

Industry Road Map 4.0

Xander Vandooren

November 6, 2024

Contents

1	Node-Red	1
1.0.1	Json Node	1
1.1	environment variables:	1
1.1.1	Environment variables:	2
2	WEB-API	2
2.1	Endpoints:	2
2.2	Security:	2
3	Sensoren:	2
3.1	Sensoren en actuatoren:	2
3.1.1	Indeling sensoren:	2
3.2	Signaalconditionering:	3
3.2.1	Meetomvormer:	3
3.2.2	filtering:	3
3.2.3	Multiplexing:	3
3.2.4	sample & hold:	4
3.3	Spanningsignalen:	4
3.3.1	Spanningsval over geleiders:	4
3.4	Powermeter/Wattmeter:	5
3.4.1	Elektromagnetische Kilowattuurmeter:	5
3.5	Vermogenmeter versus energiemeter:	5
3.5.1	Watt omzetten naar kWh:	6
3.6	Energiemeters voor submetingen:	6
4	Modbus:	6
4.1	Protocol	7
4.2	Modbus RTU:	7
4.3	Modbus network topology:	7
4.4	Modbus communicatie protocol	9
5	Netwerken:	9
5.1	IP address:	9

6	OPCUA:	9
6.1	Industry 3.0:	9
6.1.1	Industry 3.0 VS Industry 4.0:	10
6.2	Industry 4.0:	10
6.2.1	Goals and benefits	10
6.2.2	Applications and examples:	11
6.2.3	Why we have to deal with industry 4.0?	12
6.2.4	PLC (programmable logic controllers):	12
6.2.5	How to connect with Industry 4.0	13
6.2.6	OPC server:	13
6.2.7	OPC client:	14
6.2.8	OPC UA (Unified architecture):	15

1 Node-Red

Om node-red dashboard op te starten kan je in de terminal de command "node-red" doen.

voordelen:

rapid application development

- powerful and flexibilititeit
- flow-based programming → Messages representing events between nodes

nadelen:

complex mutli-function → complex to visualize

- flow-based programming is cumbersome.

1.0.1 Json Node

It allows you to convert between a Json-formatted string and a javascript object, making it highly versatile for tasks involving JSON manipulation.

1.1 environment variables:

- Node variables
- Flow variables
- Global variables
- Environment variables ⇒ store confidential configuration information such as secret and API keys, preventing this data from being accidentally exposed in the flow.

Global variables: Globale variables in Node-red are accessible to functions, changes, inject

1.1.1 Environment variables:

2 WEB-API

A web-API (application programming interface) is a set of rules and protocols that allows different software applications

2.1 Endpoints:

2.2 Security:

3 Sensoren:

3.1 Sensoren en actuatoren:

- **Sensor:**

Een element dat 1 of meer ingangsgrootheden en de verandering(en) daarvan omzet in bruikbare elektrische, hydraulische, pneumatische, optische en andere signalen voor verdere verwerking.

- **Passieve sensor:** De nodige conversie energie van de sensor is afkomstig van het te meten proces, de grootte of materiaal. Potentiele beïnvloeding van de te meten grootte.
- **Actieve sensoren:** sturen hun eigen signaal naar een object of een gebied en ontvangen het gereflecteerde signaal. Conversie energie is afkomstig van de voeding van de actieve sensor.

- **Actuator:**

- Een toestel dat invloed kan uitoefenen op zijn omgeving.

3.1.1 Indeling sensoren:

- De sensor ondergaat de fysische grootte die in het proces gemeten moet worden.
- Rechstreekse omzetting naar elektrische grootheden

- omzetting naar een weerstandswaarde: PTC,NTC,LDR,...
- omzetting naar spanning: thermokoppel, zonnecel, accelero
- Omzetting naar een verplaatsing
 - * Rekstrookje (R wijzigt)
 - * uitzetten vloeistof
 - * membraam
- ...

3.2 Signaalconditionering:

Fysische grootheid \Rightarrow Sensor \Rightarrow SC: Signaal-conditionering \Rightarrow ADC: analoog Digitaal conversie \Rightarrow computer

3.2.1 Meetomvormer:

- De gemeten elektrische grootheden of effecten worden in de meetomvormer omgezet en/of verstrekt naar een standaardsignaal, dat dient als ingang voor de regelaar of controller

3.2.2 filtering:

- Sensor signaal kan naast het gewenste signaal ook ongewenste componenten zoals ruis of andere stoorsignalen van velerlei soort bevatten
- Niet de groote van het signaal zelf is bepaald voor de kwaliteit van het signaal, maar de verhouding van signaal en ruis (S/N).
- Bij lage S/N is analoge filtering aangewezen.
- Filters zijn gericht op bepaalde signaalcomponenten (bv. high-pass, low-pass, anti-aliasing).

3.2.3 Multiplexing:

- Met multiplexer kunnen de uitgangssignalen

3.2.4 sample & hold:

- Digitale verwerking van een analoog signaal vereist bemonstering (sampling) van dat signaal: bepaling van de signaalwaarde op discrete tijdstippen.
- Op de daartussen liggende momenten ontbreekt informatie over de signaalwaarde.
- Dit is minder dramatisch dan het lijkt, mits 'voldoende' monsters (samples) per tijdseenheid worden genomen (Nyquistcriterium).

In principe in de bemonstertijd zeer kort (signaalwaarde op discrete tijdstippen). De verwerking van de bemonsterde waarde kan een langere tijd vergen. In zulke gevallen wordt de bemonsterde waarde enige tijd vastgehouden. Vaak zijn beide functies verenigd in 1 schakeling (sample and hold).

3.3 Spanningsignalen:

- 0-10V: Industriële standaard
- 0-5V: Hobby en kleine elektronica (5V voeding)

3.3.1 Spanningsval over geleiders:

Nadelen:

- excitatiespanning nodig.
- Spanningsval is vergelijkbaar met uitgangssignalen.

Alternatief is stroomlus voor spanning of weerstandsignaal:

- Sinds de jaren 1950 wordt de 4-20mA stroomlus gebruikt om sensor data te transporteren voor monitoring en control.
- Lage gevoeligheid voor ruis.
- Geschikt voor lange afstanden
- Industrieel veel gebruikt.

Wel moeilijker te meten dan spanning.

3.4 Powermeter/Wattmeter:

- Electrodynamic instrument
- Fixed /current coils \Rightarrow parallel
- $P = U * I$
- De interactie tussen de magnetische velden van de stroom en de spannings spoel zorgt ervoor dat de magnetische spoel movable zal draaien
-

3.4.1 Elektromagnetische Kilowattuurmeter:

- constructie
-

3.5 Vermogenmeter versus energiemeter:

Energiermeter:

- Meet de totale hoeveelheid elektrische energie die wordt verbruikt over een bepaalde periode.
- De eenheid van meting is Kilowattuur (kWh).
- Wordt vaak gebruikt om het totale verbruik van een huishouden of bedrijf te meten.

Wattmeter:

- Meet het directe vermogen dat op een bepaald moment wordt verbruikt.
- De eenheid van meting is watt (W).
- Wordt gebruikt om het momentane verbruik

3.5.1 Watt omzetten naar kWh:

- Vermogen omzetten naar energie $E = Pxt$
 - E: energie in Joules (J)
 - P: vermogen in power watts (W)
 - t: tijd in seconden (1 uur= 3600 seconden)

oefening:

- Maandkost: $1500W \Rightarrow 0.75 \text{ kWh per dag. } *30*0.35=7.88 \text{ euro per maand}$ (we gaan er van uit dat een maand 30 dagen is).
- Joules per maand: $0.75\text{kWh}*30=22.5\text{kWh per maand} \Rightarrow 22500 *3600=81\text{MJ}$

3.6 Energiemeters voor submetingen:

- Elektriciteitsmeters om een deel van een gebouw of installatie te meten.
- Ondersteunen soms protocollen (bv Modbus).
- Soms pulstellers.
- Dikwijls lokale aflezing mogelijk.

4 Modbus:

Modbus is een populair protocol, vooral gekend voor zijn robuustheid. Het is gemakkelijk te implementeren en flexibel.

4.1 Protocol

Een communicatie protocol is een set van regels die er voor zorgen dat 2 of meer apparaten in een communicatie systeem informatie kunnen uitwisselen.

- Syntax: bepaald de structuur of het formaat van de data
- Semantics: Specificeerd de betekenis van elke sectie bits.
- Synchronization: Regeldde timing van de data uitwisseling.
- Error detection and correction: zorgt voor data integriteit tijdens het versturen.

Communicatie protocollen zijn belangrijk in verschillende velden: telecommunicatie, computer netwerken en industriële automatisatie.

4.2 Modbus RTU:

Modbus RTU (Remote Terminal Unit:)

- Communicatie protocol
- Frame Structure
- Master-Slave architecture (meest gebruikten)
- Binary representation.

4.3 Modbus network topology:

- 2 wired bus
- Terminating resistors
- Multi-drop configuratie is meest voorkomende: Waar meerdere slave devices verbonden zijn met 1 master device op een single communicatie lijn.

Network topology

- Point to point: directe connectie tussen 2 devices
- Multidrop: 1 master device communiceerd met meerdere slave devices op dezelfde bus.
- Multipoint: Meerdere devices communiceren met elkaar op hetzelfde netwerk
- Half duplex: communicatie kan gebeuren in 2 richtingen maar niet op hetzelfde moment (modbus is half duplex)
- Full duplex: Communicatie kan gebeuren in 2 richtingen op hetzelfde moment.

Network interfaces: De RS485 interface is heel populair om te gebruiken met het modbus protocol. De RS485 interface gebruikt differentiele signalen en twisted kabels, dit laat de RS485 toe om te communiceren over lange afstanden met een hoge bit rate.

Network interface settings: Master and slave(s) moeten dezelfde settings hebben:

- Baud rate: snelheid van data transmissie (gemeten in bits)
- Data bits: het aantal bits in elke byte of data
- Parity: Een methode voor error checking. Deze opties bevatten None, Even, Odd, Mark of Space.
- Stop bits: de nummer van bits gebruikt om het einde van de byte te signaleren. meeste values zijn 1 of 2 bits.
- Flow control: Managed data flow om buffer overflow te preventeren.

4.4 Modbus communicatie protocol

Elke modbus message heeft dezelfde structuur. vier basis elementen zijn present in elke message.

- Device address
- Function Code: definieerd message type en actie gevraagd aan de slave.
- Data: bevat de informatie die verzonden moet worden tussen devices. grootte varieert tot 252 bytes afhankelijk van de function code en de hoeveelheid data gerelateerd aan de operatie.
- Error check (CRC Cyclic Redundancy Check) field: 2 byte CRC field wordt gebruikt voor error detectie.

5 Netwerken:

5.1 IP address:

Een unieke numerieke identifier assigned to every device that connects

- identificatie:

6 OPCUA:

6.1 Industry 3.0:

- ERP (Enterprise resource planning)
- Executing system → Raw materials to finished goods
- Scada (Supervisory Control and Data Acquisition)
- Programmable logic controllers (PLCs) and programmable automation controllers (PACs)

6.1.1 Industry 3.0 VS Industry 4.0:

- Interconnectivity
- Better collection and management of data
- Data is available for all levels
- Industrial Internet of Things IoT

6.2 Industry 4.0:

- IoT
- Calculations for assets
- Monitor product quality
- Batching
- Big data and analytics
- AI & Machine learning
- Cyber physical systems
- Cloud computing
- Augmented and Virtual reality

6.2.1 Goals and benefits

- Increased Efficiency: Streamlined operations and reduced downtime through real- time monitoring and predictive maintenance.
- Flexibility and Customization: Ability to quickly adapt to changing market demands and produce customized products without significant cost increases.
- Enhanced Quality: Improved precision and consistency in manufacturing processes, leading to higher-quality products.

- **Cost Reduction:** Lower operational costs through optimized resource utilization and reduced waste.
- **Better Supply Chain Management:** Enhanced visibility and coordination across the entire supply chain, leading to more reliable and responsive logistics.
- **Innovation Acceleration:** Fosters a culture of continuous improvement and technological advancement.

6.2.2 Applications and examples:

- **Smart Factories:** Facilities where machines and systems communicate and cooperate with each other and with humans in real-time.
- **Predictive Maintenance:** Using sensor data and analytics to predict equipment failures before they occur, minimizing downtime.
- **Digital Twins:** Creating virtual replicas of physical assets to simulate and analyze performance under various conditions.
- **Automated Warehousing:** Employing robotics and AI to manage inventory, order fulfillment, and logistics with minimal human intervention

Examples:

- **Watch versus smart watch**
 - Just a simple device that told time.
 - Now it's a IoT device
 - * Tracking fitness
 - * Collecting health oriented data
 - * Messages
 - * ...

6.2.3 Why we have to deal with industry 4.0?

- Before Industry 4.0:
 - Engineers controlled level 1 till level 3
 - It controlled from level 3
- Industry 4.0:
 - Engineers, data-scientists and IT guys have to work together
 - The common concepts will grow in the future
 - IoT security

Smartsensor, IIOT sensor:

- Inverter, calibration, ADC, microcontroller, communication protocols,.. built into the sensor.
- Possibly IoT gateway also built in.

6.2.4 PLC (programmable logic controllers):

- Industrial computer
- High reliable
- Ruggedized (Harsh conditions):
 - Such as strong vibrations
 - Extreme temperatures
 - wet or dusty conditions
- Real time system
- Lot of in-and outputs
- Flexible
- Can automate a production line

- Logic:
 - Replace relays
 - Ladder diagram
- Input/output → 24V DC
- Extensible with:
 - Extra I/O
 - Communication cards

6.2.5 How to connect with Industry 4.0

- OPC-server (Open Platform Communication)
- OPC foundation: founded in 1994
- Members are global players in the automation industry. (Siemens, Honeywell, Microsoft, Beckhoff,...)
- with OPC:
 - Communication protocol
 - Access to machines and devices is standardized.
 - Manufacturer-independent
 - Data exchange

Before and after OPC: Voor OPC moest je zoeken voor de juiste drivers voor elke applicatie/device.

6.2.6 OPC server:

- Basis of OPC communication
- It's a software that implements the OPC standard
- Provided by different parties:

- Manufacture provides OPC server for its system.
- Embedded OPC server (PLC) or stand-alone
- Independent OPC server:
 - Broader support of communication protocols.
 - Offer more functions.
 - Simpler operation.
 - Certificate management.
 - Manufactures of independent OPC:
 - * Kepware (over 150 drivers)
 - * Matrikon
 - * Softing
 - * Installed at PLC's
 - * ...
 - Define Multiple Endpoints
 - Multiple protocols: opc.tcp, http, and https
 - User Definable Ports
 - Definable Security & User Token Policies
 - Diagnostics
 - User configurable operating limits
 - Local Discovery Server Registration
 - Configurable HTTP Access Rules and SSL/TLS Bindings
 - Certificate Generator or use your self-signed certificate or from a Certificate Authority (CA)

6.2.7 OPC client:

- Can connect with OPC server
- Read out the data provided by the server
- Pushes data to the server

- OPC UA discovery
- Any client can connect with any server
- Examples of clients :
 - UAExpert (Unified Automation)
 - Visualisations and SCADA systems (supervisory control and data acquisition)
 - manufacturing execution system (MES)
 - PLC

6.2.8 OPC UA (Unified architecture):

- Platform independent
- Successor of OPC classic
- Leading communication protocol for industry 4.0
- OPC UA specifications:
 - Data access:
 - * Read/write
 - * Data point-oriented
 - Historical Access:
 - * Query historical values
 - * OPC server must have an internal data memory
 - Alarms and conditions:
 - * Logic can be implemented by the OPC server

Benefits in OPC UA:

- Enhanced Security: Built-in security features make OPC UA suitable for industrial environments where data protection is critical.

- **Interoperability and Vendor Neutrality:** OPC UA enables seamless interaction between devices from different vendors, improving flexibility in system design and reducing vendor lock-in.
- **Real-Time Data Access:** Provides real-time data access for applications that require up-to-the-minute information for decision-making.
- **Contextual Data Modeling:** With structured data, OPC UA allows for complex data models that provide context, making data easier to interpret and analyze.
- **Ease of Integration with IoT and Industry 4.0 Solutions:** OPC UA is widely adopted as the standard communication protocol in IIoT architectures, simplifying integration with other Industry 4.0 technologies.

Security in OPC UA:

- “firewallfriendly” i.e. it can be controlled and steered via standard network techniques.
- Several protocols have been made available:
 - Binary protocol
 - SOAP (Simple Object Access Protocol) with HTTPS
- Encryptions are used to secure the data during transmission.
- Use of certificates to authenticate the clients

OPC UA and industry 4.0:

- Leading communication protocol
- OPC UA over TSN:
 - Time Sensitive Network
 - Between PLC's
 - TCP/IP and web protocols