

Suport curricular

Instruirea și certificarea utilizatorilor în domeniul ingineriei fabricației pentru Industria 4.0 – Ianuarie 2025



Modulul 4 – Comunicații industriale și sisteme Industrial Internet of Things (UTM-I40-004)

Mihai-Daniel Pavel

daniel.pavel@astiautomation.com



Agenda – Modulul 4

- Prezentarea, evoluția și exemplificarea conceptelor de Industrial Internet of Things (IIoT) și Sisteme Ciber-Fizice (CPS)
- Protocoalele OPC-UA și MQTT și integrarea multi-protocol industrială cu sisteme Profinet și ModBus TCP
- Vedere artificială industrială prin sisteme de camere 3D și module embedded de procesare Nvidia Jetson

- Studiu de caz: Automatizare integrată, ierarhică, pentru o linie flexibilă de fabricație



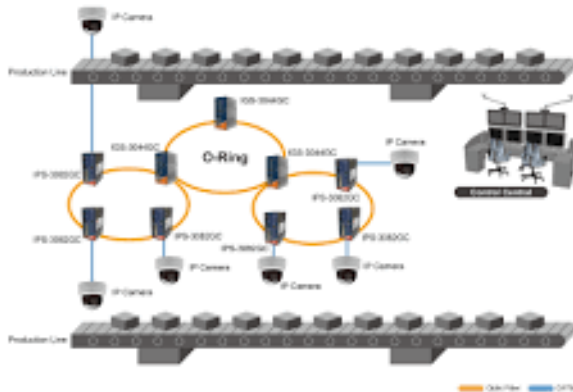
Objective

- Obiectiv principal: Introducerea în conceptele fundamentale ale comunicațiilor industriale și IIoT
- Scop: Dezvoltarea competențelor pentru proiectarea și implementarea soluțiilor IIoT
- Rezultate așteptate: Înțelegerea protocoalelor, securității și aplicabilității IIoT



Importanța comunicațiilor industriale

- Transformarea digitală a industriei folosind echipamente IIoT.
- Creșterea eficienței operaționale și reducerea costurilor.
- Integrarea senzorilor și dispozitivelor conectate în rețea.
- Impactul asupra deciziilor bazate pe date (data-driven decisions).
- Contribuția IIoT la dezvoltarea sustenabilă.



Evoluția comunicațiilor industriale: de la automatizare tradițională la IIoT

- Automatizarea tradițională: concentrată pe control local.
- Dezvoltarea rețelelor industriale și a sistemelor distribuite.
- Apariția standardelor de comunicații deschise.
- Integrarea cloud și analiza datelor în timp real.
- Rolul IIoT în interconectivitate și interoperabilitate.



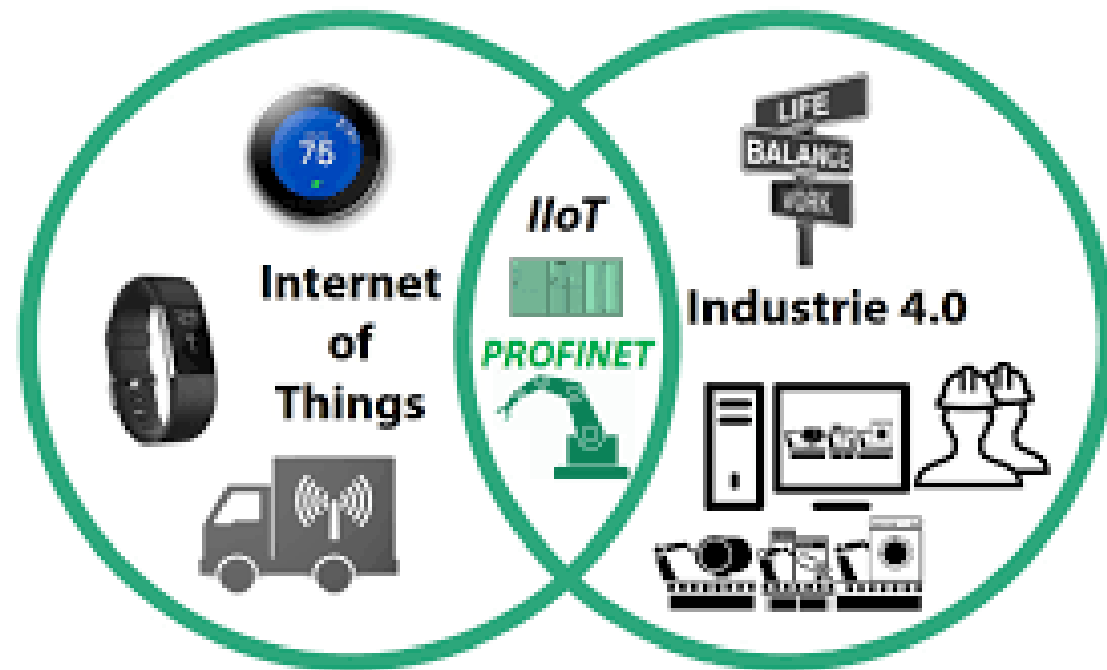
Sisteme Ciber-fizice (CPS)

- Combina hardware-ul (senzori și actuatore) cu software și rețele de comunicație pentru a oferi funcționalități avansate
- Utilizarea senzorilor și algoritmilor avansați pentru analiza și controlul proceselor fizice în timp real
- Rețelele IoT și tehnologiile cloud permit schimbul de date între componentele distribuite
- Se regăsesc în domenii precum industria 4.0, transporturi autonome, sănătate, energie și orașe inteligente
- Interconectivitatea ridicată crește riscul atacurilor cibernetice
- Favorizează optimizarea proceselor, reducerea costurilor și îmbunătățirea calității vieții



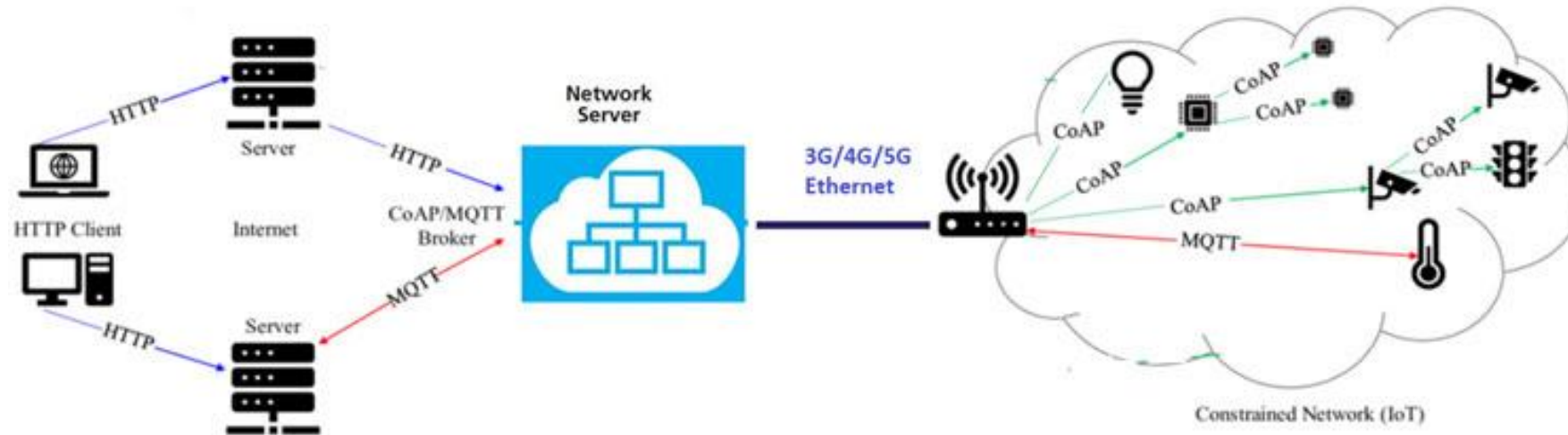
Teme abordate

- Introducere în comunicații industriale.
- Protocoale utilizate în IIoT.
- Securitatea comunicațiilor industriale.
- Aplicații practice și studii de caz.
- Tehnologii emergente în IIoT.



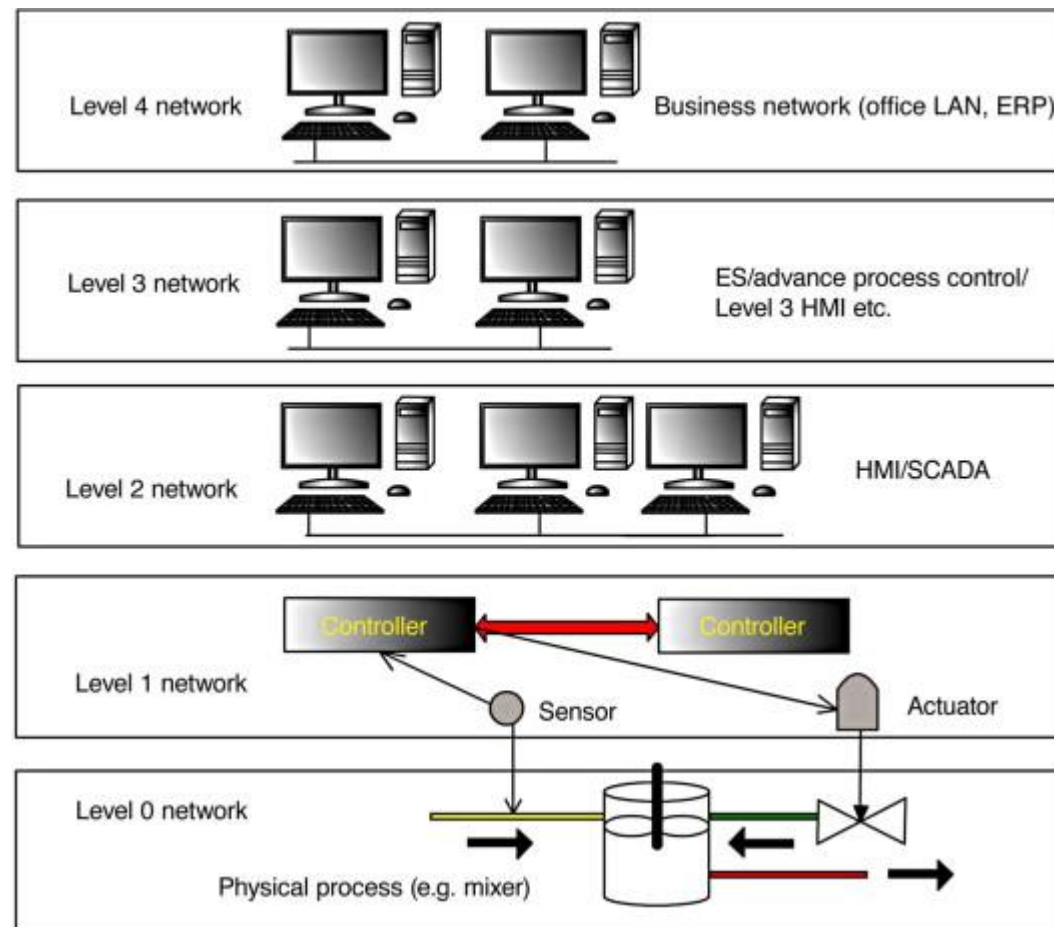
Bazele comunicațiilor industriale

- Definiții și concepte de bază
- Protocele de comunicație industriale (Modbus, Profibus, CAN)
- Topologii de rețea utilizate în industrie
- Caracteristici ale comunicațiilor industriale
- Exemple practice din industrie: monitorizare, control, raportare



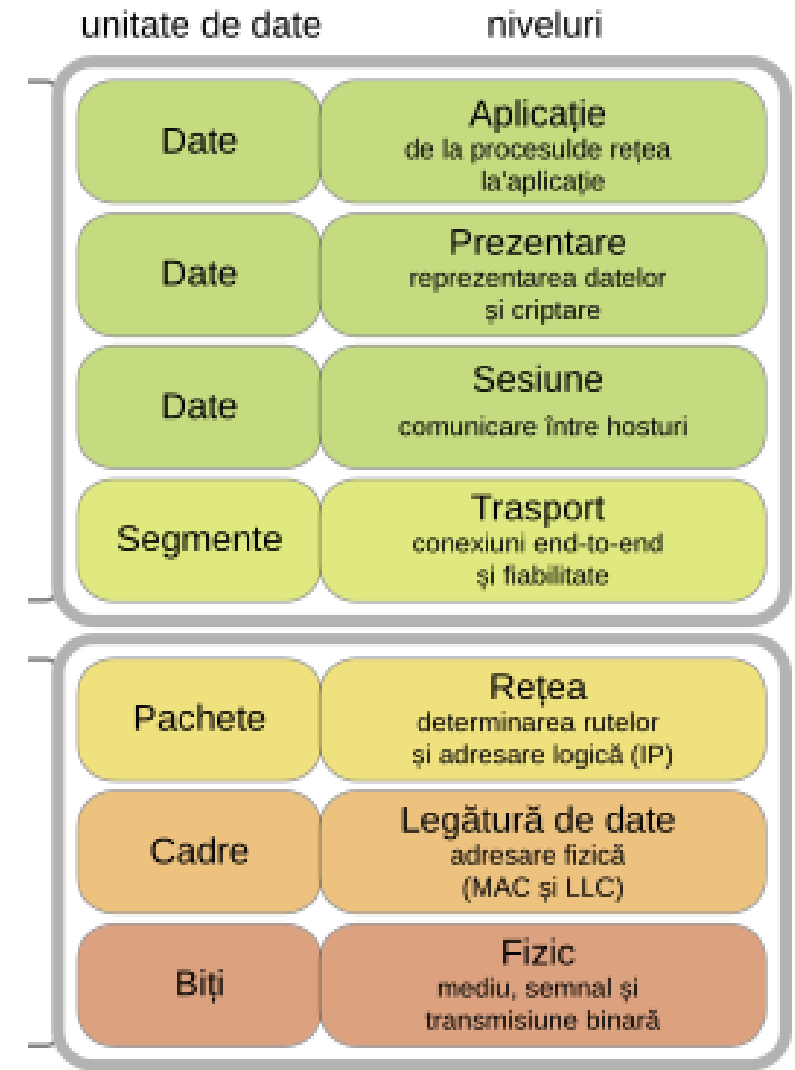
Definiții și concepte de bază

- Ce sunt comunicațiile industriale?
- Rețele industriale: componente și roluri.
- Tipuri de rețele: cablate și wireless.
- Caracteristici specifice: determinism și fiabilitate.
- Exemple de rețele utilizate în industrie.

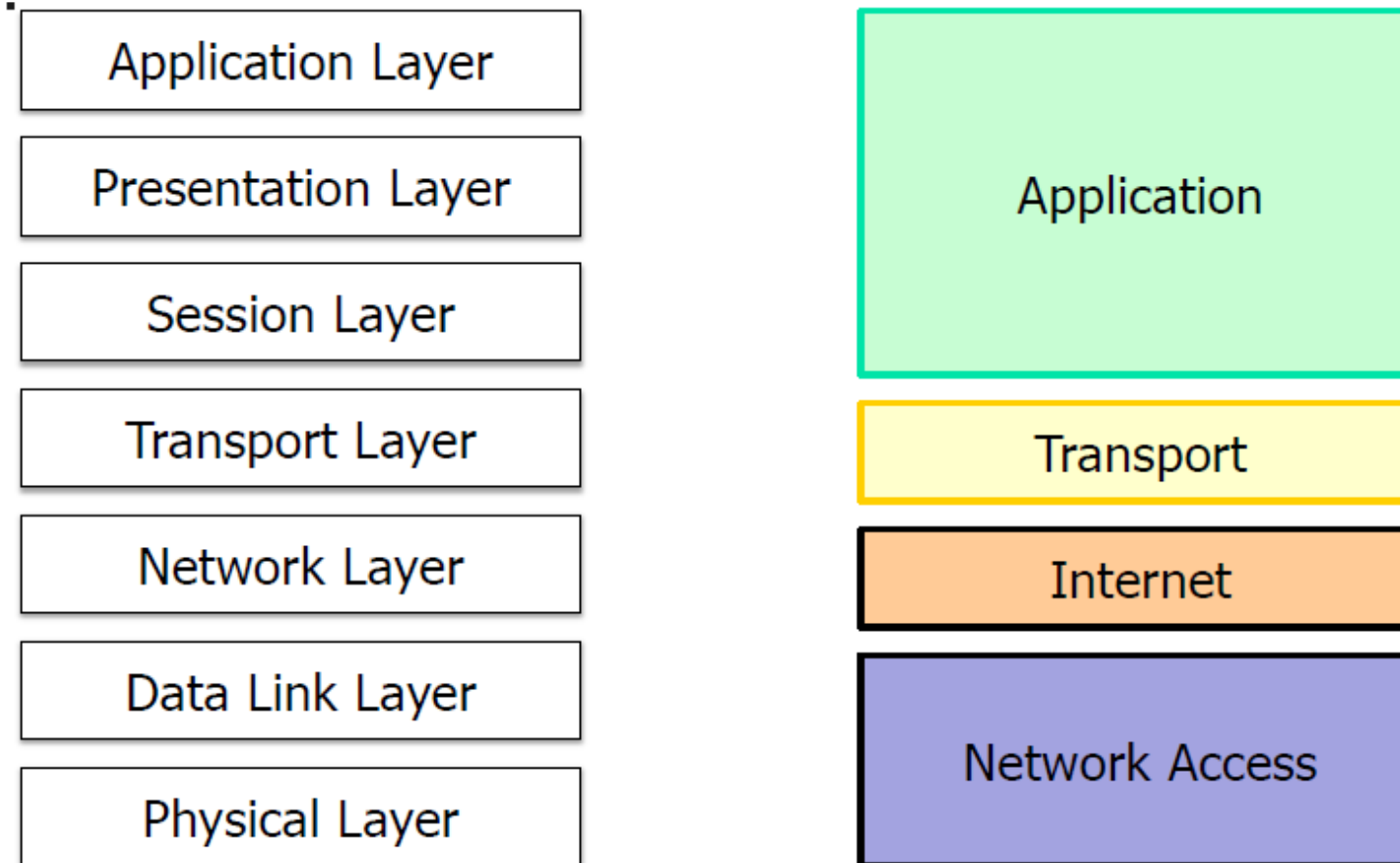


Modelul OSI

- Acronim pentru Open Systems Interconnection
- Model ierarhic de protocoale de comunicație
- Descompunerea comunicației în rețea în părți mai mici și mai simple
- Standardizarea componentelor din rețea
- Comunicarea între diferite tipuri de hardware și software
- Comunicarea dintre 2 participanți începe de la nivelul aplicație și, parcurgând nivelele inferioare, mesajul ajunge la cel de-al doilea participant, unde este recompus de la nivelul inferior, până la nivelul aplicație

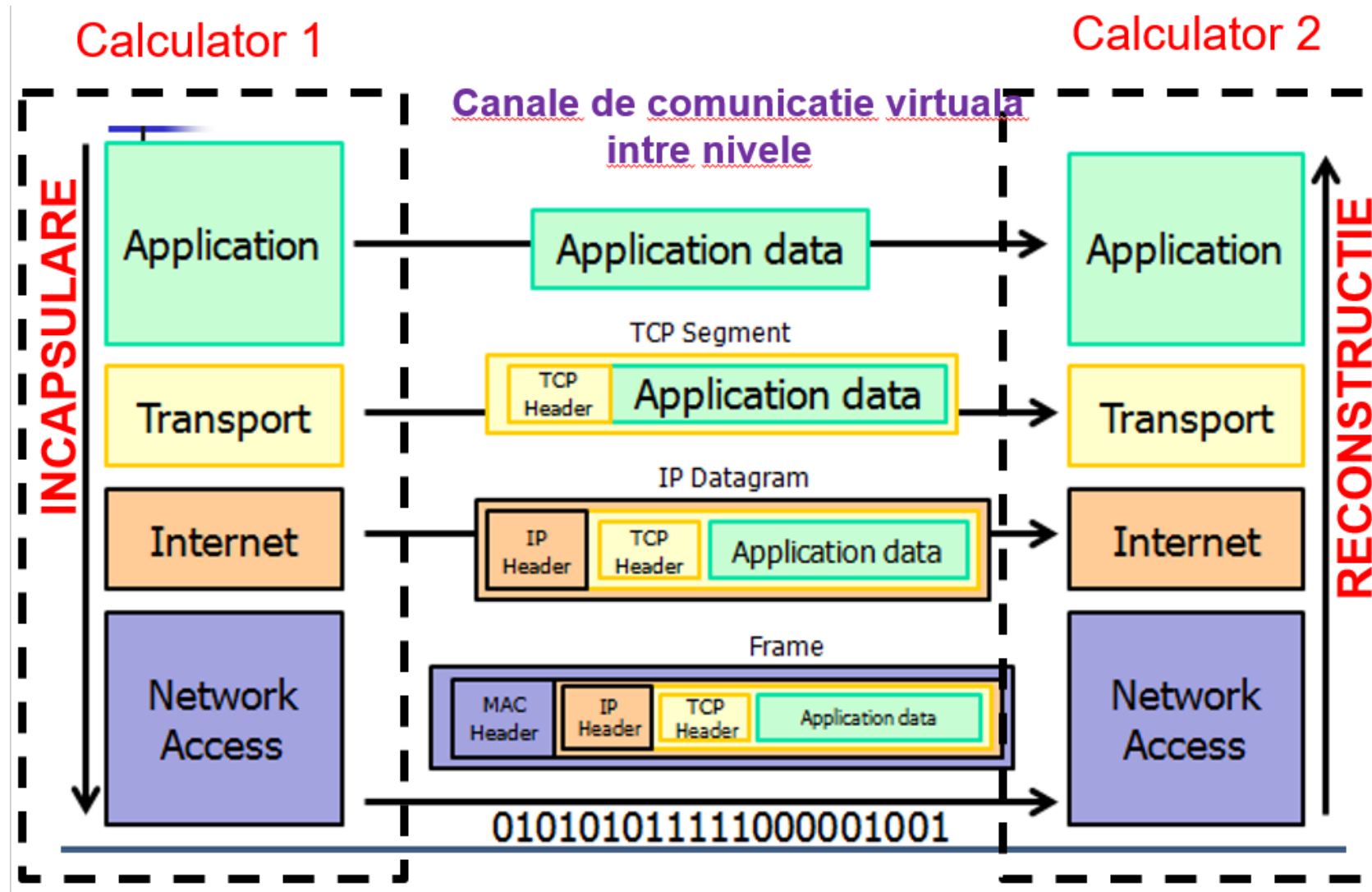


Model de comunicație prin internet



Modelul pe 7 nivele a fost revizuit sub forma unui model pe 5 nivele TCP/ IP

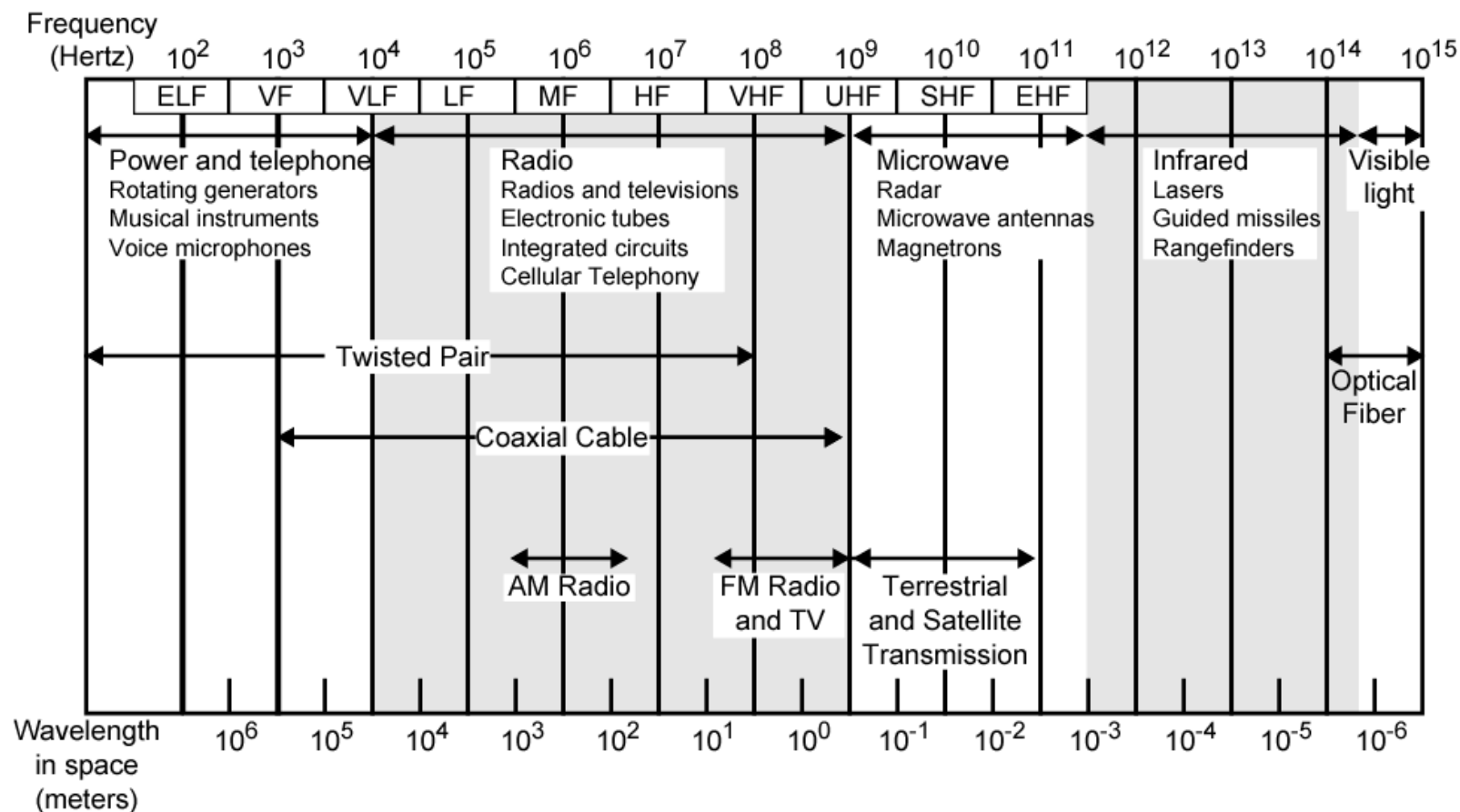
Modelul OSI



- Nivelul fizic reprezintă mediul prin care se transmite mesajul în rețea
- Este primul nivel și cel mai important, neavând un mediu prin care să se poată transmite mesajul, comunicarea nu există
- Tipuri de medii de transmisie:
 - Perechi răsucite (cablu cu 8 fire de cupru)
 - Cablu coaxial (format dintr-un conductor de cupru)
 - Fibra optica
 - Wi-Fi



Spectrul de frecvență a undelor electromagnetice

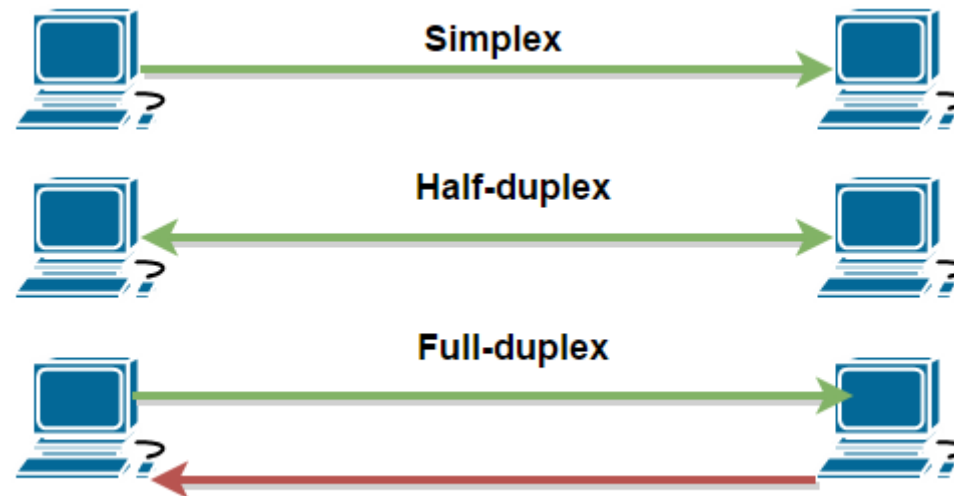


ELF = Extremely low frequency MF = Medium frequency UHF = Ultrahigh frequency
 VF = Voice frequency HF = High frequency SHF = Superhigh frequency
 VLF = Very low frequency VHF = Very high frequency EHF = Extremely high frequency
 LF = Low frequency



Nivelul 2 – Legătura de date

- Modul în care sunt transmise datele
- Există 3 moduri în care se pot transmite mesajele:
 - Simplex (o singură direcție)
 - Half-duplex (o singură direcție la un moment dat)
 - Full-duplex (în ambele direcții, simultan)



Nivelul 2 – Legătura de date

- Pachet = denumirea generică a datelor transmise prin rețea
- Pachetul generat la nivel “Data Link” se numește Frame

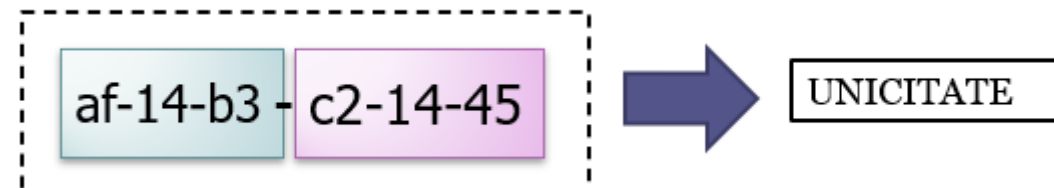
- Header
- Date
- Trailer



- Caracteristici transmisie frame în rețea
 - Diferite medii de transmisie
 - Diferite protocoale de transmisie

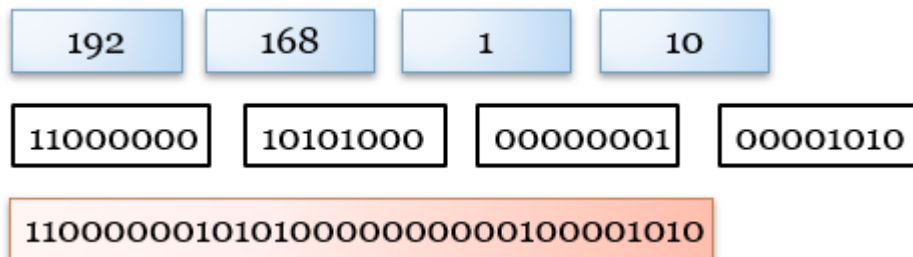
Nivelul 2 – Legătura de date

- Media Access Control (MAC) = adrese de 48 biți la nivel Data Link
- Reprezentate uzual sub formă hexazecimală
- Fiecare interfață de rețea are asociată o astfel de adresă unică
- Conține 2 părți:
 - Prima jumătate a adresei alcătuiește OUI-Organizationally Unique Identifier (producătorul plăcii de rețea)
 - A doua jumătate denumită Device ID reprezintă codul unic alocat

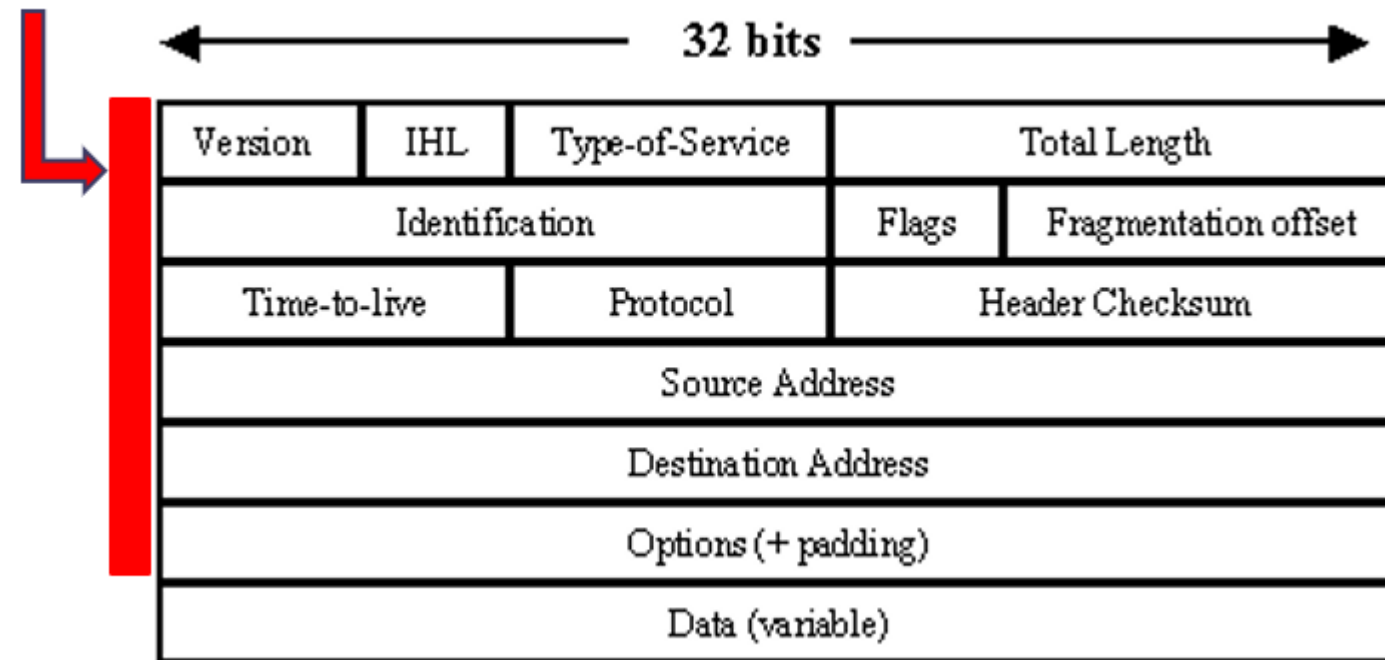


Nivelul 3 – Rețea

- Internet Protocol (IP) permite crearea unei rețele virtuale suprapusă peste rețeaua fizică
- Adresele IP se reprezintă pe 32 de biți
- Sunt folosite în cadrul protocolului IP pentru a identifica în mod unic o interfață



Dimensiune header: 20 Bytes



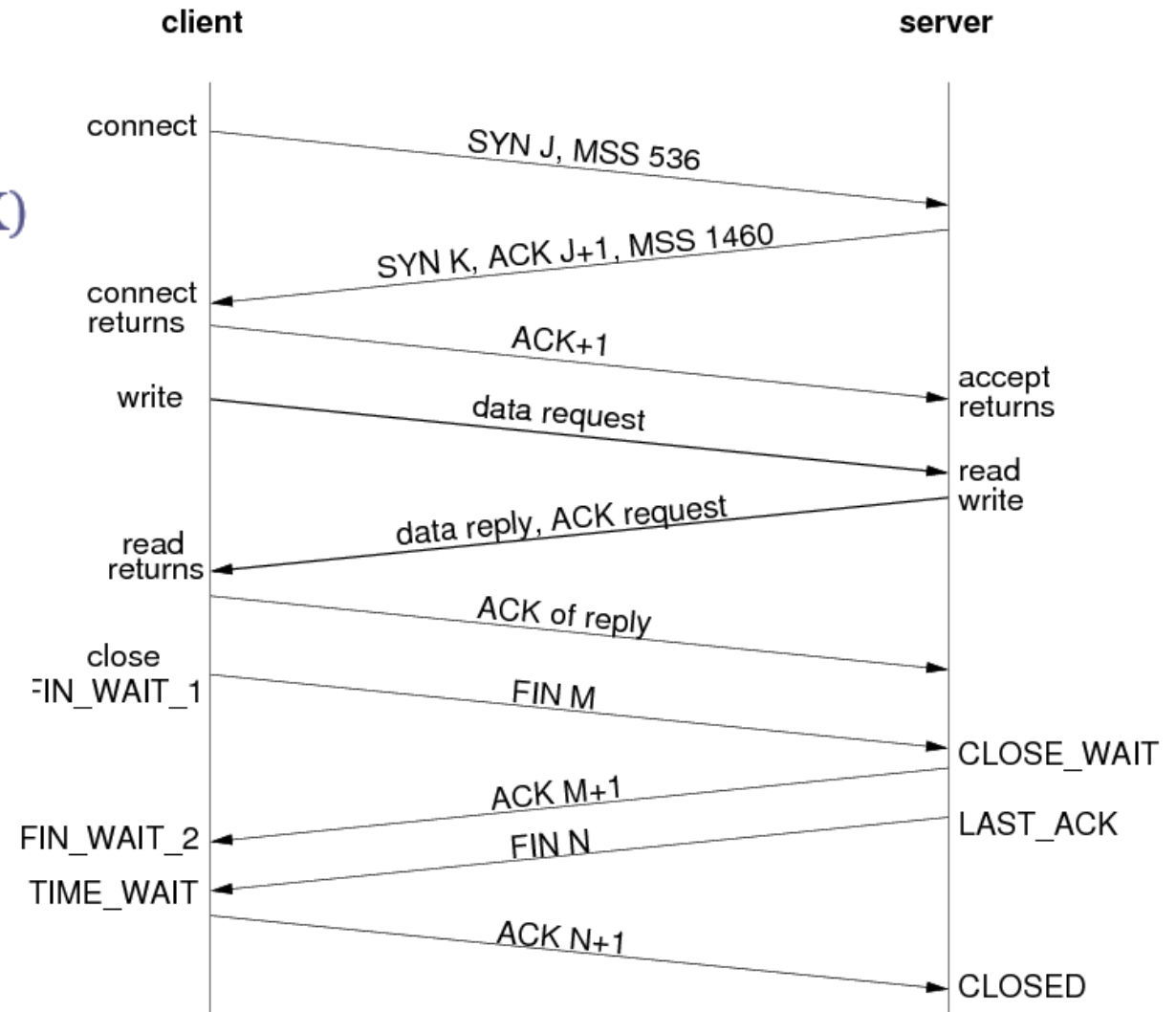
Nivelul 4 - Transport

- TCP (Transport Control Protocol)
- Conexiune full duplex între sursă și destinație (adresare pe porturi)
- Mesajele sunt transmise în secvență
- Permite controlul erorilor
- Admite mecanisme de gestiune al fluxului de mesaje și al congestiilor



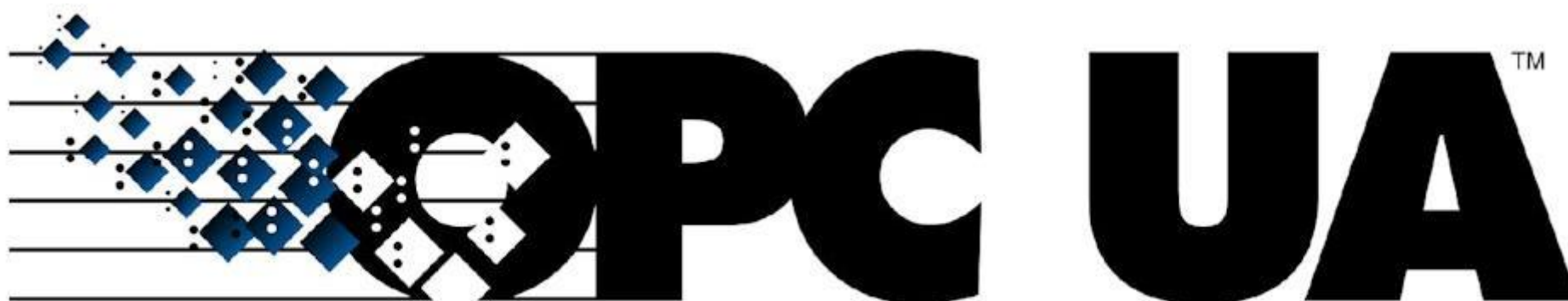
Nivelul 4 - Transport

- CWR: Congestion Window Reduced (ECE ACK)
- (ECN-Echo): Indicates congestion
- URG: Urgent pointer field significant
- ACK: Ack field significant
- PSH: Push function
- RST: Reset the connection
- SYN: Synchronize sequence numbers
- FIN: No more data from sender



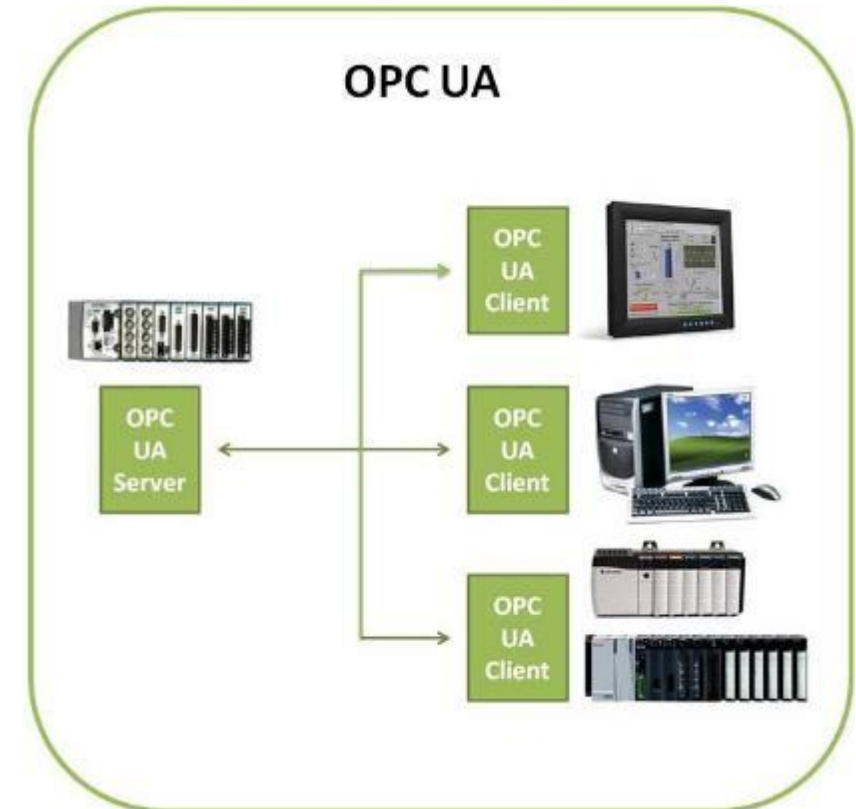
OPC UA – protocol standard pentru IIoT

- Standarde deschise pentru interoperabilitate.
- Model de date scalabil și sigur.
- Integrarea cu diverse platforme industriale.
- Avantaje față de protocoale tradiționale.
- Exemple de aplicații practice.



OPC UA – protocol standard pentru IIoT

- Model client-server și pub-sub.
- Suport pentru criptare și autentificare.
- Comunicare între dispozitive eterogene.
- Scalabilitate pentru implementări mari.
- Configurare și administrare simplificată.
- opcfoundation.org



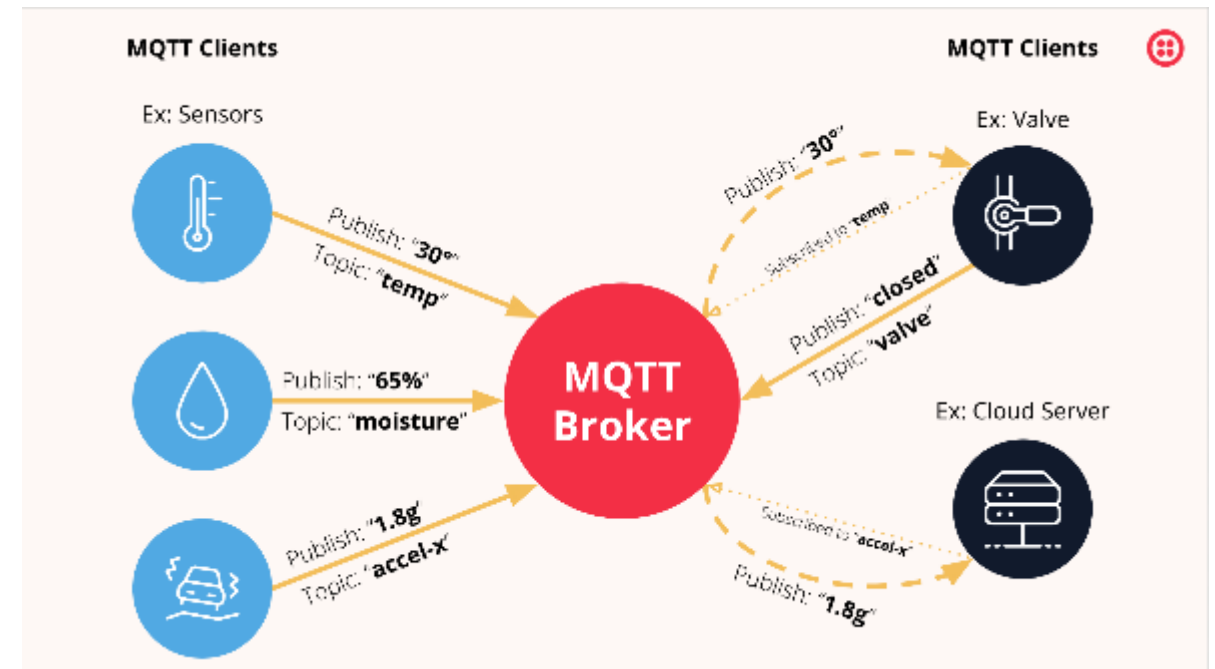
Protocoale de comunicație industriale: MQTT

- Protocol ușor pentru comunicații IoT.
- Funcționare pe baza principiului "publish-subscribe".
- Consum redus de resurse.
- Compatibilitate cu rețele intermitente.
- Exemple: monitorizare de la distanță, control senzori.



Protocoale de comunicație industriale: MQTT

- Simplitatea implementării.
- Latență scăzută.
- Limitări: securitate și scalabilitate redusă.
- Integrarea cu alte protocoale industriale.
- Utilizare în scenarii specifice.
- mqtt.org



Protocoale de comunicație industriale: Profinet

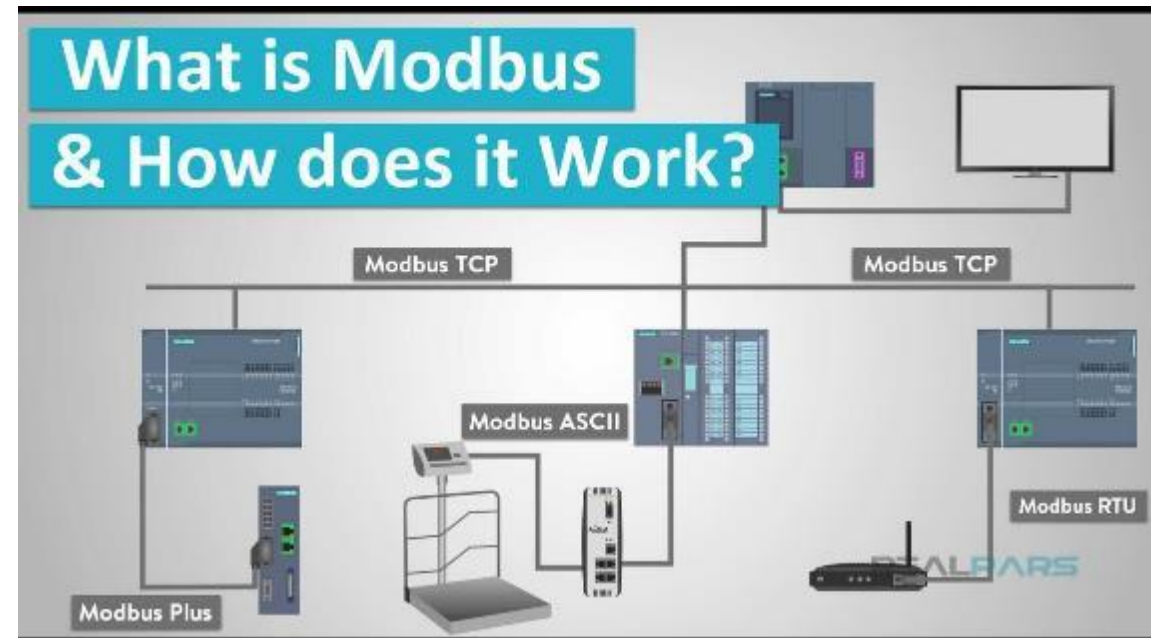
- Standard pentru comunicații în timp real. profinet.com
- Profiluri pentru aplicații specifice.
- Integrare cu rețele wireless.
- Redundanță și reziliență.
- Comparativ cu Ethernet/IP: avantaje și limitări.



PROFI
NET

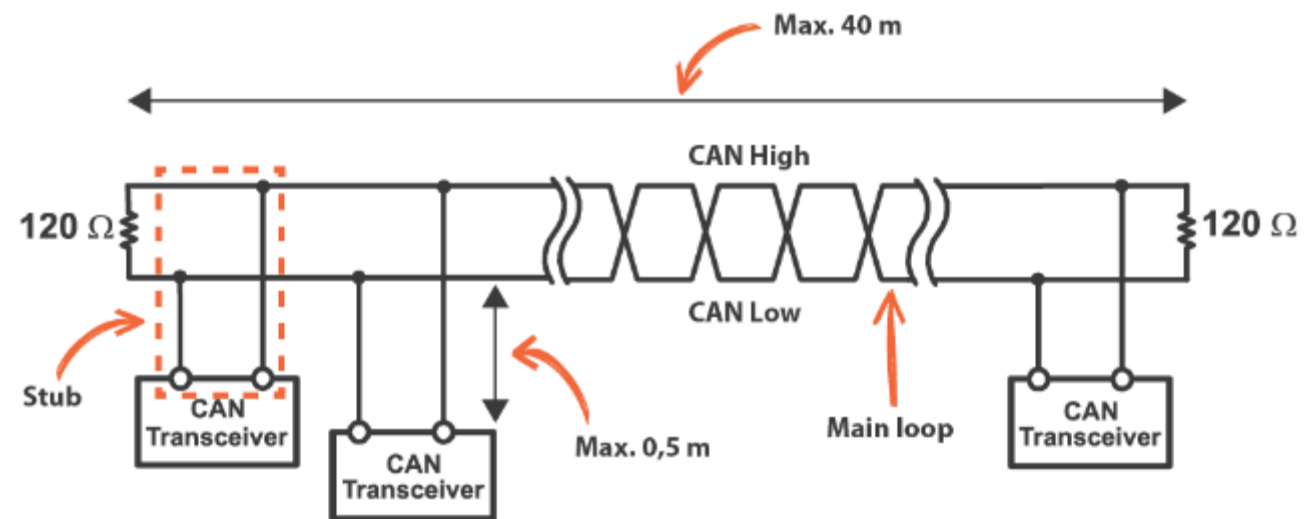


- Introducere: protocol master-slave.
- Variante: Modbus RTU și Modbus TCP.
- Aplicabilitate și avantaje.
- Limitări: securitate scăzută.
- Exemple de utilizare.
- plc247.com



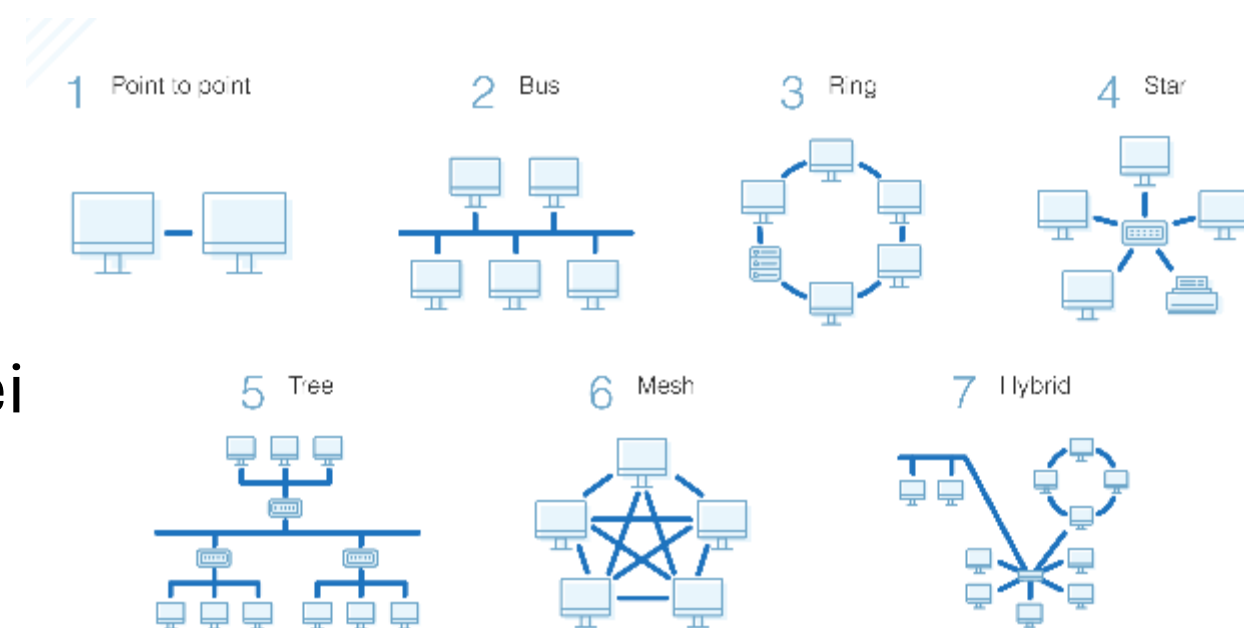
Protocoale de comunicație industriale: CAN

- Protocol pentru aplicații în timp real.
- Comunicație peer-to-peer.
- Domenii de aplicare: automotive și industrie.
- Reziliență la interferențe.
- Extinderea la CANopen.
- [CAN bus](#)



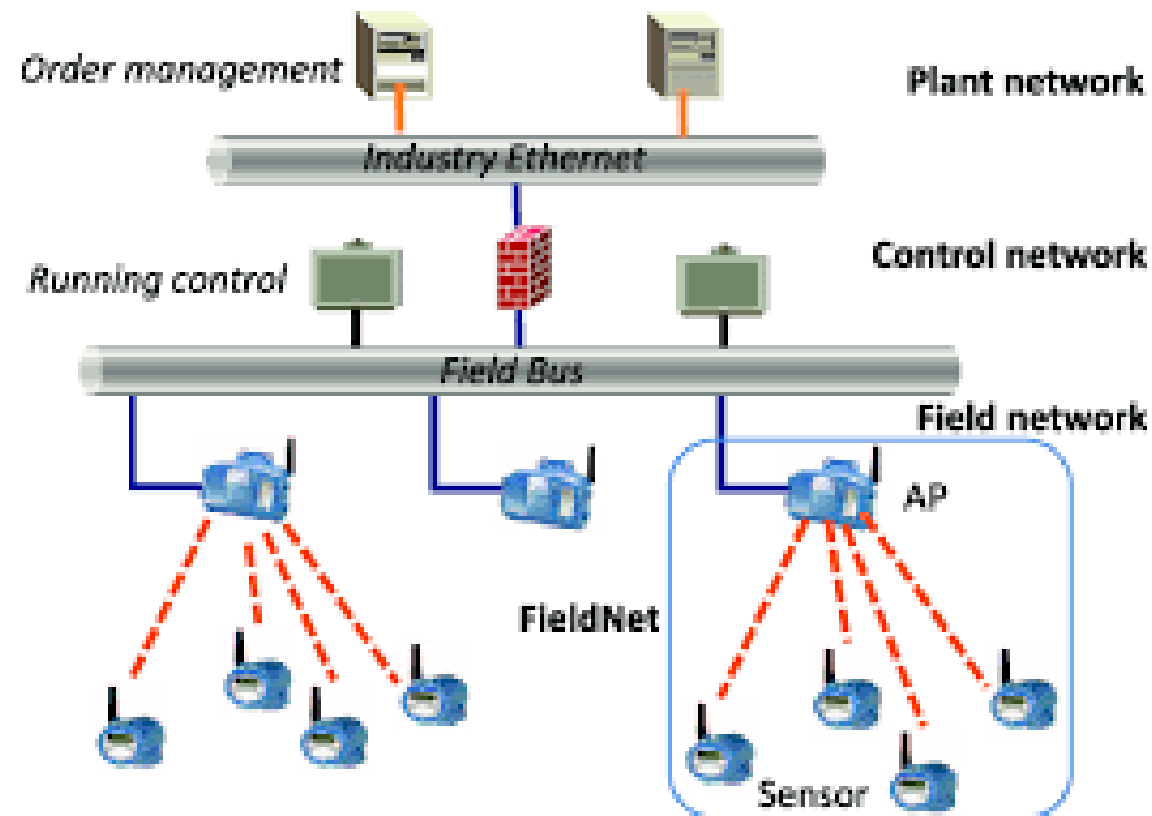
Topologii de rețea utilizate în industrie

- Topologie liniară: simplă și economică.
- Topologie inel: redundanță și toleranță la erori.
- Topologie stea: scalabilitate.
- Avantaje și dezavantaje ale fiecărei topologii.
- Alegerea topologiei potrivite aplicației.
- [types of network topology](#)



Topologii de rețea utilizate în industrie

- Structuri logice bazate pe protocoale.
- Bus logic versus punct-la-punct.
- Impactul topologiei asupra performanței.
- Exemple de implementări logice.
- Interconectarea rețelelor diferite.
- [topology options](#)



Caracteristici ale comunicațiilor industriale

- Latență minimă și predictibilitate.
- Fiabilitate și redundanță.
- Capacitate de transfer și scalabilitate.
- Interoperabilitate cu standarde diferite.
- Uptime ridicat în aplicații critice.



EtherCAT®



CANopen®



CC-Link IE



Modbus



EtherNet/IP™



DeviceNet™



PROFINET®



PROFIBUS®

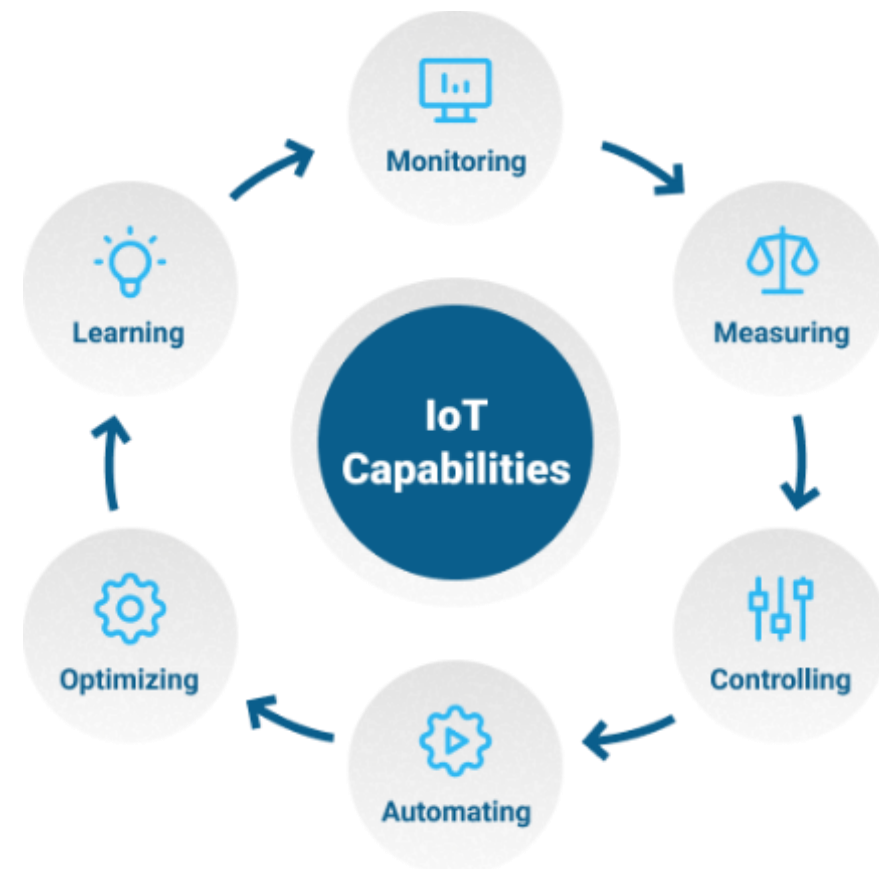
Provocări și soluții

- Gestionarea zgomotului și interferențelor.
- Probleme de compatibilitate.
- Asigurarea securității datelor transmise.
- Optimizarea costurilor operaționale.
- Monitorizare și diagnosticare în timp real.



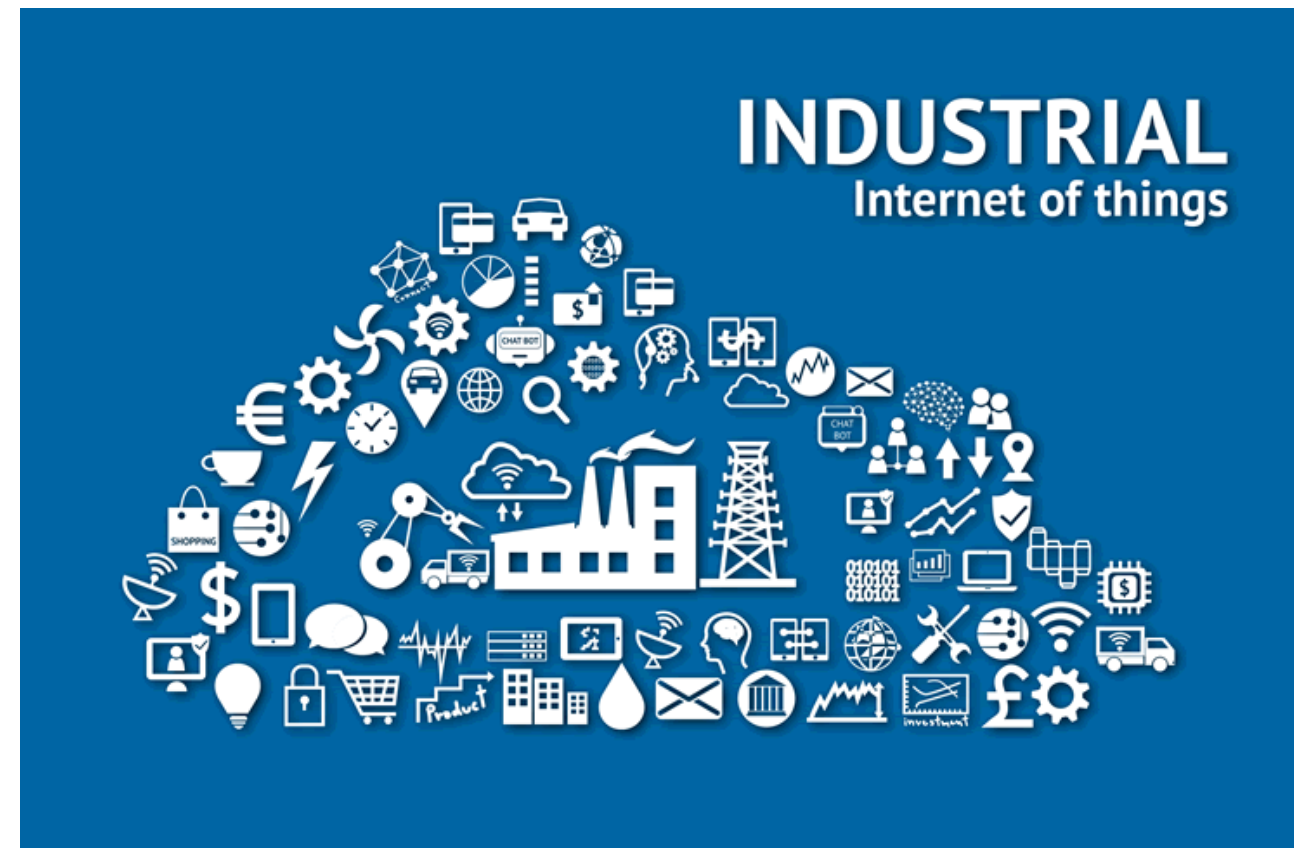
Exemple practice din industrie

- Studiu de caz: Automatizarea unei fabrici
- Implementarea unei rețele Modbus pentru monitorizarea echipamentelor.
- Beneficii: reducerea timpului de inactivitate.
- Provocări și soluții tehnice.
- Date colectate și analiza lor.
- Integrarea cu sisteme ERP.



Exemple practice din industrie

- Studiu de caz: Rețea wireless în logistica industrială
- Utilizarea roboților mobili pentru logistică și transport.
- Avantaje față de rețelele cablate.
- Integrarea cu dispozitive mobile.
- Analiza costurilor implementării.
- Rezultate și impact.



Exemple practice din industrie

- Controlul proceselor într-o fabrică de automobile
- Monitorizarea liniilor de producție în industria alimentară
- Utilizarea comunicațiilor pentru mentenanță predictivă
- Soluții integrate pentru lanțul de aprovizionare
- Exemple de rețele mixte: cablu + wireless

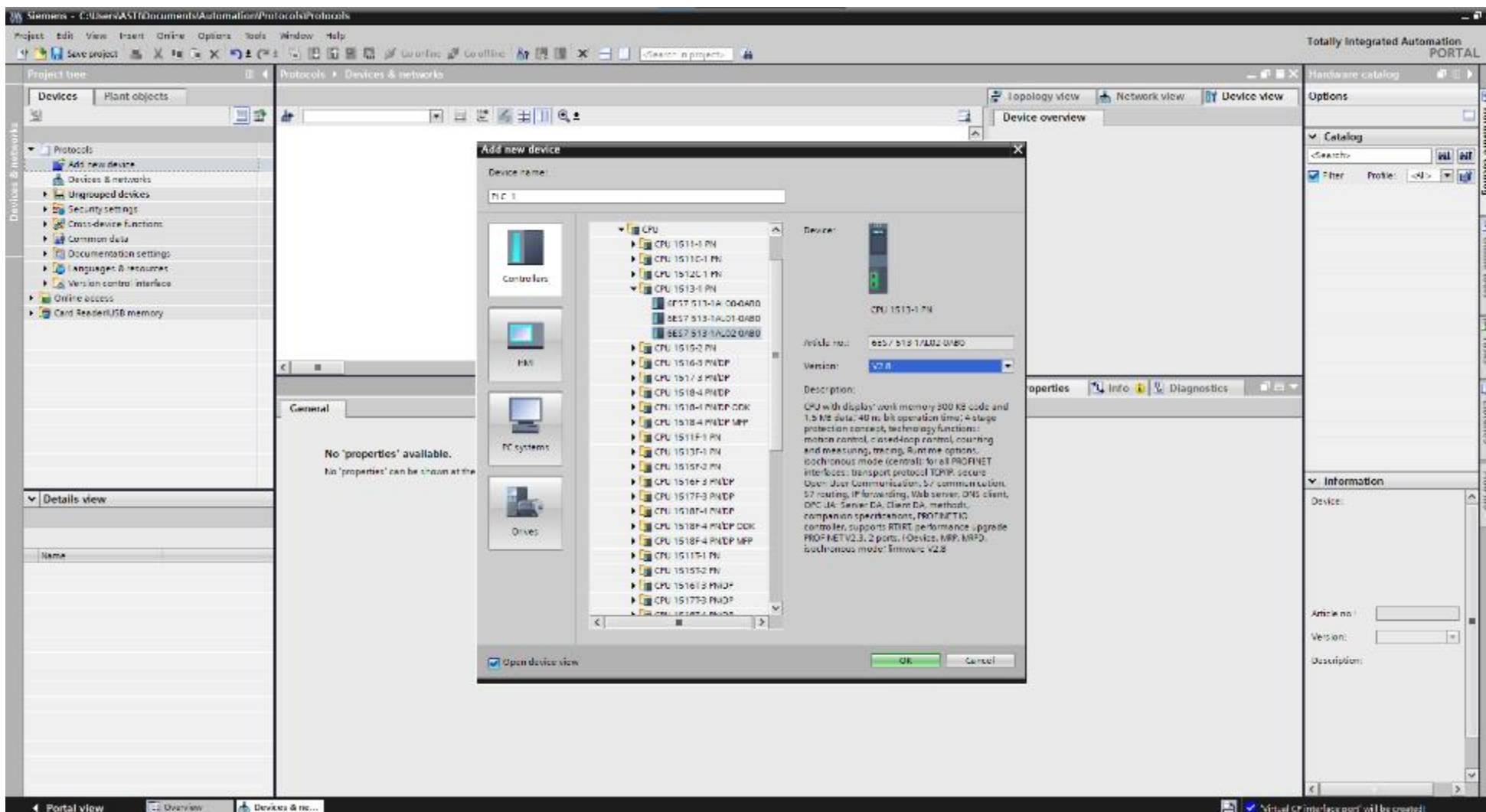


Exemplu practic

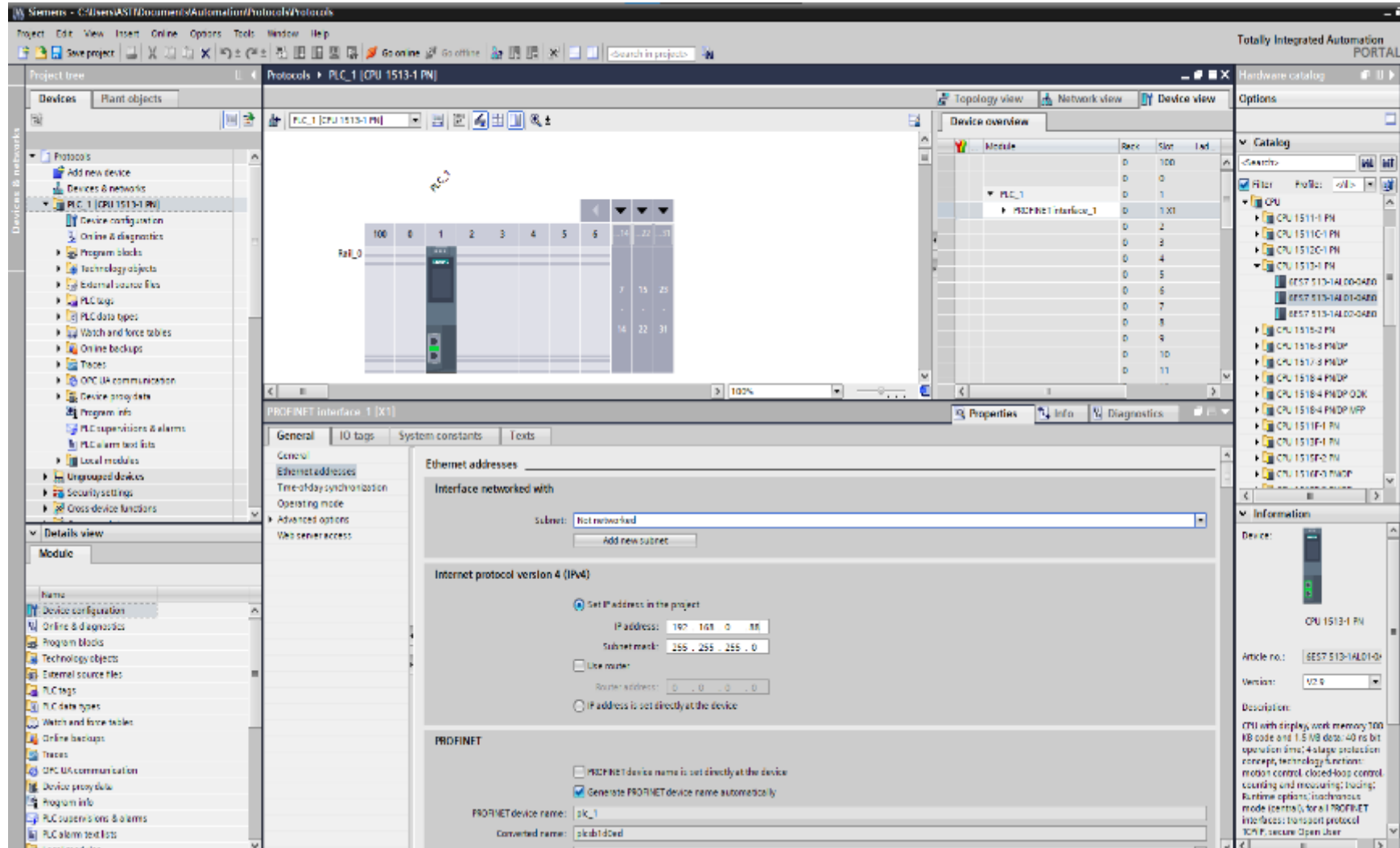
- Exemplificarea comunicațiilor industriale
- TIA Portal pentru configurarea PLC-ului
- PLC SIM pentru simularea unui PLC
- Node-RED pentru schimburile de date
- Configurarea serverelor și clienților pentru diferite protocoale industriale
 - OPC UA
 - Modbus
 - Profinet



Adăugare PLC în proiectul de TIA



Setarea adresei IP a PLC-ului

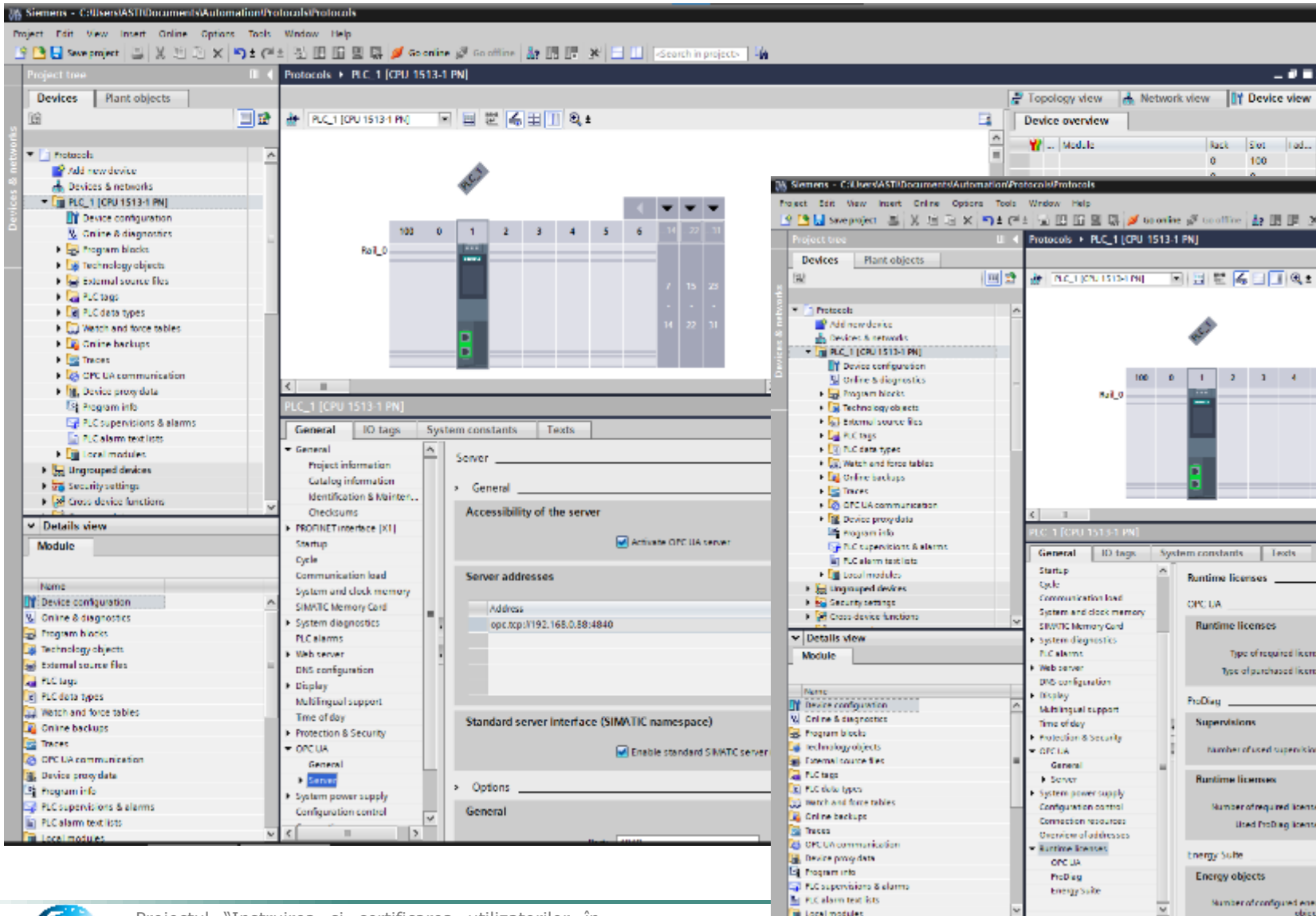


The screenshot displays the Siemens TIA Portal interface for configuring a PLC. The main window shows the 'PROFINET interface_1' configuration for 'PLC_1 [CPU 1513-1 PN]'. The 'Ethernet addresses' section is active, showing the 'Interface networked with' dropdown set to 'Not networked'. Below this, the 'Internet protocol version 4 (IPv4)' section is expanded, with 'Set IP address in the project' selected. The IP address is set to 192.168.0.88 and the subnet mask is 255.255.255.0. The 'PROFINET' section is also visible, with 'Generate PROFINET device name automatically' checked.

Module	Back	Size	LED
PLC_1	0	1	
PROFINET interface_1	0	1(X1)	
	0	2	
	0	3	
	0	4	
	0	5	
	0	6	
	0	7	
	0	8	
	0	9	
	0	10	
	0	11	



Activare server OPC UA



Project: C:\Users\ASTI\Documents\Automation\Protocols\Protocols

Project tree: Protocols > PLC_1 [CPU 1513-1 PN]

Devices > Plant objects > PLC_1 [CPU 1513-1 PN]

General > ID tags > System constants > Texts

General > Server

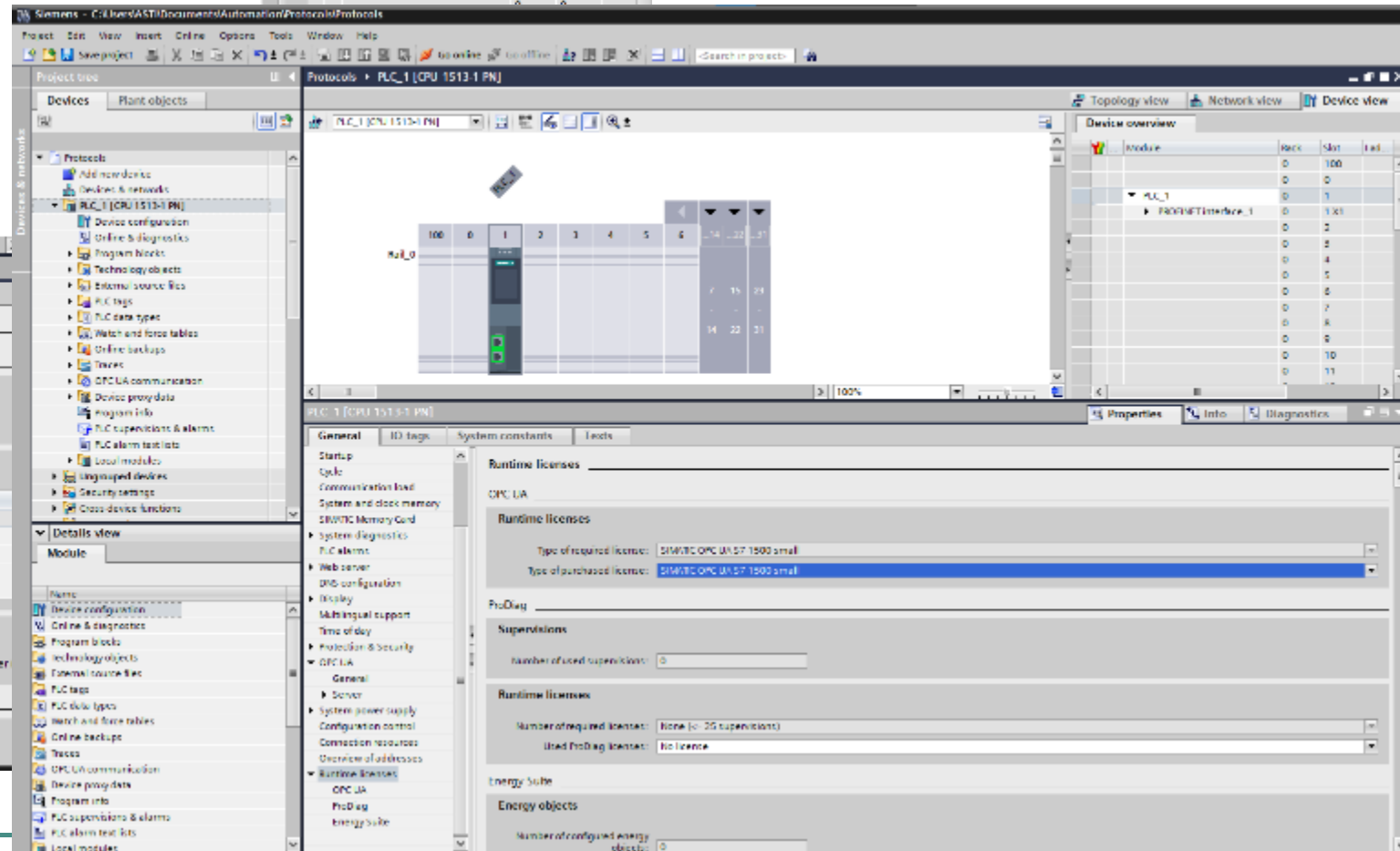
Accessibility of the server

Server addresses

Address
opc.tcp://192.168.0.88:4840

Standard server interface (SIMATIC namespace)

Options > General



Project: C:\Users\ASTI\Documents\Automation\Protocols\Protocols

Project tree: Protocols > PLC_1 [CPU 1513-1 PN]

Devices > Plant objects > PLC_1 [CPU 1513-1 PN]

General > ID tags > System constants > Texts

Startup

Runtime licenses

OPC UA

Runtime licenses

Type of required license: SIMATIC OPC UA S7 1500 small

Type of purchased license: SIMATIC OPC UA S7 1500 small

ProDiag

Supervisions

Number of used supervisions: 0

Runtime licenses

Number of required licenses: None (= 0 Supervisions)

Used ProDiag licenses: No license

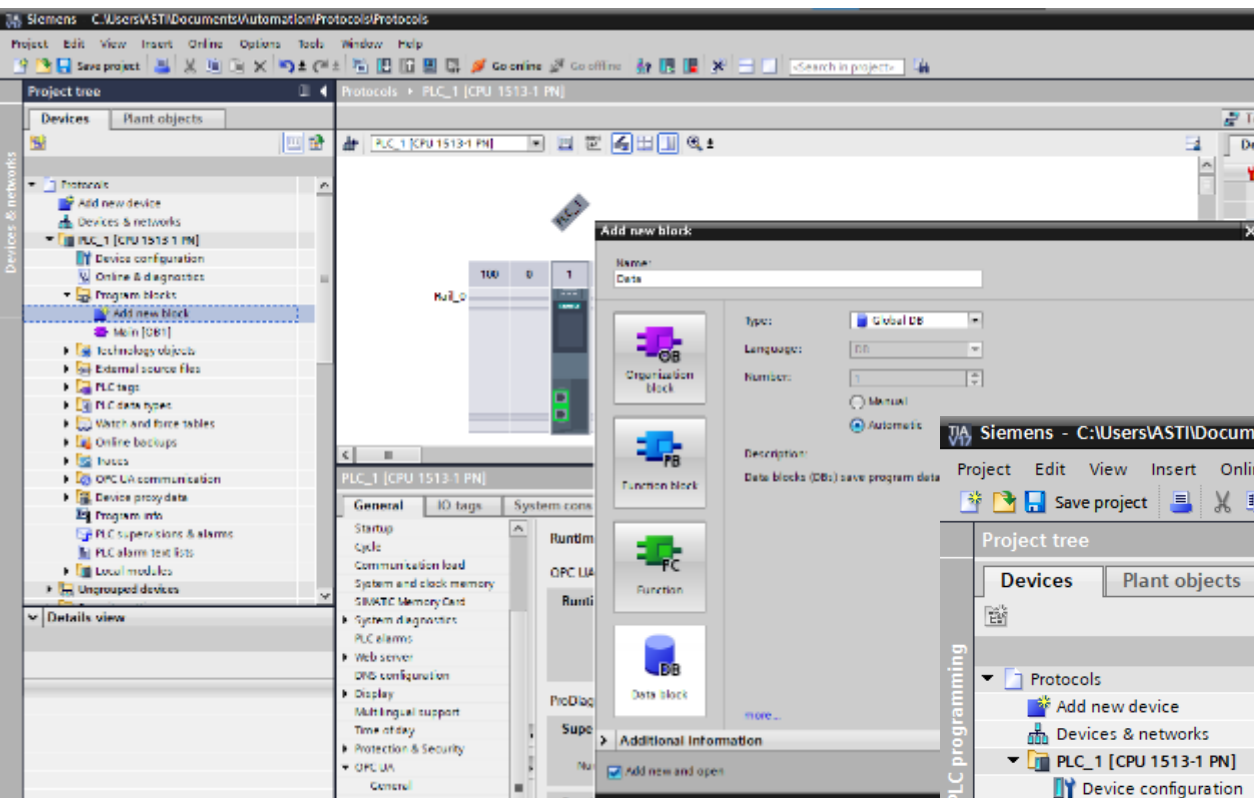
Energy Suite

Energy objects

Number of configured energy objects: 0



Crearea blocului de date



Siemens C:\Users\ASTI\Documents\Automation\Protocols\Protocols

Project Edit View Insert Online Options Tools Window Help

Save project Go online Go offline Search in project

Project tree Protocols PLC_1 [CPU 1513-1 PN]

Devices Plant objects

PLC_1 [CPU 1513-1 PN]

Add new block

Name: Data

Type: Global DB

Language: LAD

Number: 1

Description: Data blocks (DBs) save program data

Operation Block

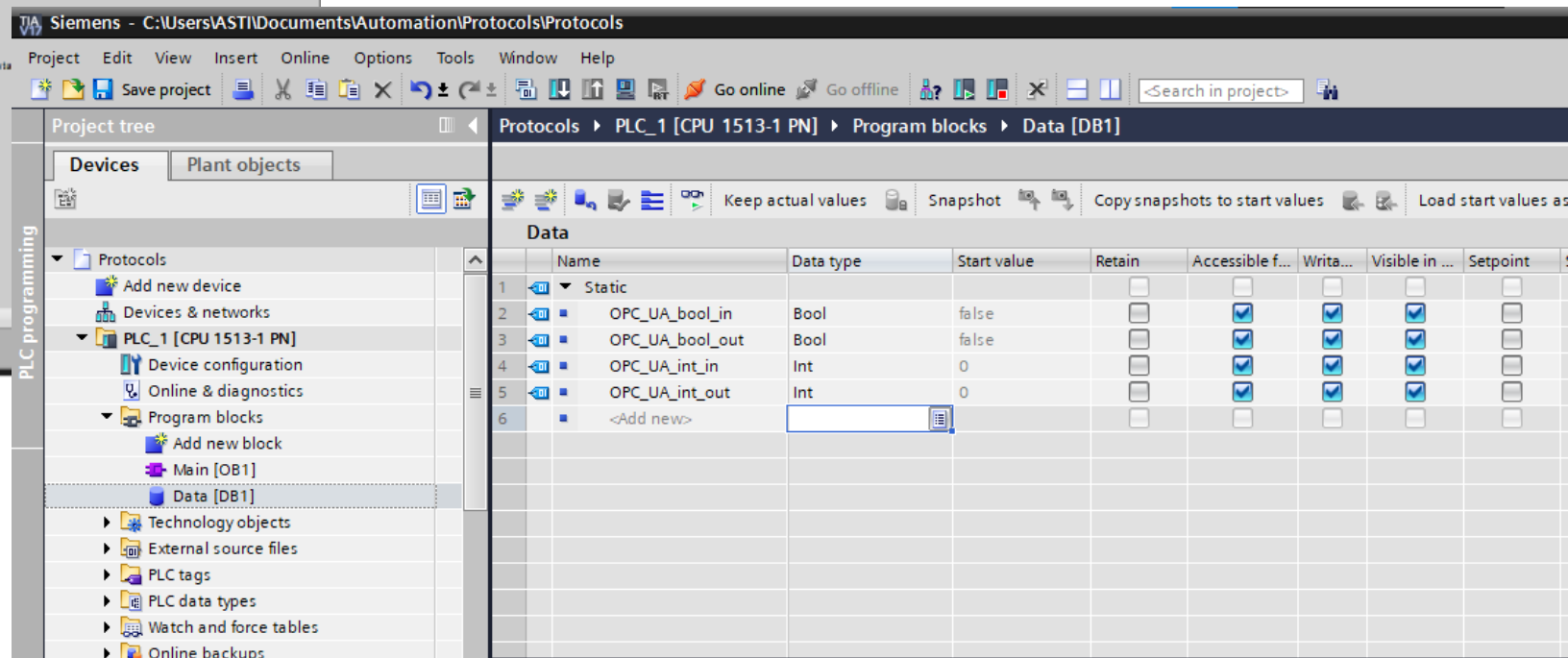
Function Block

Function

Data block

Additional Information

Add new and open



Siemens - C:\Users\ASTI\Documents\Automation\Protocols\Protocols

Project Edit View Insert Online Options Tools Window Help

Save project Go online Go offline Search in project

Project tree Protocols PLC_1 [CPU 1513-1 PN] Program blocks Data [DB1]

PLC programming

Devices Plant objects

Protocols

Add new device

Devices & networks

PLC_1 [CPU 1513-1 PN]

Device configuration

Online & diagnostics

Program blocks

Add new block

Main [OB1]

Data [DB1]

Technology objects

External source files

PLC tags

PLC data types

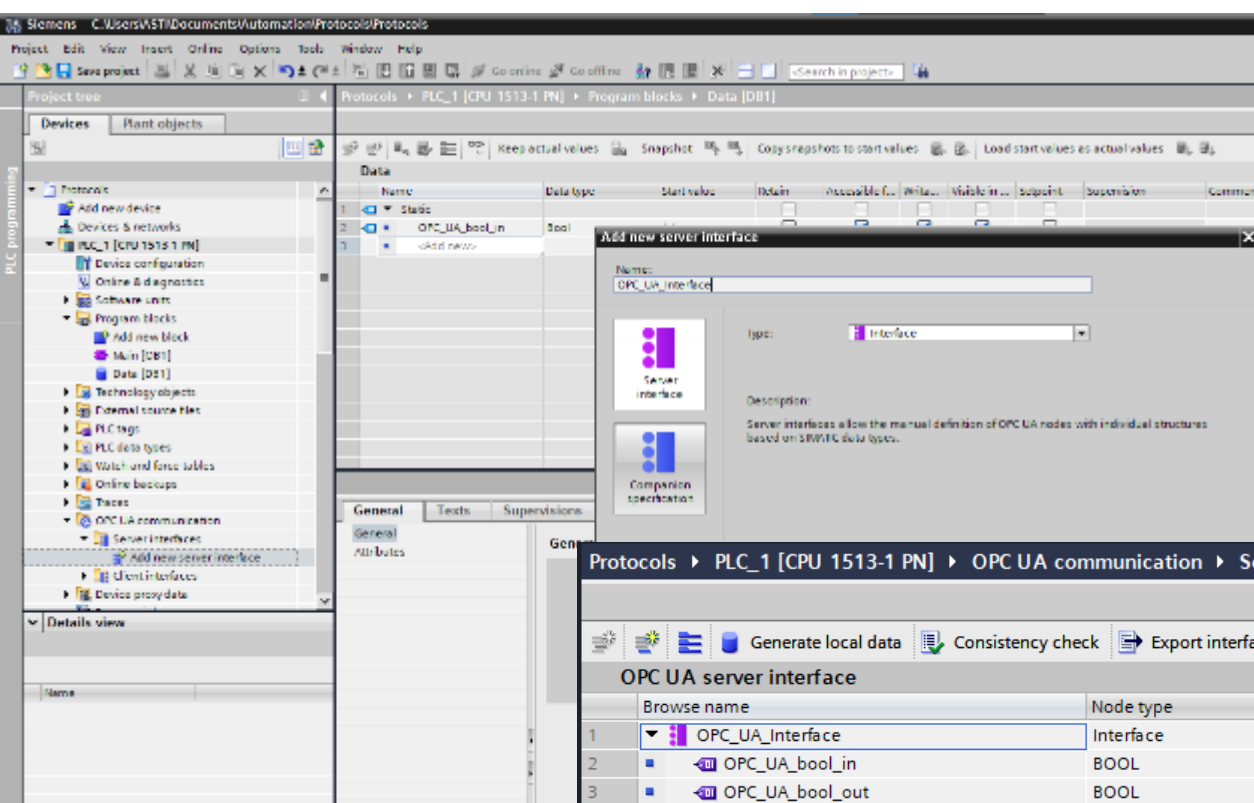
Watch and force tables

Online backups

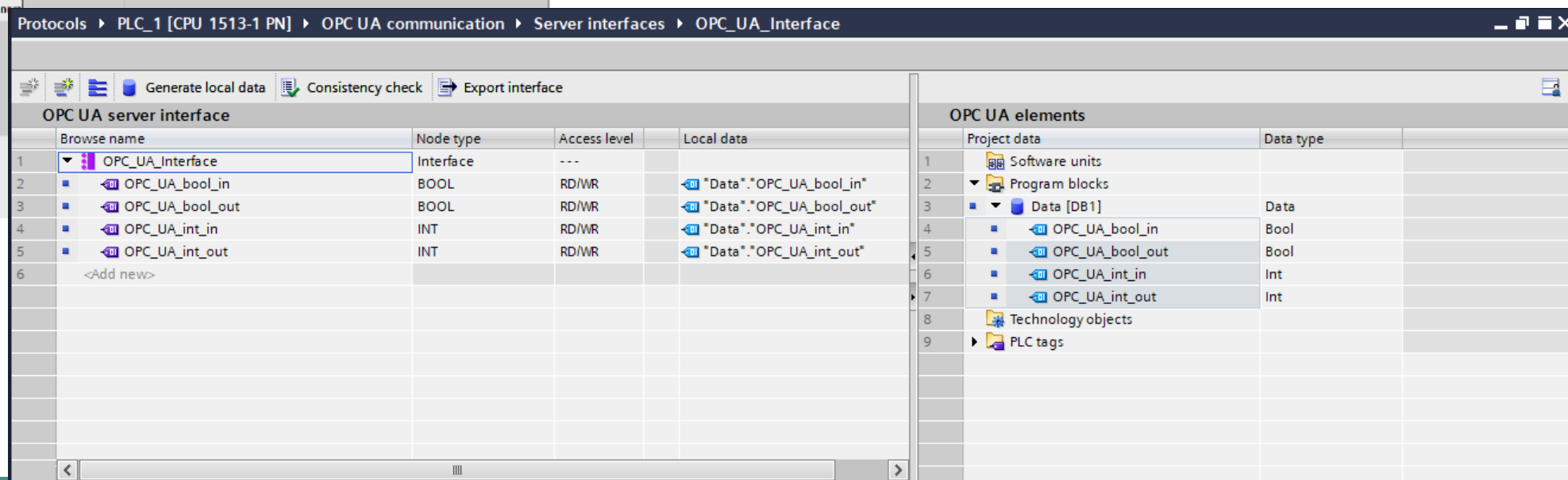
	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint
1	Static							
2	OPC_UA_bool_in	Bool	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	OPC_UA_bool_out	Bool	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	OPC_UA_int_in	Int	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	OPC_UA_int_out	Int	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	<Add new>							



Adăugarea interfeței OPC UA pe server



Siemens SIMATIC Manager interface showing the configuration of an OPC UA server interface. The 'Add new server interface' dialog is open, showing the name 'OPC_UA_interface' and the type 'Interface'. The background shows the project tree with 'Data [DB1]' selected.



OPC UA communication configuration window showing the 'OPC UA server interface' table and the 'OPC UA elements' tree view.

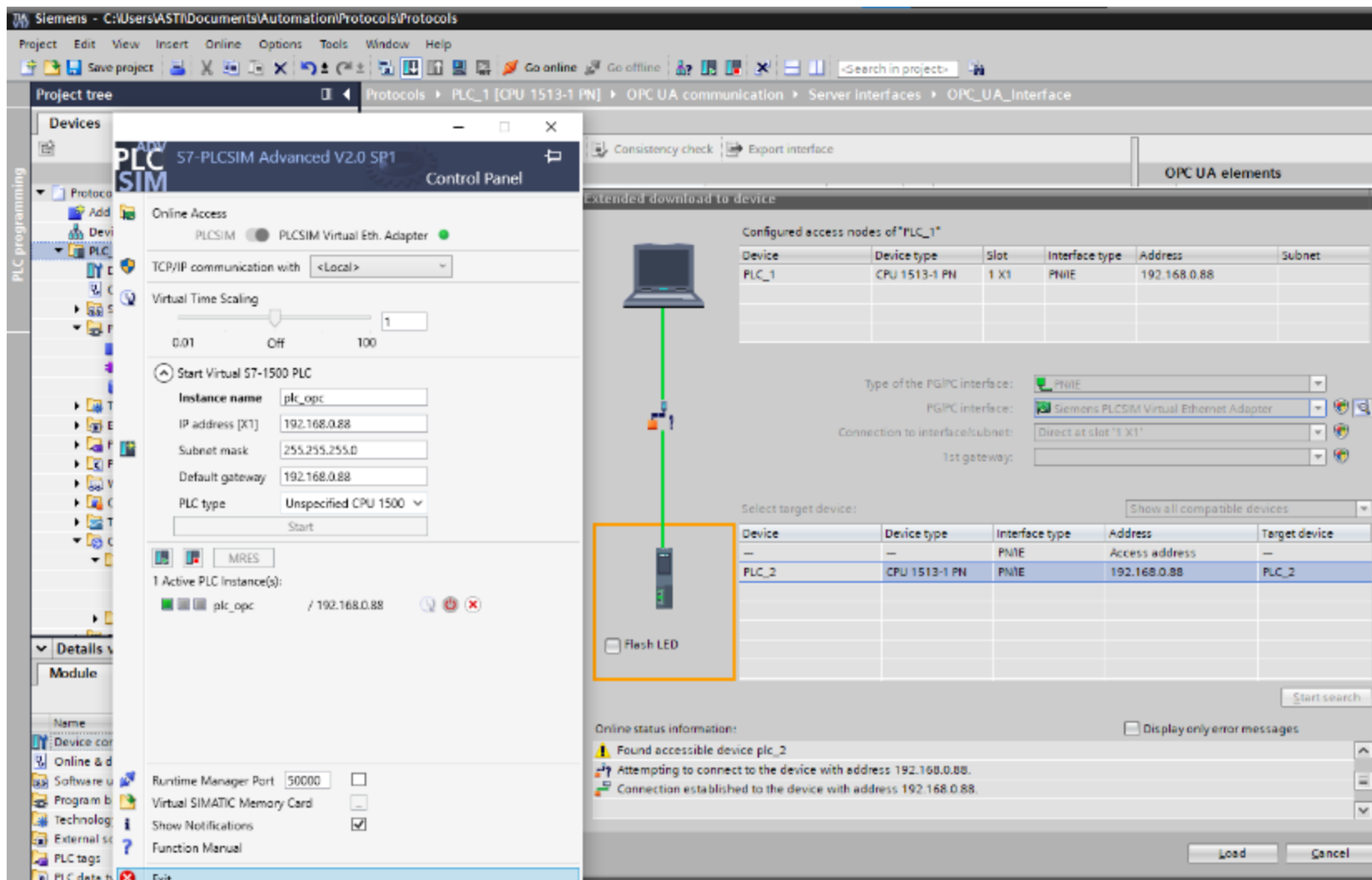
	Browse name	Node type	Access level	Local data
1	OPC_UA_Interface	Interface	---	
2	OPC_UA_bool_in	BOOL	RD/WR	"Data"."OPC_UA_bool_in"
3	OPC_UA_bool_out	BOOL	RD/WR	"Data"."OPC_UA_bool_out"
4	OPC_UA_int_in	INT	RD/WR	"Data"."OPC_UA_int_in"
5	OPC_UA_int_out	INT	RD/WR	"Data"."OPC_UA_int_out"
6	<Add new>			

OPC UA elements tree view:

- Project data
- Software units
- Program blocks
 - Data [DB1] (Data)
 - OPC_UA_bool_in (Bool)
 - OPC_UA_bool_out (Bool)
 - OPC_UA_int_in (Int)
 - OPC_UA_int_out (Int)
- Technology objects
- PLC tags



Download to PLCSIM



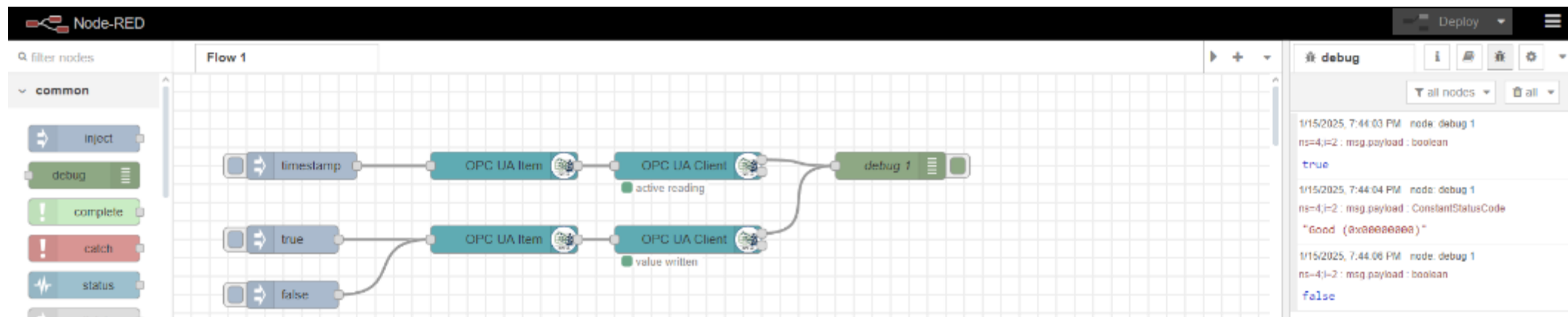
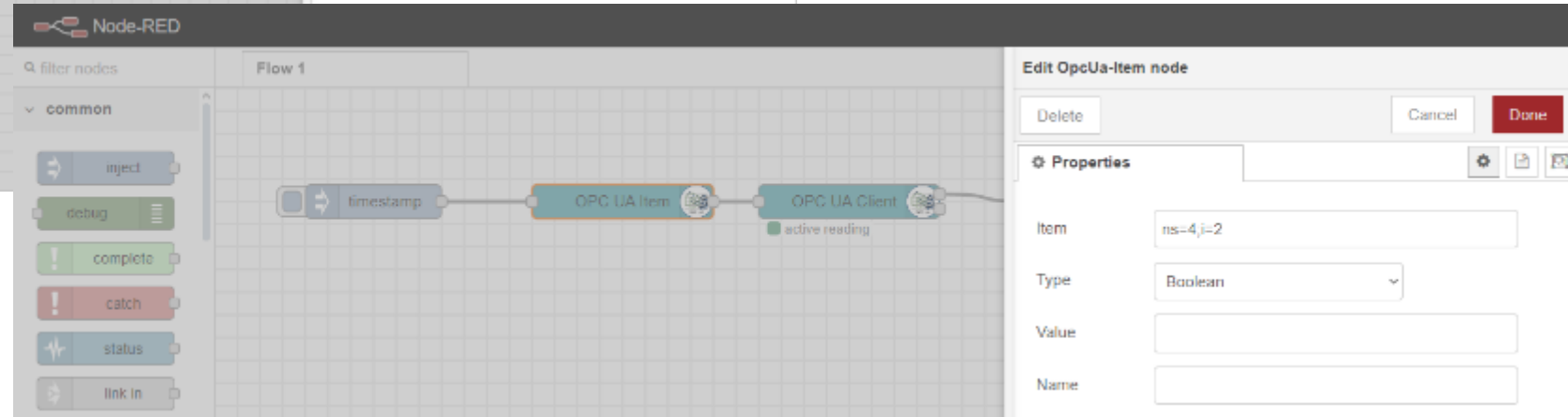
The screenshot shows the Siemens SIMATIC Manager interface. The main window displays the 'OPC UA communication' configuration for 'Server Interfaces'. A 'Control Panel' window for 'S7-PLCSIM Advanced V2.0 SP1' is open, showing the 'Start Virtual S7-1500 PLC' section. The 'Instance name' is 'plc_opc', and the 'IP address [X1]' is '192.168.0.88'. The 'Start' button is highlighted. A 'Flash LED' button is also visible. The 'Details' window shows the 'Module' list. The 'Extended download to device' dialog is open, showing the 'Configured access nodes of *PLC_1*' table and the 'Select target device' table. The 'Start search' button is highlighted.

Device	Device type	Slot	Interface type	Address	Subnet
PLC_1	CPU 1513-1 PN	1 X1	PNIE	192.168.0.88	

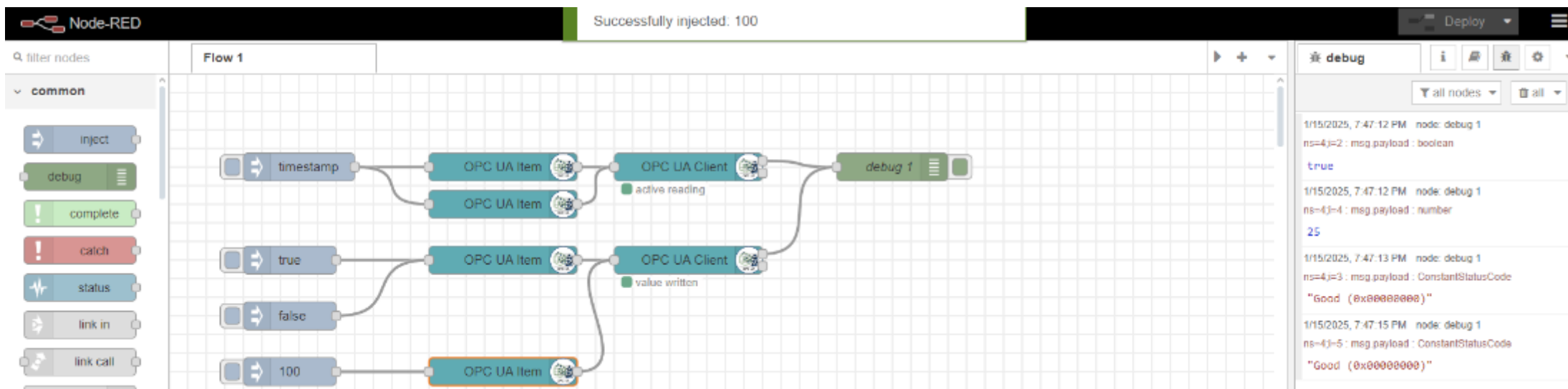
Device	Device type	Interface type	Address	Target device
—	—	PNIE	Access address	—
PLC_2	CPU 1513-1 PN	PNIE	192.168.0.88	PLC_2



Node-RED: conectare



Node-RED: OPC UA scriere/citire



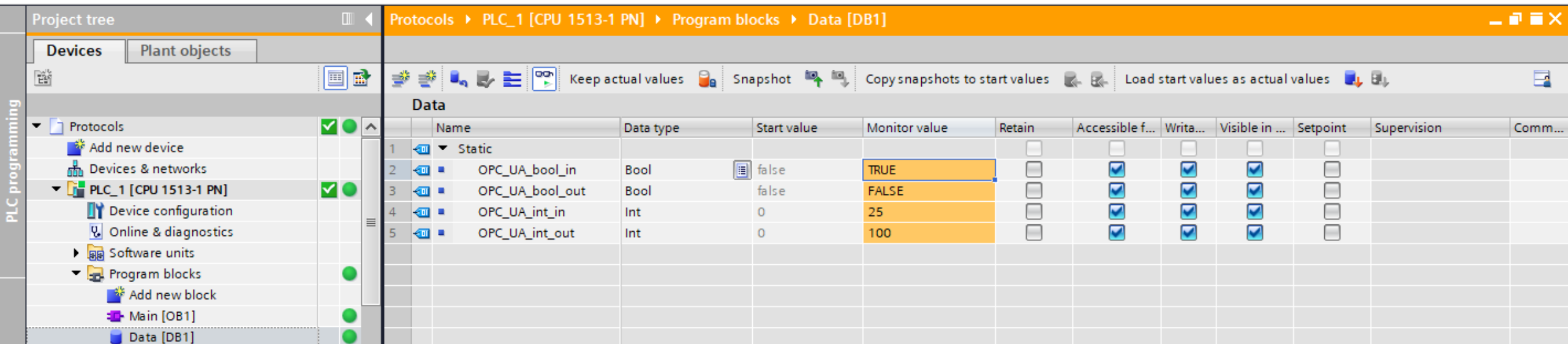
Node-RED interface showing a flow with the following nodes:

- inject
- debug
- complete
- catch
- status
- link in
- link call
- timestamp
- OPC UA Item (active reading)
- OPC UA Client
- debug 1
- true
- OPC UA Item (value written)
- OPC UA Client
- false
- OPC UA Item
- 100

Debug console output:

```

1/15/2025, 7:47:12 PM node: debug 1
ns=4j=2 : msg.payload: boolean
true
1/15/2025, 7:47:12 PM node: debug 1
ns=4j=4 : msg.payload: number
25
1/15/2025, 7:47:13 PM node: debug 1
ns=4j=3 : msg.payload: ConstantStatusCode
"Good (0x00000000)"
1/15/2025, 7:47:15 PM node: debug 1
ns=4j=5 : msg.payload: ConstantStatusCode
"Good (0x00000000)"
    
```



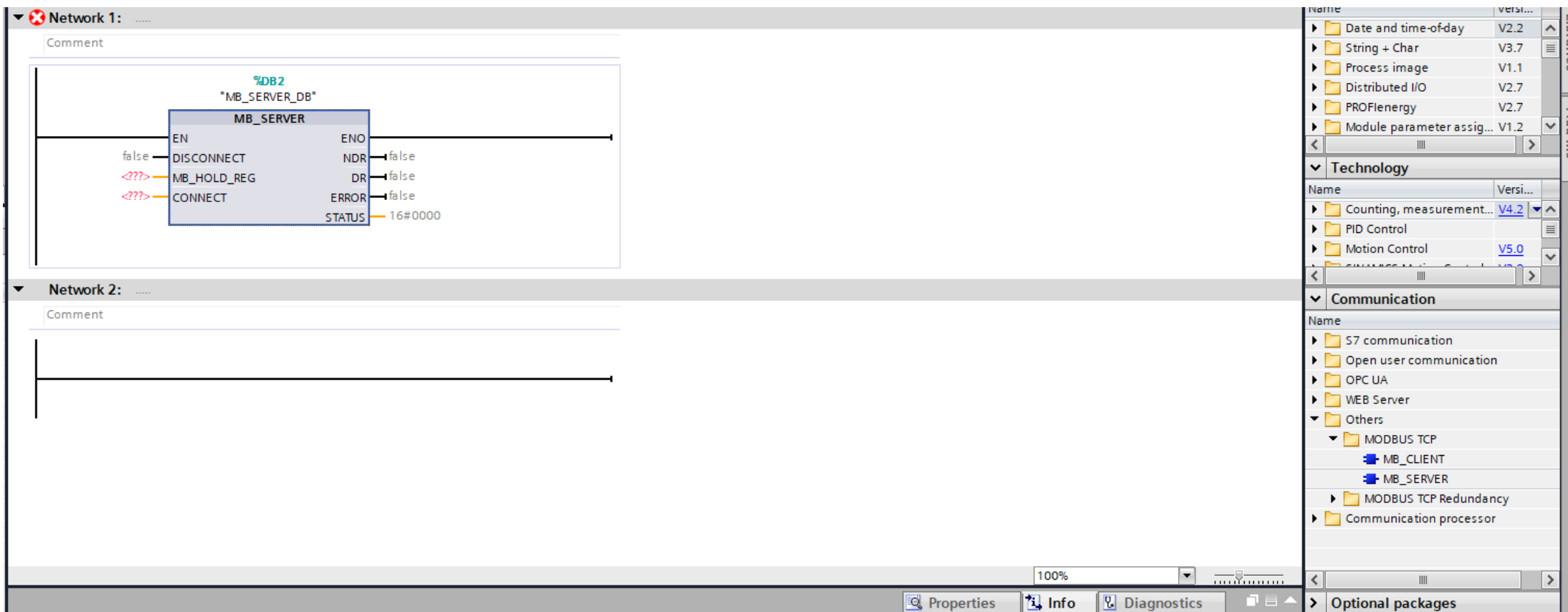
Project tree: Protocols > PLC_1 [CPU 1513-1 PN] > Program blocks > Data [DB1]

Keep actual values | Snapshot | Copy snapshots to start values | Load start values as actual values

Name	Data type	Start value	Monitor value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Supervision	Comm...
1	Static									
2	OPC_UA_bool_in	false	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3	OPC_UA_bool_out	false	FALSE		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4	OPC_UA_int_in	0	25		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
5	OPC_UA_int_out	0	100		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		



Adăugare bloc Modbus TCP server



The screenshot displays a software interface for configuring a Modbus TCP server block. The main workspace shows a ladder logic diagram for 'Network 1'. A central block labeled 'MB_SERVER' is connected to various inputs and outputs. The inputs are: 'EN' (set to 'false'), 'DISCONNECT' (set to 'false'), 'MB_HOLD_REG' (set to '<??>'), and 'CONNECT' (set to '<??>'). The outputs are: 'ENO' (set to 'false'), 'NDR' (set to 'false'), 'DR' (set to 'false'), 'ERROR' (set to 'false'), and 'STATUS' (set to '16#0000'). The block is identified as '%DB2' and '*MB_SERVER_DB*'. Below the diagram, 'Network 2' is shown as an empty ladder logic network. On the right side, a 'Libraries' panel is visible, showing a tree view of components. Under the 'Communication' category, the 'MODBUS TCP' folder is expanded, showing 'MB_CLIENT' and 'MB_SERVER' blocks. The 'MB_SERVER' block is highlighted. The bottom of the interface includes a status bar with '100%' zoom and buttons for 'Properties', 'Info', and 'Diagnostics'.



Adăugare bloc de date pentru Modbus

Add new block

Name: MB_data

Type: Global DB

Language: DB

Number: 3

Manual

Automatic

Description:
Data blocks (DBs) save program data.

more...

Add new and open

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

Protocols > PLC_1 [CPU 1513-1 PN] > Program blocks > MB_data [DB3]

Keep actual values Snapshot Copy snapshots to start values Load start values as actual values

MB_data

	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Supervision
1	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Data	Array[0..4] of Int		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Data[0]	Int	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Data[1]	Int	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Data[2]	Int	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Data[3]	Int	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Data[4]	Int	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<Add new>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Adăugare bloc date server

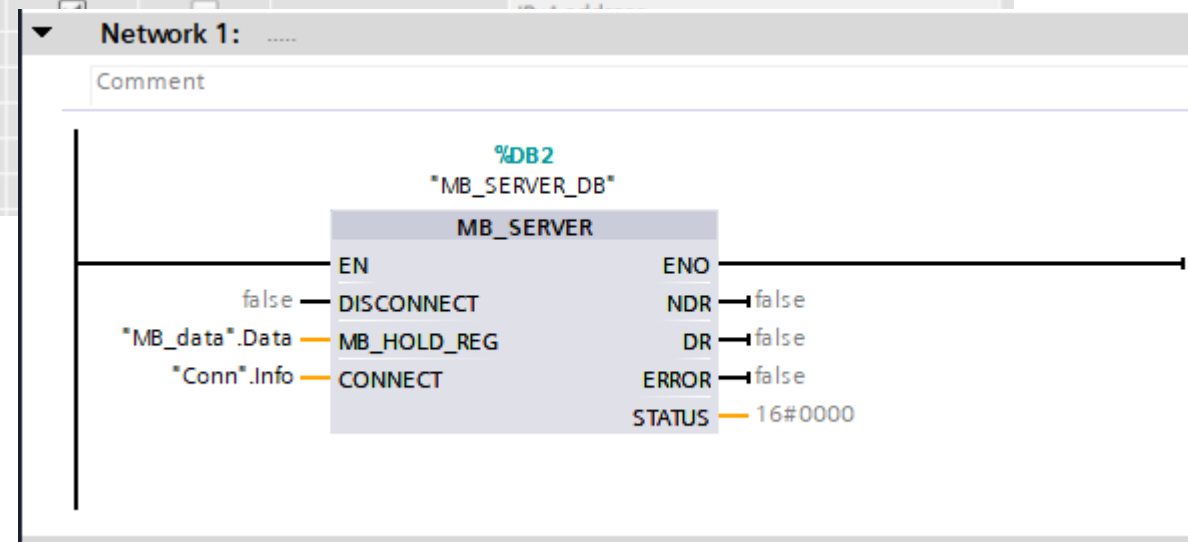
Protocols > PLC_1 [CPU 1513-1 PN] > Program blocks > Conn [DB4]

Keep actual values Snapshot Copy snapshots to start values Load start values as actual values

Conn

	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Supervision	Comment
1	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2	Info	TCON_IP_v4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	InterfaceId	HW_ANY	64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		HW-identifier of IE-interface submodule
4	ID	CONN_OUC	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		connection reference / identifier
5	ConnectionType	Byte	16#0B	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		type of connection: 11=TCP/IP, 19=UDP (17=TCP)
6	ActiveEstablished	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		active/passive connection establishment
7	RemoteAddress	IP_V4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		remote IP address (IPv4)
8	ADDR	Array[1..4] of Byte		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		IPv4 address
9	ADDR[1]	Byte	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		IPv4 address
10	ADDR[2]	Byte	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
11	ADDR[3]	Byte	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
12	ADDR[4]	Byte	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
13	RemotePort	UInt	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
14	LocalPort	UInt	502	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
15	<Add new>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Conectare bloc Modbus TCP ->



Node-RED: conexiune

Edit Modbus-Getter node > Edit modbus-client node

Delete Cancel Update

Properties

Settings Queues Optionals

Name Name

Type TCP

Host 192.168.0.88

Port 502

TCP Type DEFAULT

Unit-Id 5

Timeout (ms) 1000

Reconnect on timeout

Reconnect timeout (ms) 2000

Enabled 1 node uses this config On all flows

Edit Modbus-Getter node

Delete Cancel Done

Properties

Settings Optionals

Name Name

Unit-Id

FC FC 3: Read Holding Registers

Address 0

Quantity 4

Delay to activate input

Server modbus-tcp@192.168.0.88:502

Enabled



Node-RED: citire/scriere Modbus

Protocols ▶ PLC_1 [CPU 1513-1 PN] ▶ Program blocks ▶ MB_data [DB3]

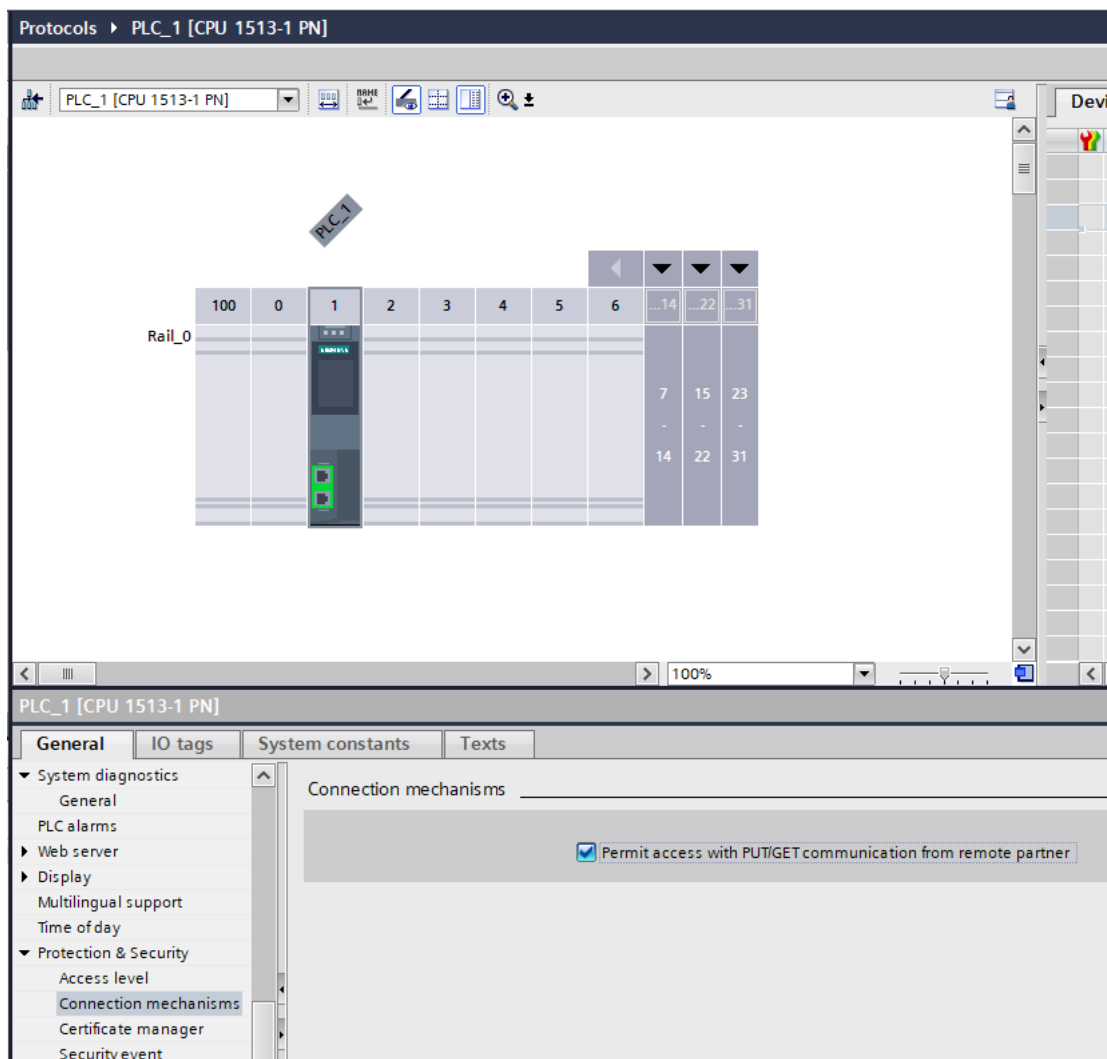
Keep actual values Snapshot Copy snapshots to start values Load start values as actual values

MB_data									
	Name	Data type	Start value	Monitor value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint
1	Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Data	Array[0..4] of Int			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Data[0]	Int	0	5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Data[1]	Int	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Data[2]	Int	0	10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Data[3]	Int	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Data[4]	Int	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



S7 communication

We need to enable PUT/GET communication
Then create an un-optimized block

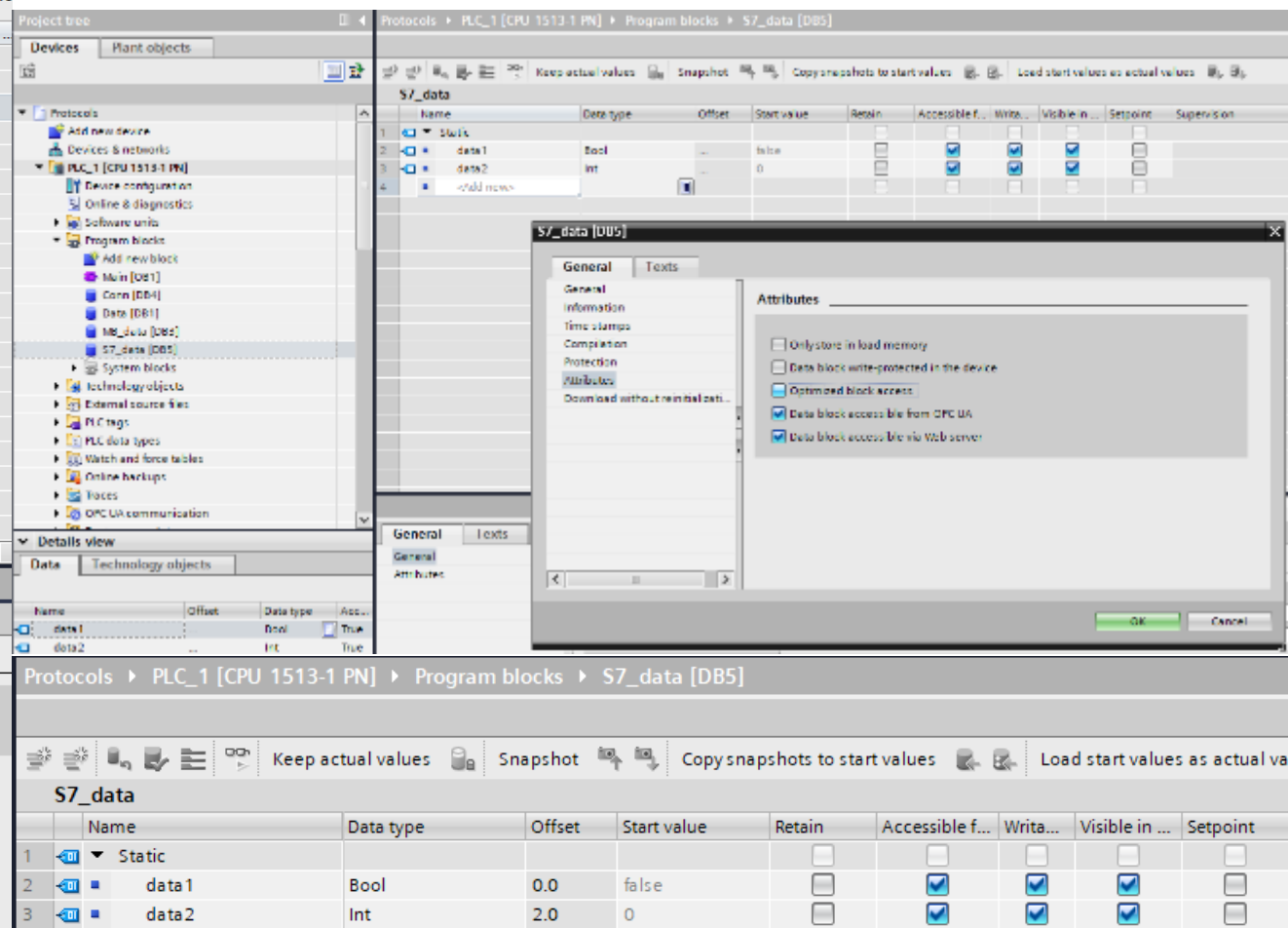


PLC_1 [CPU 1513-1 PN]

Rack diagram showing slots 1-6. Slot 1 contains the PLC_1 unit.

Connection mechanisms

Permit access with PUT/GET communication from remote partner



Project tree: Protocols > PLC_1 [CPU 1513-1 PN] > Program blocks > S7_data [DB5]

Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint
Static								
data1	Bool	0.0	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
data2	Int	2.0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Attributes

Only store in load memory

Data block write-protected in the device

Optimized block access

Data block accessible from OPC UA

Data block accessible via Web server

Details view

Name	Offset	Data type	Acc...
data1		Bool	<input checked="" type="checkbox"/>
data2		Int	<input checked="" type="checkbox"/>

S7_data

Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint
Static								
data1	Bool	0.0	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
data2	Int	2.0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	



Node-RED: configurare S7

Edit s7 in node > Add new s7 endpoint config node

Cancel Add

Properties

Connection Variables

Transport Ethernet (ISO-on-TCP)

Address 192.168.0.88 Port 102

Mode Rack/Slot

Rack 0 Slot 1

Cycle time 1000 ms

Timeout 2000 ms

Name Name

Enabled 0 nodes use this config On all flows

Edit s7 in node > Add new s7 endpoint config node

Cancel Add

Properties

Connection Variables

Variable list

DB5,X0 0	data1	x
DB5,I2	data2	x

+Add Remove all Import Export

Enabled 0 nodes use this config On all flows

Edit s7 in node

Delete Cancel Done

Properties

PLC 192.168.0.88:102@0:1

Mode All variables

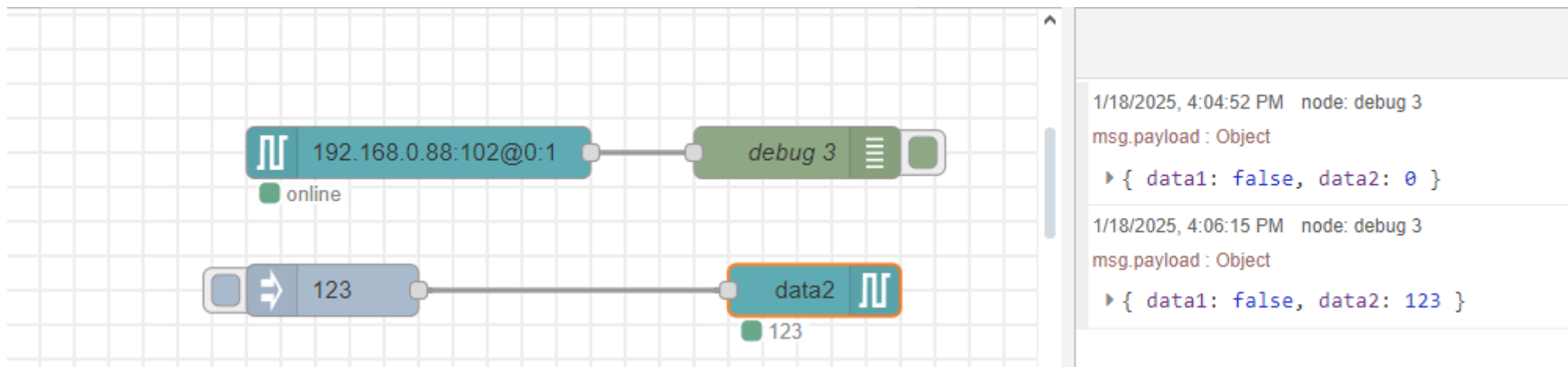
Emit only when value changes (diff)

Name Name

Enabled



Node-RED: scriere/citire S7



```
1/18/2025, 4:04:52 PM node: debug 3
msg.payload : Object
  { data1: false, data2: 0 }

1/18/2025, 4:06:15 PM node: debug 3
msg.payload : Object
  { data1: false, data2: 123 }
```

Protocols ▶ PLC_1 [CPU 1513-1 PN] ▶ Program blocks ▶ S7_data [DB5]

Keep actual values Snapshot Copy snapshots to start values Load start values as actual values

S7_data

	Name	Data type	Offset	Start value	Monitor value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Sup
1	Static					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	data 1	Bool	0.0	false	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	data 2	Int	2.0	0	123	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



Industrial Internet of Things (IIoT)

- Ce este IIoT? Diferențe față de IoT
- Arhitectura IIoT (Edge devices, Fog, Cloud)
- Rolul senzorilor și acționărilor în IIoT
- Impactul IIoT asupra proceselor industriale
- Beneficii și provocări în implementarea IIoT



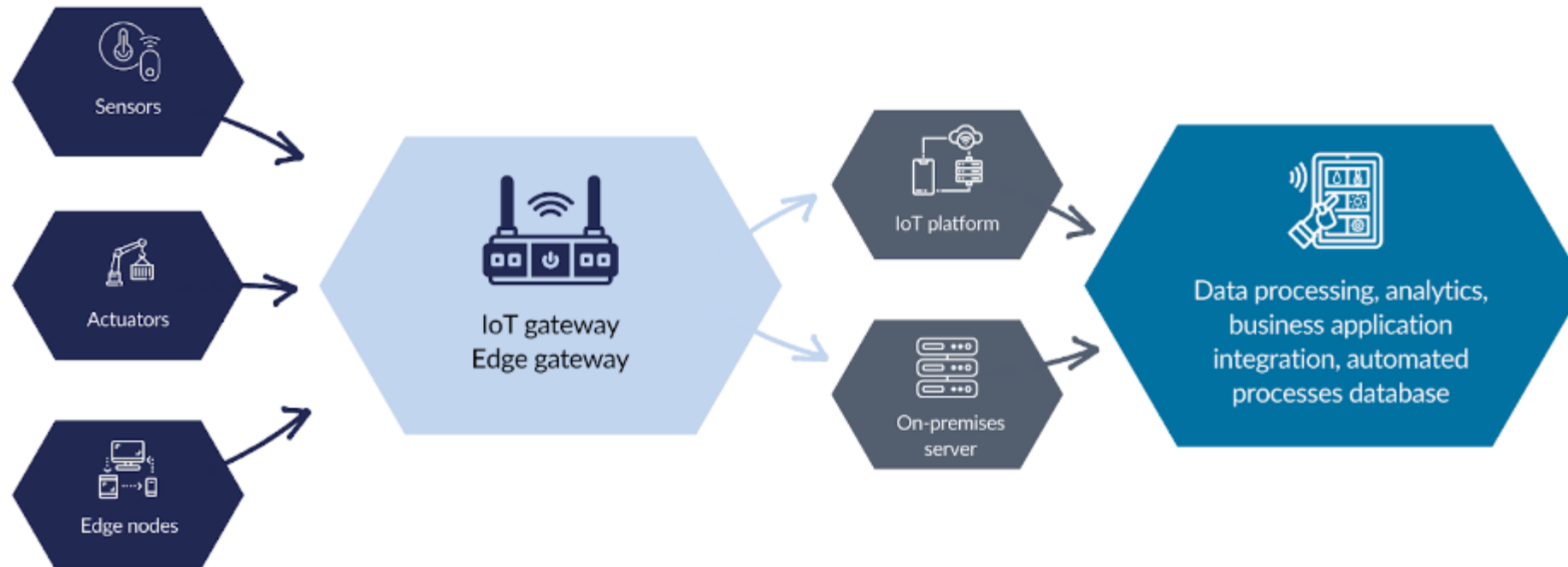
Ce este IIoT?

- Diferențele principale între IoT și IIoT: concentrat pe consumator vs. industrie; scalabilitate și robustețe.
- Integrarea IIoT în mediile industriale pentru a îmbunătăți eficiența proceselor.
- Exemple de aplicații practice: fabrici inteligente, întreținere predictivă, optimizare logistică.
- Beneficii principale: reducerea costurilor operaționale, creșterea productivității, reducerea timpilor morți.
- Standardele și protocoalele specifice utilizate în IIoT (OPC UA, MQTT).



Ce este IIoT?

IIoT Infrastructure



- Modelul pe straturi (device layer, edge layer, platform layer, application layer).
- Topologiile comune utilizate în arhitecturile IIoT (centralizată vs. distribuită).
- Conexiunea între nivelurile OT (Operational Technology) și IT (Information Technology).
- Rolul digital twins (gemeni digitali) în simularea și optimizarea proceselor industriale.
- Importanța interoperabilității între dispozitive și sisteme, folosind standarde deschise.



Rolul senzorilor și acționărilor în IIoT



- Sensori și actuatori industriali: colectarea datelor și interacțiunea cu mediul fizic.
- Rolele și importanța gateway-urilor în agregarea și transmiterea datelor către cloud.
- Platformele cloud specifice IIoT: servicii de stocare, procesare și analiză a datelor.
- Dispozitive edge și computing-ul de margine pentru timpi de răspuns mai mici și securitate sporită.
- Actorii principali din industrie: Siemens, GE, Bosch, și alți lideri ai IIoT.



- Importanța colectării datelor în timp real pentru optimizarea proceselor.
- Tehnologii de stocare și procesare a datelor: big data și data lakes.
- Analiza predictivă bazată pe machine learning pentru prevenirea defecțiunilor.
- Integrarea datelor de la multiple surse pentru o vedere holistică a proceselor.
- GDPR și alte reglementări legate de protecția datelor în context industrial.



Beneficii și provocări în implementarea IIoT



- Monitorizarea condiției echipamentelor pentru întreținere predictivă.
- Automatizarea și optimizarea proceselor de producție în fabricile inteligente.
- Logistică și managementul lanțului de aprovizionare optimizat prin IIoT.
- Sistemele de control al calității bazate pe date colectate în timp real.
- Detectarea și răspunsul rapid la defecte sau anomalii folosind analize avansate.



Protocoale utilizate în IIoT

- Protocoale industriale utilizate pe scară largă: OPC UA, Modbus, și PROFINET.
- Protocolul MQTT pentru comunicații rapide și eficiente în medii industriale.
- Rolul 5G în facilitarea aplicațiilor IIoT cu latență scăzută și lățime mare de bandă.
- Conceptul de interoperabilitate și integrarea diferitelor protocoale într-o rețea unificată.
- Rolul securității în protocoalele de comunicare pentru protecția datelor critice.



Industrial Ethernet și variantele sale

- Ce este Industrial Ethernet: caracteristici principale
- PROFINET: integrarea automatizării și a comunicațiilor IT
- EtherCAT: viteza mare pentru aplicații în timp real
- Alte variante: Modbus TCP, Ethernet/IP
- Exemple de rețele Industrial Ethernet în industrie



Importanța securității în IIoT

- Creșterea atacurilor cibernetice asupra infrastructurilor industriale.
- Protecția datelor transmise în rețele industriale.
- Asigurarea continuității operaționale.
- Impactul unui incident de securitate asupra producției.
- Cerințe legislative și reglementări.



Cazuri de utilizare și aplicații ale IIoT

- Securizarea datelor prin tehnologia blockchain.
- Trasabilitatea tranzacțiilor industriale.
- Exemple de aplicații: logistică și lanțuri de aprovizionare.
- Limitări și provocări actuale.
- Perspective de viitor.
- builtin.com



Cazuri de utilizare și aplicații ale IIoT

- Definiția Smart Manufacturing: producție automatizată și conectată
- Elemente esențiale ale Industriei 4.0: digitalizare, conectivitate
- Rolul IIoT în optimizarea proceselor de fabricație
- Exemple de fabrici inteligente: automatizare completă și analiza datelor
- Beneficii: reducerea timpului de producție și creșterea calității

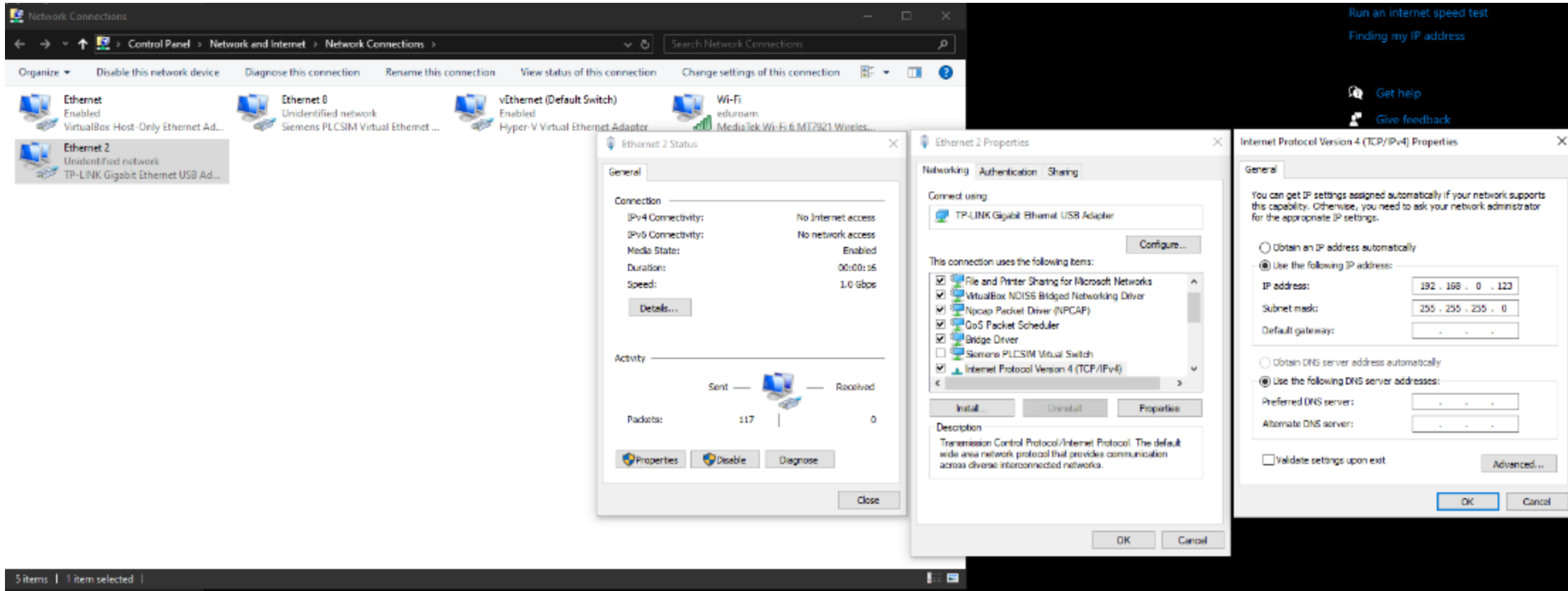


Cazuri de utilizare și aplicații ale IIoT

- Vedere artificială industrială
- Sistem de camere 3D
- Module embedded de procesare Nvidia Jetson
- Site oficial: ifm3d
- Unitate de procesare video: ovp800
- Cameră 3D (wide): o3r225
- Cameră 3D: o3r222



Conectare to OVP

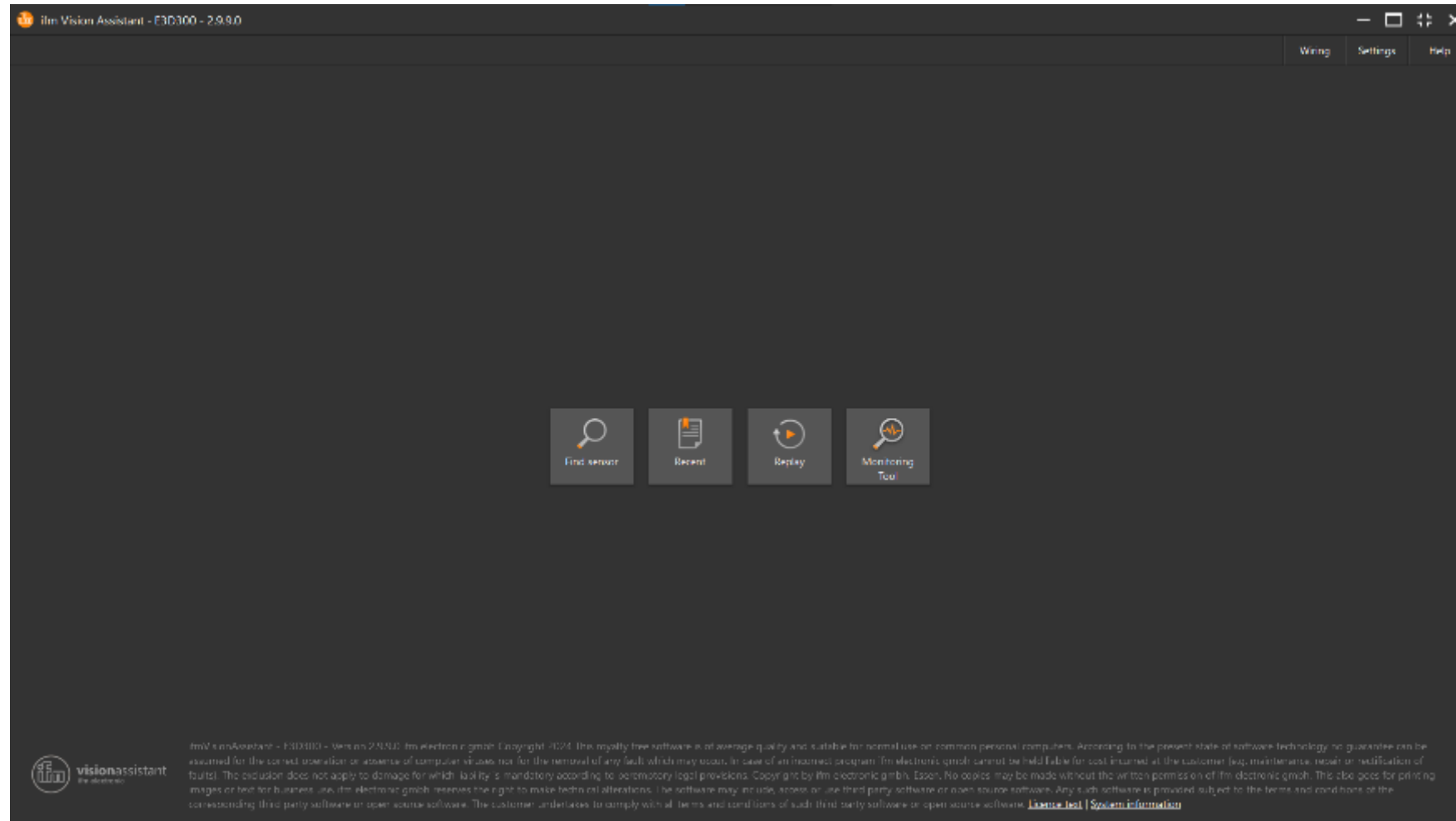


The screenshot displays the Windows Network Connections control panel. The 'Ethernet 2' connection is selected. The 'Ethernet 2 Status' window shows the connection is enabled and has a speed of 1.0 Gbps. The 'Ethernet 2 Properties' window shows the connection is using the 'TP-LINK Gigabit Ethernet USB Adapter'. The 'Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4) Properties' window shows the 'Use the following IP address' option selected, with the IP address set to 192.168.0.123 and the subnet mask set to 255.255.255.0.

Setăm adresa IP statică pe calculatorul local – portul ETH0 al OVP-ului are setată adresa statică 192.168.0.69



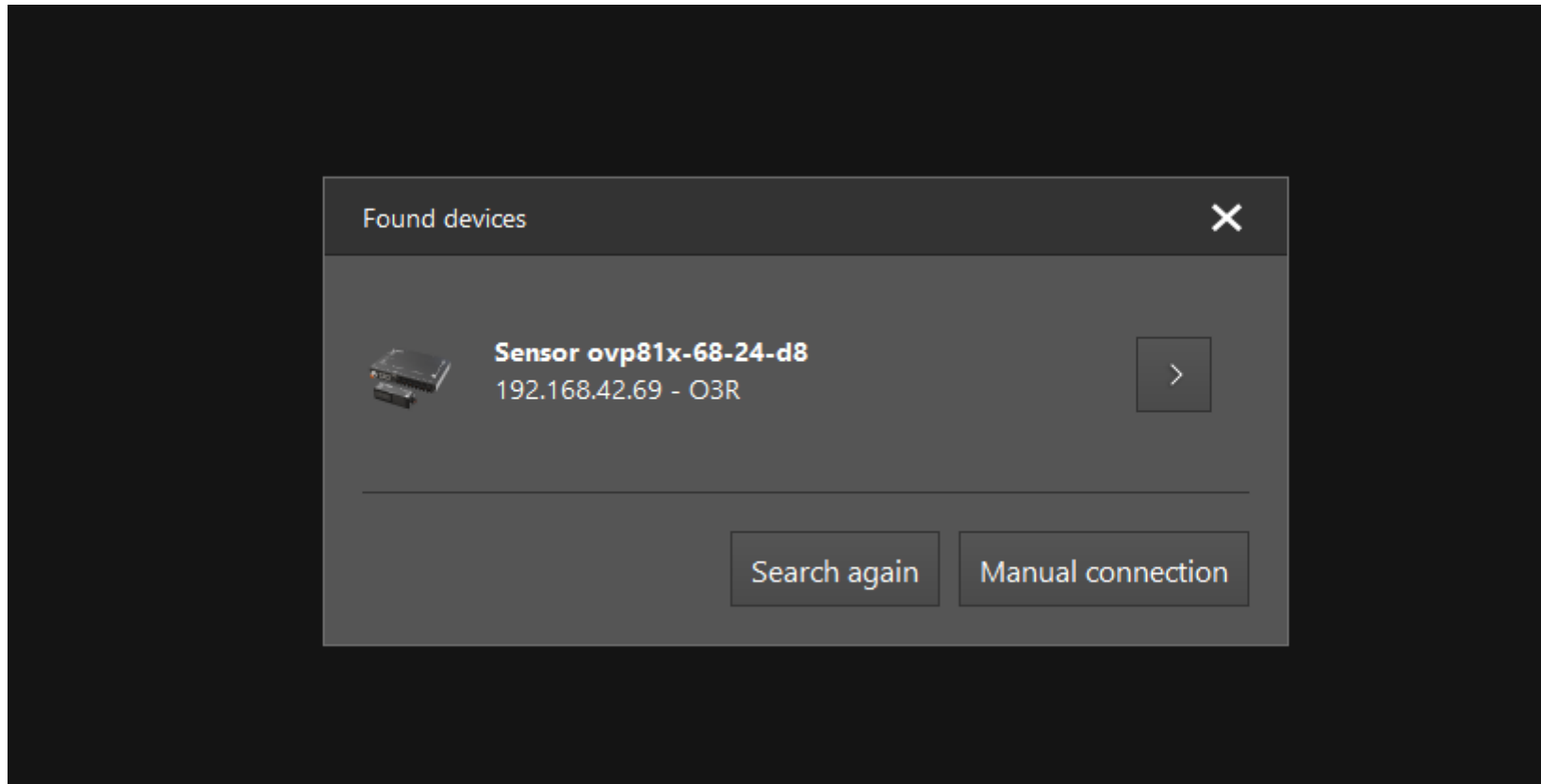
Ecran principal Visual Assistant



Folosind cea mai recentă variantă a programului [Visual Assistant](#), ne conectăm la OVP

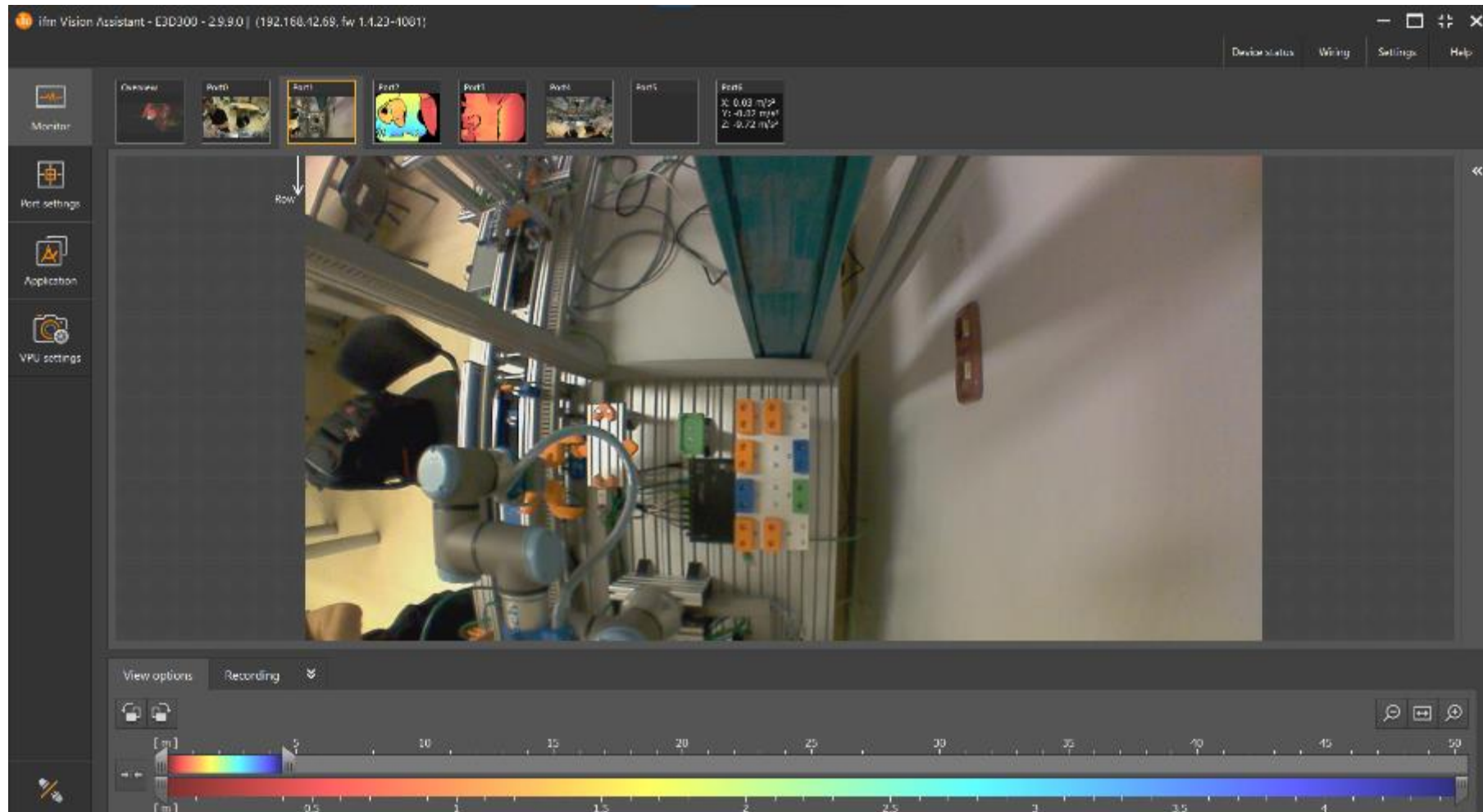


Identificarea echipamentului



Odată conectat în aceeași rețea, calculatorul local poate identifica modulul OVP

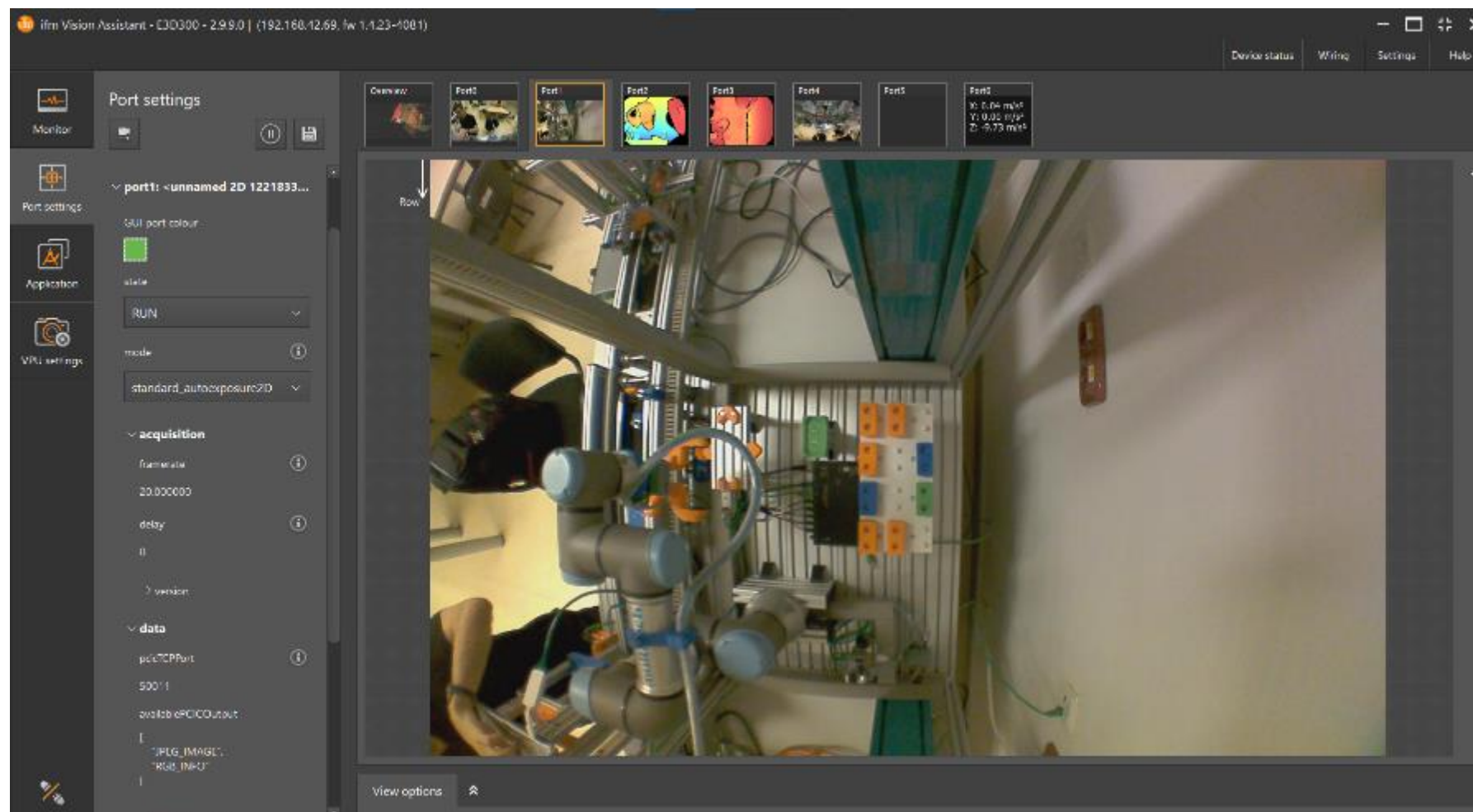
Monitorizare camere 2D/3D



Imaginile de la camere pe baza portului

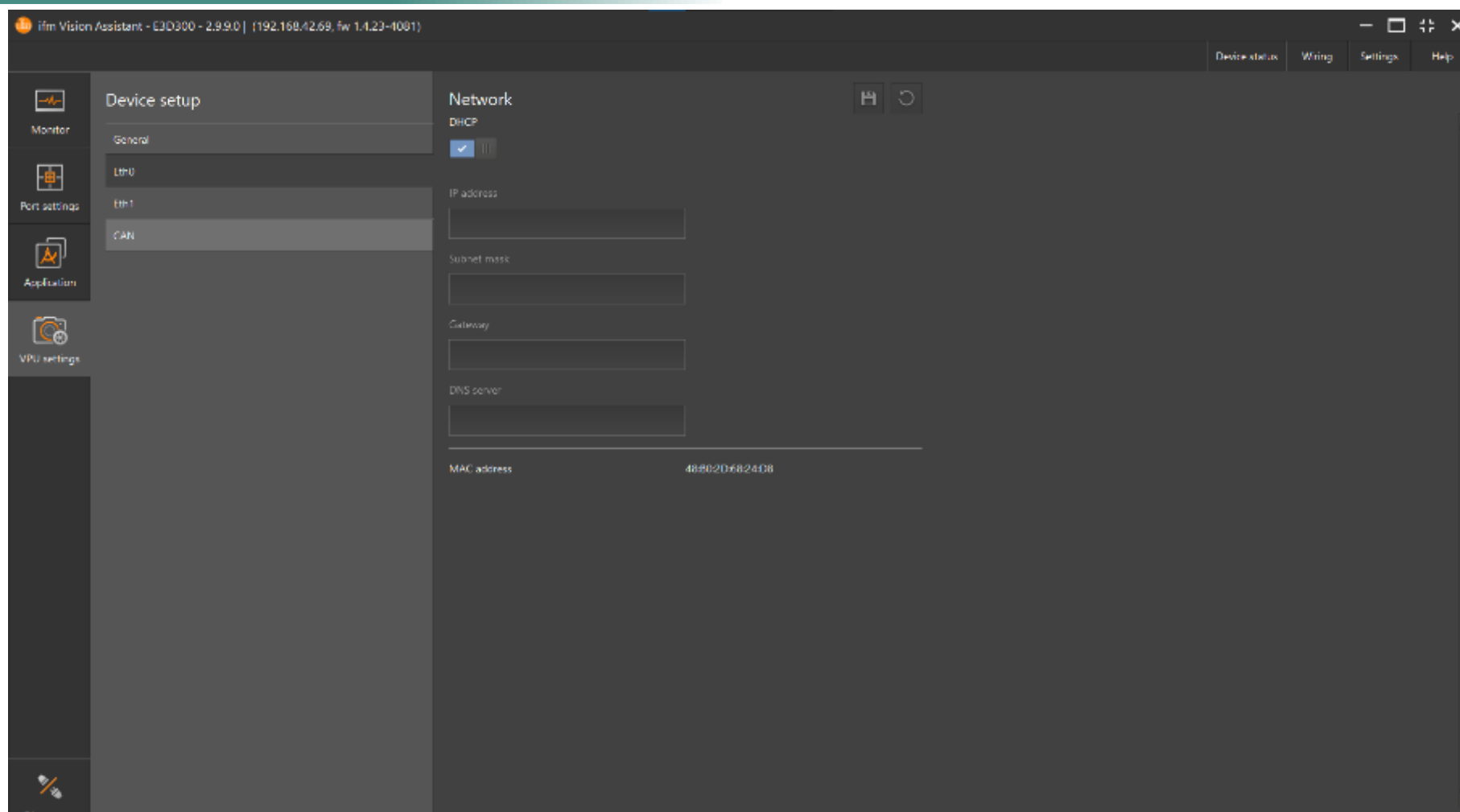


Setări disponibile ale porturilor



Meniu vizualizare setări porturi

Setări conexiune rețea

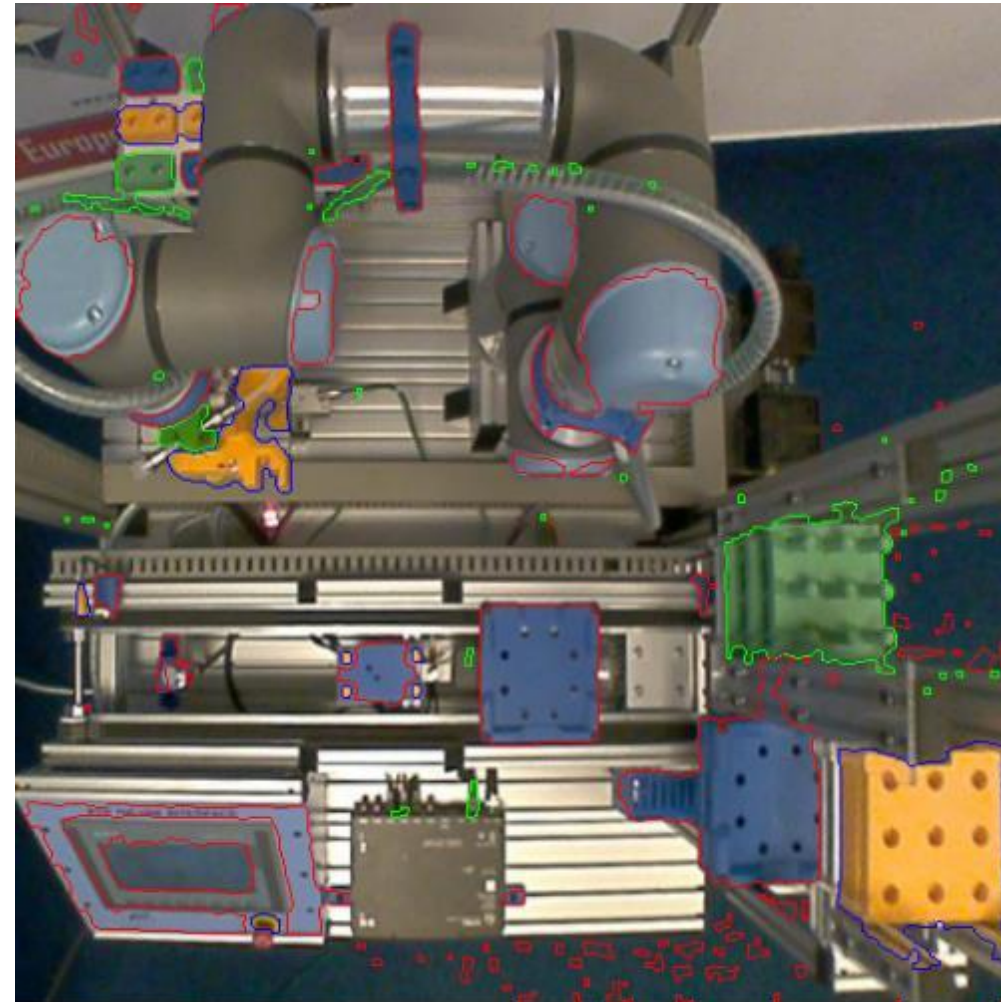


Modificarea setărilor globale se realizează din meniul VPU settings



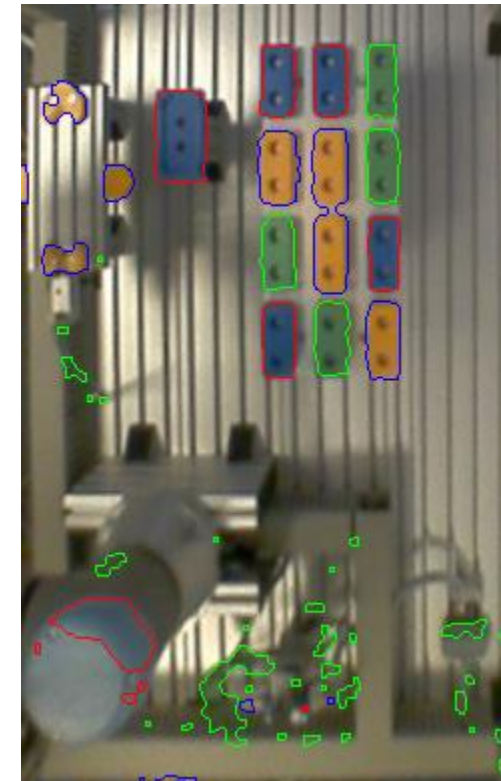
Exemplu de aplicație - segmentare

- Aplicație dezvoltată pe OVP800 folosind tehnologii populare: Docker, Python, OpenCV, ROS2
- Detecția pieselor procesului: paleți (albastru), schelet (verde), capac (portocaliu), componente (albastru, verde, portocaliu)
- Identificarea pieselor pe baza configurației din HMI

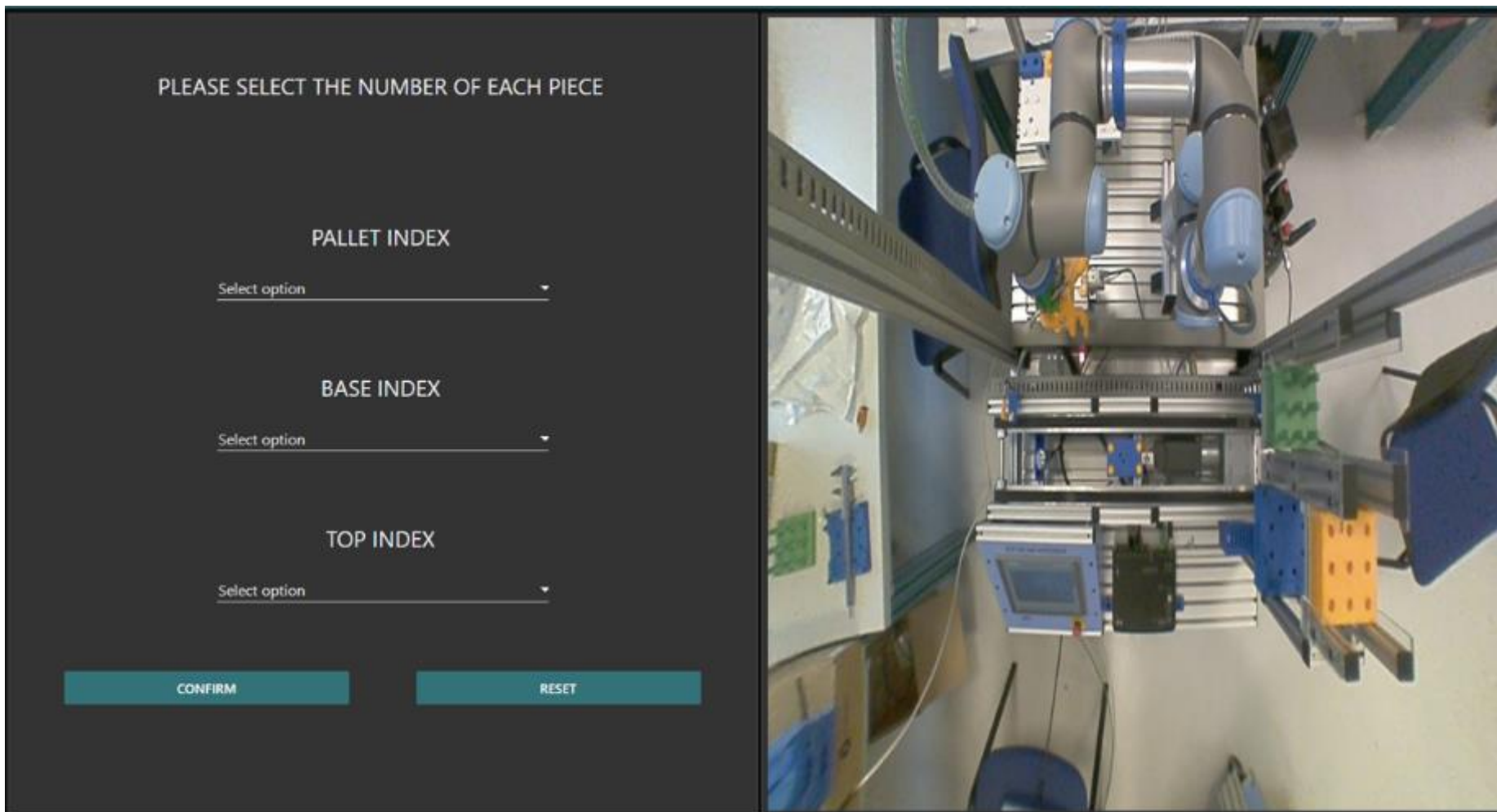


Exemplu aplicație - segmentare

- Folosind datele primite de la PLC, identificăm pozițiile pieselor pentru a realiza configurația dorită
- Procesarea imaginilor brute primite de la camere folosind algoritmi și biblioteci open-source
- Studiul interferențelor (lumină) asupra algoritmului, dezvoltarea algoritmilor de inteligență artificială pentru creșterea performanțelor și eliminarea zgomotelor



Aplicație IIoT de monitorizare și control



Imaginile procesate de către OVP sunt transmise la distanță pentru monitorizare și control



- Utilizarea senzorilor pentru monitorizarea stării echipamentelor
- Mentenanța predictivă: identificarea problemelor înainte de a apărea defecțiuni
- Reducerea timpilor de nefuncționare prin planificare eficientă
- Analiză în timp real pentru detectarea anomaliilor
- Exemple de economii de costuri prin mentenanță inteligentă



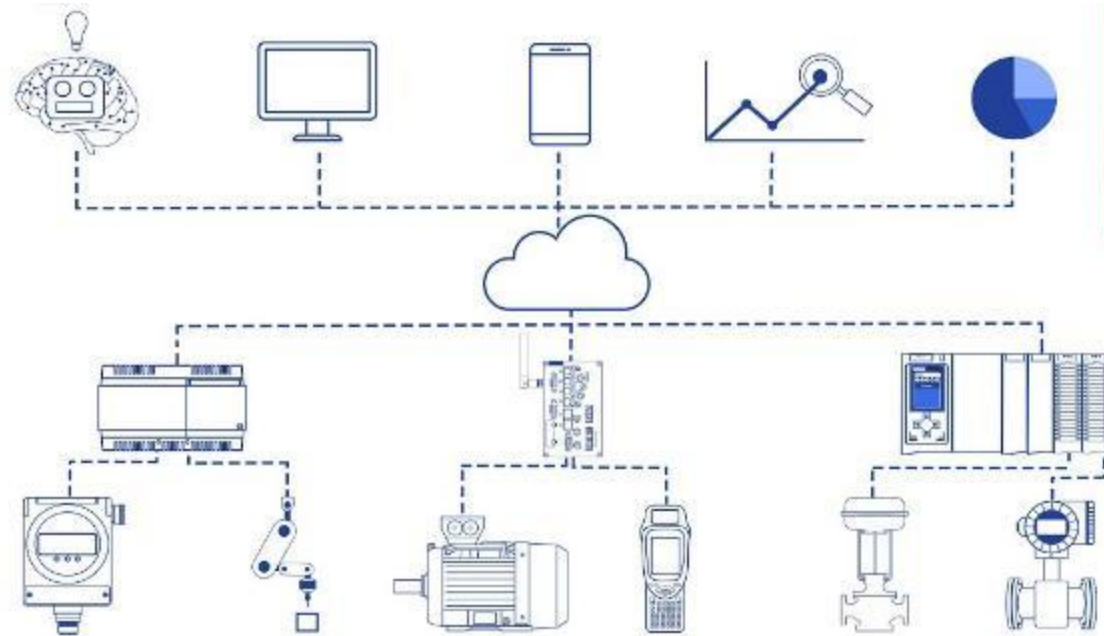
Smart Manufacturing și Industrie 4.0

- Exercițiu: Proiectarea unei rețele IIoT
- Obiectivele implementării IIoT: eficiență și reducerea costurilor
- Arhitectura utilizată: Edge, Cloud și dispozitive conectate
- Monitorizarea în timp real a producției și optimizarea proceselor
- Rezultatele implementării: reducerea timpilor de inactivitate
- Lecții învățate și provocările întâmpinate



Proiectarea unei rețele IIoT

- Analiza cerințelor operaționale.
- Dispozitive și senzori integrați.
- Alegerea protocoalelor și a topologiei rețelei.
- Implementarea soluțiilor cloud pentru stocarea datelor.
- Măsuri de securitate aplicate.



Beneficiile obținute

- Eficiență operațională crescută.
- Reducerea timpului de oprire a echipamentelor.
- Analiza predictivă pentru mentenanță.
- Optimizarea consumului de energie.
- Flexibilitate în adaptarea la cerințe noi.



Exemple din diverse industrii

- Energie și utilități
 - Monitorizarea și optimizarea consumului de energie.
 - Detectarea scurgerilor în rețelele de apă.
 - Controlul la distanță al stațiilor de energie regenerabilă.
 - Reducerea costurilor operaționale.
 - Creșterea fiabilității serviciilor.
- Logistică și transport
 - Sisteme de urmărire în timp real a flotelor.
 - Optimizarea rutelor și economisirea combustibilului.
 - Integrarea senzorilor pentru siguranța transportului.
 - Gestionarea depozitelor inteligente.
 - Exemple de soluții implementate.



Exemple din diverse industrii

- Agricultură inteligentă
 - Monitorizarea condițiilor de sol și climă.
 - Automatizarea irigațiilor și a fertilizării.
 - Utilizarea dronelor pentru analiza terenurilor.
 - Reducerea risipei și creșterea producției.
 - Studii de caz: ferme conectate.



Provocări întâlnite

- Gestionarea complexității soluțiilor IIoT.
- Costurile ridicate de implementare.
- Integrarea sistemelor vechi cu tehnologii noi.
- Lipsa standardizării în unele domenii.
- Rezolvarea problemelor de interoperabilitate.



**Building a strong
foundation of data**



**Measuring and
improving metrics**



Data security issues

Tehnologii emergente: AI, Digital Twins, Edge AI

- Inteligența artificială (AI): automatizare și luarea deciziilor inteligente
- Digital Twins: simularea proceselor industriale în timp real
- Edge AI: procesarea rapidă a datelor la nivel local
- Beneficiile combinării acestor tehnologii cu IIoT
- Exemple de aplicații viitoare în industrie



Direcții viitoare

- Creșterea utilizării AI și ML în IIoT.
- Avansuri în comunicațiile wireless (5G și următoarele generații).
- Dezvoltarea standardelor globale pentru IIoT.
- Integrarea soluțiilor bazate pe blockchain.
- Extinderea aplicațiilor în sectoare emergente.



Tendențe și direcții de dezvoltare

- Integrarea roboticii și automatizării
 - Colaborarea dintre roboți și IIoT pentru procese avansate
 - Automatizarea liniilor de producție prin dispozitive conectate
 - Roboți autonomi: decizii bazate pe date în timp real
 - Exemple de roboți utilizați în fabrici inteligente
 - Beneficii: precizie, consistență și eficiență sporită



Tendențe și direcții de dezvoltare

- Creșterea utilizării rețelelor 5G pentru comunicații rapide
- Integrarea blockchain pentru securitatea datelor industriale
- Dezvoltarea de protocoale standardizate pentru IIoT
- Accentul pe sustenabilitate și reducerea consumului energetic
- Rolul IIoT în economia circulară și reutilizarea resurselor



Recapitulare

- Cele mai importante lecții despre comunicațiile industriale
- Rolul IIoT în transformarea proceselor industriale
- Protocoalele și tehnologiile esențiale pentru IIoT
- Provocările și soluțiile de securitate discutate
- Aplicațiile practice și viitorul tehnologiilor industriale



Concluzii

- Protocoale de comunicație industriale
- Rețele și topologii
- Arhitecturi IIoT
- Implementări reale în automatizările industriale
- Tehnologii emergente: 5G, edge computing, cloud computing
- Beneficii IIoT: optimizarea proceselor, reducerea costurilor și creșterea productivității
- Provocări și soluții: Securitatea cibernetică, standardizare și scalabilitate
- Perspective viitoare și direcții de cercetare



Q&A

- Invitarea participanților să pună întrebări suplimentare
- Clarificarea punctelor neînțelese sau complexe
- Discuții deschise despre implementări reale ale IIoT
- Mulțumiri pentru participare și încurajarea aprofundării temei

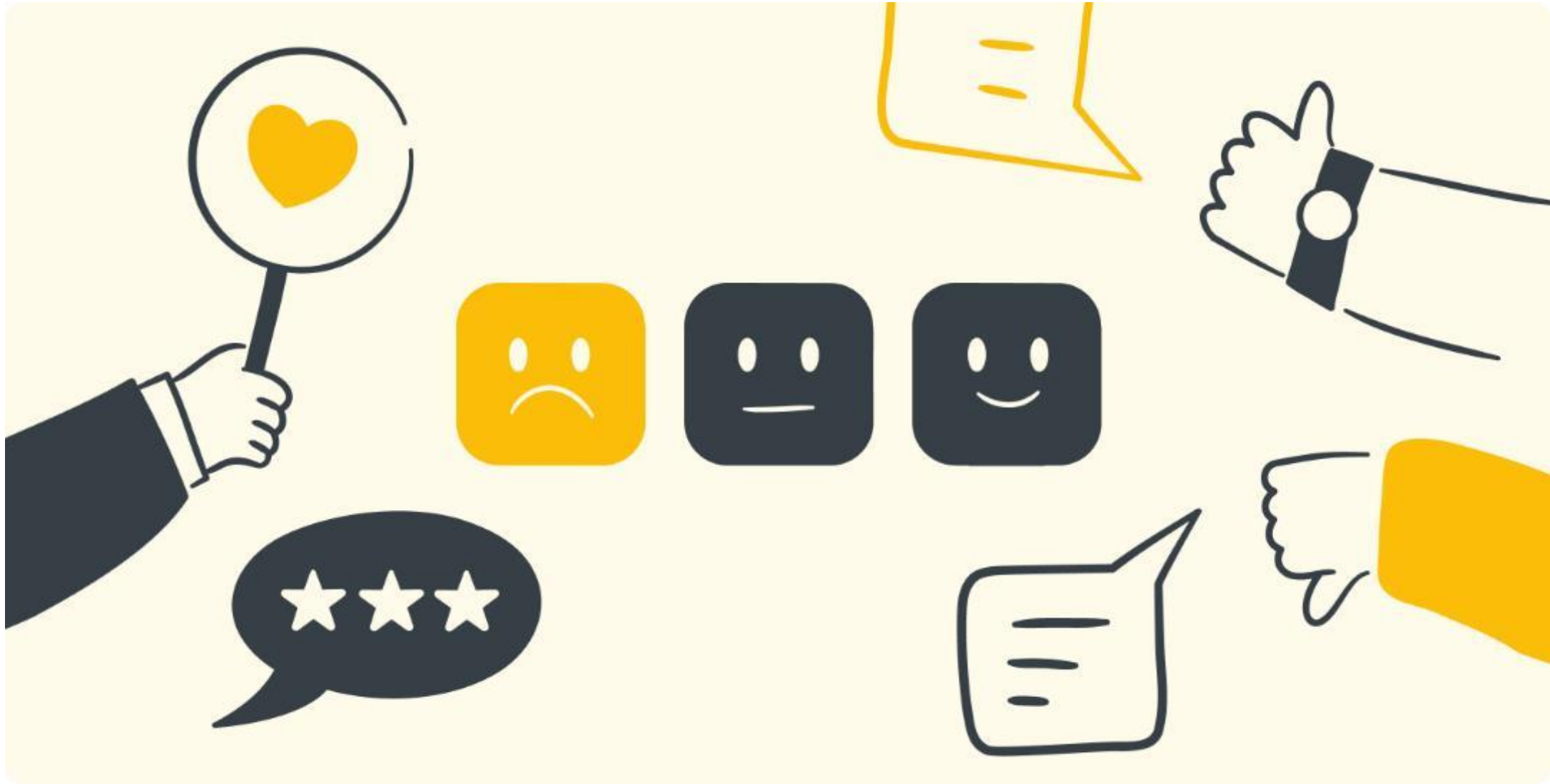


Bibliografie

- **Industrial communication – From fieldbus through to Industrial Ethernet – phoenixcontact.com**
- **Siemens – Industrial Communication – siemens.com**
- **Industrial Internet of Things – techtarget.com**
- **Industrial Communication Protocols - springer**



Feedback



Vă mulțumim!

