-to-rail jos $R2, R23 = 0$



Anturit

n lähdöt

- .. PNP on sourcing
- .. NPN on sinking



IO-esimerkki: taajuudenmuuttajan tuloja

n nopeusohje

- .. suositus SFS-EN 60204-1

- n $-v_{max} \dots +v_{max} = -10 \text{ V} \dots +10 \text{ V}$

- .. kuitenkin usein

- n $0 \dots +v_{max} = 0 \text{ V} \dots +10 \text{ V}$


- n ja lisäksi suunta annetaan binäärisesti

- .. tai

- n $0 \dots +v_{max} = 4 \text{ mA} \dots 20 \text{ mA}$

- n ja lisäksi suunta annetaan binäärisesti

n start/stop binäärinen tieto



IO-esimerkki taajuudenmuuttajan lähtöjä

n nopeustieto (estimaatti)

- taajuus tai rpm

- n usein $-v_{\max} \dots +v_{\max} = 0 \text{ V} \dots +10 \text{ V}$

- n tai $-v_{\max} \dots +v_{\max} = 4\text{mA} \dots 20 \text{ mA}$

n virta tai tehotieto

- n usein $0 \dots +P_{\max} = 0 \text{ V} \dots +10 \text{ V}$ tai $4\text{mA} \dots 20 \text{ mA}$

- n tai $-v_{\max} \dots +v_{\max} = 0 \text{ V} \dots +10 \text{ V}$ tai $4\text{mA} \dots 20 \text{ mA}$

n häiriö binäärinen tieto



X20		
1	VREF-	Referenzspannung -10 VDC,
2	AGND	$R_L \geq 1 \text{ kohm}$

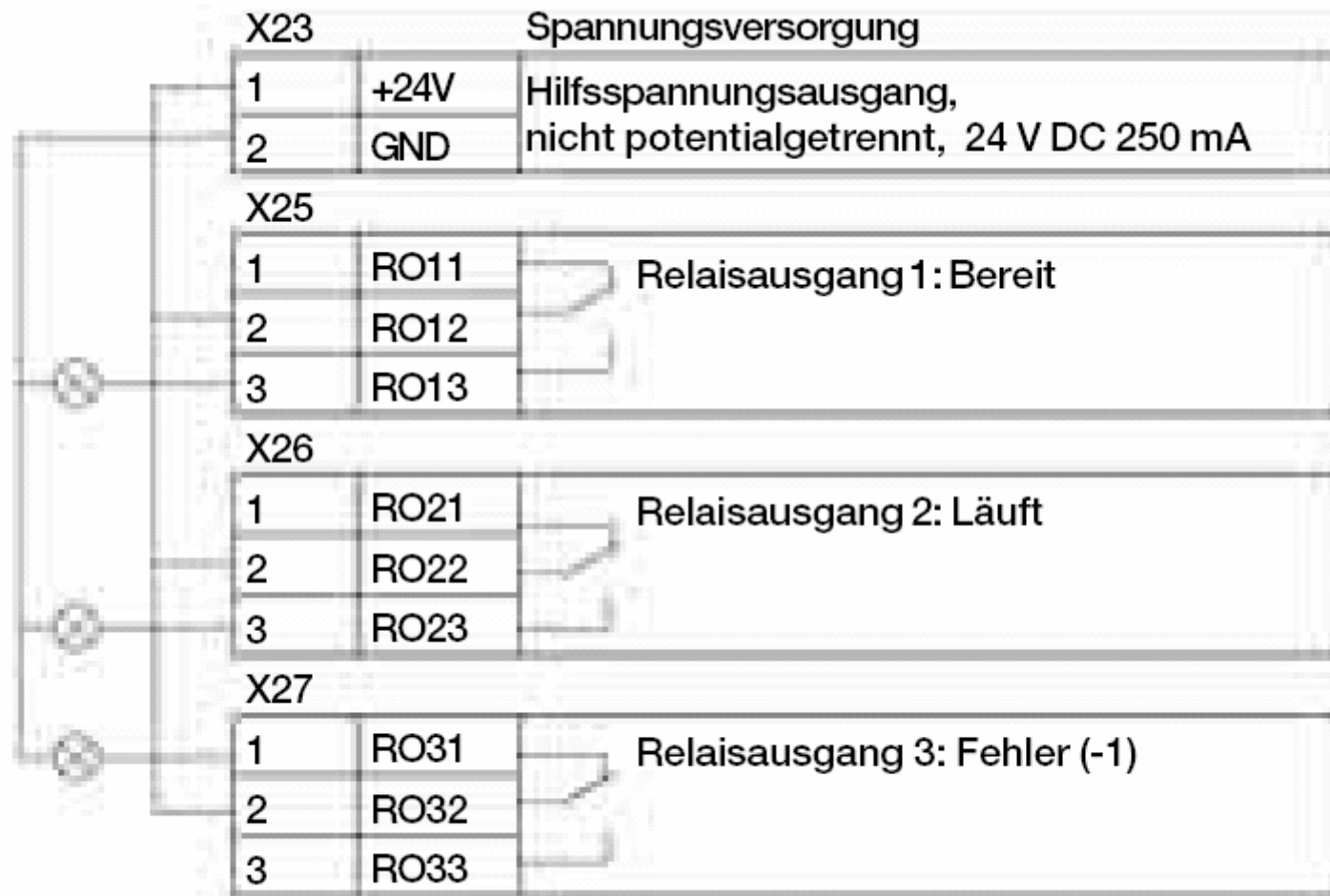
X21		
1	VREF+	Referenzspannung 10 VDC,
2	AGND	$R_L \geq 1 \text{ kOhm}$
3	AI1+	Drehzahl-Sollwert
4	AI1-	0(2) ... 10 V, $R_{in} > 200 \text{ kOhm}$
5	AI2+	Im Standardmakro nicht benutzt.
6	AI2-	0(4) ... 20 mA, $R_{in} = 100 \text{ Ohm}$
7	AI3+	Im Standardmakro nicht benutzt.
8	AI3-	0(4) ... 20 mA, $R_{in} = 100 \text{ Ohm}$
9	AO1+	Motordrehzahl 0(4)...20 mA \triangle
10	AO1-	0...Motornendrehzahl, $R_L \leq 700 \text{ Ohm}$
11	AO2+	Ausgangsstrom 0(4)...20 mA \triangle
12	AO2-	0...Motornennstrom, $R_L \leq 700 \text{ Ohm}$

rpm

A



X22		
1	DI1	Stop/Start
2	DI2	Vorwärts/Rückwärts
3	DI3	Im Standardmakro nicht benutzt.
4	DI4	Auswahl Rampen
5	DI5	Auswahl Festdrehzahl
6	DI6	Auswahl Festdrehzahl
7	+24VD	+24 V DC max. 100 mA
8	+24VD	
9	DGND1	Digitalmasse
10	DGND2	Digitalmasse
11	DIIL	Startsperre (0 = Stop)





Lisäksi ohjaus kenttäväylillä

n ABB ACS800
lisäkortit seuraavii

- .. PROFIBUS-DP
- .. DeviceNet
- .. CANopen
- .. ControlNet
- .. Ethernet
- .. InterBus-S

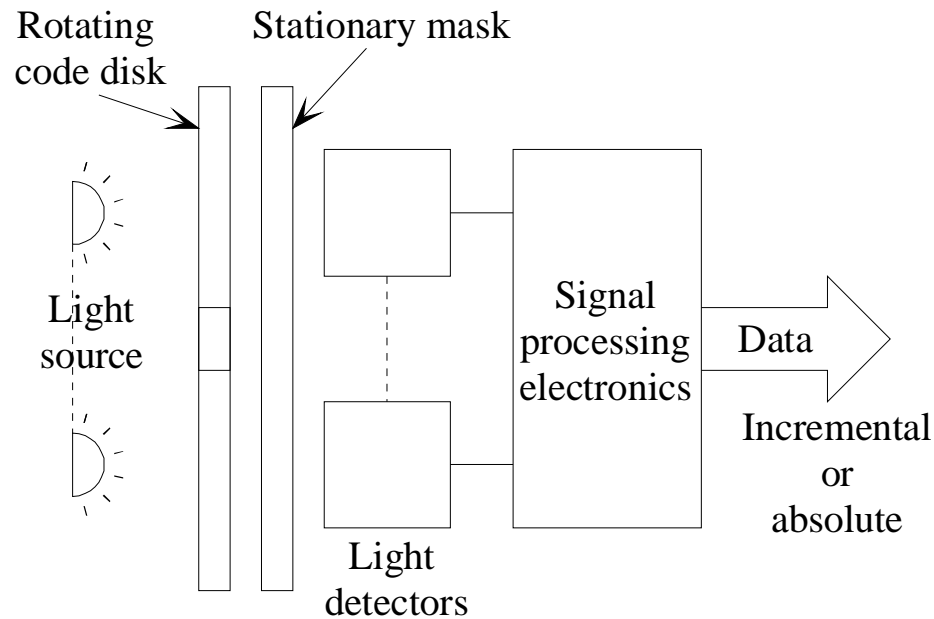


Pyörimisnopeuden mittaus

Digitaaliset anturit

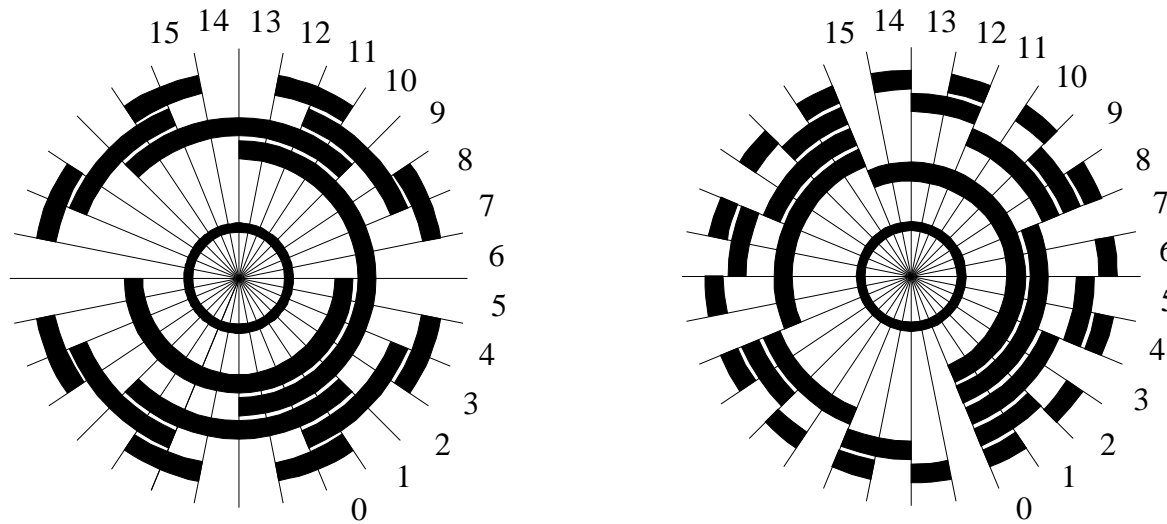
- n absoluutti- tai inkrementtianturi
 - .. absoluuttianturissa diskreetti paikkakoodi
 - .. inkrementtianturilta luetaan pulsseja
 - n ylimääräinen koodiura ('nollapulssi') toimilaitteen tai käytön synkronoimiseksi ja toiminnan tarkistamiseksi työkierron aikana
 - n todellinen asento voidaan määrittää tämän pulssin ja anturin alkuasetuksen perusteella
 - n sähkökatkoksen jälkeen inkrementtianturin asentotieto on virheellinen kunnes nollapulssi saadaan seuraavan kerran
 - n PLC—nopea laskuritulo

Optinen anturi



Optinen anturi muodostuu koodikiekosta, valolähteestä ja valoilmaisimesta, tavallisimmin valotransistorista tai -diodista sekä tarvittavasta mittauselektronikasta

Optinen anturi



Absoluuttianturin a) Gray-koodatun koodikieken ja b) binäärikoodatun koodikieken periaate

Inkrementtianturi

Erottelutarkkuus

$$\Delta\theta_{\text{mech}} = \frac{2\pi}{Z} [\text{rad}]$$

Esimerkiksi tyypillisimpien 1024 ja 4096 sektoriparisten inkrementtiantureiden erottelutarkkuudet ovat 0,0061 rad (0,35°) ja 0,0015 rad (0,09°).

Pyörimisnopeus

$$\Omega_r(k) = \frac{2\pi m_e(k)}{Z T_d(k)} [\text{rad/s}]$$

$m_e(k)$ on pulssien määrä aikavälillä $T_d(k)$

Nopeuden resoluutio

$$\Omega_{\text{resolution}} = \frac{\Delta\theta_{\text{mech}}}{T_d}$$

Esimerkiksi 1024 pulssin inkrementtianturin ja 2 ms vakioaikavälin tapauksessa nopeuden erottelukyky on 6,14 rad/s (58,6 1/min), mikä vastaa 1500 rpm:n pyörimisnopeudella 1,95 %:n nopeusresoluutiota ja 300 rpm:n pyörimisnopeudella 9,8 %:n nopeusresoluutiota.



absoluuttianturi-- PLC

n anturin lähtö

- .. rinnakkaismuotoinen suora binäärikoodi
- .. rinnakkaismuotoinen Gray
- .. rinnakkaismuotoinen BCD
- .. sarjamuotoinen
 - n kenttäväylä
 - n SSI
- .. 4.. 20 mA viesti

rinnakkaismuotoinen

Figure 1 Gray Code

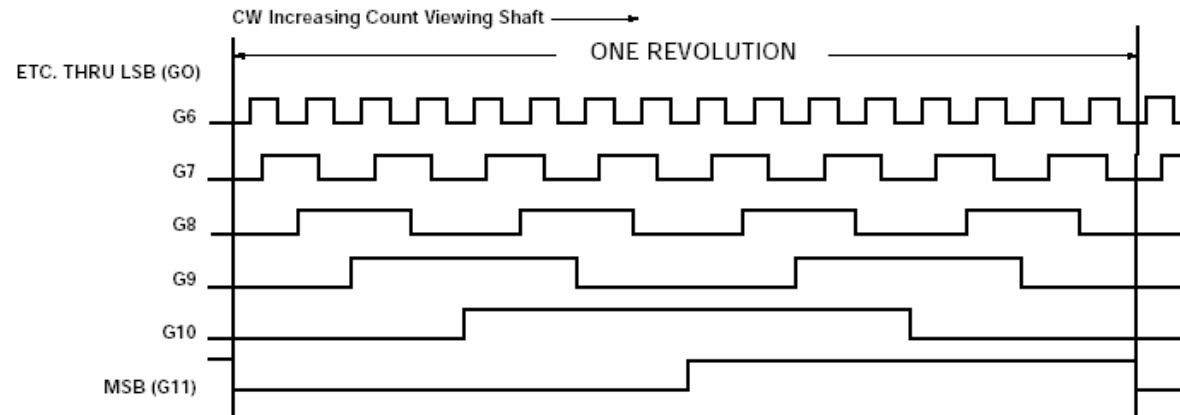
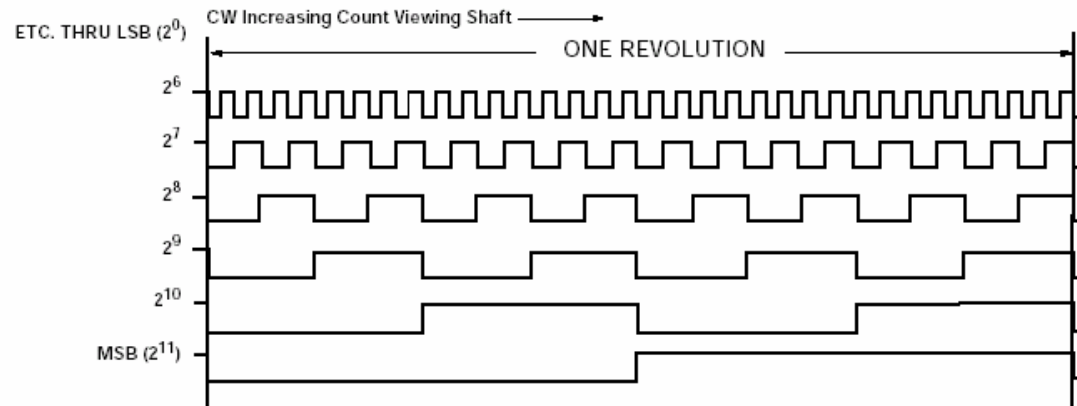
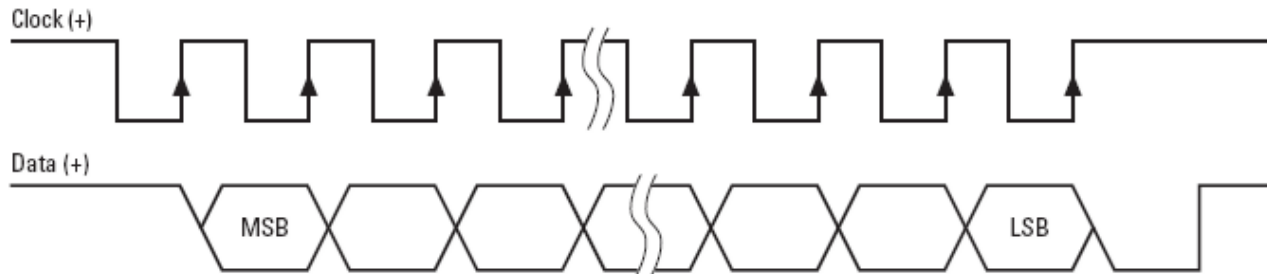


Figure 2 Natural Binary



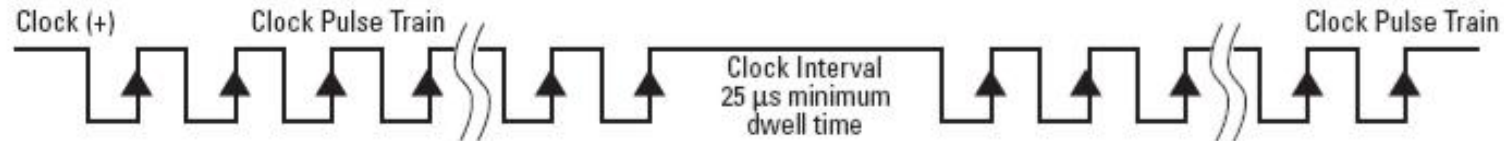
SSI

SSI Timing Diagram



For Example: For 25-bit output, the timing clock must have 26 pulses.

Sequential Measurements of SSI Timing



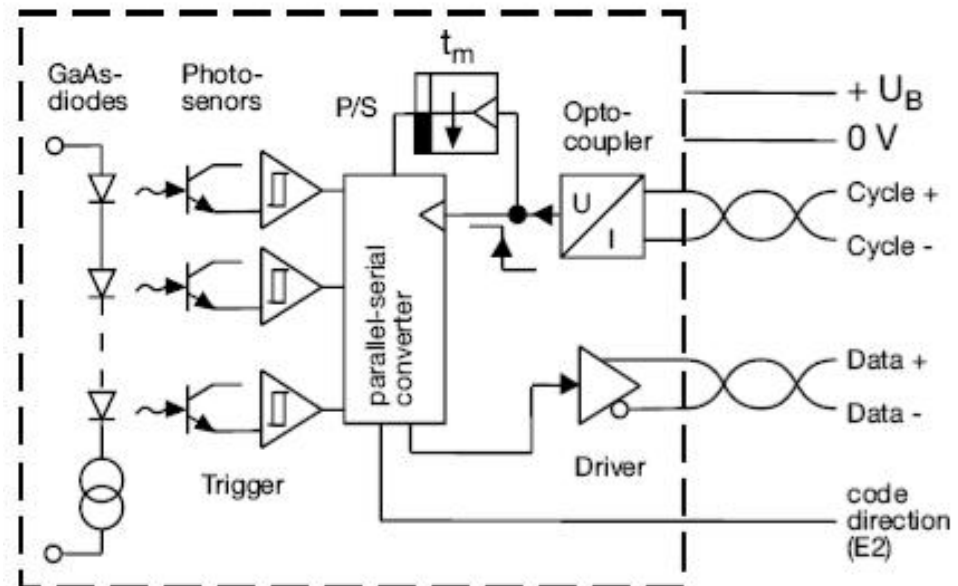
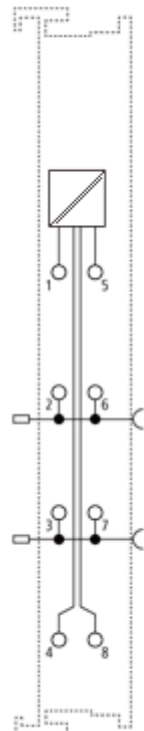
Baud rate	1.5 MBd	< 400 kBd	< 300 kBd	< 200 kBd	< 100 kBd
Cable length (ft.)	< 10	< 160	< 320	< 650	< 1300



SSI

- n Hyvin yleinen sensoridatan siirtoon tarkoitettu synkroninen tai asynkroninen väylä
- n Kello kontrollerilta jos synkronisessa moodissa, muutoin ajoituksen mukaan
- n Data anturilta

SSI





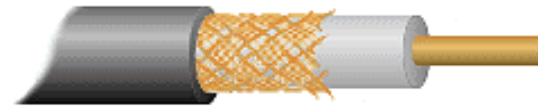
Digitointi, kertausta, Miksi?

- n mittaussignaalin siirto helpompaa
 - n SNR digitaalisella signaalilla suuri
 - n virheenkorjaus ja tarkistus mahdollista
 - n optinen tiedonsiirto mahdollista
 - n mittaussignaalin tallennus ja laskenta
 - n digitaalisen signaalin muokkauskeinot laajemmat kuin analogisen esim. suodatuksen kl. epälineaarinen suodatus jne.
 - n digitaaliset komponentit ovat halpoja
- Esimerkiksi absoluuttinen kulma-anturi
- n resoluutio 4096 -> 4..20 mA lähdöllä vastaisi vaatimusta 0.025 % epävarmuudesta
 - n vaatii analogisen tuloyksikön, toisaalta digitaalinen tiedonsiirto vaatii portin joka pystyy lukemaan kyseistä sarjamuotoista protokollaa (SSI lisäkortteja saatavissa PLC-järjestelmiin)

Tiedonsiirron kaapelointi

n Tavallisimmat väylissä käytetyt kaapelityypit ovat:

- .. Kierretty pari
 - n Virtaviestit, jänniteviestit tilatiedot
 - n Kenttäväylät
 - n Ethernet
- .. Koaksiaalinen kaapeli
 - n Analogisen mittaussignaalin siirto
 - n RF taajuisen signaalin siirto
 - n Ethernet
- .. Optinen kuitu
 - n Kenttäväylät
 - n Hyvä häiriönsieto
 - n Galvaaninen erotus





Analoginen ja binäärinen tiedonsiirto

- n Laajalti käytössä vanhoissa prosessiautomaatiojärjestelmissä
- n Jokaiselle I/O:lle oma johdin tai johdinpari -> suuri johdinmäärä ja paljon vikaantumiselle herkkiä liitoksia
- n Siirretään analogista tai binääristä tietoa sarjamuotoisena
- n Analogiset jännitesignaalit herkkiä häiriöille, kaapelin häviöt ja kaapelin pituus vaikuttavat jännitteen arvoon vastaanottimella
- n Virtaviesti (4-20 mA) on jänniteviestiä parempi tapa analogisen tiedon siirtoon. Virta on kaapelissa vakio riippumatta häviöistä.

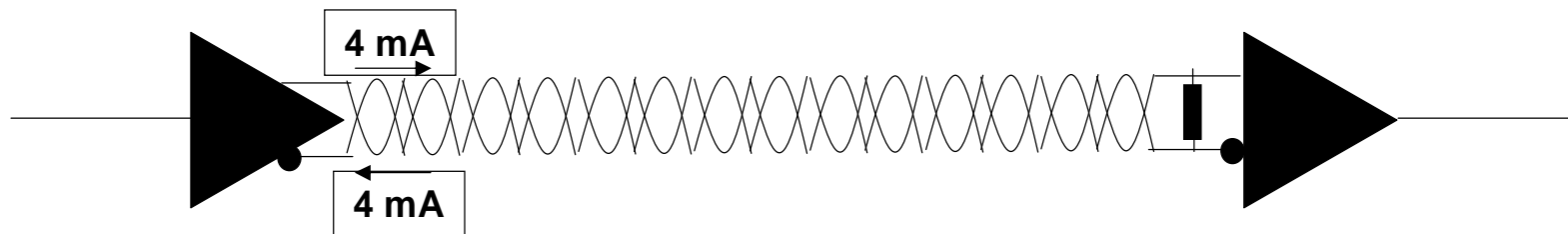


Digitaalinen tiedonsiirto

- n Siirretään binääristä nollista ja ykkösistä koostuvaa dataa
- n Tiedonsiirto voi olla sarja- tai rinnakkaismuotoista
- n Digitaalisessa tiedonsiirrossa sovelletaan erilaisia verkkoja:
 - Perustaajuusmodulointi verkko
 - Kantaaltomodulointi verkko
 - Laajakaistamodulointi verkko
- n Kenttäväylissä sovelletaan tavallisimmin perustaajuusmodulointia, digitaalista dataa siirretään sellaisenaan ilman modulointia analogiseen kantaaltoon, poikkeuksia kuitenkin löytyy

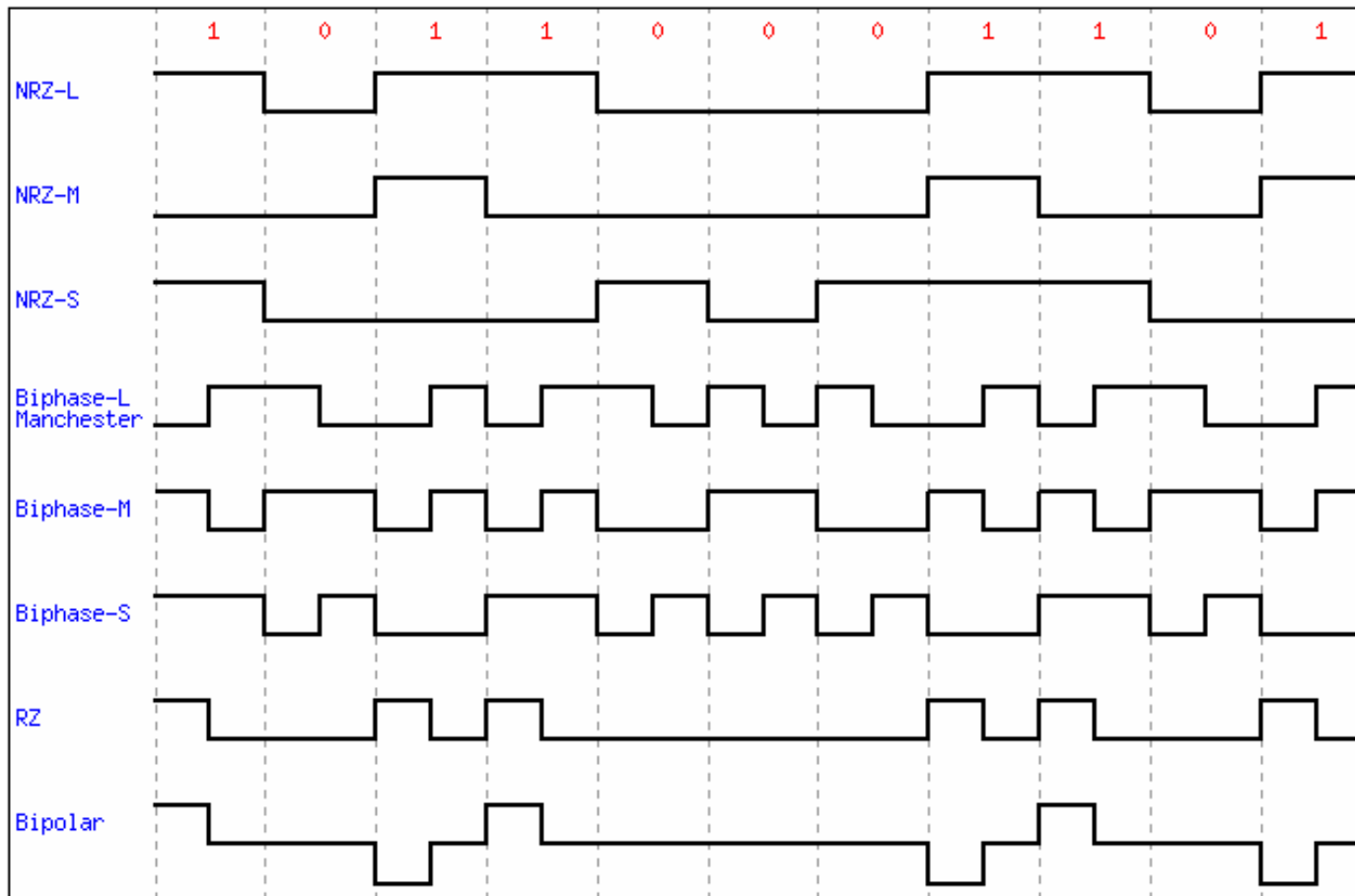
Digitaalinen tiedonsiirto, Standardeja

- n Useita sähköisiä standardeja
 - .. RS422, RS485 perustuvat TTL-tasoon, jännite (0-5V)
 - .. Pienjännitedifferentiaalisignaali LVDS characteristic
 - n virta +/- 4 mA
 - n 400 mV 100 ohmin päätteellä (kierretyn parin ominaisimpedanssi)
 - .. Vauhtia piisaa (~300 MHz)



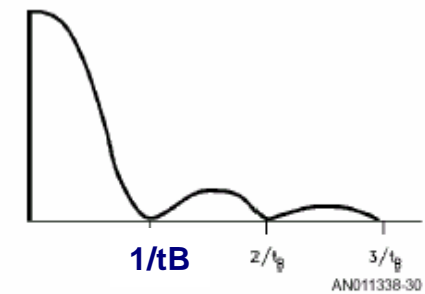
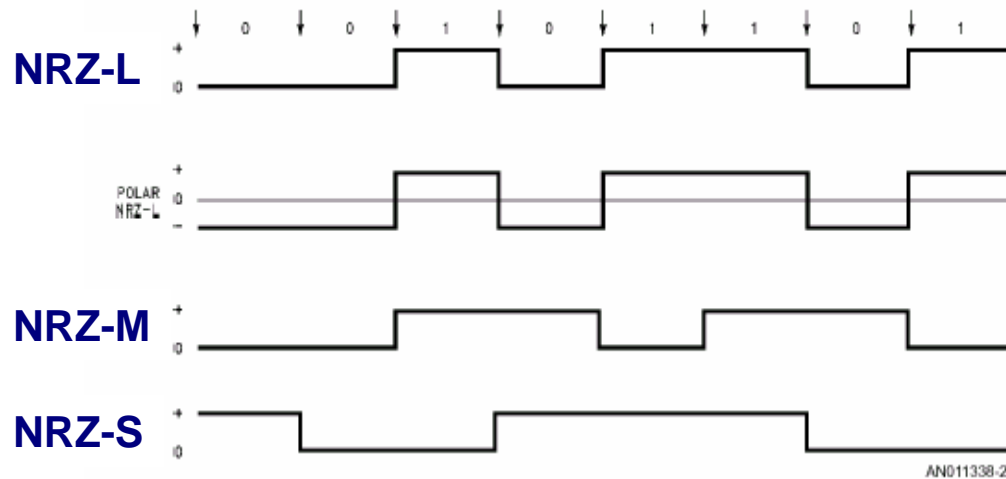
Perustaajuusmodulointeja

4 peruskoodia



NRZ: non return to zero
RZ: return to zero
PE: phase encoded
MLB: multi level binary

Non Return to Zero (NRZ)



NRZ-L : Level

- n ei koodausta

- .. NRZ-M: Mark

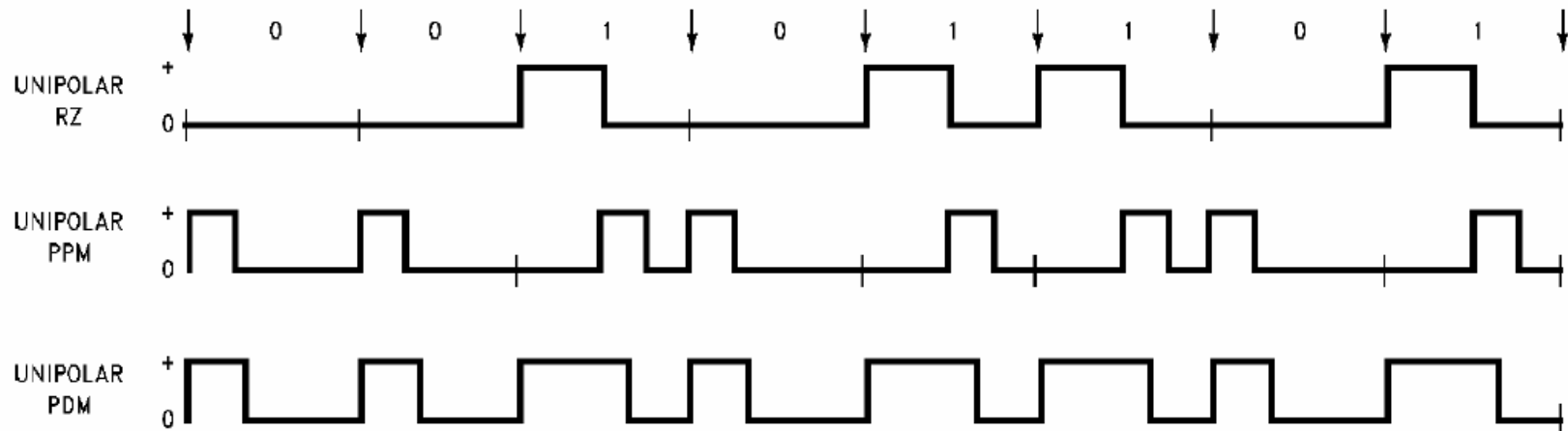
- n Muutos kun "1"

- .. NRZ-S: Space

- n Muutos kun "0"

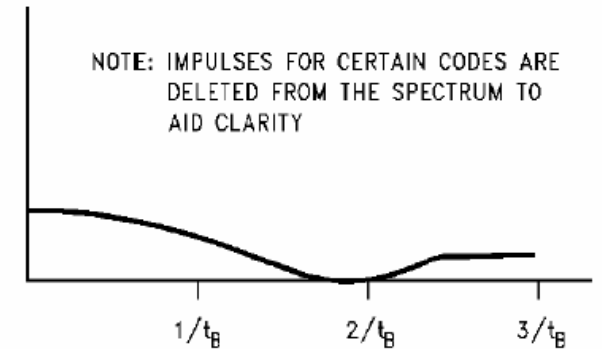
- n Suurehko DC- komponentti , ei kelloa

Perustaajuusmodulointeja



AN011338-31

DATA TO BE SENT a_n	LINE SIGNAL SEQUENCE (b_n)		
	UNIPOLAR RETURN TO ZERO	UNIPOLAR PULSE POSITION MODULATION	UNIPOLAR PULSE POSITION MODULATION
1			
0			
	t_B	t_B	t_B



AN011338-33

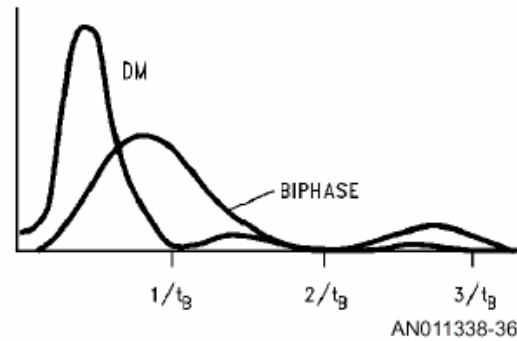
GENERAL POWER SPECTRUM FOR RZ CODES



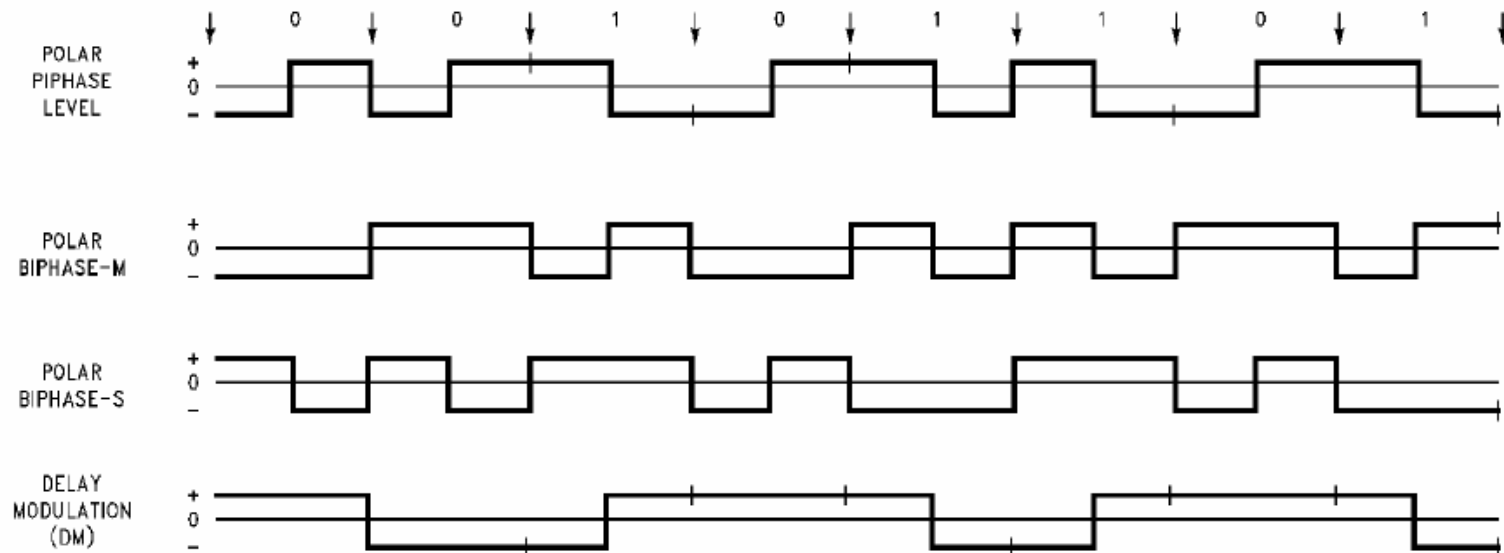
Perustaajuusmodulointeja vaihekoodaus

- n Neljä peruskoodia:
 - .. Bi-Phase Level (kutsutaan yleisesti Manchester)
 - n NRZ-L XOR kellopulssi
 - .. Bi-Phase Mark (M)
 - n Muutetaan tasoa jakson lopussa aina
 - n Muutetaan keskellä jaksoa jos bitti on "1"
 - .. Bi-Phase Space (S)
 - n Kuten edellä mutta vaihto kun bitti on "0"
 - .. Viive modulaatio (kutsutaan yleisesti Miller)
 - n Muutetaan keskellä jaksoa jos bitti on "1",
 - n jos bitti on "0" ja seuraava bitti on "0" vaihdetaan tasoa jakson lopussa
 - n jos bitti on "0" ja seuraava bitti on "1" ei vaihdeta tasoa jakson lopussa
- n Vähemmän DC-komponenttia
- n Kello lisänä Bi-Phase-moduloinneissa
- n Virheen tunnistus rajoitetusti mahdollista ilman lisäominaisuuksia

Perustaajuusmodulointeja

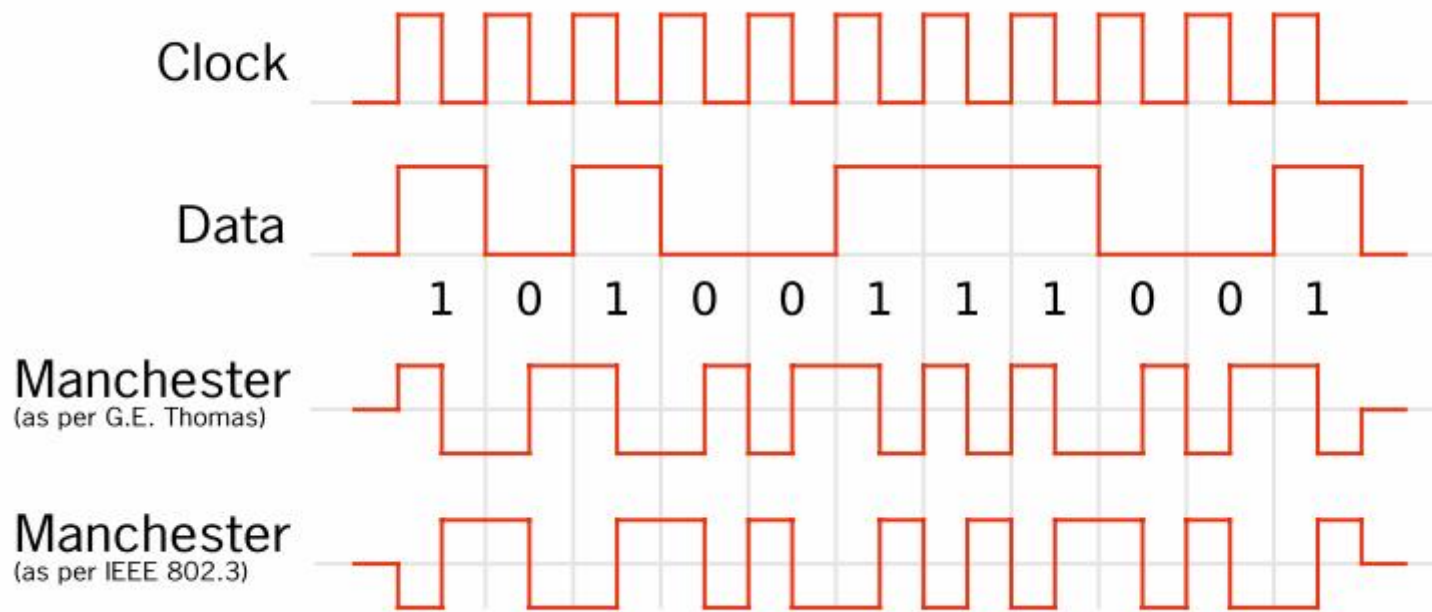


GENERAL POWER SPECTRUM
FOR SPLIT PHASE CODES



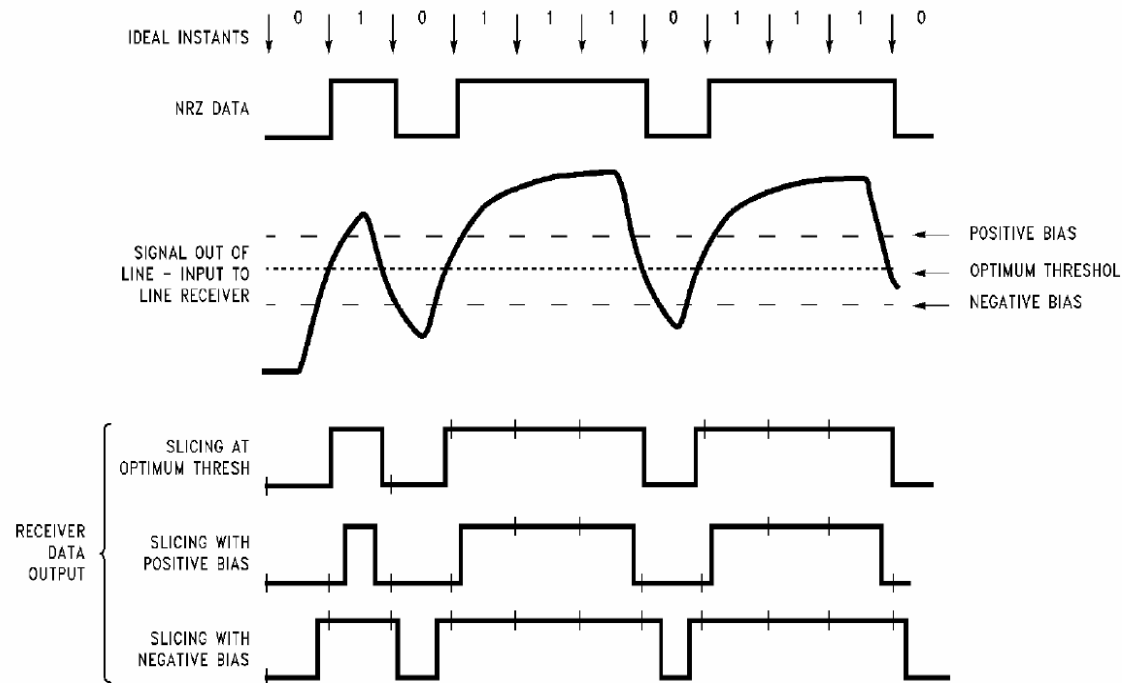
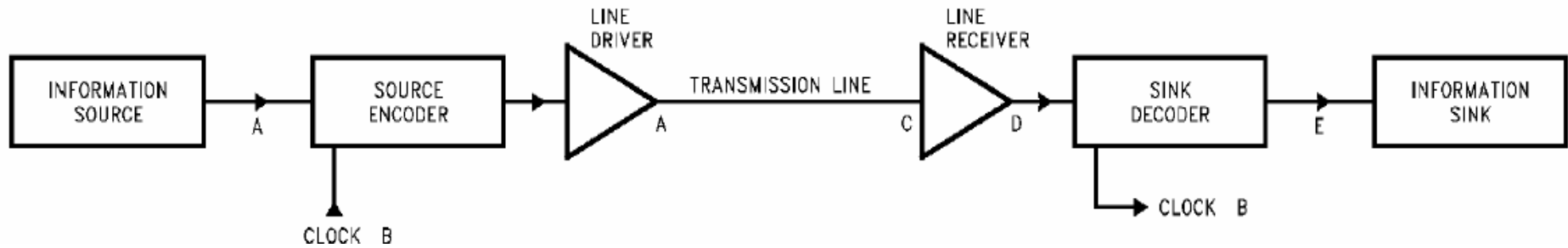
Manchester koodaus

n On siis Bi-phase level

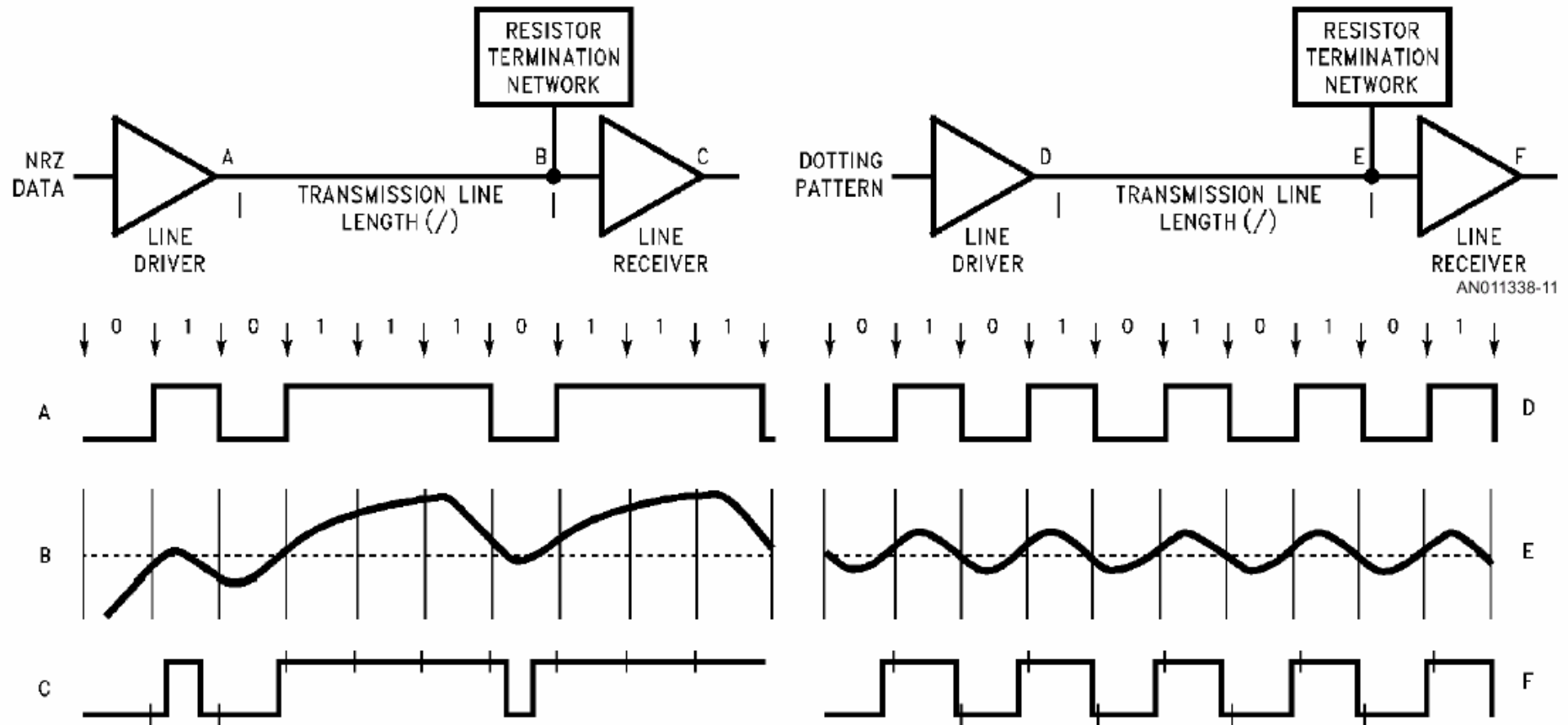


Kuva: Wikipedia

Hyöty



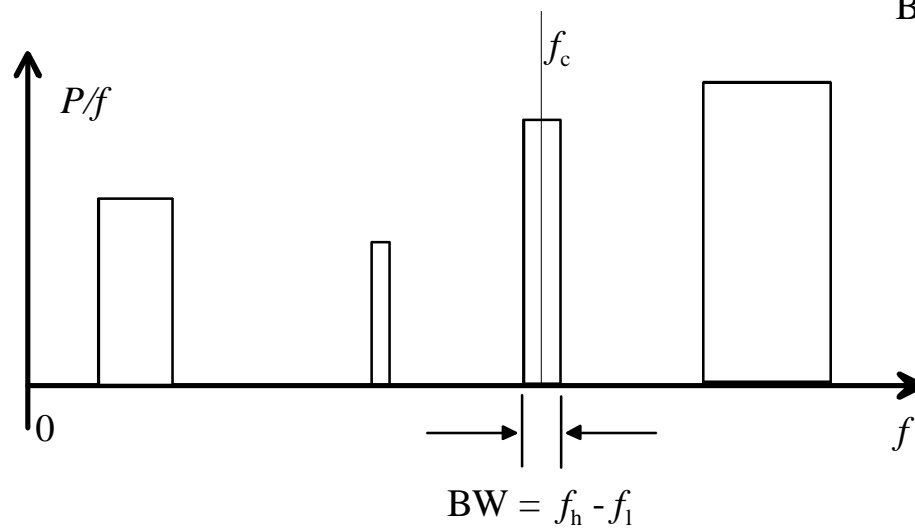
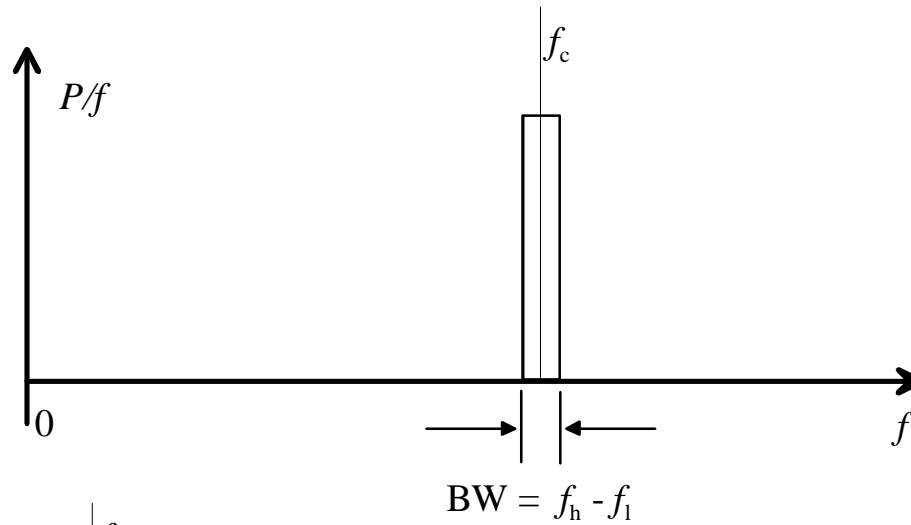
Hyöty



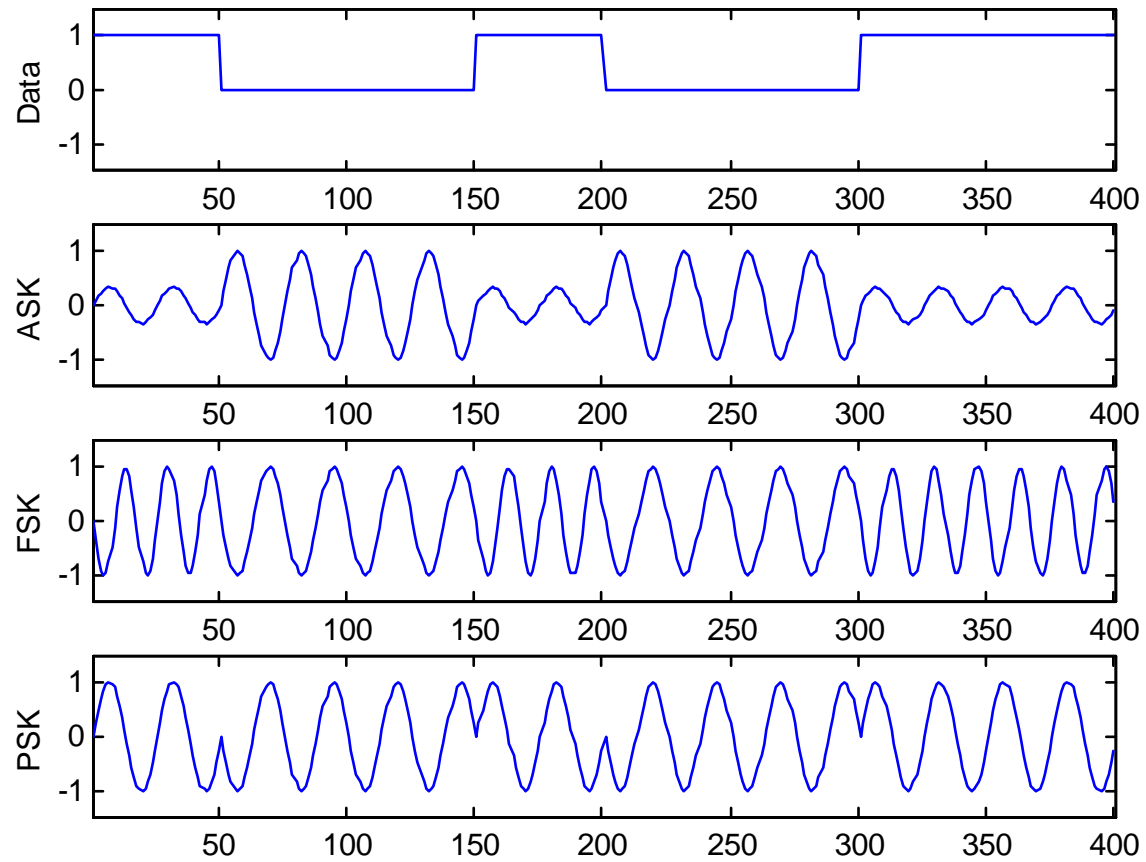
Virheet aiheutuvat DC-tason ajautumisesta moduloitumattomassa tapauksessa, Moduloidussa tapauksessa linjan kapasitansseja ei ladata yhteen suuntaan pitkää aikaa, joten jännite pysyy keskipisteessä.

Kantoaaltopohjainen tiedonsiirto

- n Kapeakaistainen
- n Laajakaistainen



Kantoaaltomoduloiteja

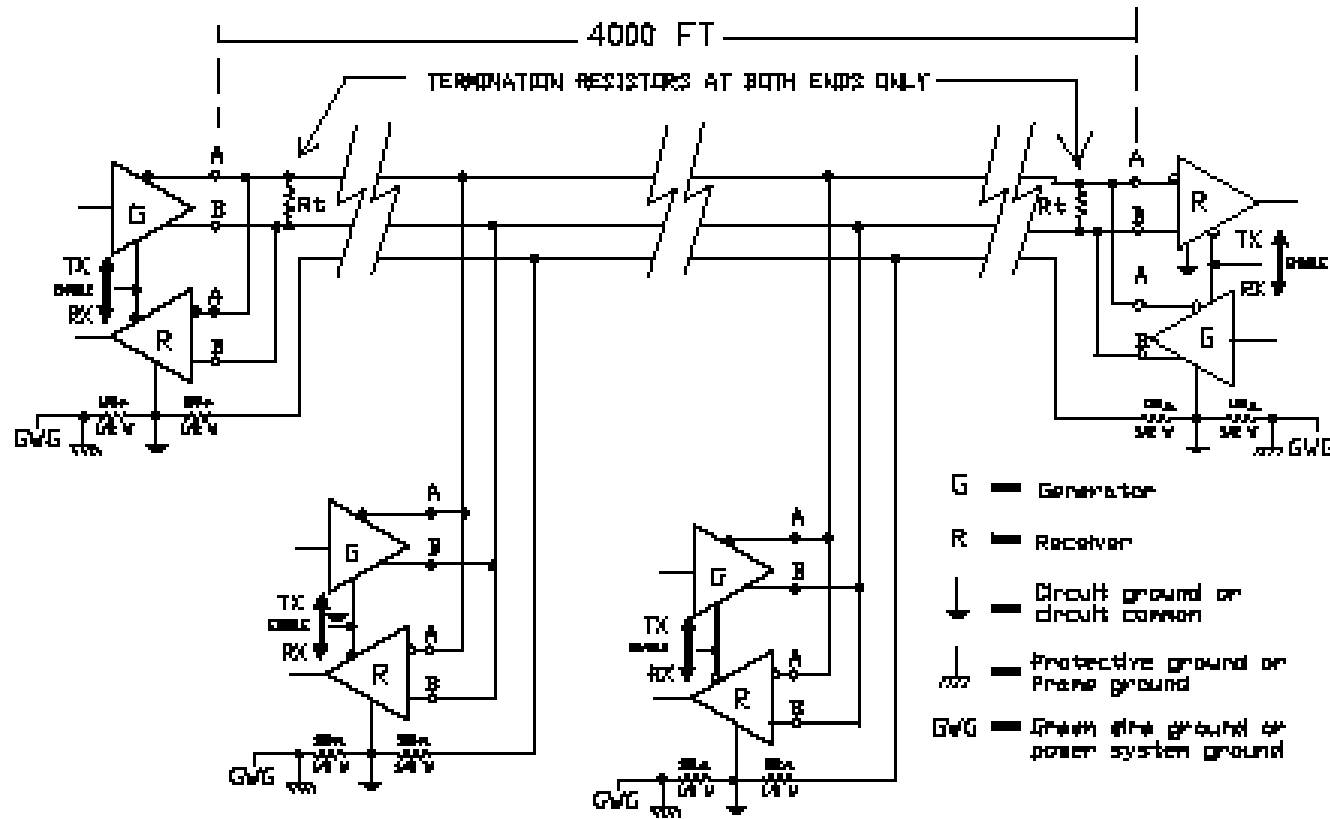




Kierretty pari ja RS-485 standardi

- n Käytetyin avoin standardi teollisessa tiedonsiirrossa
- n Perustuu differentiaaliseen binääriseen tiedonsiirtoon kierretyssä parikaapelissa
- n Datan ykköset ja nollat ilmaistaan A ja B johtimien suhteellisella jännitteellä:
 - Bitti 1: $V_a < V_b$
 - Bitti 0: $V_b > V_a$
- n Koska tiedonsiirtotapa on differentiaalinen ja maasta erotettu, se sietää hyvin ympäristön aiheuttamia yhteismuotoisia häiriöitä
- n Tiedonsiirtomuotoina Half Duplex ja Full Duplex
- n Tiedonsiirtonopeudet maksimissaan luokkaa Mb/s, siirtoetäisyydet kilometriluokkaa

Kenttäväylän toteuttaminen RS-485:lla



Terminointi


n Kompleksinen tai resistiivinen

- Päätetään johdon ominaisimpedanssiin, jolloin heijastumista ei tapahdu vaan signaali ”näkee johdon äärettömän pitkänä”

n Kts. Sähkömagnetismin luentomoniste

$$U_r = U_1 \frac{Z_2 - Z_0}{Z_2 + Z_0} = \rho U_1 \quad \text{heijastus}$$

$$U_2 = U_1 \frac{2Z_2}{Z_2 + Z_0} = \tau U_1 \quad \text{Kuorman menevä osa}$$

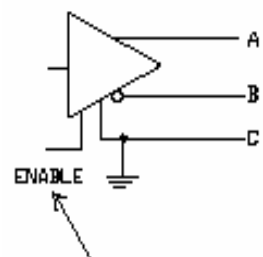
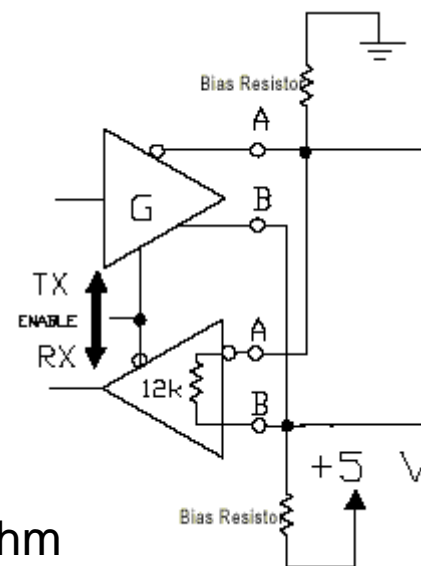
- 
- n Kierretty pari $Z_0=120$ ohm
 - n Terminointi 120 ohmin vastuksella.

Biasointi

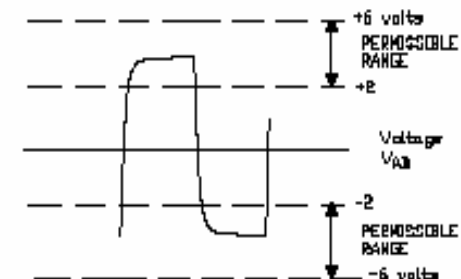
Riittävä erojännite saatava:
A- ja B- kanvan välille saatava aina min
200 mV jännite.

Jos esim kuormaimpedanssi / tranceiver on 12kohm
Niin 10 kpl väylässä tekee 1.2kohm. Terminointi 120 ohm
Molemmissa päissä tekee 60 ohm. Yhteensä siis noin 57 ohm.
200 mV vaatii siis 3.5 mA virran terminoinnin yli joten 5 voltin
Syöttöjännitteellä maksimissaan noin 1.428 k vastus. Siitä pois vielä 67 ohmia.

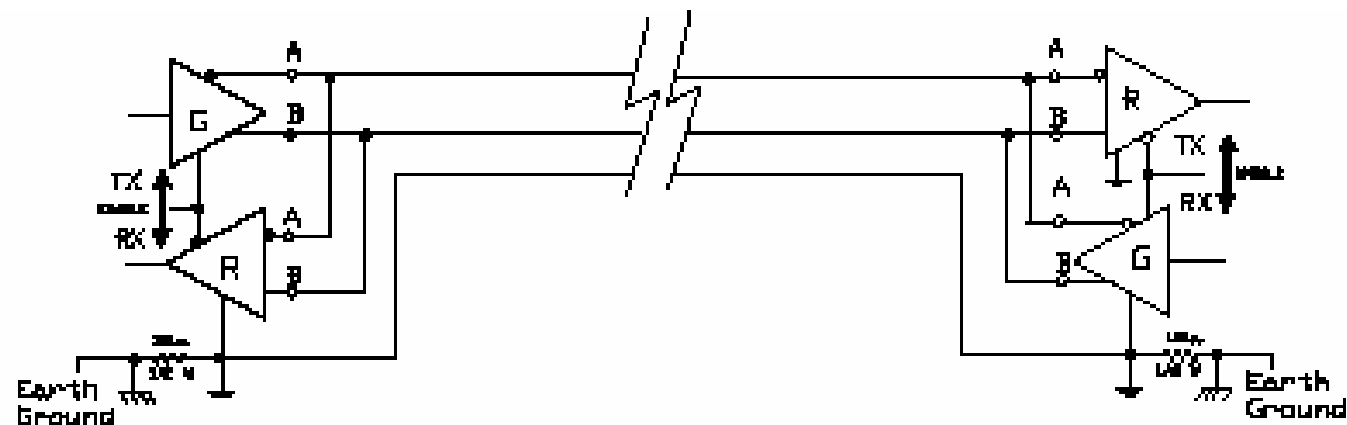
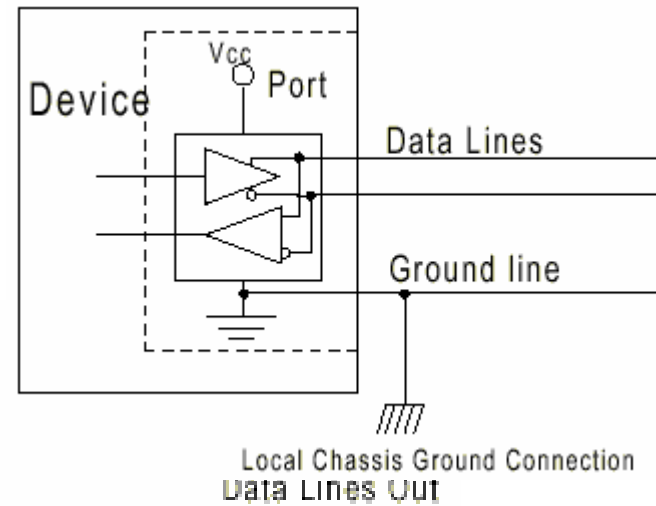
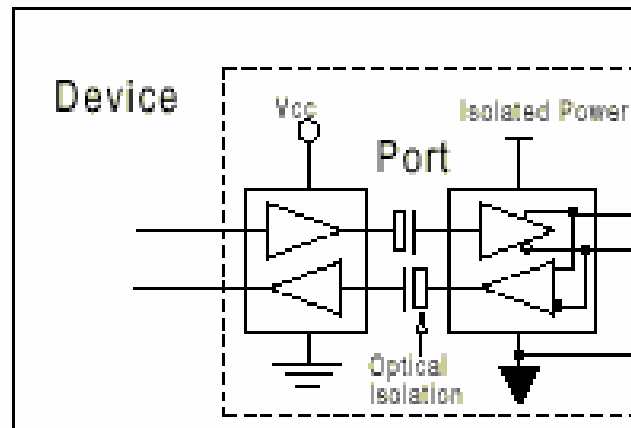
Laitetaan vain yhteen kohtaan väylällä.



(OPTIONAL FOR RS-422)
(REQUIRED FOR RS-485)

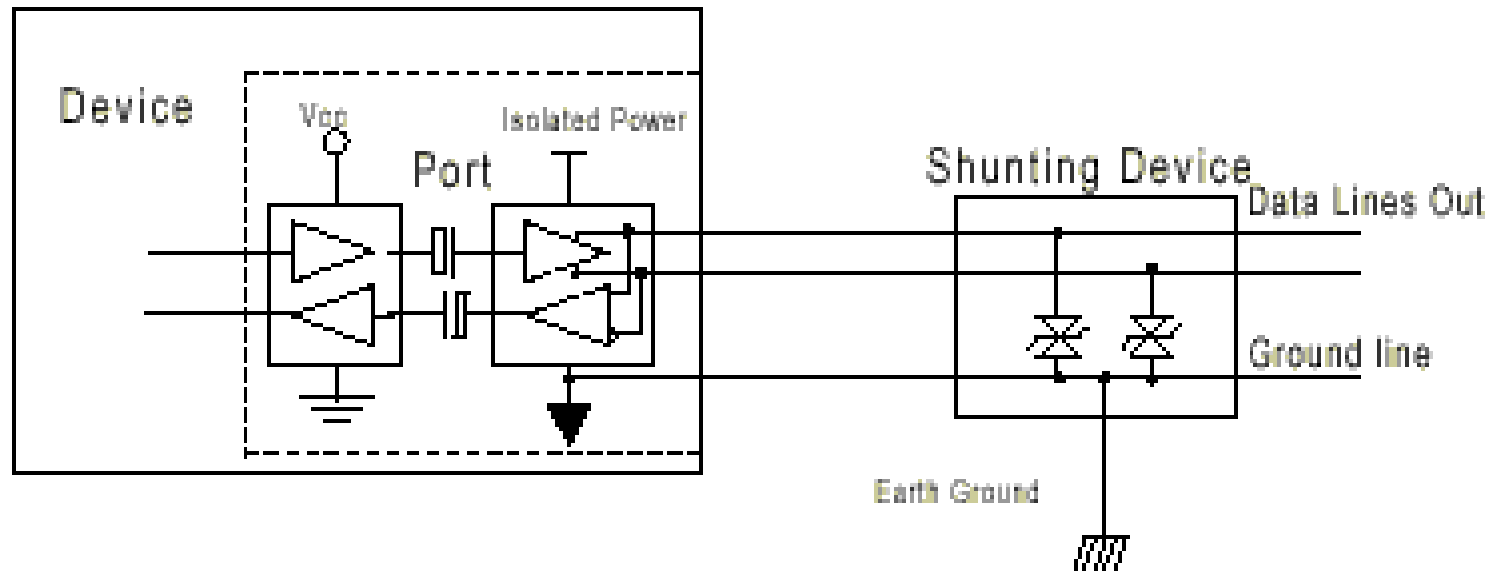


suojaus



suojaus

- n Erotus ja maadoitettu tai maadoittamaton ”shuntti”





Optinen tiedonsiirto

n Sovelletaan myös kenttäväylissä, etuja:

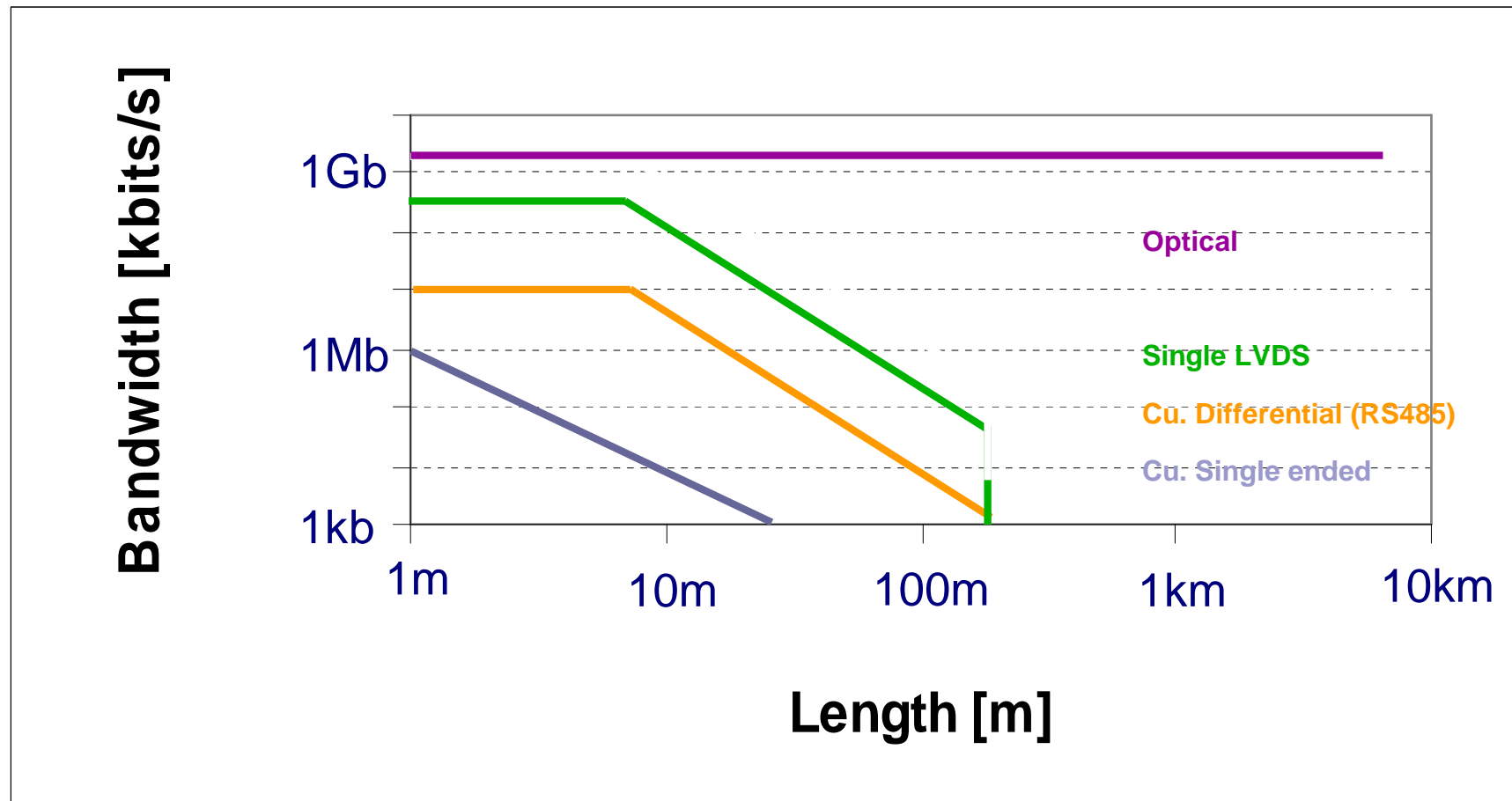
- .. Suuri kaistanleveys->suuri kapasiteetti
- .. Ei ylikuulumisongelmia
- .. Erinomainen sähkömagneettisten häiriöiden sieto
- .. Kestävät metallisia kaapeleita paremmin ympäristön räsitusta
- .. Käytön ja asennuksen turvallisuus
- .. Tietoturva, havaitsematta ei pystytä salakuuntelemaan
- .. Kestoikä verrattuna metallikaapelointiin
- .. Valokaapeli on edullista
- .. Galvaaninen erotus



Optinen tiedonsiirto

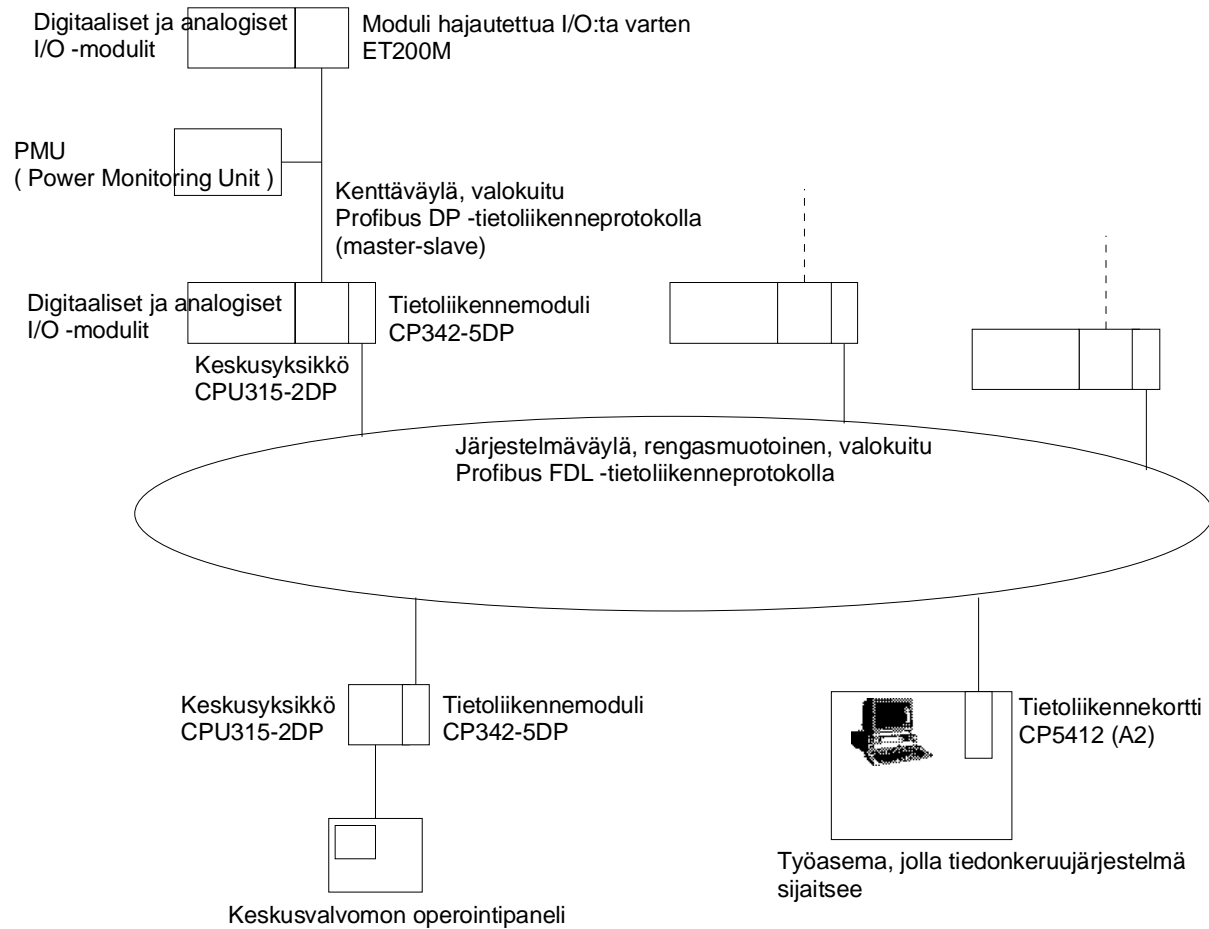
- Vastaavasti löytyy myös haittoja:
 - Kuidun liittäminen on kallista, vaatii erikoistyökaluja ja ammattitaitoa
 - Liitännäkustannukset, itse kuitu on hyödytöntä ilman oheiselektroniikkaa, jolla tietoliikennettä suoritetaan
 - Energian siirto, metallikaapeleita voidaan käyttää myös energian siirtoon toimilaitteelle
 - Kohtuullisen lyhyt historia verratuna tiedonsiirtoon metallikaapeleita käyttäen

Yhteenveto



n Käyttö eri taajuusalueilla ja nopeuksilla

Esimerkki optisesta kenttäväyläosiosta, StoraEnso Varkaus





Mikä on tiedonsiirtoprotokolla?

- n Tiedonsiirtoprotokolla määrittelee menettelytavat joiden perusteella samassa väylässä olevat laitteet pystyvät vaihtamaan toistensa kanssa viestejä
- n Protokolla määrittelee muun muassa:
 - Väylän varauksen
 - Datan kehysrakenteen
 - Virheentarkistuksen
 - Virheenkorjauksen
 - Käytettävissä olevat funktiot
 - Virhetilanteiden käsittelyn
 - Väylän laitteiden identifikoinnin



Väylänvarausmenetelmiä

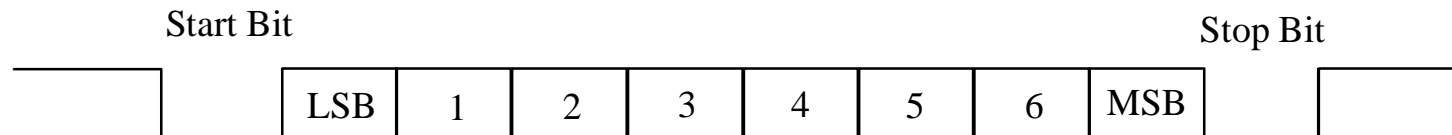
- n Koska samalla väylällä on useita toimijoita, tarvitaan soveltuva menetelmä väylän varaamiseen
 - .. CSMA/CD (Carrier Sensing Multiple Access/Collision Detection)
 - n Ethernet
 - .. Token Passing
 - n Token Bus, Profibus
 - .. Priorisointi, Multi Master
 - n CAN -väylä
 - .. Master-Slave
 - n Profibus DP
 - n Modbus

Sarjamuotoisen tiedonsiirron toteuttaminen

n Kenttäväylissä tiedonsiirto asynkronista

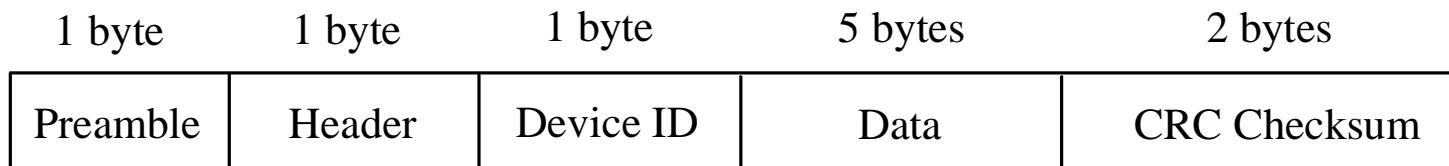
- Ei lähetetä erillistä tiedonsiirtoa tahdistavaa kellopulsssia
- Tiedonsiirtoa tahdistetaan useimmiten aloitus ja lopetusbiteillä (start bit & stop bit)
- Synkronointi pääsääntöisesti tavuittain
- Hukataan kaistaa, mutta toisaalta tiedonsiirrossa selvittää yhdellä parikaapelilla

n Sarjamuotoista tiedonsiirtoa varten kaupallisista mikrokontrollereistä löytyy sulautettuja piirejä, esim. USART, CAN tai USB -lähetin- ja vastaanotinpiiri



Tiedon pakkaaminen kehyksiin

- n Protokollakohtaista, kuvataan OSI -mallin toisessa kerroksessa (Data Link Layer)
- n Kehyksessä on tietty informaatio tietyssä paikassa, esimerkiksi:
 - Lähettäjän tunniste
 - Vastaanottajan tunniste
 - Funktiokoodi
 - Lähetetty data
 - CRC -tarkistussumma





Tiedonsiirtovirheen havaitseminen

- n Tarvitaan menetelmiä, joilla pystytään havaitsemaan tiedonsiirrossa tapahtuneet virheet.
- n Sovellettavia menetelmiä on useita:
 - .. Pariteettibitin käyttö
 - .. Bit Stuffing
 - .. Hamming etäisyys
 - .. Kaiutus
 - .. CRC -tarkistussumma
 - .. Tunnistekoodin käyttö
- n Kaikki menetelmien “haittana” on tiedonsiirron tehokkuuden pieneneminen, hyötydatan osuus kokonaisdatamäärästä pienenee



Pariteettibitin käyttö

Yksinkertaisin ja laajimmin sovellettu menetelmä tiedonsiirtovirheen havaitsemiseen

- n Havaitaan 1 bitin tilan muuttuminen tavussa
- n Täydennetään lähetettävää tavua pariteettibitillä
 - Pariton pariteetti (odd), pariton määrä bittejä 1
 - Parillinen pariteetti (even), parillinen määrä bittejä 1
- n Esimerkki, 7-bittinen data ja parillinen pariteetti:
 - Data: 1101000, ykkösbittejä 3, eli pariton määrä. Täydennetään ykkösbittien määrä parilliseksi 11010001
 - Data: 0101011, ykkösbittejä 4, eli parillinen määrä, täten tavusta tulee pariteettibitin kanssa 01010110
- n Toteutus esimerkiksi XOR -logiikkaporteilla



Bit Stuffing

- n Jos lähetettävässä bittijonossa on asetettu määrä peräkkäin samoja bittejä, lisää lähetin jonoon yhden vastakkaisen bitin. Vastaanotin karsii tämän bitin pois.
- n Sovelletaan CAN -väylässä: Jos lähetettävässä bittijonossa on viisi samaa bitti peräkkäin lisätään väliin yksi vastakkainen bitti
- n Esimerkki: CAN lähetin haluaa lähettää tavun 01000001, koska tavussa on viisi peräkkäistä nolla, täydennetään lähetettävää tavua muotoon 010000011



Virheenkorjauskoodit

- n Lisätään bittejä virheen tunnistamiseksi/korjaamiseksi
- n tunnistus
 - .. Pariteetti-bitti
 - .. 1 bitin korjaus (bit stuffing), lisätään esim. Viiden peräkkäisen saman bitin jälkeen ylimääräinen bitti
- n korjaus
 - .. Yhden virheen korjaus
 - .. Kahden virheen korjaus
- n Vähentää tehollista kaistanleveyttä
 - .. Samalla baudeilla vähemmän bittinä/s



Hamming etäisyys

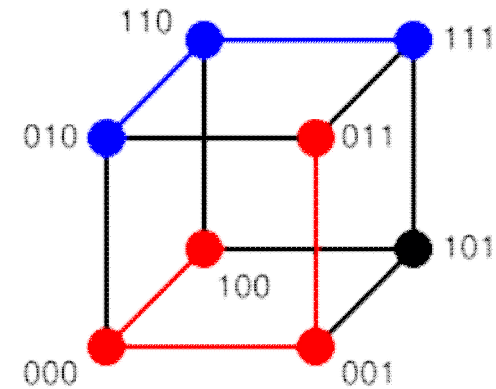
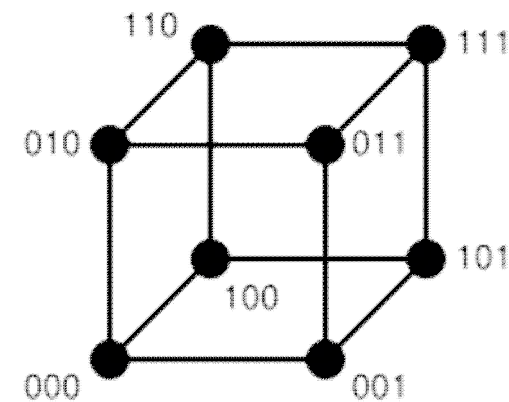
- n Kahden samanpituisen merkki- (bitti-) jonon (a ja b) toisistaan eroavien merkkien/bittien lukumäärä

$$\sum_{i=1, a_i \neq b_i}^n 1$$

- n tai toisaalta, kuinka monta peräjälkeistä virhettä voi olla ettei virhettä huomata, pariteetilla 2, kolme kertaa kaiuttamalla (3,1) etäisyys on kolme
- n Erilaisilla koodaustavoilla saavutetaan eri etäisyyksiä
- n Hamming (7,3) korjaa minkä tahansa yhden bitin virheen ja havaitsee kahden bitin virheen eli korjauksessa Hamming-etäisyys on 1

- n 100:sta Hamming etäisyys 001:een on 3
- n 010:sta Hamming etäisyys 111:een on 2

- n Esim kaiutus 3:lla yhden ja nollan välinen Hammingetäisyys on kolme eli 111:stä 000:aan



LÄHDE : Wikipedia



Hamming- koodit

- n Jos koodiin lisätään bittejä jotka riippuvat databiteistä ja ne voidaan järjestää siten, että virheellisen bitin paikka voidaan tunnistaa voidaan kaikki yhden bitin virheet korjata.
- n 7 bitin datalle voi olla 7 kohtaa, jossa virhe, eli periaatteessa 3:lla bitillä voidaan määritellä virheellisen bitin paikka



Esimerkki Hamming- koodit

n 5 bittiä lisää 8 bitin dataan

- .. $\text{hamming}[0] = \text{data}[1] \wedge \text{data}[2] \wedge \text{data}[3] \wedge \text{data}[4];$
- .. $\text{hamming}[1] = \text{data}[1] \wedge \text{data}[5] \wedge \text{data}[6] \wedge \text{data}[7];$
- .. $\text{hamming}[2] = \text{data}[2] \wedge \text{data}[3] \wedge \text{data}[5] \wedge \text{data}[6] \wedge \text{data}[8];$
- .. $\text{hamming}[3] = \text{data}[2] \wedge \text{data}[4] \wedge \text{data}[5] \wedge \text{data}[7] \wedge \text{data}[8];$
- .. $\text{hamming}[4] = \text{data}[1] \wedge \text{data}[3] \wedge \text{data}[4] \wedge \text{data}[6] \wedge \text{data}[7] \wedge \text{data}[8];$
- .. $\wedge = \text{XOR}$



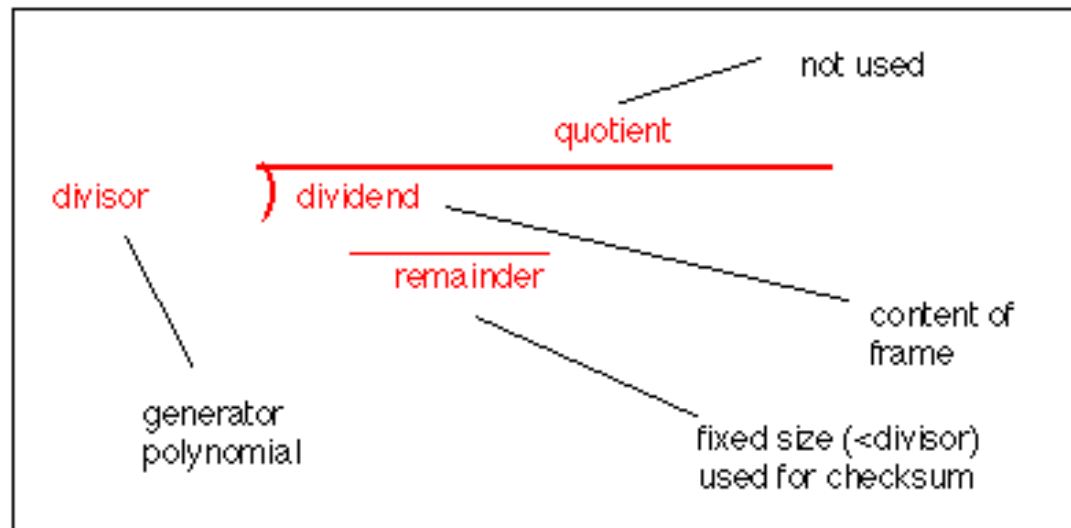
Esimerkki Hamming- koodit

n 4 bittiä lisää 8 bitin dataan

n <http://www.ee.unb.ca/tervo/ee4253/>

CRC -tarkistussumma

- n Tehokas ja laajalti tiedonsiirtoprotokollissa hyödynnetty menetelmä tiedonsiirtovirheiden havaitsemiseen.
- n Perustuu lähetettävän datakehyksen binääriseen jakamiseen CRC -polynomilla. Tuloksena saadaan jakojäännös, joka liitetään datakehyksen perään





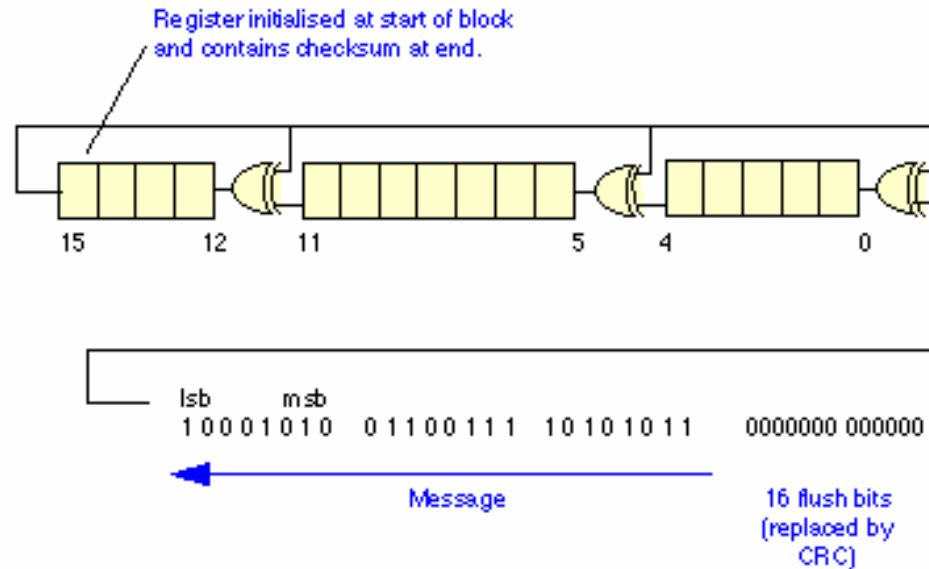
CRC -tarkistussumma, jatkuu

- n CRC -polynomi on generoitu siten, että pienikin muutos datakehysten sisällössä aiheuttaa muutoksen jakojäännökseen
- n Tavallisimpia CRC -polynomeja ovat:
 - CRC-16: $P(x)=x^{16}+x^{12}+x^5+x^0$, eli binäärisenä (MSB)->(LSB): 10001000000100001
 - X25 standardi: $P(x)=x^{16}+x^{15}+x^2+x^0$
 - Ethernet, CRC-32: $P(x) = x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x^1+x^0$
 - Paljon muita ainakin 20 kpl erilaisia yleisesti käytössä

CRC -tarkistussumma, jatkuu...

n CRC-16 havaitsee:

- Kaikki yhden bitin virheet
- Kaikki määrältään parittomat virheet
- Kaikki kahden peräkkäisen bitin virheet
- Kaikki virhepurskeet, joiden pituus on pienempi kuin 16 bittiä
- Lisäksi 99.9984 % muista virheistä havaitaan





Tunnistekoodin käyttö

- n Sovelletaan häiriöisessä ympäristössä, esimerkiksi tiedonsiirto radiolla tai sähköverkossa
- n Vastaanottimen on pystyttävä erottamaan oikea datakehys tiedonsiirtokanavalla liikkuvista häiriöstä
- n Lisätään kehyksen alkuun bittikuvio, joka valitaan siten, että niiden esiintymistodennäköisyys on kanavalla pieni

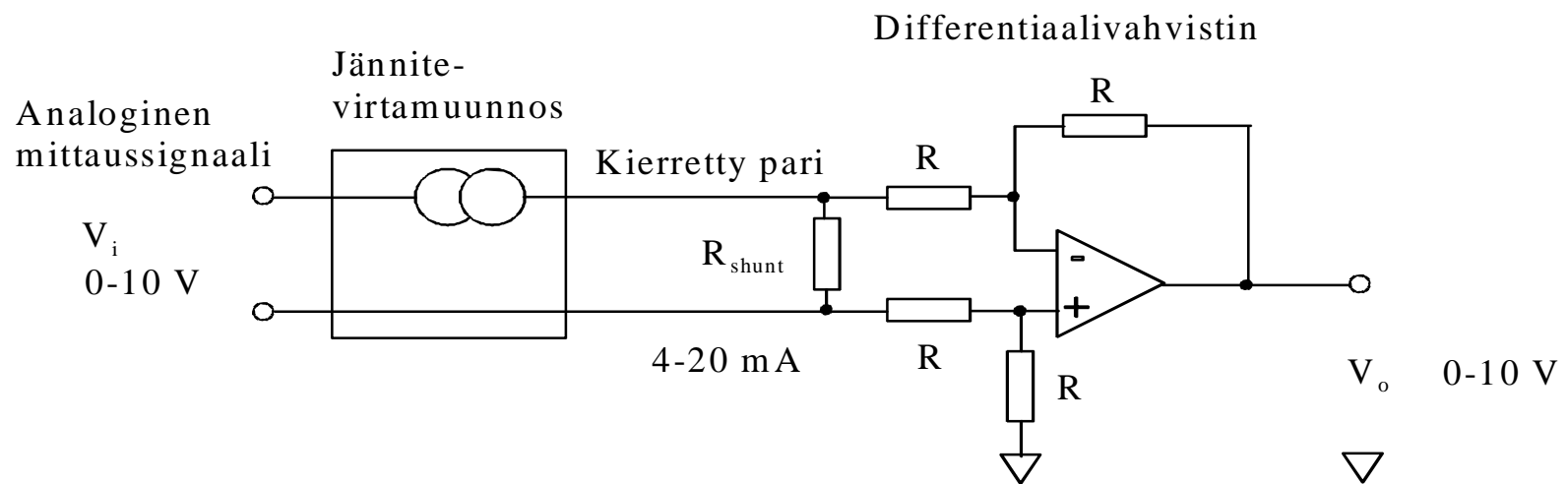


Virheenkorjaus

- n Tarvitaan silloin kun on havaittu tiedonsiirtovirhe
- n Menettely virhetilanteiden käsittelyyn on määritetty tiedonsiirtoprotokollassa
- n Menetelmiä:
 - Uudelleenlähetys: Korruptoitunut kehys lähetetään uudestaan, vastaanottajan pyynnöstä
 - Forward Error Correction (FEC): Liitetään koodi lähetettävän kehyksen alkuun, jonka avulla pystytään korjaamaan kehykseen tiedonsiirrossa tulleita virheitä.
 - Konvoluutiokoodaus, datasta muodostetaan konvoluutiolla ortogonaalinen kanta joka puretaan dekonvoluutiolla, bittejä lisätään eli hyötykaista pienenee tässäkin

Analoginen/ Digitaalinen mittaus

n Analoginen virtaviesti



Analoginen/ Digitaalinen mittaus

n Digitaalinen viesti

