

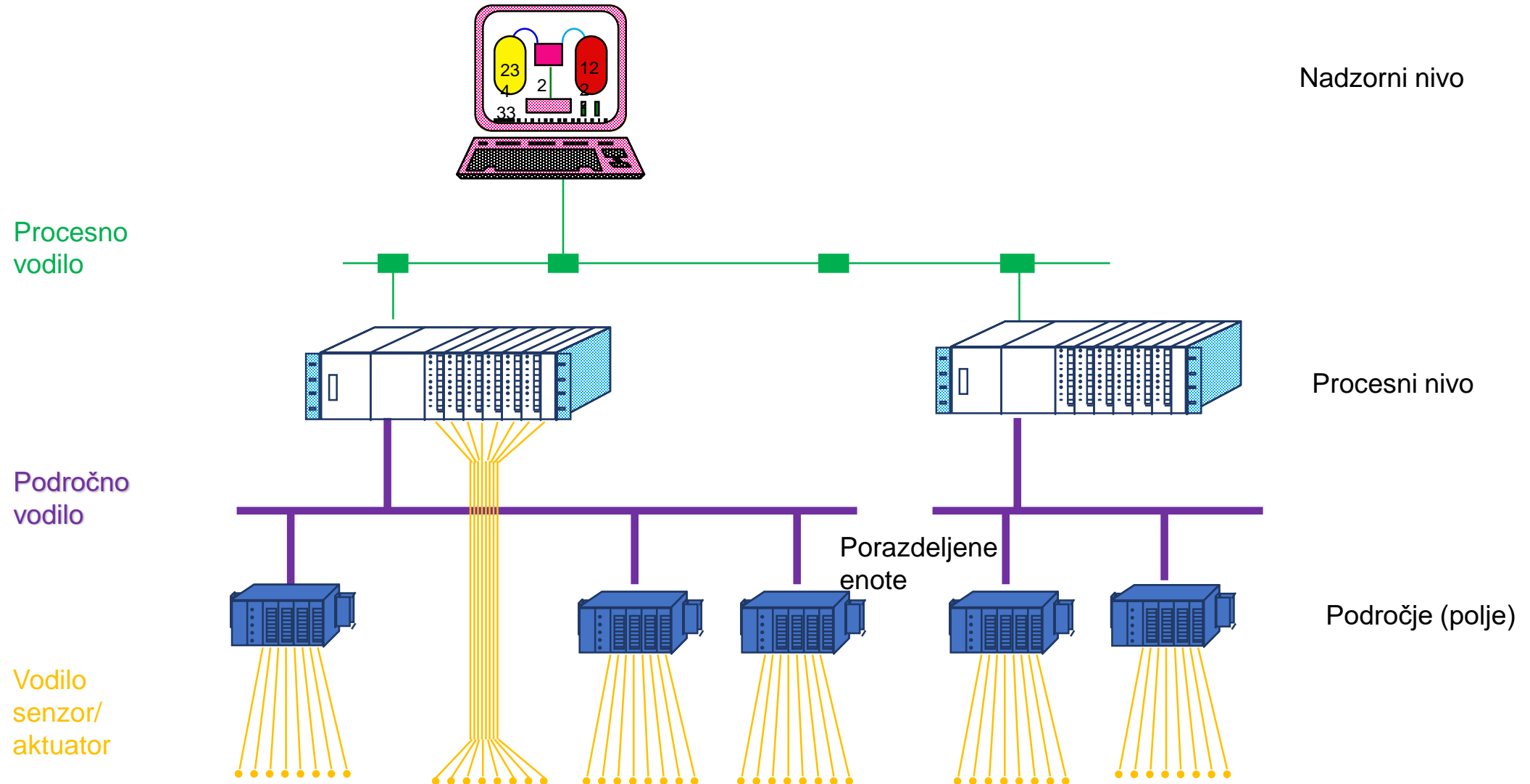
Industrijska vodila

Procesna avtomatika

Uroš Lotrič, Nejc Ilc

Umestitev

Industrijska vodila



Lastnosti

Procesno vodilo

- Velike količine podatkov
- Čas ni primarnega pomena

Področno vodilo in vodilo senzor/aktuator

- Prenos velikega števila majhnih paketov z majhnimi zakasnitvami
- Neprijazne razmere
 - temperatura, tresljaji, elektromagnetne motnje, voda, sol, ...
- Robustna in enostavna inštalacija
- Visoka integriteta podatkov (čim manj napak)
- Dostopnost
- Sinhronizacija do nivoja μs
- Stalni nadzor in diagnostika
- Zmerne hitrosti prenosa podatkov 50 kbit/s .. 5 Mbit/s na velike razdalje 4 km .. 10 m
- Možnost izvedbe za eksplozijsko nevarna območja

Pričakovanja

Zmanjšanje količine fizičnih povezav

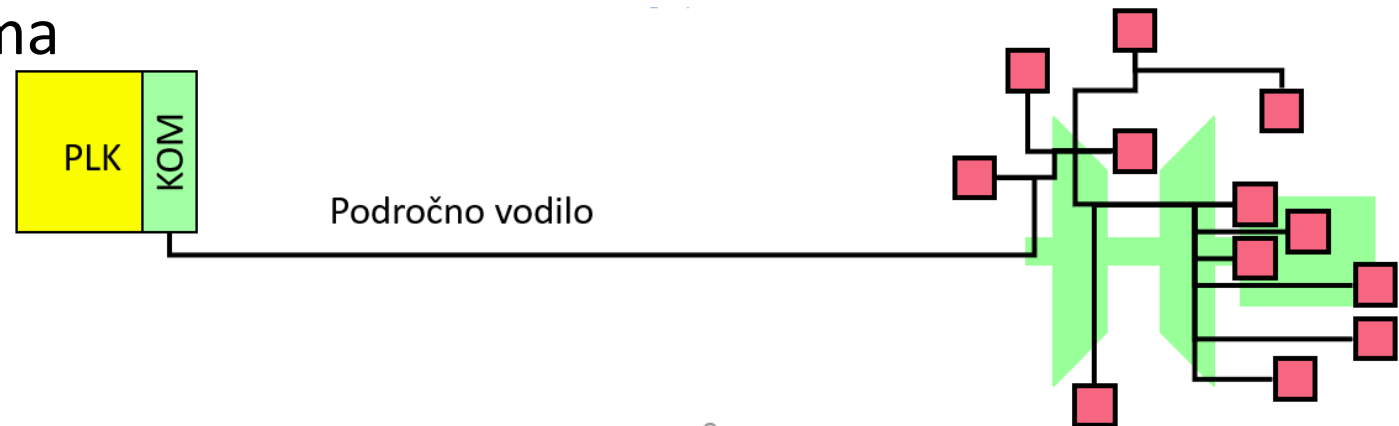
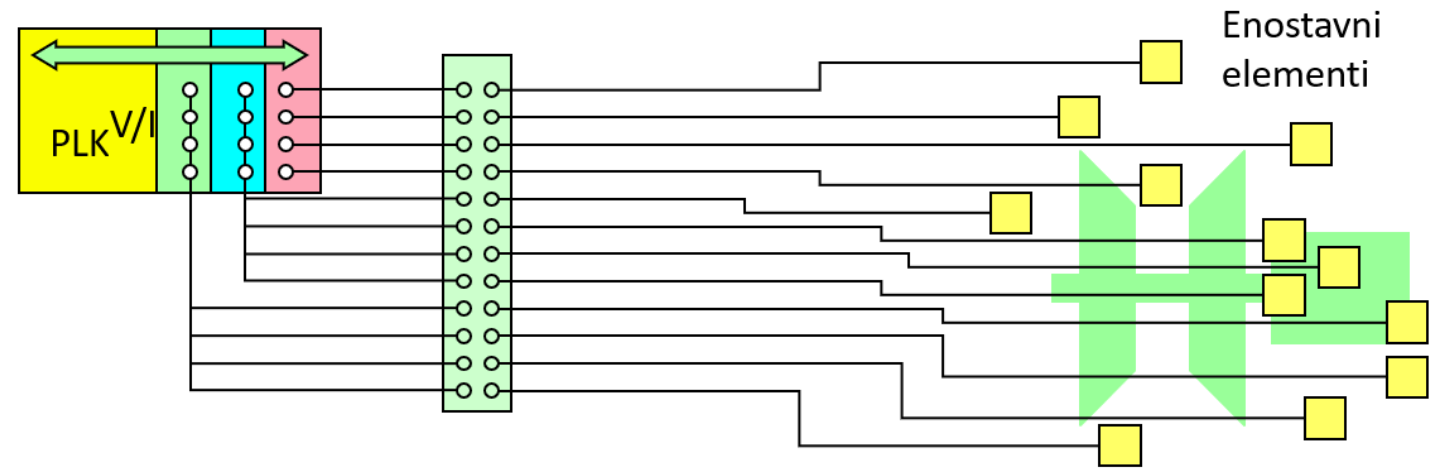
- Število enostavnih elementov ostane enako
- Potrebno je napajanje enostavnih elementov

Povečanje modularno sistema

Lažje iskanje in odpravljanje napak

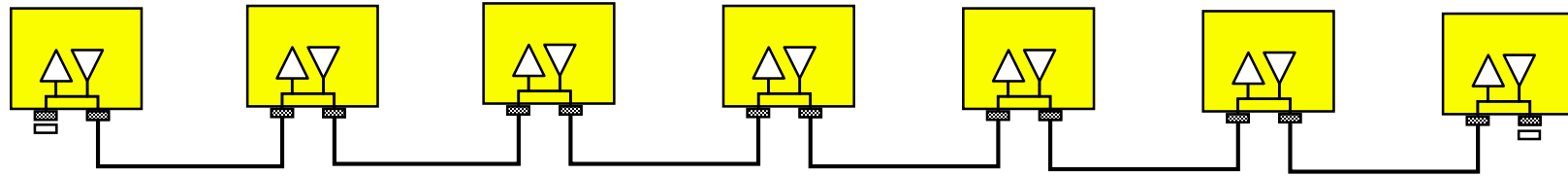
Poenostavljen zagon

Lažje razširjanje ali krčenje sistema

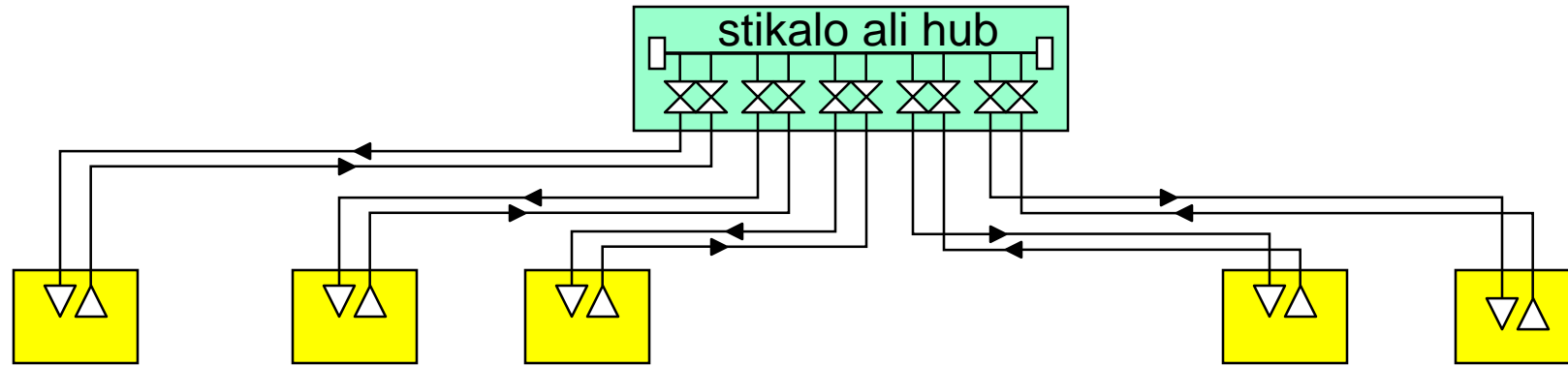


Topologije

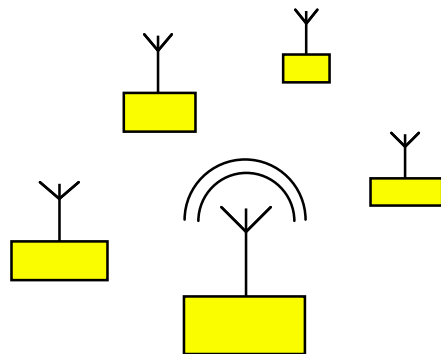
zaporedna



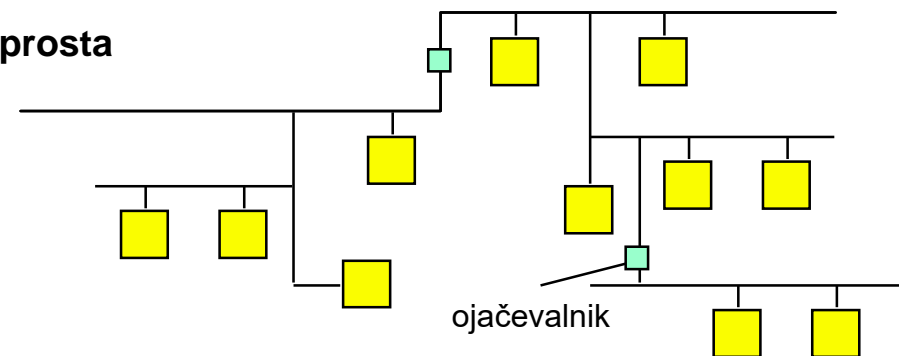
zvezda



brezžična



prosta



Načini komunikacije

Gospodar – suženj (ang. master – slave)

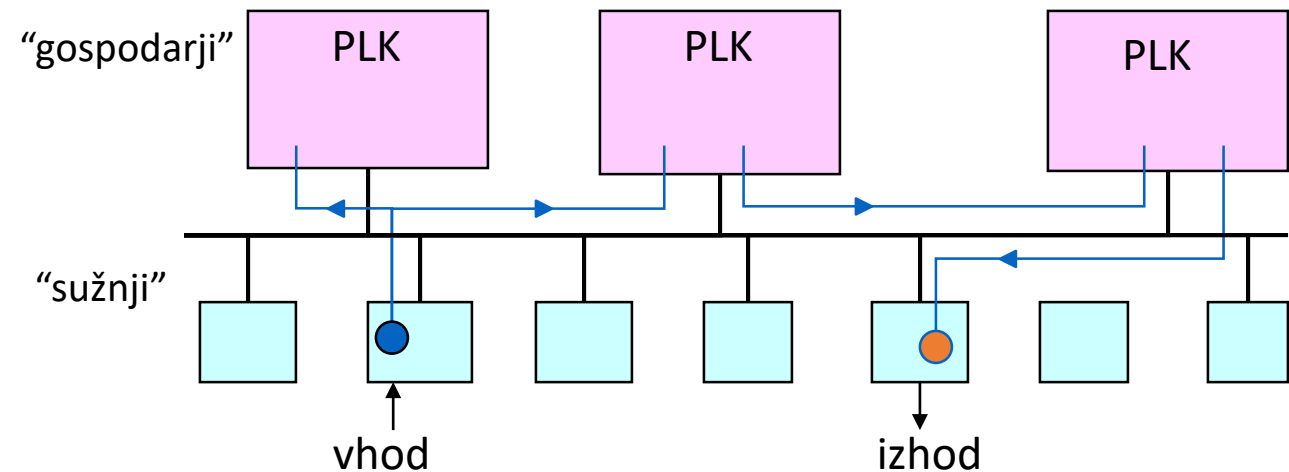
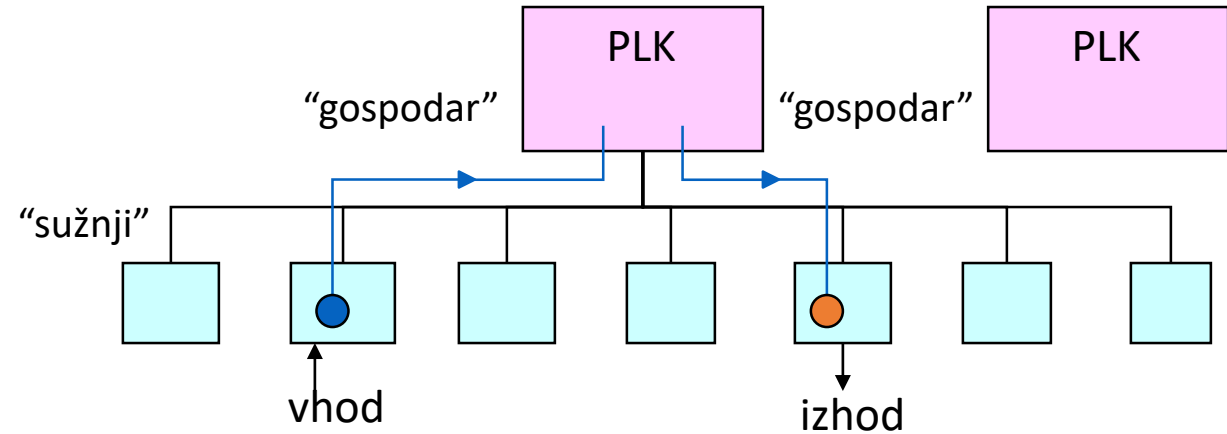
- Vsa komunikacija gre preko gospodarja
- Težave z več gospodarji (funkcija gospodarja in sužnja)

Brat bratu (ang. peer to peer)

- PLK lahko izmenjujejo podatke neposredno med seboj
- PLK si delijo vhode in izhode
- Podpora redundantnim sistemom

Razširjanje informacij (ang. broadcast)

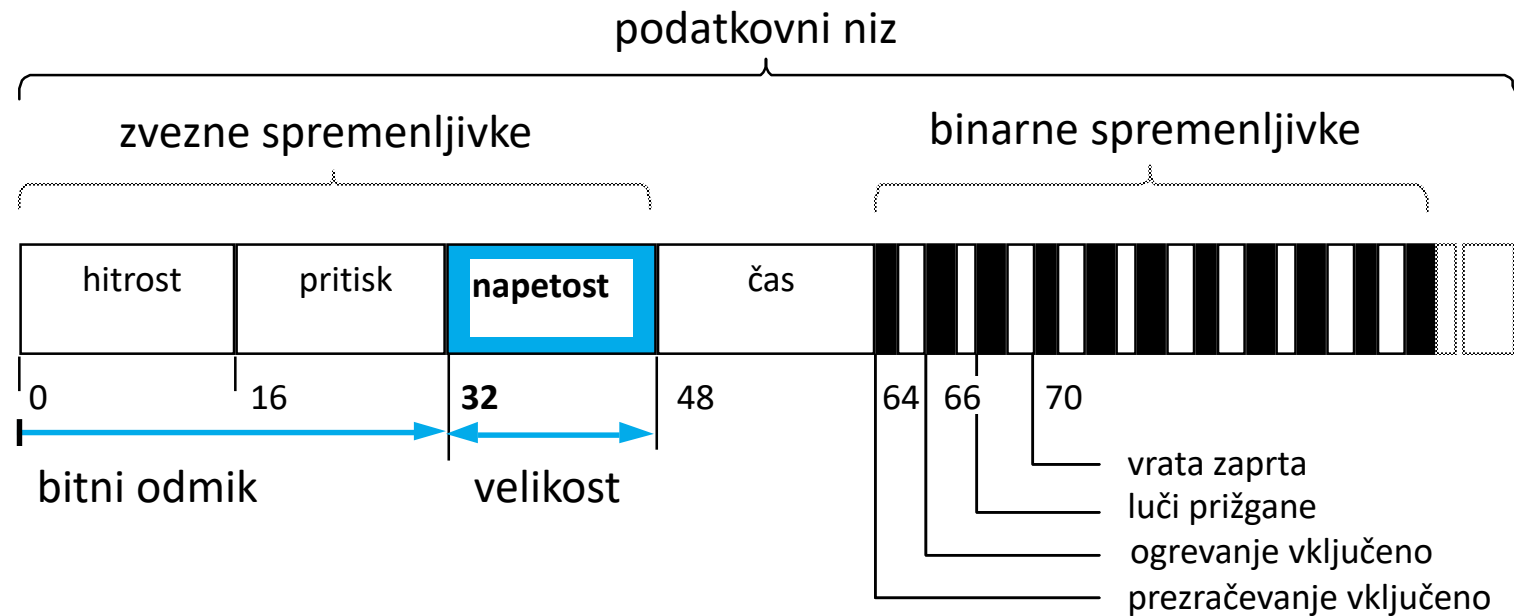
- Za večjo učinkovitost



Dostop aplikacije do vodila

Sporočilo

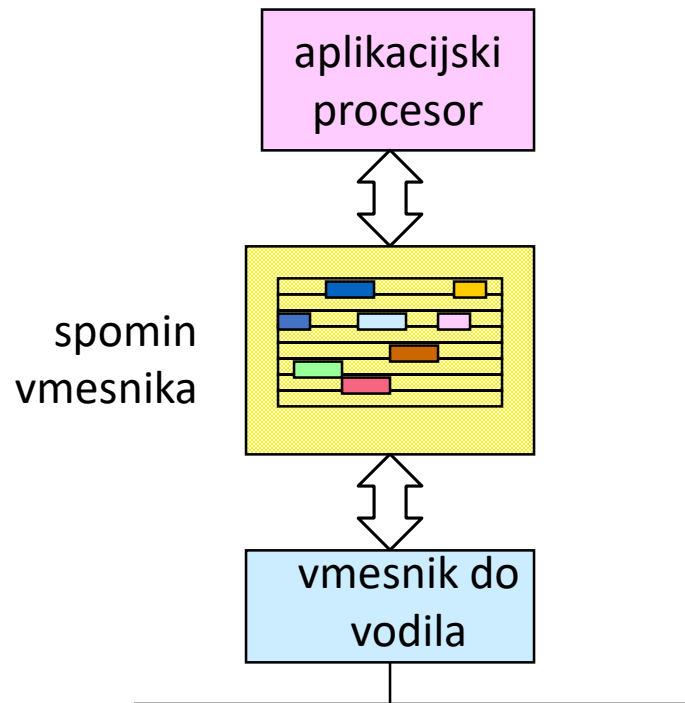
- Več podatkov se pred prenosom združi v sporočilo
- Sporočilo se obravnava kot celota pri prenašanju in dostopanju
- Primer



Dostop aplikacije do vodila

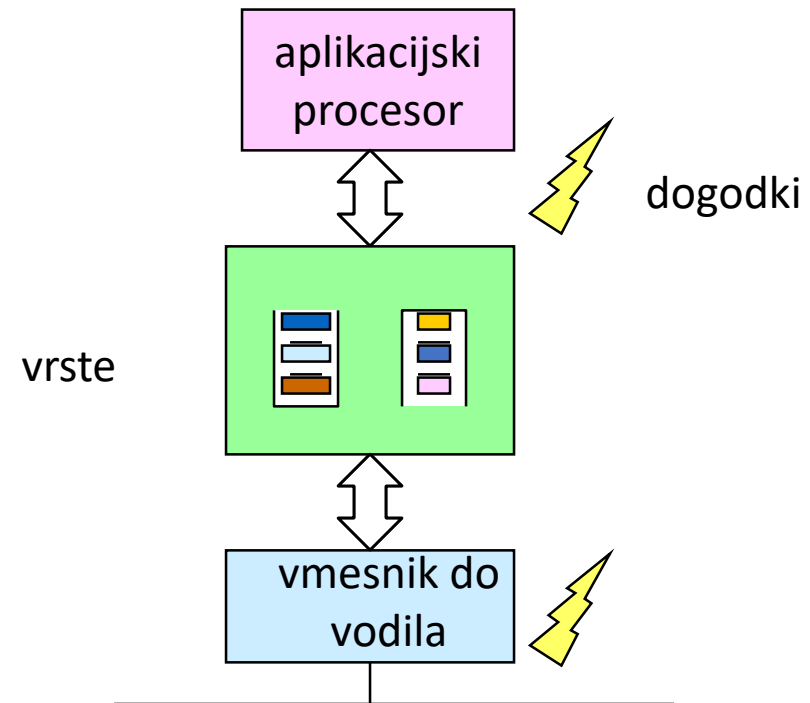
Ciklično

- Pisanje: aplikacija piše v spomin vmesnika
- Branje: aplikacija bere iz vmesnika



Dogodkovno

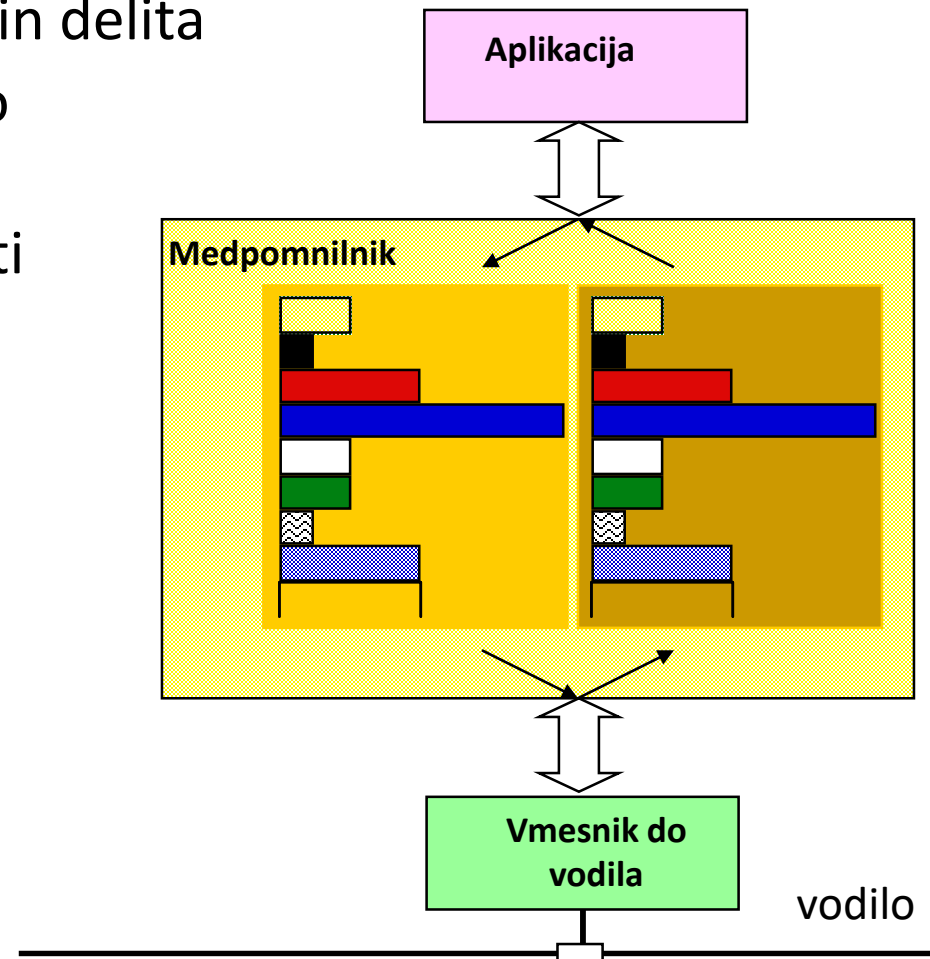
- Koncept vrste
- Pisanje: aplikacija postavlja podatke v vrsto, vmesnik jih iz nje jemlje
- Branje: vmesnik podstavlja podatke v vrsto, aplikacija jih iz nje pobira



Dostop aplikacije do vodila

Vodilo in aplikacija sta ločena z vmesnikom z medpomnilnikom

- Vmesnik do vodila in aplikacija si spomin delita
- Procesne spremenljivke so za aplikacijo neposredno dostopne
- Branje in pisanje se lahko izvajata hkrati
- Vodilo in aplikacija nista usklajena, dostopi niso sinhronizirani



Ciklično delovanje

Podpira ga večina področnih vodil

Deterministično delovanje na račun

- Manjše pasovne širine
- Omejene velikosti

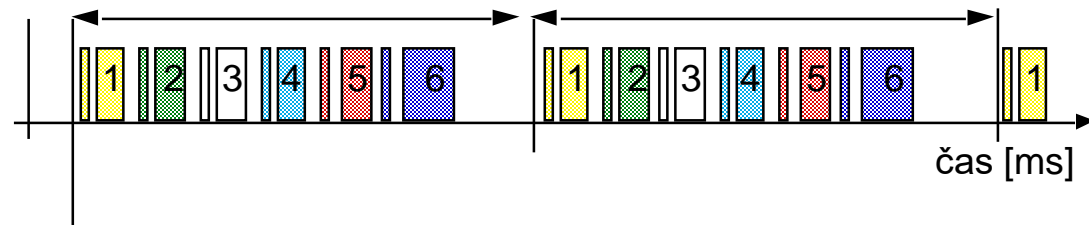
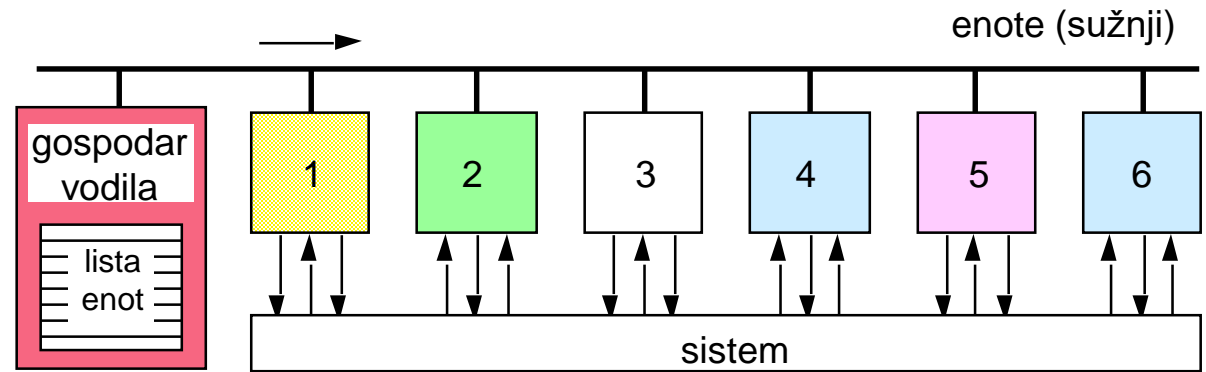
Zagotavlja, da vsaka aplikacija zasede natanko svoj (časovni) delež vodila in nič več

Ciklično delovanje

Gospodar vodila zaporedoma vzpostavlja zvezo z vsemi enotami na vodilu

Poizvedba na enoti

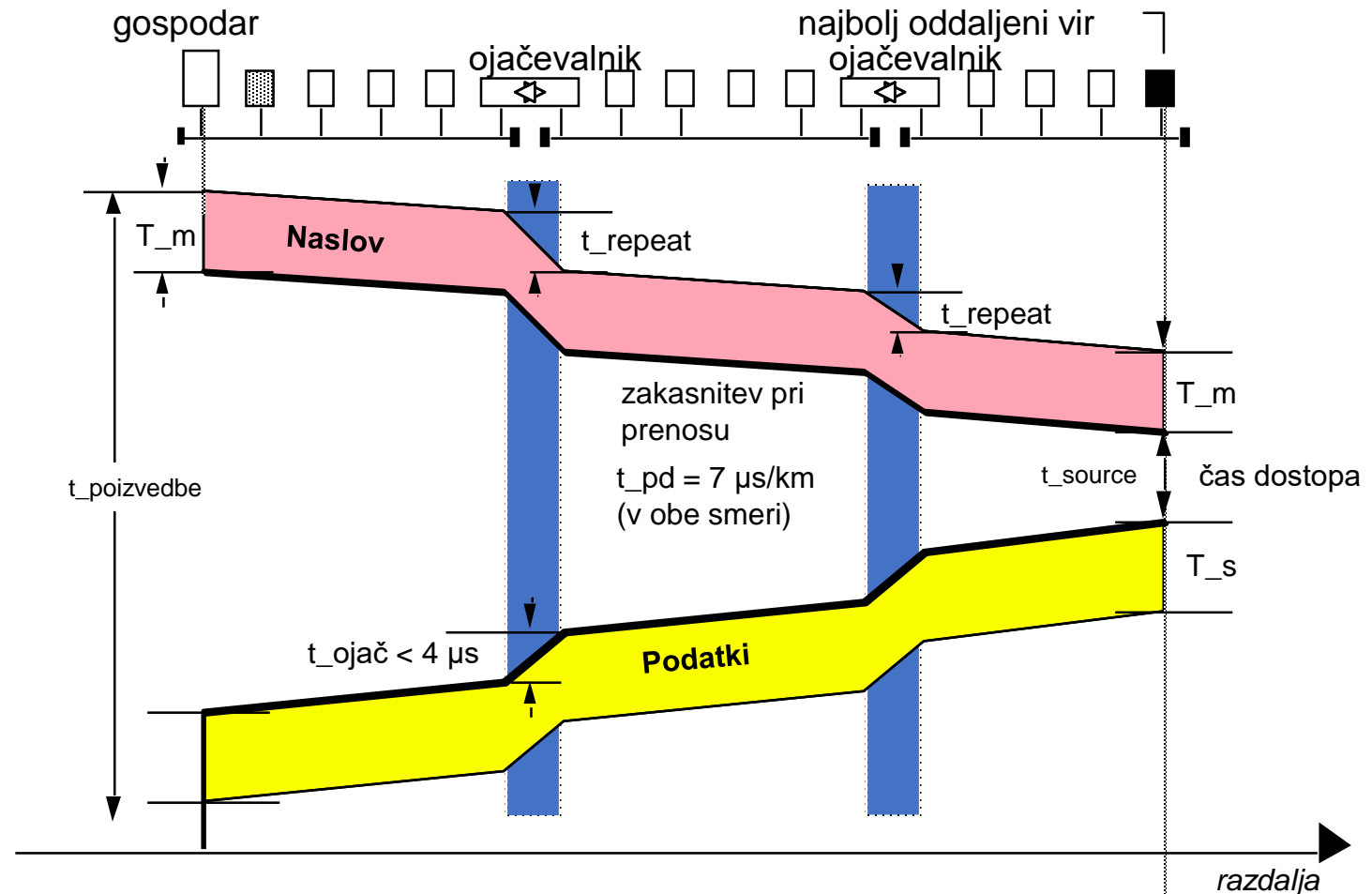
- Prenos naslova
- Zakasnitev
- Prenos podatkov



Ciklično delovanje

Poizvedba na enoti

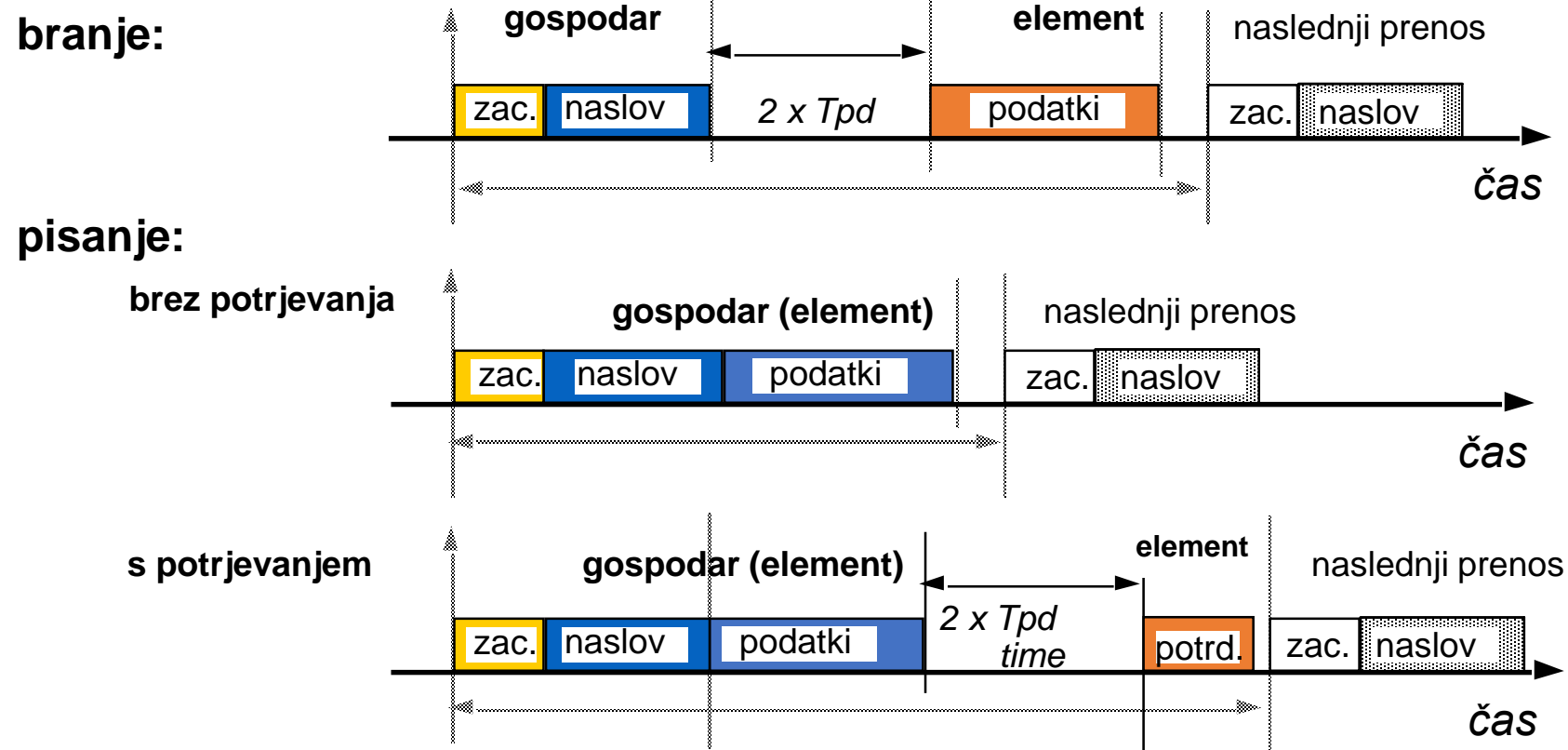
- Dolžina vodila vpliva na čas poizvedbe
- Čas poizvedbe do najbolj oddaljenega elementa definira trajanje cikla



Ciklično delovanje

Pisanje in branje

- Pri področnih vodilih prevladujejo bralni cikli



Ciklično delovanje

Podatki se prenašajo v vsakem ciklu

- Prenajajo se vrednosti spremenljivk, ne spremembe
- Popravljanje napak pri prenosu ni potrebno, saj se bo osvežena vrednost prenesla ob naslednjem ciklu

Hitrost osveževanja je deterministična in konstanta

- Čas cikla = število enot na vodilu * trajanje poizvedbe ($50 \times 100\text{us} = 5\text{ ms}$)
- Za doseganje kratkih časov poizvedbe je potrebno prenašati majhne količine podatkov
- Kapaciteta vodila se določi ob konfiguraciji, spreminjanje med delovanjem ni mogoče

Vodilo običajno nadzira gospodar

- V primeru več gospodarjev si le-ti vodilo časovno delijo

Odzivanje na dogodke

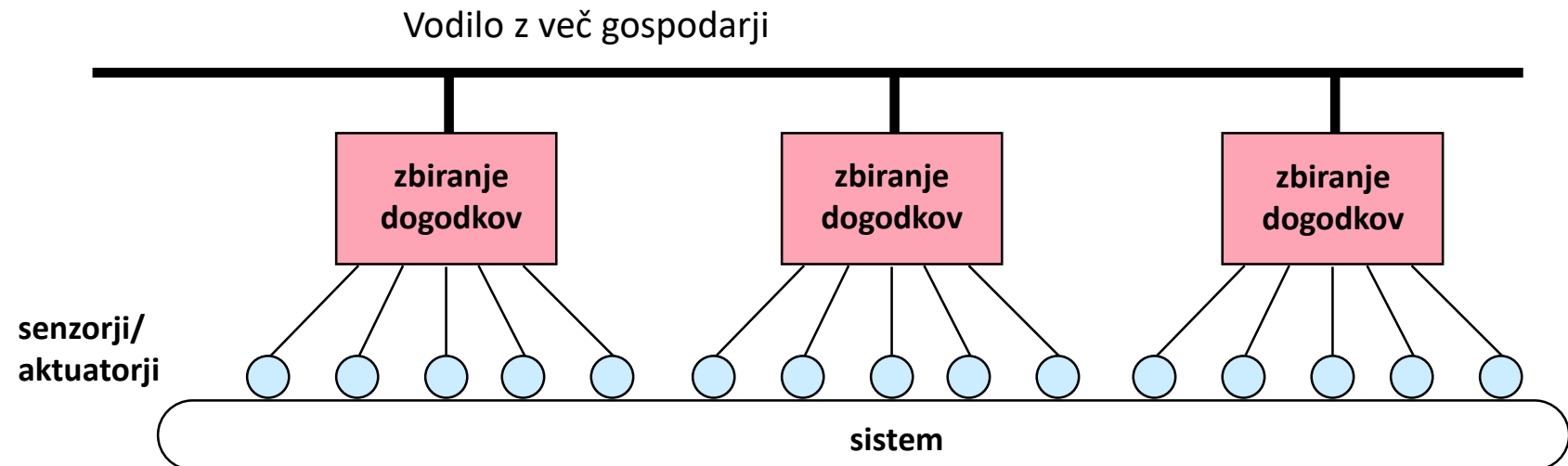
Dogodki povzročijo prenos ob spremembi stanja spremenljivke

Vodilo ni obremenjeno

- Izjemoma pride do kratkotrajnih velikih obremenitev, saj so prenosi odvisni od dogajanja v procesu
- Veliko prenosov v kritičnem stanju (veliko alarmov, efekt novoletne jelke)

Dogodki

- Dogodek je sprememba ene ali več spremenljivk
- Kaj je dogodek, določi aplikacija, saj samo programer pozna pomen spremenljivk



Odzivanje na dogodke

Do dogodka lahko pride kadarkoli in kjerkoli

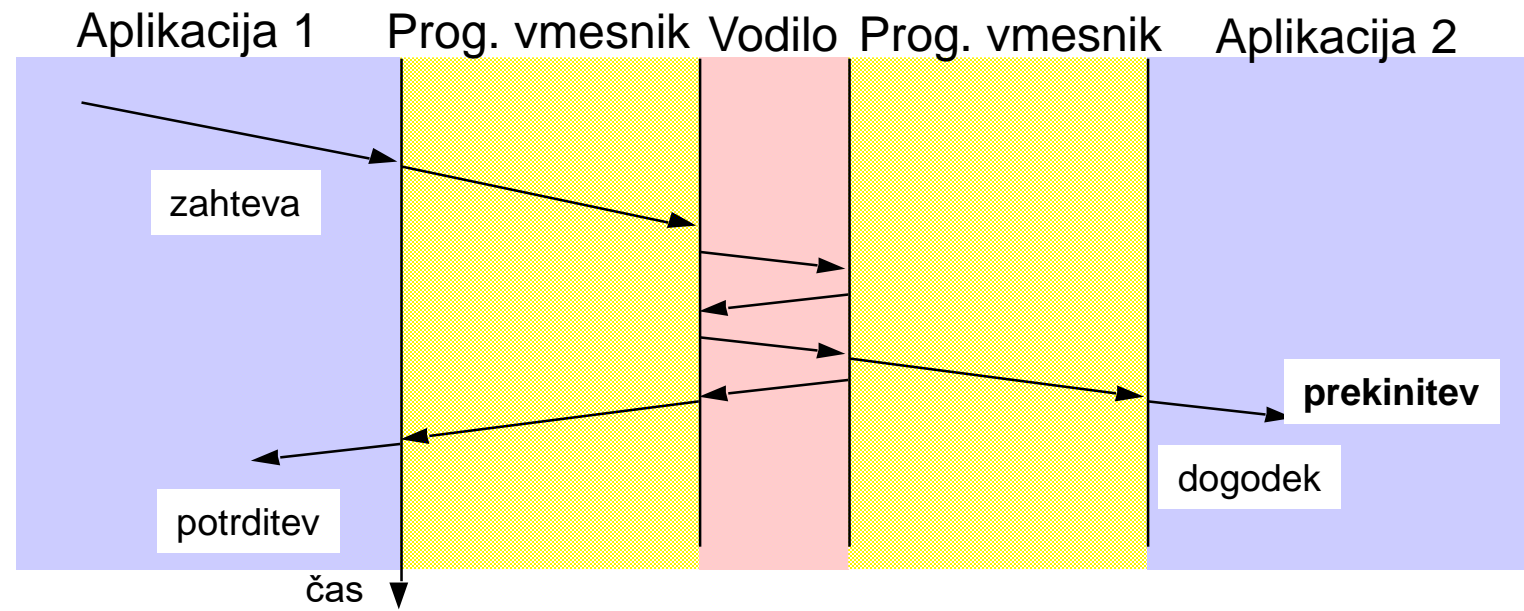
- Naprave na vodilu komunicirajo spontano

Prihaja do trkov

- Trk zakasni časovno kritične naloge

Več dogodkov namenjenih eni enoti (gospodarju)

- Sekvenčna obdelava povzroči zakasnitve



Odzivanje na dogodke

Determinizem

- Čas dogodka ni točno določen
- Čas za prenos je odvisen od
 - načina dostopa do prenosnega medija
 - od velikosti medpomnilnika v vmesniku do vodila
 - trajanja obdelave
 - ukrepanja
- Dostop do prenosnega medija
 - Nedeterministični: trki, na primer Ethernet
 - Deterministični: centralni gospodar, kroženje žetona, trk z zmagovalcem, ...

Odzivanje na dogodke

Prednosti

- Mogoča obdelavo velikega števila dogodkov, če se ne zgodijo vsi hkrati
- Podpira veliko število naprav
- Boljša izraba virov – kadar ni dogodkov, sistem ni obremenjen
- Uporablja samo pisalne prenose

Slabosti

- Komunikacija je zahtevnejša
 - deljen dostop do virov (arbitraža)
- Čas prenosa je težko določiti (analiza)
 - Ni zgornje limite
- Omejen z učinkom prenatrpanosti
 - število prenosov je odvisno od števila sprememb v procesu

Primerjava obeh pristopov

Sobivanje cikličnega delovanja in odzivanja na dogodke

Procesni podatki

predstavljajo stanje sistema
običajno enostavni (kratki) in pomembni

→ **Ciklični prenos**

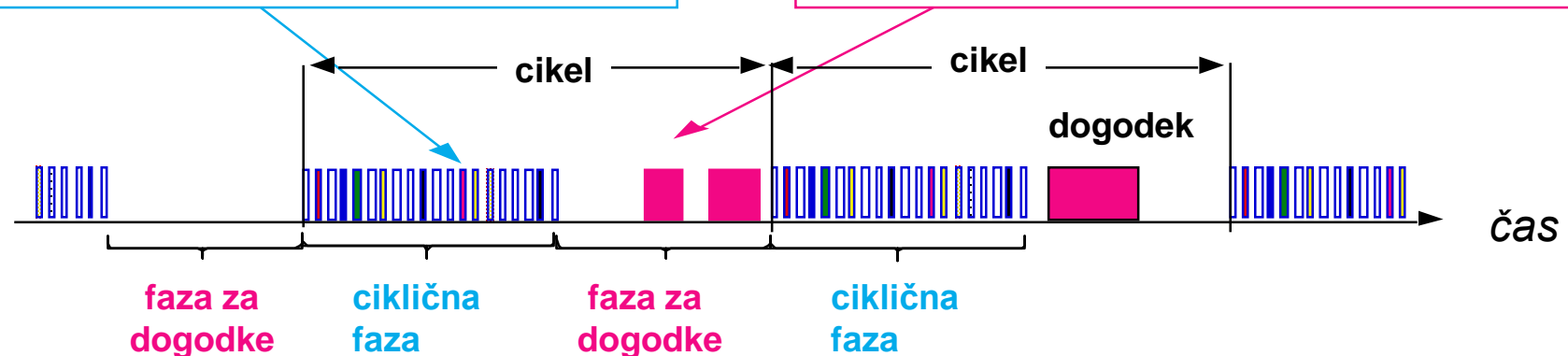
protokol za popravljanje napak ni potreben

Podatki o dogodkih

predstavljajo spremembe stanja sistema
neredni podatki, daljši zapisi

→ **Občasni prenos**

Sporočila predstavljajo spremembe,
popravljanje napak je nujno



Primerjava obeh pristopov

Ciklični prenosi predstavljajo večji delež, uporabljati jih je potrebno za res kritične spremenljivke

Način osveževanja spremenljivk (ciklično, dogodkovno) se določi med konfiguracijo sistema

Želeno je, da industrijski komunikacijski sistem podpira oba načina

Primerjava obeh pristopov

Ciklično delovanje

- Podatki se prenašajo v fiksnih intervalih, ne glede na to ali so se spremenili ali ne
- Deterministično: nespremenljiv čas prenosa
- Najslabši časi prenosa so normalni časi prenosa
- Poraba virov je določena vnaprej
- Periodični, krožno izbiranje
- Obvezno za procesno kritične spremenljivke

Odzivanje na dogodke

- Podatki se prenašajo ob spremembi
- Nedeterministično: čas prenosa se spreminja
- Tipični časi prenosa so v uporabi večino časa
- Dobra izraba virov
- Neperiodični, odvisni od zahtev, osamljeni dogodki
- Za manj časovno kritične naloge: komunikacija med krmilniki, nadzorni sistem, diagnostika

Model OSI

- OSI (ang. Open Systems Interconnection)
 - Standardni način zasnove komunikacijske programske opreme
 - Je standardiziran model in ne standard
 - 70. leta prejšnjega stoletja
 - Standardiziran s strani CCITT in ISO kot ISO/IEC 7498
 - Vsi komunikacijski protokoli se lahko opišejo z modelom OSI
 - Industrijska komunikacija zahteva nadgradnjo modela OSI

Model OSI

Plasti modela OSI



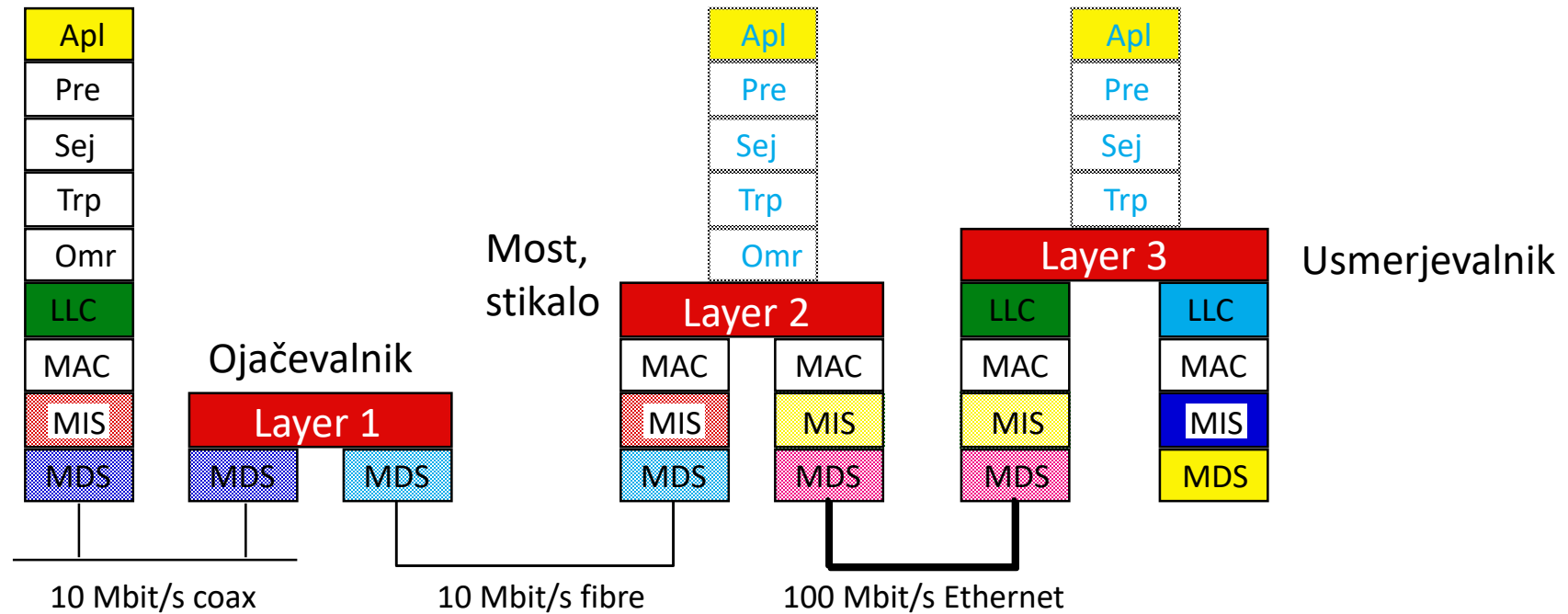
Model OSI

Osnovni gradniki

- Ojačevalnik
 - Ista hitrost, isti medij, Isti okviri
- Most, stikalo
 - različne hitrosti, različni mediji, medpomnilnik, pošiljanje istih okvirov in naslovov, prepusten v obe smeri, filtriranje
- Usmerjevalnik
 - Različna omrežja, isti naslovni prostor, isti transportni protokol, segmentacija omrežij

Model OSI

Osnovni gradniki



Legenda:

- LLC Logical Link Control
- MAC Medium Access Control
- MIS Medium Independent Sublayer
- MDS Medium Dependent Sublayer

Model OSI

Ideja z množico plastmi ni najboljša za izvedbo (obsežnost, hitrost)

Model OSI v industriji

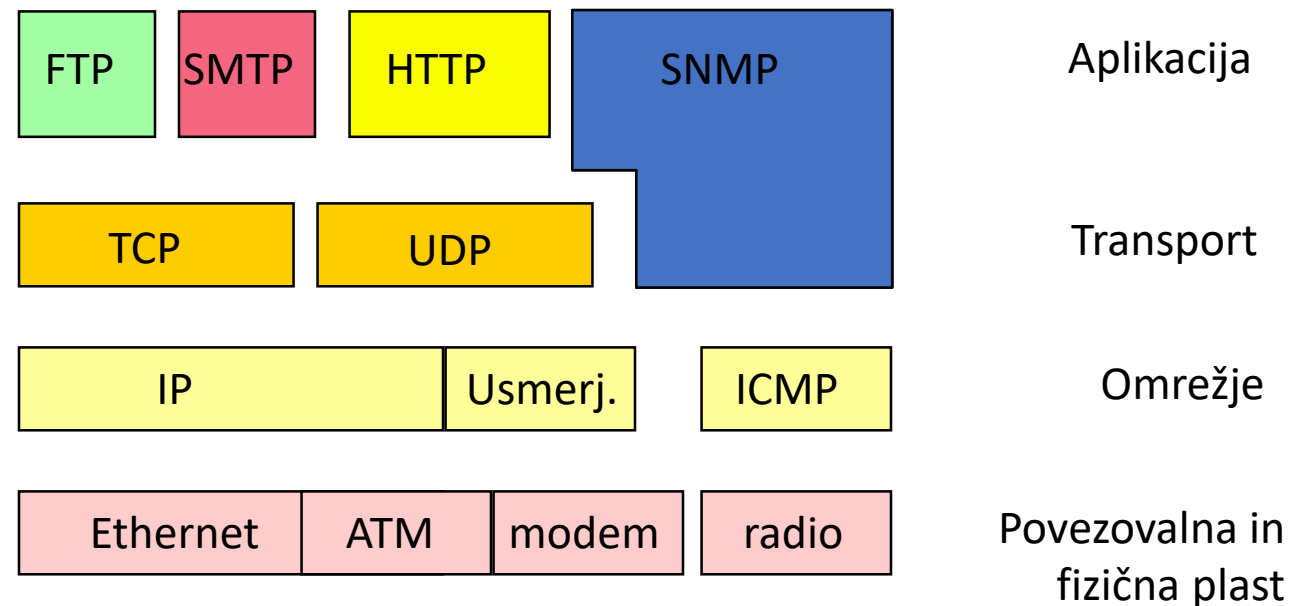
- Realnost
 - Model OSI je zelo splošen
 - Višji nivoji so nepotrebni za prenose majhnih količin podatkov v realnem času
 - Programska oprema je preveč kompleksna: enostavne enote v polju imajo omejeno procesno moč
 - Model OSI ne zajema koncepta realnega časa
- Rešitev
 - Industrijska vodila uporabljajo poenostavljen model OSI
 - Razširitev modela za probleme realnega časa

Model OSI

Struktura modela TCP/IP

Model TCP/IP ima manj plasti kot OSI, a je približno enako kompleksen

- TCP/IP je bil izveden in uporabljan, preden je bil standardiziran
- Model TCP/IP v6 bolj sledi modelu OSI



Model OSI

Model OSI je referenčni model za industrijske protokole

- Izpuščanje plasti
- Fizična plast
 - Ožičenje, napajanje, modulacija in demodulacija podatkov in nosilnega signala
- Povezovalna plast
 - Oblika telegrama, startni in končni bit, parnost, napake
- Aplikacijska plast
 - Ukazi, oblika sporočil, profili, obnašanje naprav, avtomatsko naslavljanje

Model TCP/IP postaja standard za industrijske komunikacije

- Hiter prehod iz lastninskih protokolov na TCP/IP

Nadgradnja modelov OSI in TCP/IP za komunikacije v realnem času

Prenosni mediji

Primerjava prenosnih medijev

		Hitrost prenosa (Mbit/s)			Cena €/m	Odpornost na EM motnje
		200 m	700 m	2000 m		
Optična vlakna	Steklena, enomodalna	2058	516	207	3,5	zelo dobra
	Steklena, večmodalna	196	49	20	4,5	zelo dobra
	Plastična	1	0,5	-	0,6	zelo dobra
Koaksialni kabel	50 Ohm	20	8	1	0,6	dobra
	75 Ohm TV 1/2"	12	2,5	1,0	1,5	dobra
	93-100 Ohm	15	5	0,8	1,7	dobra
Prepleteni kabel	Prepleten kabel	8	0,9	0,2	3,3	zelo dobra
	Parice v svojem oklopu (STP)	2	0,35	0,15	0,3	zelo dobra
	Parice brez oklopa (UTP)	1	0,3	0,1	0,7	dobra
	Telefonski kabel	0,2	0,1	0,05	0,1	dobra
Ostalo	Signal superponiran na napajalno napetost	1	0,05	0,01	-	zelo slaba
	Radijske zveze	1	1	1	-	slaba
	IR	0,02	0	0	-	dobra
	Ultrazvok	0,01	0	0	-	slaba

Električni prenosni mediji

- Običajne rešitve
 - Oklopljen prepleten kabel
 - Neoklopljen prepleten kabel
 - Koaksialni kabel
- Prednosti
 - Klasičen sistem
 - Dobro razumljen
 - Enostavno konfiguriranje
 - Poceni
- Slabosti
 - Počasen prenos podatkov
 - Draga galvanska ločitev (transformatorji, optični sklopniki)
 - Občutljivost na motnje
 - Težko iskanje napak (slabi kontakti)
 - Teža

Električni prenosni mediji

Omejitve

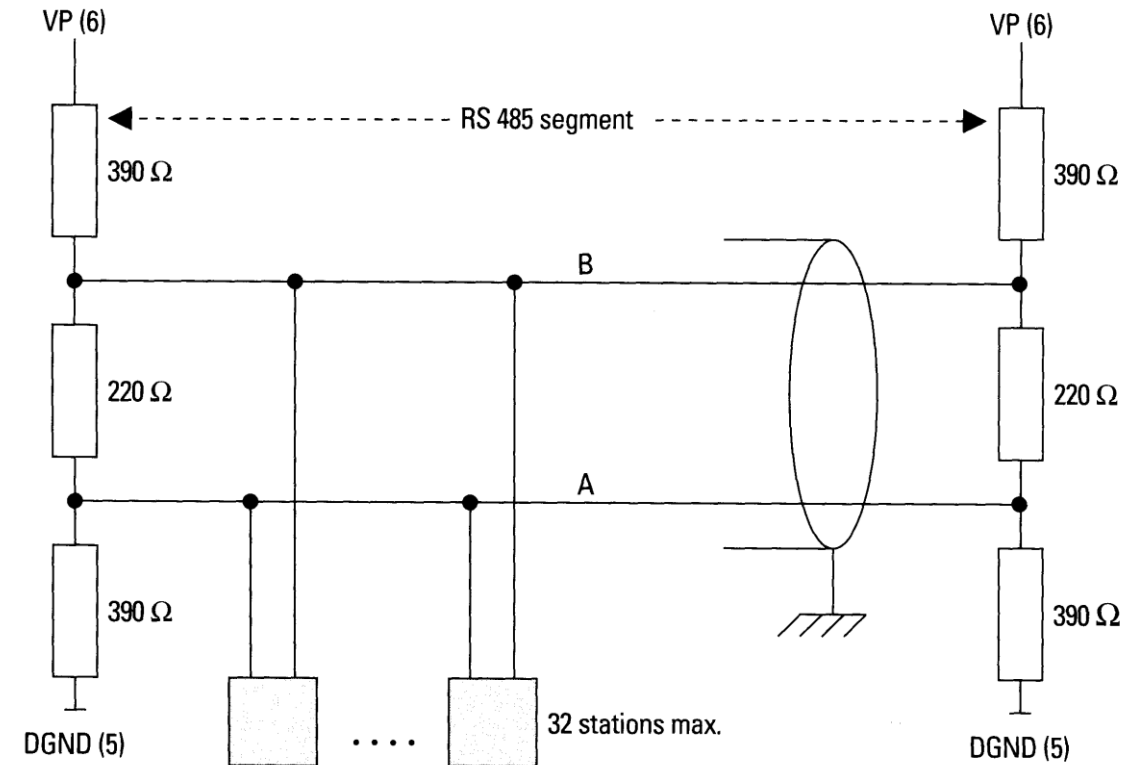
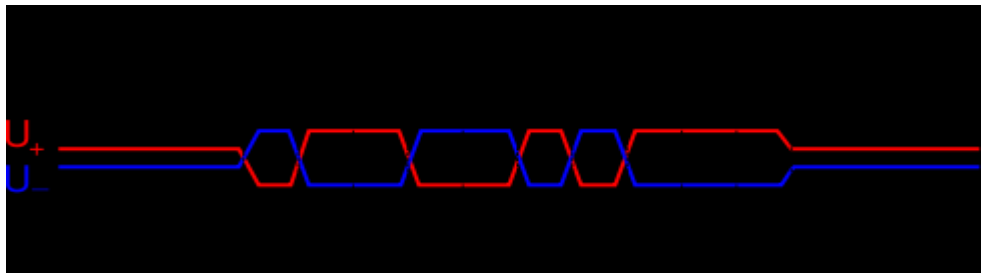
- Lastnosti so frekvenčno odvisne
 - Karakteristična impedanca, izgube, linearna upornost, linearna kapacitivnost, odboji, ...
 - Izgube: upornost bakra, dielektrične izgube
 - Povzročajo popačitve signala



Električni prenosni mediji

Primer: RS-485

- Najbolj uporabljan za procesna vodila
- Ne podaja načina kodiranja
 - Običajno RS-232
- Half duplex
 - Dvosmerni prenos, ne hkrati v obe smeri
- Signala
 - A ali U- ali RxD/TxD-P (negativen)
 - B ali U+ ali RxD/TxD-N (pozitiven)



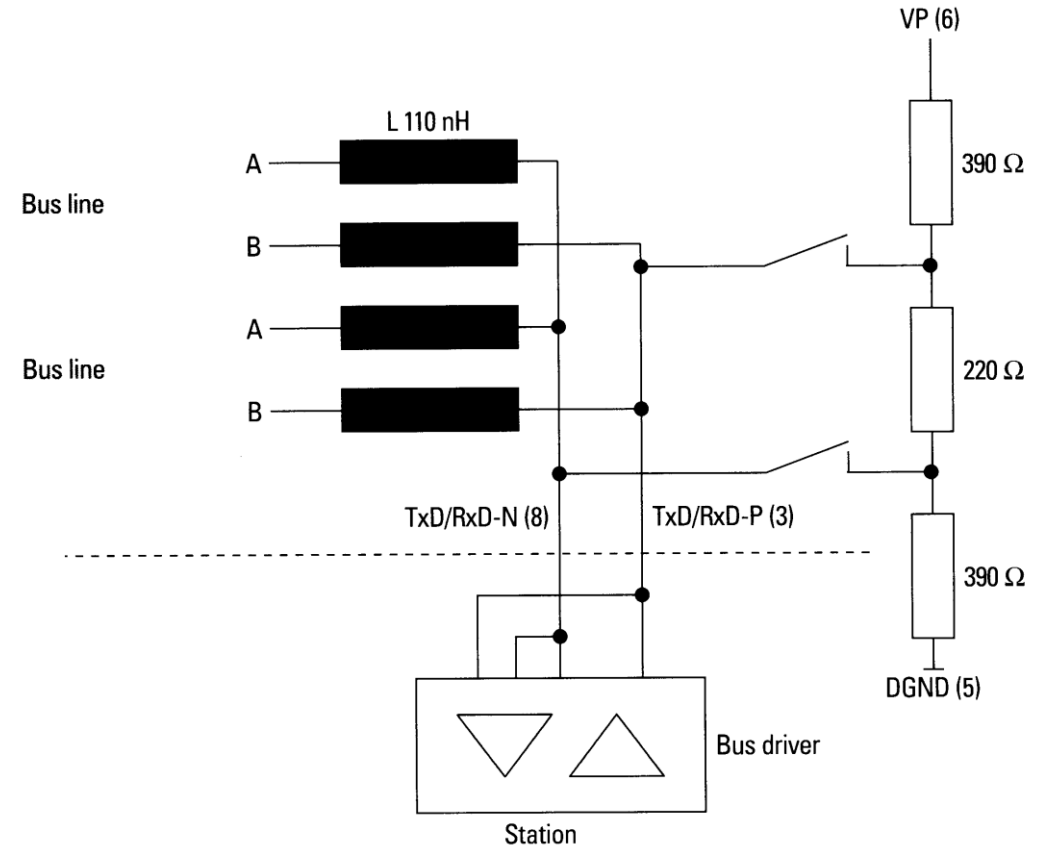
Napetostni nivoji

- -7 do +12 V
- Razlika vsaj 0,2 V

Električni prenosni mediji

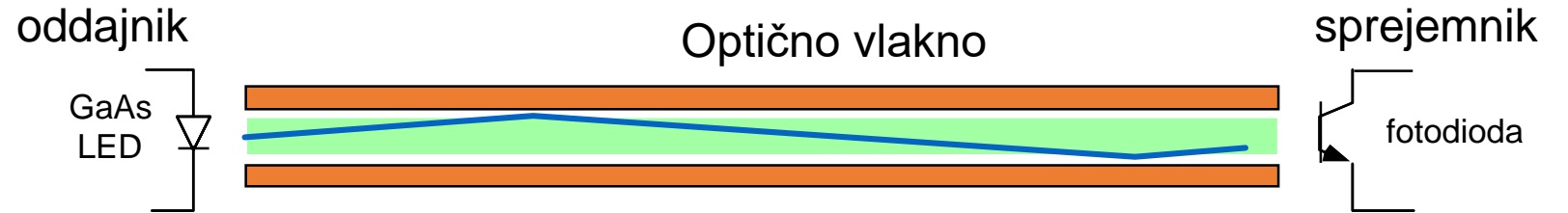
Primer: RS-485

- Shema priključka
 - Zaključek ali
 - Nadaljevanje vodila



Optična vlakna

Princip delovanja



- Oddajnik, vlakno in sprejemnik morajo biti nastavljeni na isto valovno dolžino
 - Optično vlakno
 - Stekлено
 - Plastično
 - Oddajnik
 - Laser (moč)
 - Laserska dioda (GaAsP, GaAlAs)
 - Sprejemnik
 - PIN dioda (ang. Positive Intrinsic Negative)
 - Čista plast silicija med P in N dopiranima plastema naredi občutljiv fotodetektor

Optična vlakna

Širjenje signala je enako hitro kot po žicah

Prednosti

- Velika pasovna širina in hitrost prenosa
- Majhne izgube (frekvenčno neodvisne), dolge razdalje brez ojačevalnikov
- Odporni na EM motnje, galvansko ločeni, idealni za okolja z velikimi tokovi
- Primerni za eksplozivna okolja
- Majhna teža, Nizka cena

Slabosti

- V procesnem vodenju je čas širjenja signala pomembnejši od njegove frekvence
- Izgube na električnih kablh v večini inštalacij niso prevelike (do 200 m)
- Koaksialni kabli predstavljajo dovolj dobro odpornost na motnje
- Galvansko izolacijo dosežemo z optičnimi sklopniki
- Optična vodila s poceni komponentami so omejena na le nekaj vej
- Draga inštalacija zaradi spajanja kosov
- Topologija je omejena na zvezdo ali obroč

Radijske povezave

Radijske zveze so počasne, neodporne na motnje, z omejenim dosegom

Moderna brezžična področna vodila

Prednosti

- Ni ožičenja,
- Prenosljiva,
- Enostavna inštalacija

Slabosti

- Majhen domet
- Omejena pasovna širina
- Prekrivanje področja
- Občutljiva na vdore
- Neprimerna za napajanje naprav
- cena



Vodila na trgu

Tržni deleži po uporabnikih, ciljni segmenti in predlagatelj

Vodilo

CANs	25 %	Avtomobilaska in procesna	CiA, OVDA, Honeywell
Profibus (3 vrste)	26 %	Procesno vodenje	Siemens, ABB
LON	6 %	Avtomatizacija stavb	Echelon, ABB
Ethernet	50 %	Proizvodno vodilo	-
Interbus-S	7 %	Sestavljanje izdelkov	Phoenix Contact
Fieldbus Foundation, HART	7 %	Kemijska industrija	Fisher-Rosemount, ABB
ASI	9 %	Sestavljanje izdelkov, stavbe	Siemens
Modbus	22 %	Zastarel točka-točka	Mnogi proizvajalci
ControlNet	14 %	Procesno vodenje	Rockwell

AS-i

AS-i – Actuator Sensor Interface

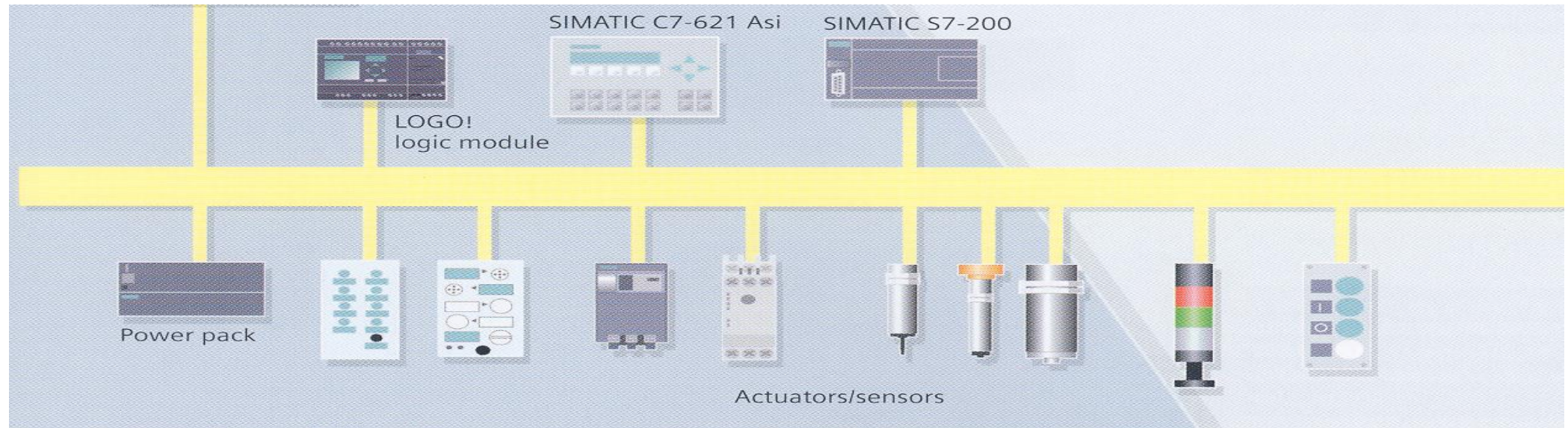
Vmesnik za senzorje in akuatorje

Odprt mednarodni standard

Zelo enostavno nizkonivojsko vodilo

Prenašanje podatkov po napajalnih žicah

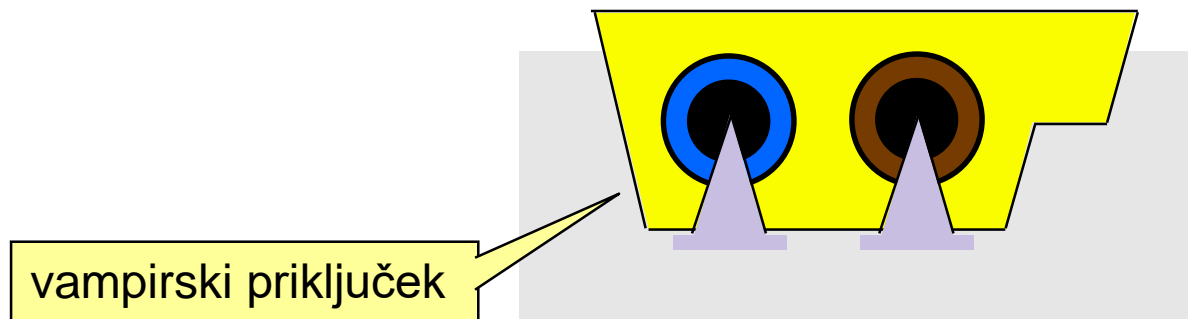
- Posebni napajalniki 24 VDC + balansiranje omrežja – ni skupne ničle, demodulacija
- Večinoma prenos binarnih signalov



AS-i

Fizična plast

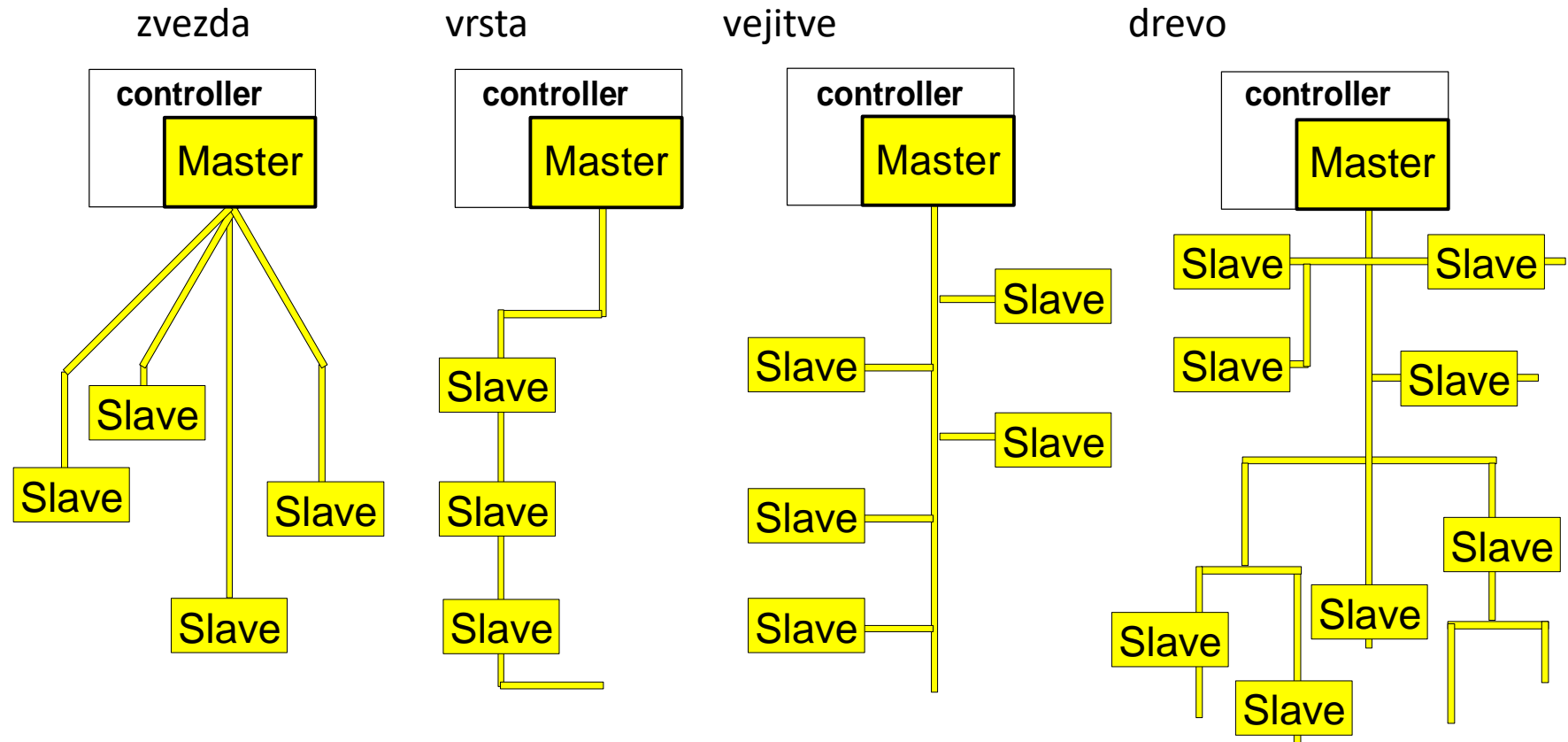
- Dvožilni ploščati kabel
 - Dve žici za prenos moči in signalov
 - 24 V / 2A DC
- Priklop elementa s prebojem kabla
 - Zaščita do IP67 tudi po odstranitvi sensorja



AS-i

Prosta topologija

- Dolžina segmenta do 100 m (500 m z ojačevalnikom)
- Ni zaključnih uporov



AS-i

Komunikacija gospodar – suženj

- V naprej definirana oblika sporočil za tipične module
- Funkcijska primerljivost modulov različnih proizvajalcev

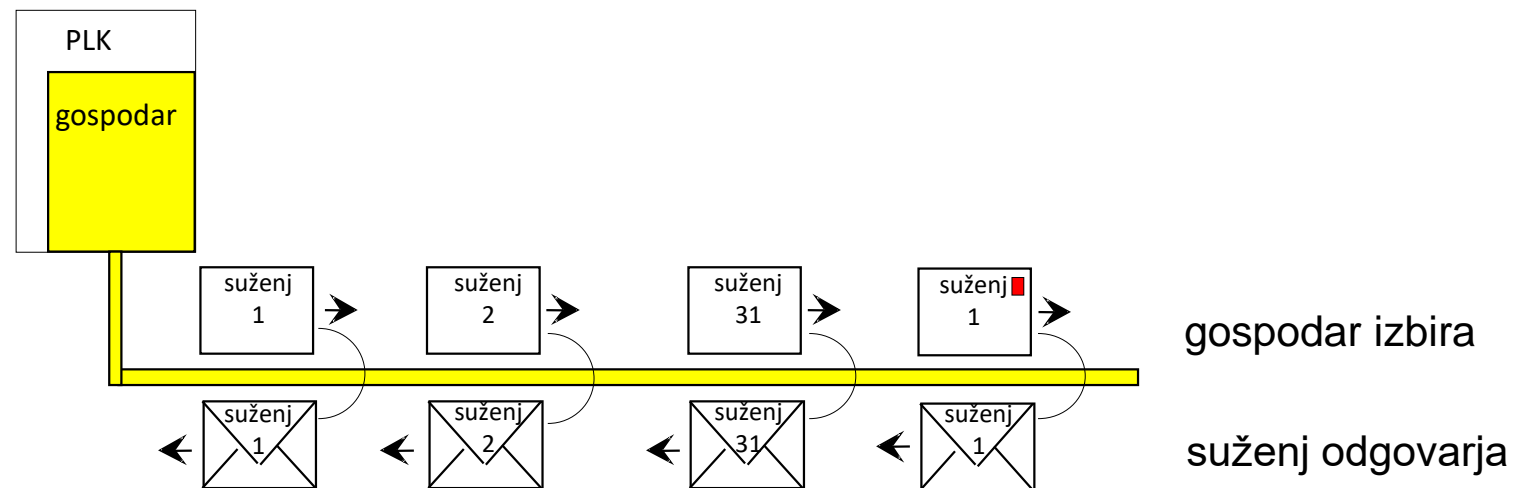
Do 62 sužnjev (modulov), na vsakem segmentu (A, B) po 31

- Naslov 0 tovarniško nastavljen → določitev novega naslova ob priklopu na vodilo

Čas cikla < 5 ms

- Ustreza pošiljanju 33 sporočil

Avtomatsko določanje naslovov

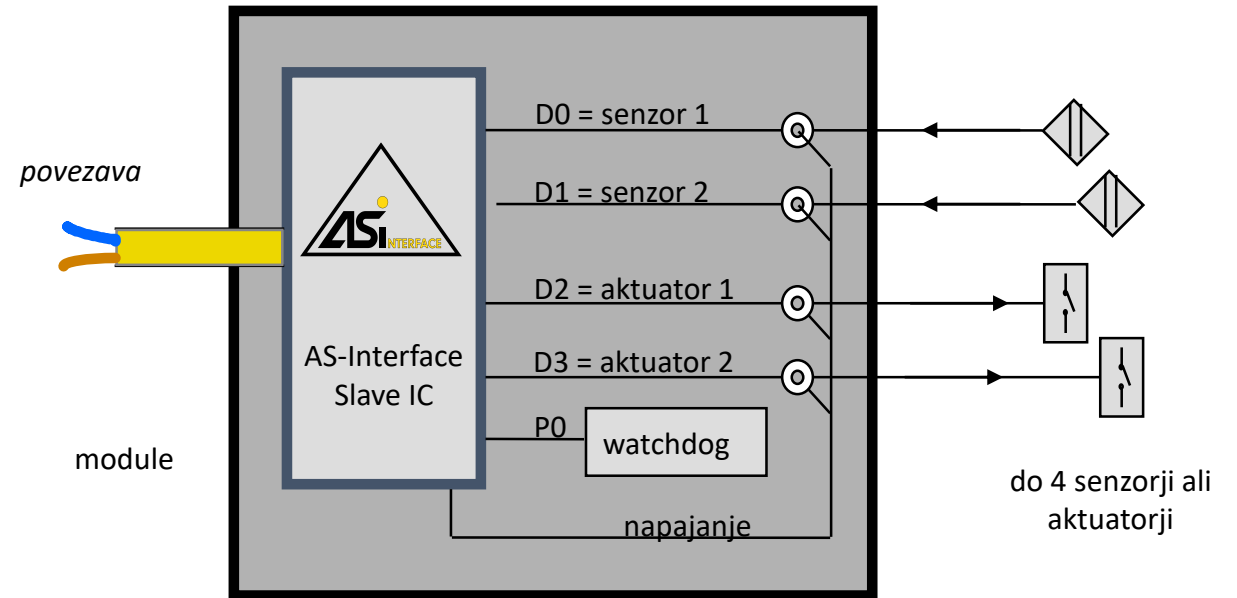


AS-i

Moduli

- 4 digitalni vhodi ali izhode (sinhrono)
- 4 bitni parametri na modul (asinhrono)
- Analogne vrednosti se prenašajo v več poizvedbah

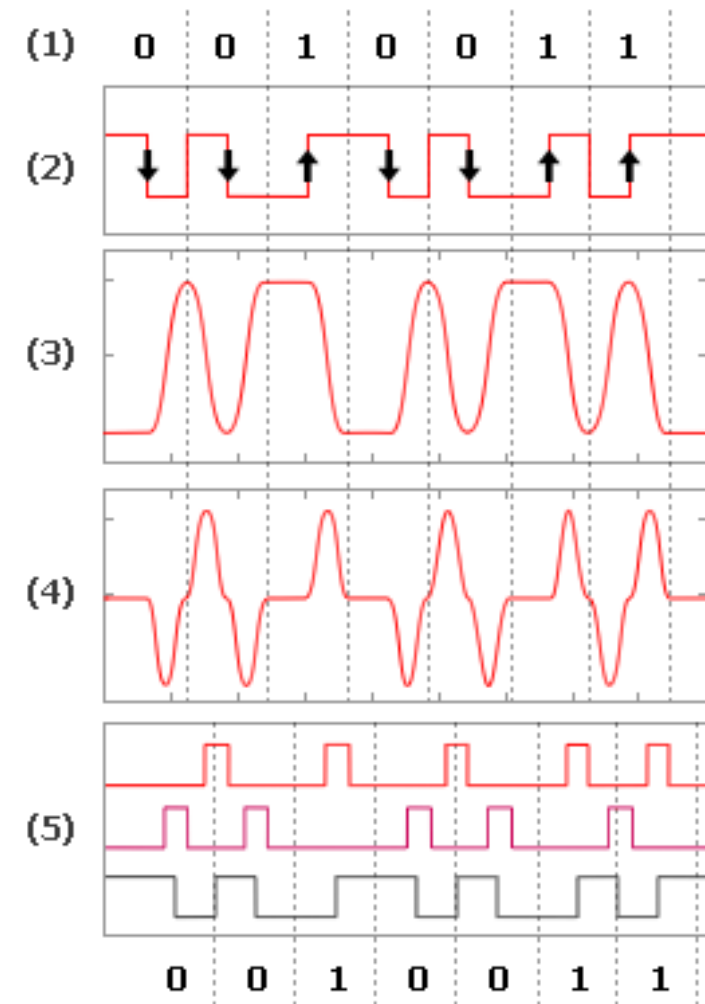
Največ $62 \times 4 = 248$
digitalnih vhodov ali izhodov!



AS-i

Prenos podatkov

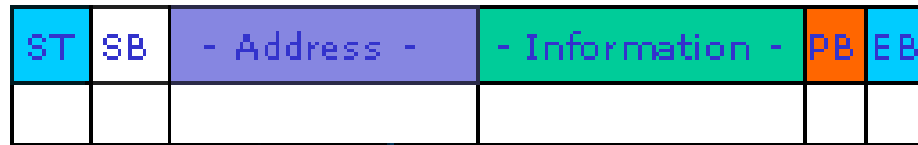
- 1 – zaporedje bitov
- 2 – Manchester koda
 - bit XOR ura
 - Prehod v vsakem ciklu
- 3 – Oddani tok
- 4 – Sprejeta napetost
 - Diferenčno, slika (4) je negativni odvod slike (3)
- 5 – dekodiranje napetosti v bite



AS-i

Telegrami

- Osnovno sporočilo (gospodar in naprava)



- Razširitev po v2.1:
bit I3 predstavlja naslovno
področje (A ali B)

Sestavljeno sporočilo

- Več zaporednih enojnih sporočil

ST – start bit (0 – OK, 1 – ni dovoljeno)

SB – kontrolni bit

(0 – podatki/parametri/naslov, 1 – kontrolni signali)

Address – A4..A0 - naslov naprave

Information –

Gospodar: I4..I0 – podatki za napravo

Naprava: I3..I0 – podatki za gospodarja

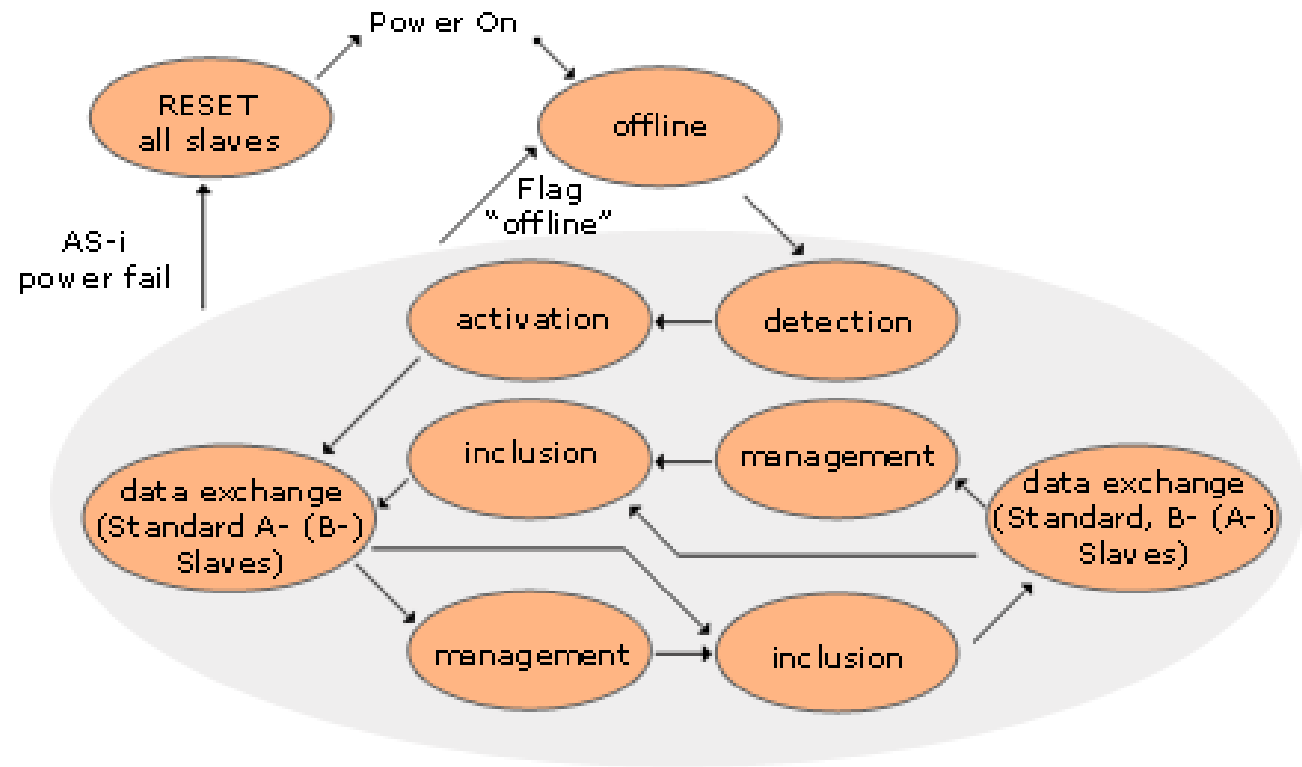
PB – Parnost – vsota vseh enic v sporočilu mora biti 1

EB – Konec sporočila (0 – ni dovoljeno, 1 – pravilno)

AS-i

Aplikacijska plast

- Funkcije gospodarja vodila



CAN

CAN

Controller Area Network bus

Uporaba

- Avtomobilska industrija
- Intel/Bosch, Honeywell, Allen-Bradley

Standardi

- SAE (avtomobilska industrija)
- ISO11898 (frekvenčni pretvorniki)
- Različne specifikacije med seboj niso kompatibilne

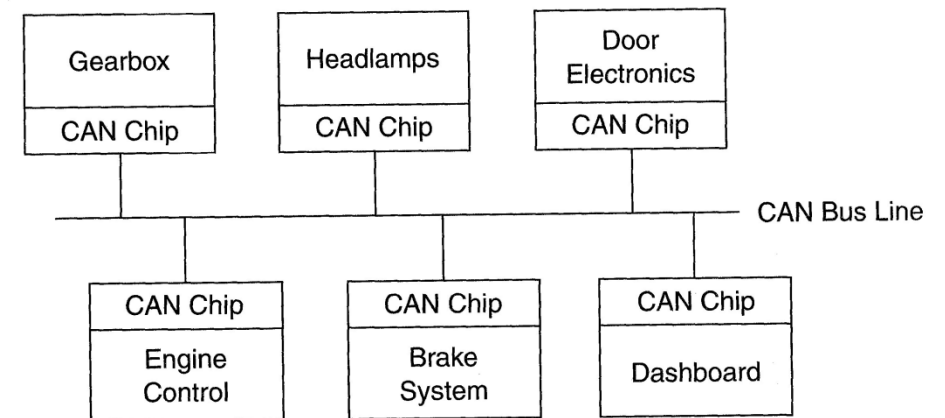
Dostopnost

- Veliko proizvajalcev integriranih vezij

CAN

Fizična plast

- Električni kabel ali optična vlakna
- Električni kabel
 - Deblo z zaključnima uporoma
 - Veje brez zaključnih uporov, nanje vežemo naprave
 - Kabel
 - 2 žili za napajalno napetost 24 V
 - 2 žili za signalni povezavi, 0 – 5 V
 - Priključki niso standardizirani



CAN

Povezovalna plast

- Zaporedno priklapljanje do 64 naprav
 - Gospodar skrbi za delovanje vodila
- Hitrosti:
 - 1 Mb/s do 40 m,
100kb/s do 400 m, 25kb/s do 1000 m
- Pošiljanje sporočil
 - protokol NRZ (ang. Non Return to Zero)

Sporočila

DeviceNet

- Sporočilo →
- Čaka na odziv naprave med oddajanjem
 - Če sprejemnik ne postavi bita “Pripravljen na sprejem”, se prenašanje prekine
 - Z bitom “Potrditev” sprejemnik sporoči pravilen sprejem sporočila
- Nedeterminističen
- Naprava med oddajanjem preverja vodilo
 - Pisanje druge naprave
 - V primeru razlik med oddajanim in branim znakom
 - Obe napravi počakata, tista z višjim naslovom več časa
 - Bolj pomembne naprave (procesor) naj imajo nižje naslove

Začetek sporočila	1 bit
ID (naslov + ukaz)	11 (5+6) bit
Pripravljen na sprejem	1 bit
Kontrolno polje (število podatkovnih bajtov)	6 bit
Podatki	0 – 8 bajtov
CRC	15 bit
CRC – ločilo	1 bit
Potrditev	1 bit
Potrditev – ločilo	1 bit
Konec sporočila	7 bit
Zakasnitev pred naslednjim sporočilom	vsaj 3 bite

Profibus

PROcess Field BUS

1987, Siemens, zdaj mednarodni standard

Največ inštalacij med področnimi vodili

Tri oblike

- Profibus-FMS (ang. Fieldbus Message Specification)
 - Prenos velikih količin podatkov
 - Podatkovne komunikacije PLK – PLK, PLK – PC
 - Izpodrinil ga je Ethernet
- Profibus-DP (ang. Decentralized Periphery)
 - PLK-PLK
 - Povezovanje merilnih in izvršnih členov na PLK
- Profibus-PA (ang. Process Automation)
 - Potrebe procesne avtomatizacije v nevarnem okolju (eksplozijska območja)
 - Izpeljan iz Profibus-DP
 - Prenos podatkov in napajanje po istem dvožilnem kablu

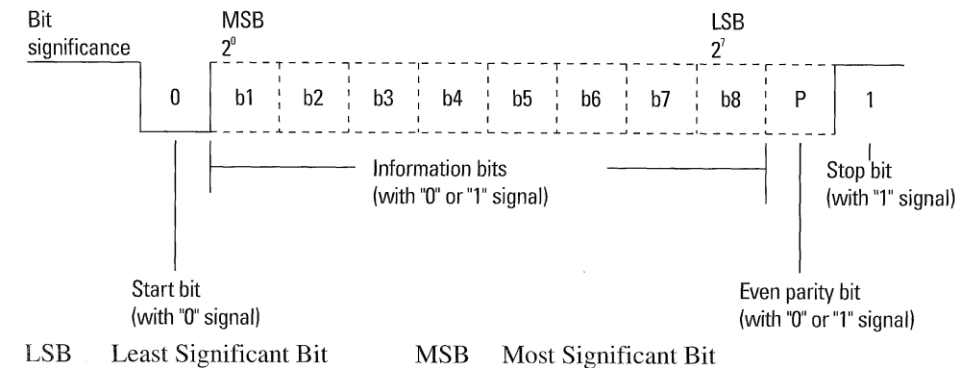
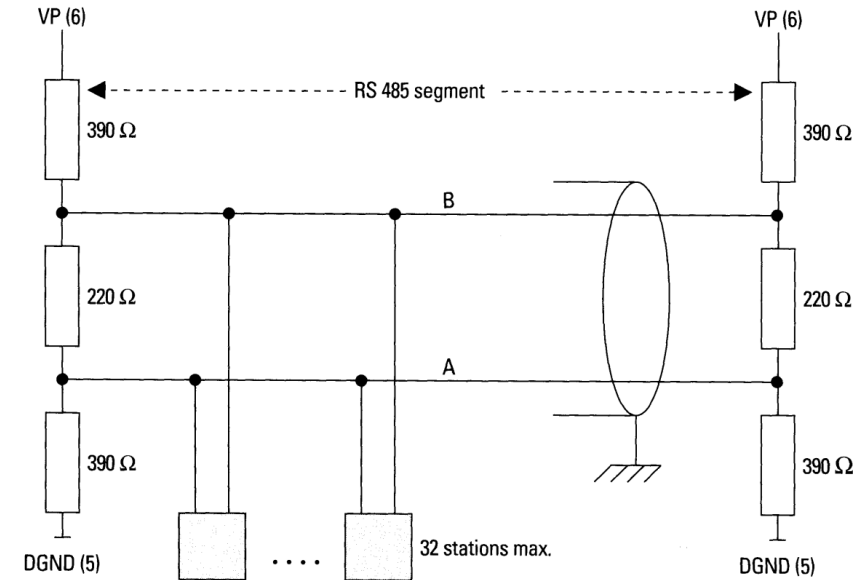


Profibus

Fizična plast: RS-485

- Oklopljena parica s karakteristično upornostjo 100 do 130 Ohm, priključki DB9
- 11-bitov (1+8+1+1) v NRZ
- “half-duplex” – dvosmerni prenos, naenkrat samo ena smer
- Do 127 postaj, 32 na segment (brez ojačevalnika)
- Hitrost prenosa

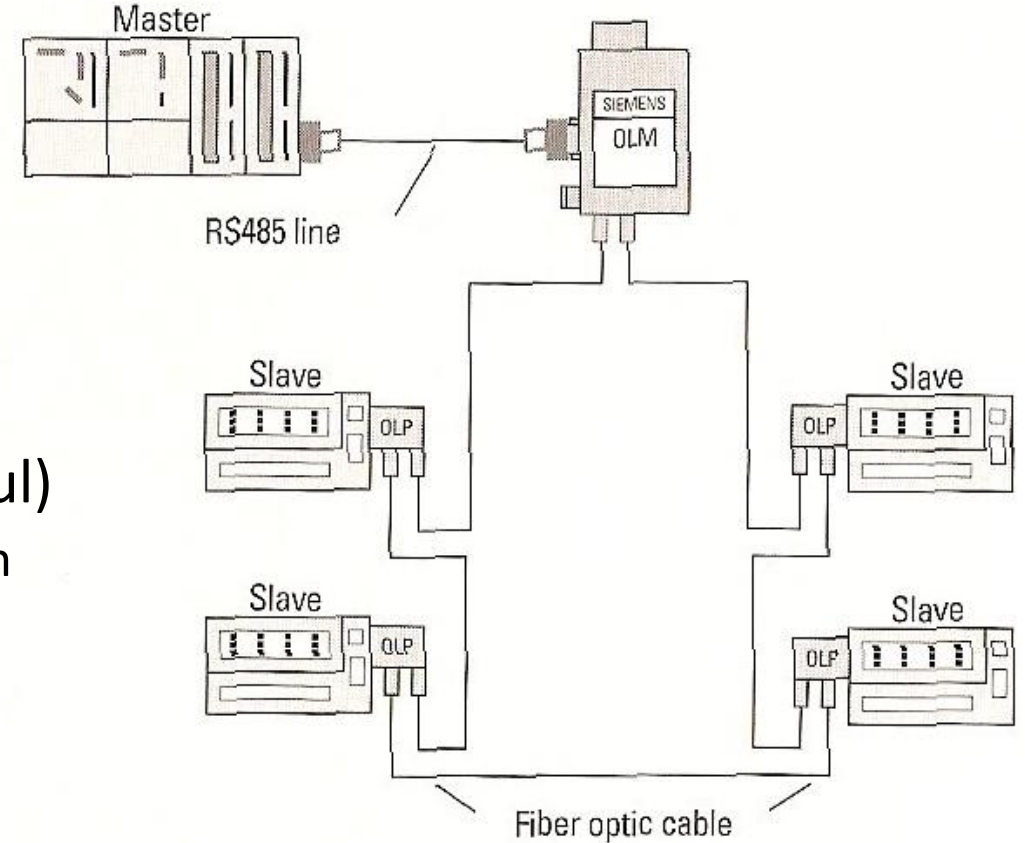
Hitrost [kbit/s]	9,6	19,2	93,75	187,5	500	1500	12000
Razdalja [m]	1200	1200	1200	100	400	200	100



Profibus

Fizična plast: optična vlakna

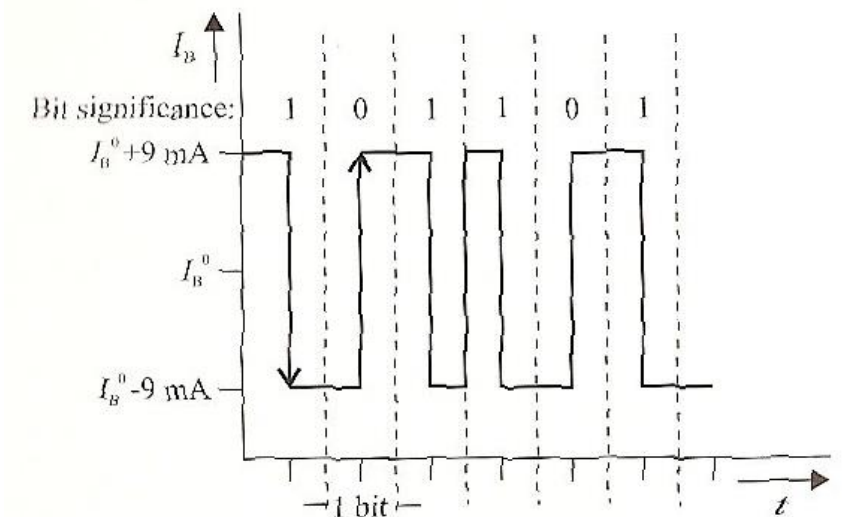
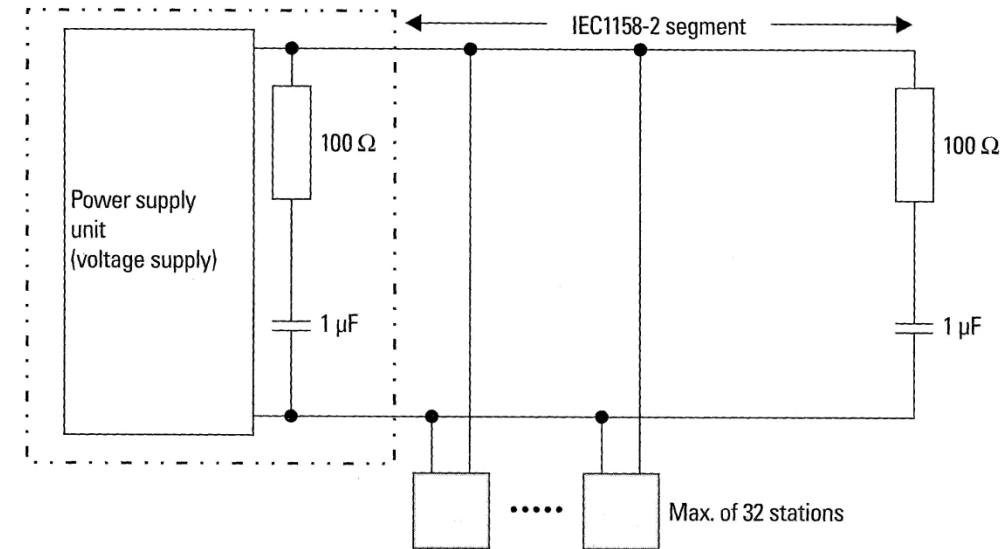
- Razdalja med postajami
 - Do 15 km steklena
 - Do 80 m plastična
- Tehnologija OLP (ang. Optical Link Plug)
 - Priklop na DB9 priključek
 - Napajanje iz naprav,
- Tehnologija OLM (ang. Optical Link Modul)
 - Most med električnim in optičnim omrežjem



Profibus

Fizična plast: IEC 61158-2

- Eksplozivna območja
- Napajanje naprav preko vodila (parica)
 - Signali nimajo enosmernih (DC) komponent
 - Tokovno moduliran prenos
+/-9 mA, 31,25 kBit/s
- Kodiranje Manchester
 - Predstavitev logične 0 → prehod iz 0 v 1
 - Predstavitev logične 1 → prehod iz 1 v 0



Profibus

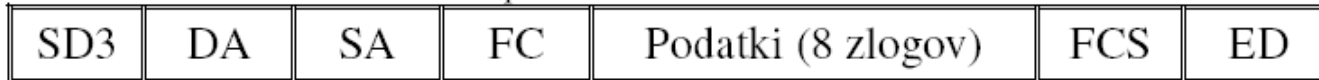
Povezovalna plast

- Oblike sporočil

Okvir s konstantno dolžino brez podatkov



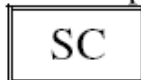
Okvir s konstantno dolžino brez podatkov



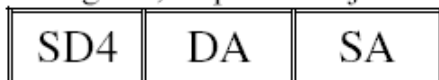
Okvir s spremenljivo dolžino



Kratko potrdilo



Telegram, ki predstavlja žeton



SDx Start Delimiter

DA Destination Address (0-126)

SA Source Address

FC Frame Control (prioriteta)

FCS Frame Check Sequence

ED End Delimiter

LE/LEr Length byte (repeated)

SC Single Character (potrditev)

Profibus

V primeru napačno prenesenih sporočil se prenos ponovi do osemkrat

Možni načini prenosa

- Točka – točka ali razširjanje (ang. broadcast)
- Potrjevanje ali brez potrjevanja

Profili

- Definirajo pomen bitov v sporočilih
- Tipi
 - Enkoderji, Pogoni (frekvenčni pretvorniki)
 - Vmesniki človek – stroj
 - Prenos podatkov brez napak (fail safe, stop tipka, ...)

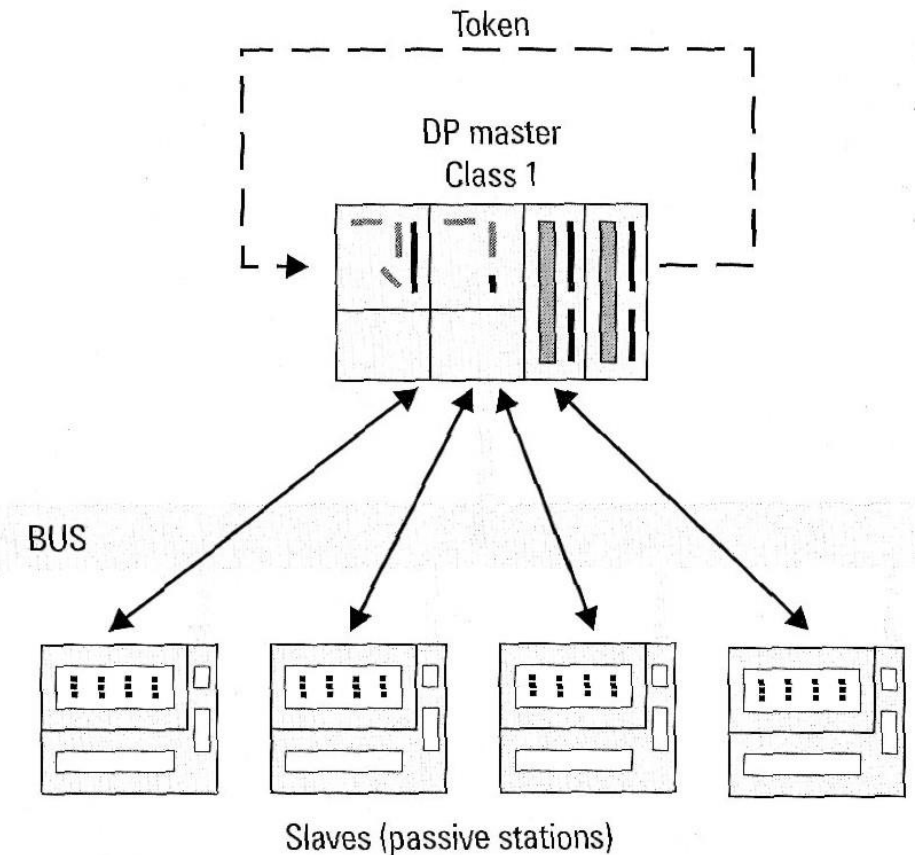
Verzije

- DP-V0: ciklični prenos podatkov, diagnostika
- DP-V1: aciklični prenos podatkov, vizualizacija, alarmiranje
- DP-V2: razširitve za potrebe pogonov (izohrona komunikacija)

Profibus

Načini

- Gospodar – suženj (aktivna – pasivna vozlišča)
 - Eno samo aktivno vozlišče (PLK)
 - Na pasivna vozlišča (sužnje) pošilja sporočila in čaka odgovore
 - Ciklično dostopanje do pasivnih vozlišč
- Podajanje žetona (med aktivnimi vozlišči)
 - Aktivne postaje si žetone podajajo v dogovorjenem zaporedju
 - Ko aktivna postaja sprejme žeton, dobi dostop do vodila
 - Po dodeljenem času ga preda naslednji postaji
 - Sprememba obročja ob izgubi in vračanju naprave



Industrijski Ethernet

Zakaj?

- Je že pisarniški standard
- Je že uporabljan za visokonivojsko komunikacijo v procesni avtomatiki
- Primeren je za komunikacijo med področnimi enotami
- Prednost
 - enostavna vertikalna integracija z višjimi sistemi vodenja
- Izzivi
 - Enostavna montaža in parametrisiranje
 - Zaporedna vezava naprav
 - Vzpostavitev realnega časa na nivoju Etherneta

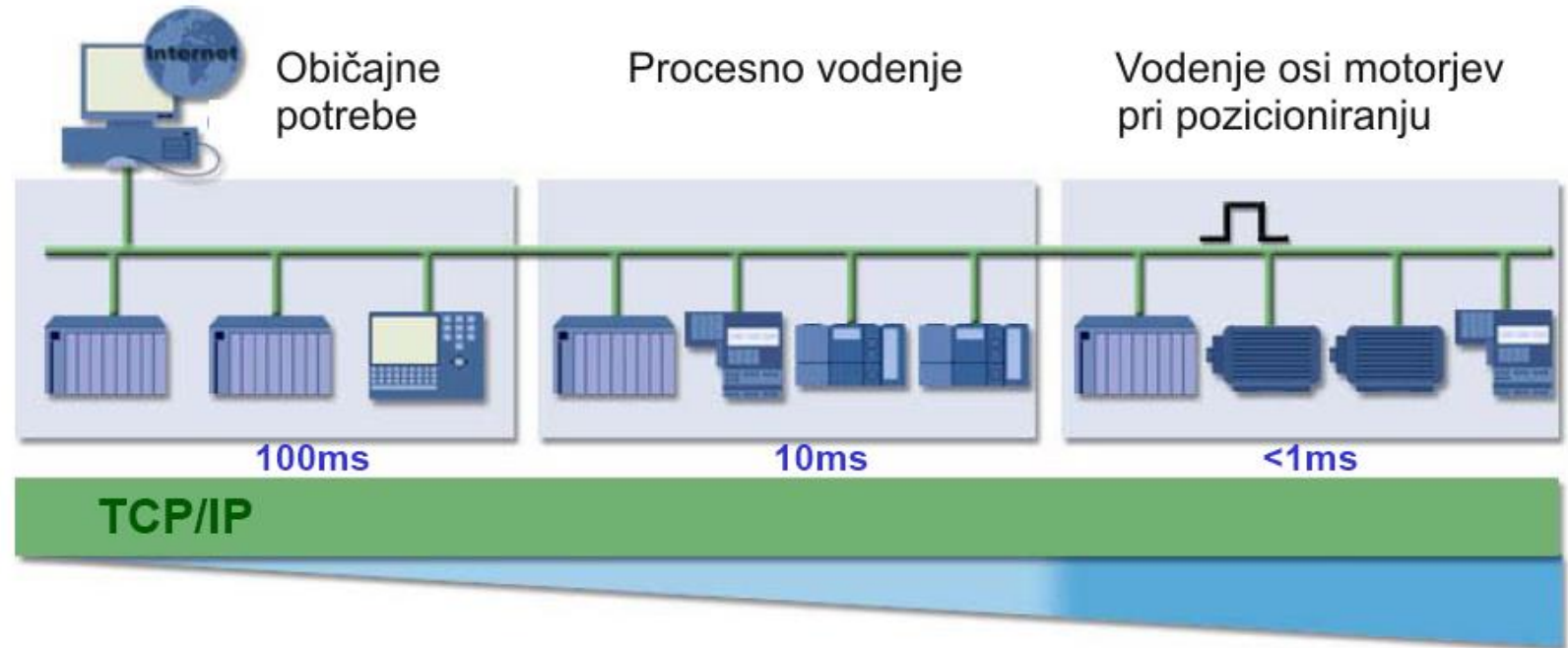
Industrijski Ethernet

Pisarna in proizvodnja

Pisarna	Proizvodnja
Fiksno ožičenje	Ožičenje prilagojeno sistemu
Priklop najrazličnejših naprav	Priklopljene naprave se redko menjajo
Zvezda	Zaporedna vezava
UTP kabel (Unshielded Twisted Pair)	Kabel, prilagojen za industrijsko okolje (STP)
Veliki podatkovni paketi	Kratki paketi
Odzivnost ni pomembna	Odzivnost v realnem času
Srednje zahteve za dostopnost omrežja	Visoke zahteve za dostopnost omrežja
Običajni pogoji	Težki pogoji (temperatura, vlaga, tresljaji, EM, mehanske in kemične poškodbe)

Industrijski Ethernet

Problem realnega časa

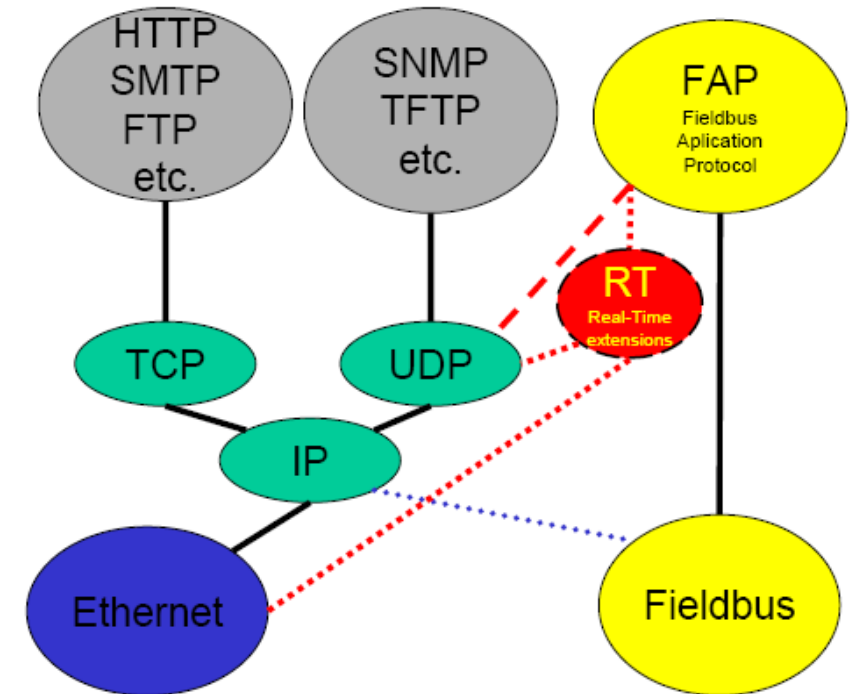


- Sobivanje z obstoječim TCP/IP protokolom
- Pokrivanje manjših in večjih zahtev glede realnega časa

Industrijski Ethernet

Ethernet: fizična in povezovalna plast

- Definira proces prenašanja sporočila in medij
- TCP (ang. Transmission Control Protocol)
 - Zagotavlja prenos sporočila brez napak
 - Vzpostavitev povezave med napravama, prenos sporočila, prekinitev povezave
- UDP (ang. User Datagram Protocol)
 - Ne zagotavlja prenosa sporočila brez napak
 - Ne vzpostavlja povezave med enotama
 - Bolj primeren za časovno kritične prenose



Industrijski Ethernet

Več idej, standard 61784-2 pokriva naslednje

CPF2 (ControlNet™)	CP 2/2 EtherNet/IP
	CP 2/3 EtherNet/IP RTE
CPF3 (PROFIBUS)	CP 3/3 PROFINET CBA
	CP 3/4 PROFINET I/O
	CP 3/5 PROFINET IRT
CPF4 (P-NET®)	CP 4/3 P-NET RTE
CPF6 (INTERBUS®)	CP 6/2 INTERBUS TCP/IP
	CP 6/4 INTERBUS RTE
CPF10 (VNET/IP)	CP 10/4 VNET/IP
CPF11 (TCnet)	CP 11/4 TCnet
CPF12 (EtherCAT)	CP 12/4 EtherCAT
CPF13 (EPL)	CP 13/4 Ethernet Powerlink
CPF14 (EPA)	CP 14/4 EPA
CPF15 (Modbus-RTPS)	CP 15/4 Modbus-RTPS
CPF16 (SERCOS)	CP 16/4 SERCOS III

Profinet

Siemens, PNO, mednarodni standard

Razvoj

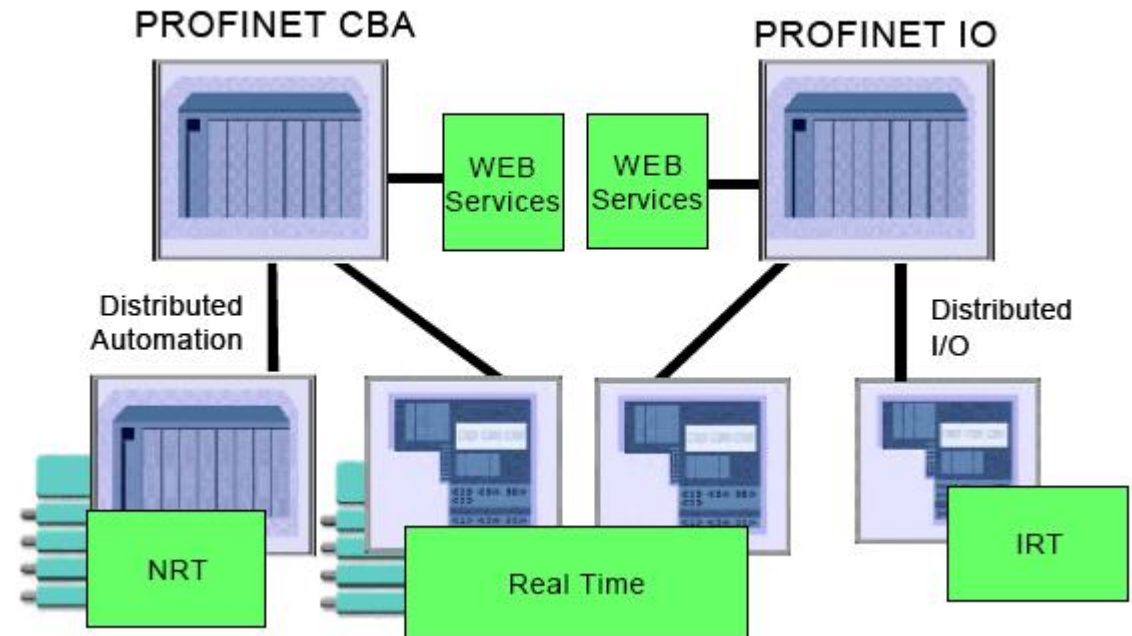
- 2002
 - Porazdeljena avtomatizacija
 - Uporaba standardnega TCP/IP
 - Integracija s Profibusom
- 2003
 - Realni čas
 - Integracija s spletom
 - Upravljanje omrežja
 - Povezava decentraliziranih naprav
- 2005
 - Izohroni realni čas
 - Varnostne tehnologije



Profinet

Profinet IO

- Namenjen povezovanju področnih naprav na vodilo
- Prednost pred prenosom podatkov ima enostavnost komunikacijske opreme
- Zaradi lažjega prehoda je uporabljen koncept Profibus
 - Uporaba enakih perifernih naprav kot v Profibusu
 - Inštalacija in parametriranje poteka na enak način
- Za časovno nekritične procese standardni Ethernet TCP/IP ali UDP/IP ponuja
 - Dovolj pasovne širine in
 - Je dovolj determinističen



Profinet

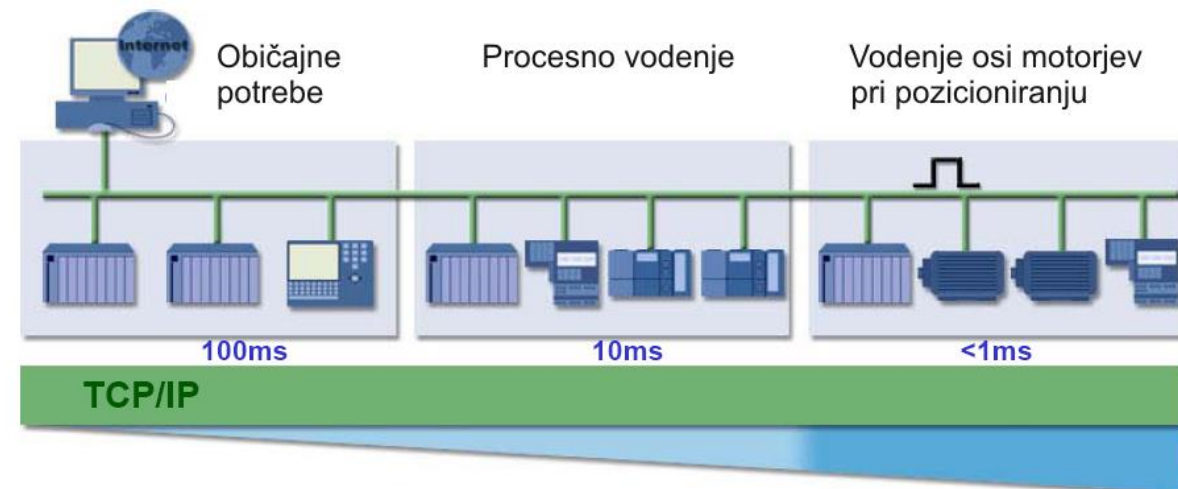
Profinet CBA (ang. Component Based Automation)

- Namenjen je porazdeljenim sistemom vodenja
- Poenostavlja komunikacijo med različnimi napravami
- Za krmilnike in področne napredne programirljive naprave
- Komponentni model opisuje naprave kot tehnološke module
 - Datoteka PCD (Profinet Component Description) v formatu XML
 - „Objektno programiranje“ v procesnem vodenju

Profinet

Trije načini komunikacije

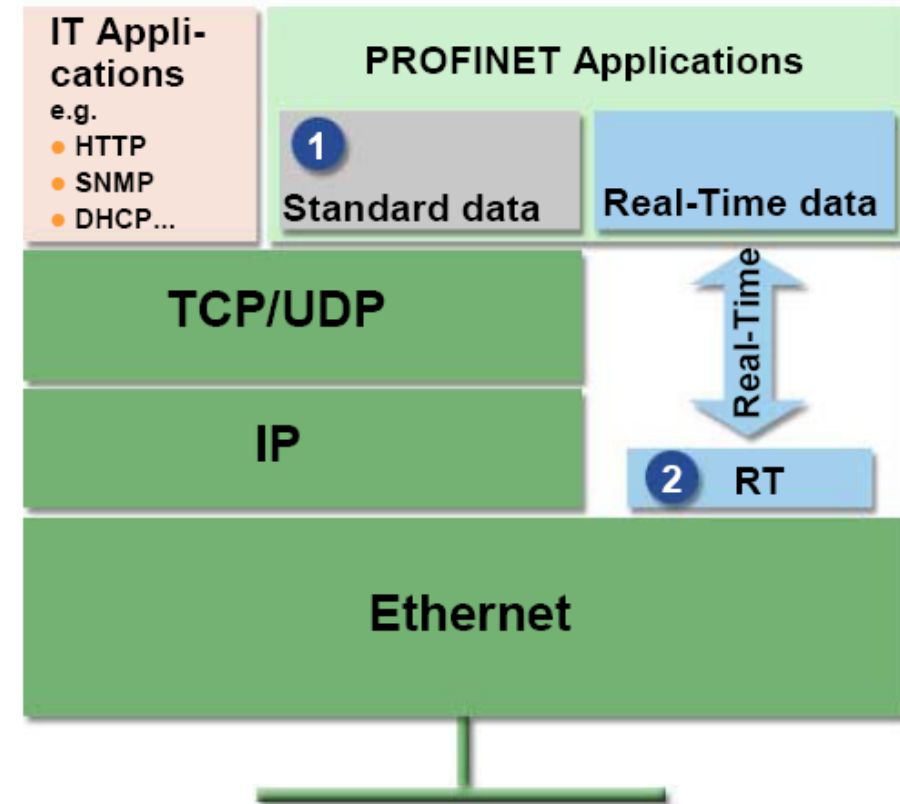
- NRT (ang. Non-Real Time)
 - običajen TCP/IP
 - Konfiguriranje, višji sistemi vodenja
- RT (ang. Real Time)
 - ostrejša zahteva glede pasovne širine in determinizma.
 - Programske razširitve
 - Procesni podatki, alarmi
- IRT (ang. Isochronous Real Time)
 - še ostrejša zahteva glede determinizma
 - Razširitve na nivoju strojne opreme
 - Vodenje več osi pogonov



Profinet

RT (2)

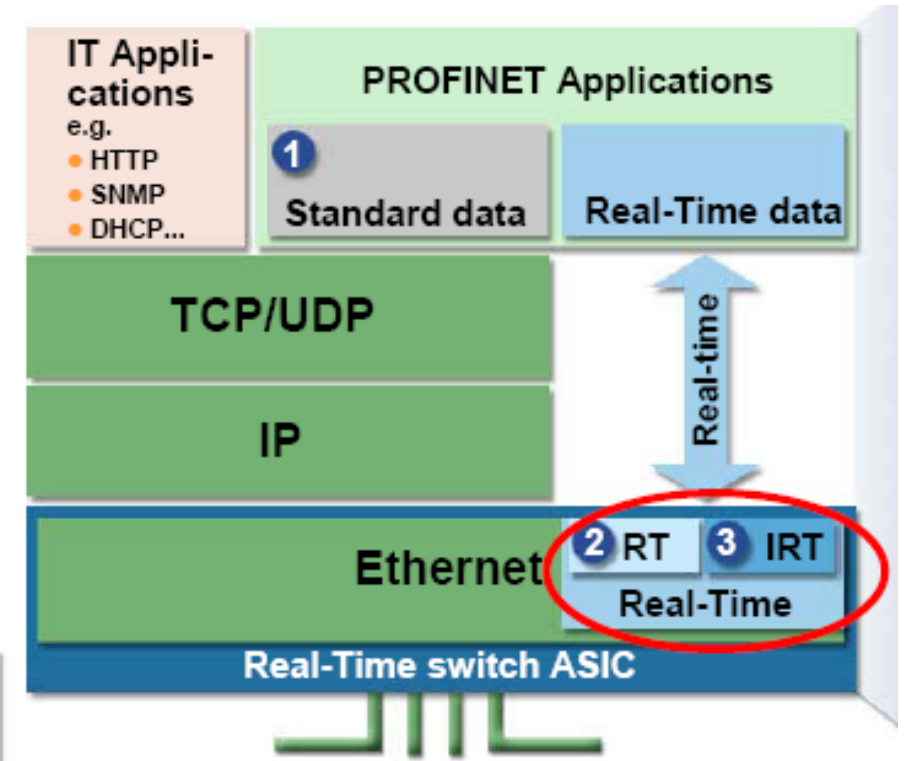
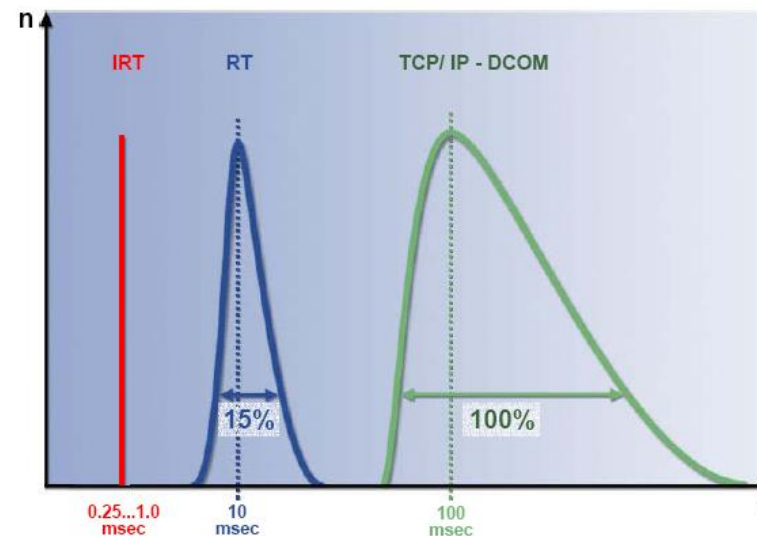
- Zelo zmogljiv prenos podatkov
- Ciklično spremljanje podatkov
- Dogodki
- Implementiramo ga lahko z vsako Ethernet mrežno kartico in vsakim stikalom !!!
- Ogromno nalog prevzame aplikacijska plast
 - Izboljšan čas prenosa za faktor 6 – 10
 - Zmanjšanje variance začetkov prenosa za faktor 5 – 8



Profinet - komunikacije

IRT (3)

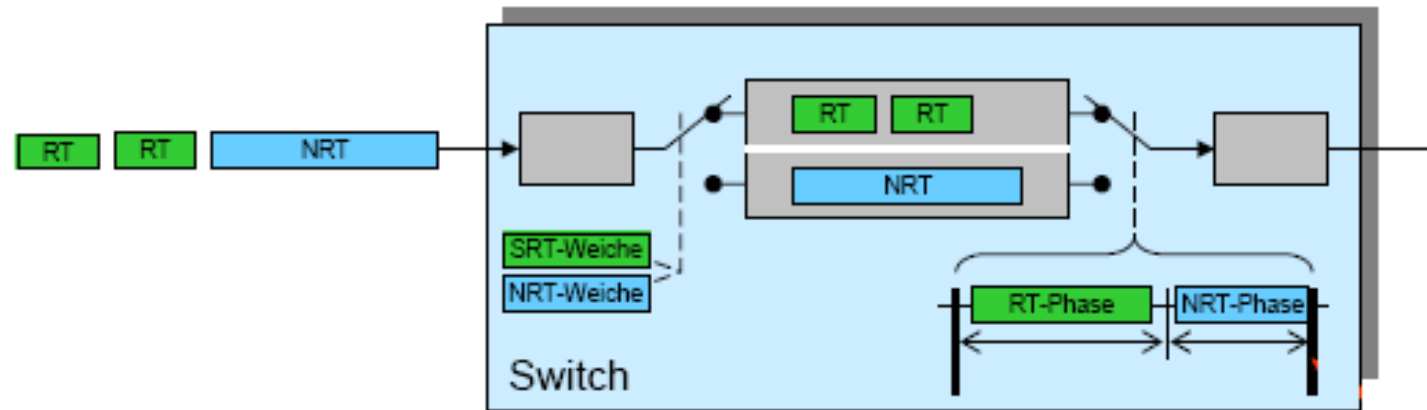
- Visoko zmogljiv prenos podatkov
- Podatki prihajajo sočasno (izohrono) do več naprav
- Garancija za prenos v realnem času, ki je neodvisen od prometa
 - Varianca začetkov prenosa < 1 us
 - Cikel manj kot 1 ms



Profinet

IRT

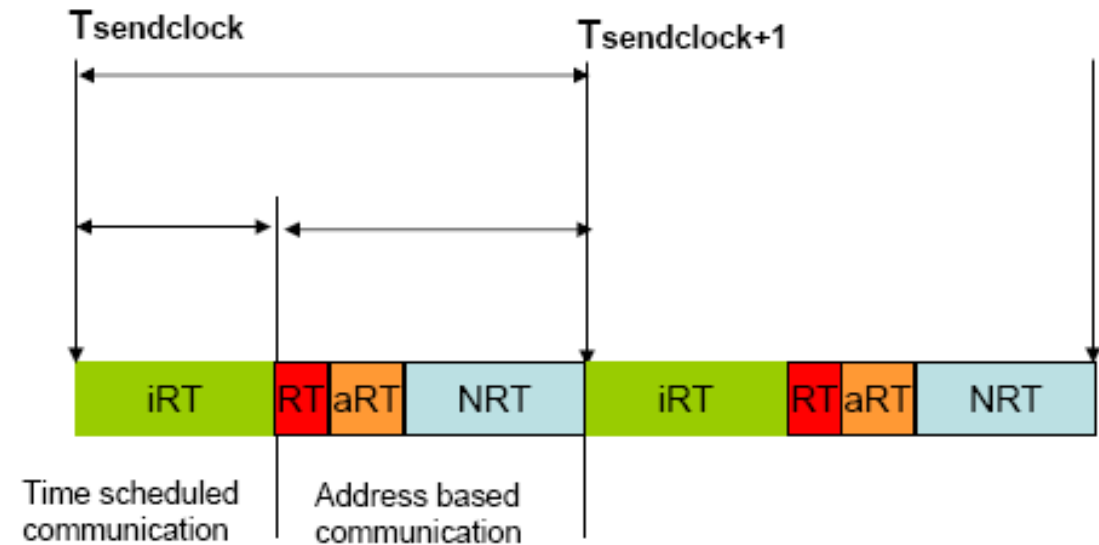
- Posebna stikala
 - Prednost IRT paketov
 - Sinhronizacija ciklov med stikali
 - Obvezna konfiguracija topologije



Profinet

Sobivanje NRT, RT in IRT

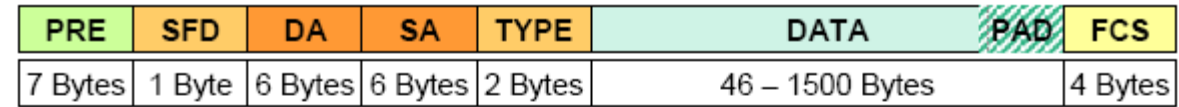
- Rezervacija virov
 - Določimo pri konfiguraciji vodila
- Prioritete znotraj cikla
 - iRT – konstantna dolžina
 - RT – ciklični prenosi
 - aRT – asinhroni prenosi
 - NRT – ostalo
- Dolžina cikla se ne spreminja



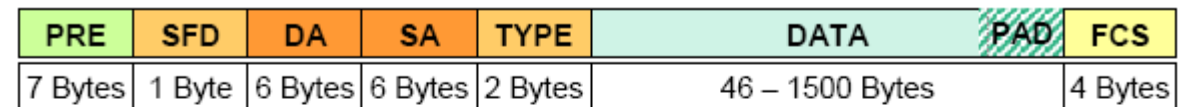
Profinet

Spremembe v Ethernet telegramu

- Ethernet
 - 802.3
 - TYPE – definira velikost DATA bloka
 - < 0x0600 – velikost v bajtih
 - > 0x0600 – tip po spodnji tabeli
- VLAN (ang. Virtual LAN)
 - 802.1q
 - Priority
 - RT paketi imajo najvišjo prioriteto
 - Nastavitev prioritete na stikalih



TYPE	Protocol	Meaning
0x0800	IP	IP Header
0x0806	ARP	Adressresultion
0x8100	VLAN	Virtual LAN Header
0x8892	PN-RT	PROFINET Real-Time



Profinet

Sporočilo

- Profinet

PRE	SFD	DA	SA	TYPE	DATA	PAD	FCS
7 Bytes	1 Byte	6 Bytes	6 Bytes	2 Bytes	46 – 1500 Bytes		4 Bytes

FrameID	RT-Data	Cycle-Counter	Data Status	Transfer Status
2 Bytes	40 - 1440 Bytes	2 Bytes	1 Byte	1 Byte

FrameID	Meaning
0x0000 – 0x00FF	Time Synchronization
0x0100 – 0x7FFF	RT Class 3 Frames (IRT)
0x8000 – 0xBFFF	RT Class 2 Frames (RT)
0xC000 – 0xFBFF	RT Class 1 Frames (RT)
0xFC00 – 0xFCFF	Acyclic transmission „high“
0xFD00 – 0xFDFF	Reserved
0xFE00 – 0xFEFC	Acyclic transmission „low“
0xFEFD – 0xFEFF	DCP
0xFF00 – 0xFFFF	reserved

Cycle-Counter	Meaning
One bit represents a time increment of 31,25µs; Big-Endian Format	Provider: Increments the CycleCounter (within the send cycle) and fits it in the frame. Consumer: Checks the CycleCounter during reception to identify take overs.

7	6	5	4	3	2	1	0	Data Status	Meaning
0	0			0		0		Reserved	
							X	State	Primary, leading channel in a redundant system
					X			DataValid	Data are valid
			X					ProcessState	Process is running
		X						ProblemIndicator	Set if there is no problem

Transfer Status	Meaning
0	Transmitted ok

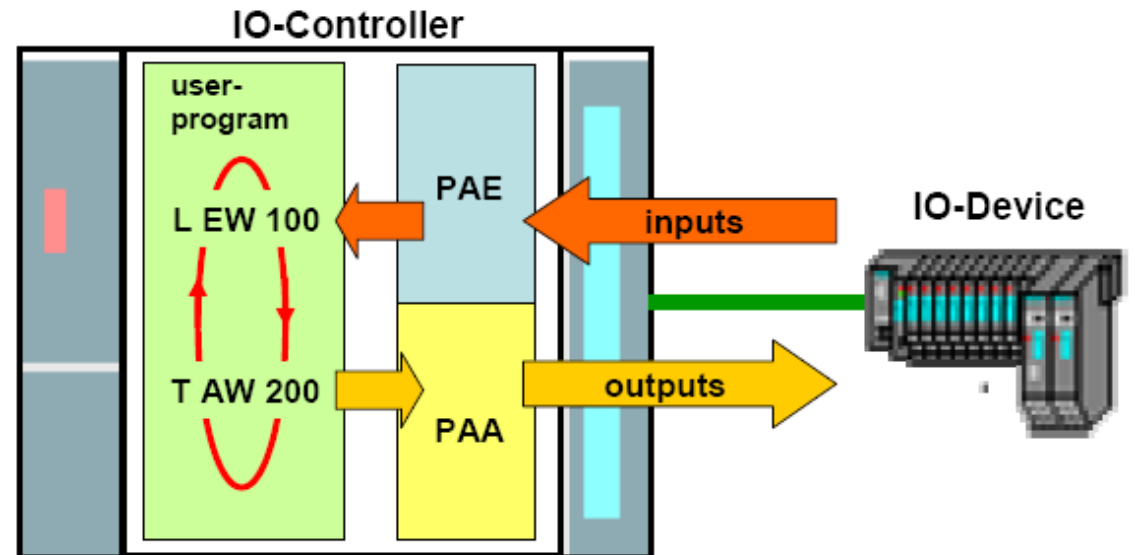
Profinet - komunikacije

Naslavljanje naprav

- IP – potrebno za NRT in komunikacijo zunaj omrežja
- MAC in simbolno ime za komunikacijo znotraj omrežja

Programirni model področnih naprav

- Slika vhodov in slika izhodov



Inženiring

Uvoz datoteke GSDML s podatki o napravi

- Pripravi proizvajalec naprave
- slika vhodov in izhodov

Priprava konfiguracije strojne opreme

Prenos na sistem

- določitev naslova IP
- imena

