

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA
ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Komponent Priemyslu 4.0 a jeho digitálna
reprezentácia pomocou
Asset Administration Shell

Učebný text

Oblasť informačné, komunikačné a riadiace systémy

Obsah

1. Úvod	2
2. Komponent Priemyslu 4.0 (I4.0).....	4
3. Asset Administration Shell	7
4. Praktický príklad AAS.....	10
4.1. Popis komponentu pre Priemysel 4.0	10
4.2. Návrh komponentu pre Priemysel 4.0 v AASX Package Explorer.....	11
4.3. Komponent pre Priemysel 4.0 ako server	15
5. Možné rozšírenie riešenia	17
6. Záver	19
OBR. 1 – ÚROVNE KOMPONENTU PRIEMYSLU 4.0 [24].....	5
OBR. 2 – GRAFICKÉ ZNÁZORNENIE KOMPONENTU PRIEMYSLU 4.0[24].....	7
OBR. 3 – REFERENCE ARCHITECTURAL MODEL INDUSTRIE 4.0 [4]	8
OBR. 4 KRITÉRIÁ PRE KOMPONENT I4.0 [18]	9
OBR. 5 ECI4.0 ASSETS	10
OBR. 6 EMBEDDEDCOMPONENTI40 (FYZICKÉ ZARIADENIE).....	10
OBR. 7 VNÚTORNÁ ŠTRUKTÚRA AAS	11
OBR. 8 KONFIGURÁCIA ASSET-U X-NUCLEO-IKS01A3	12
OBR. 9 PRÍKLAD ZNÁMYCH IDENTIFIKÁTOROV	13
OBR. 10 PRÍKLAD ŠTANDARDIZOVANÝCH IDENTIFIKÁTOROV ECL@SS.....	14
OBR. 11 OPC UA SERVER S INFORMAČNÝM MODELOM AAS	15
OBR. 12 PROCESNÁ VELIČINA DEFINOVANÁ PODĽA IEC61360.....	17
OBR. 13 PROCESNÁ VELIČINA V INFORMAČNOM MODELY OPC UA	18

1. Úvod

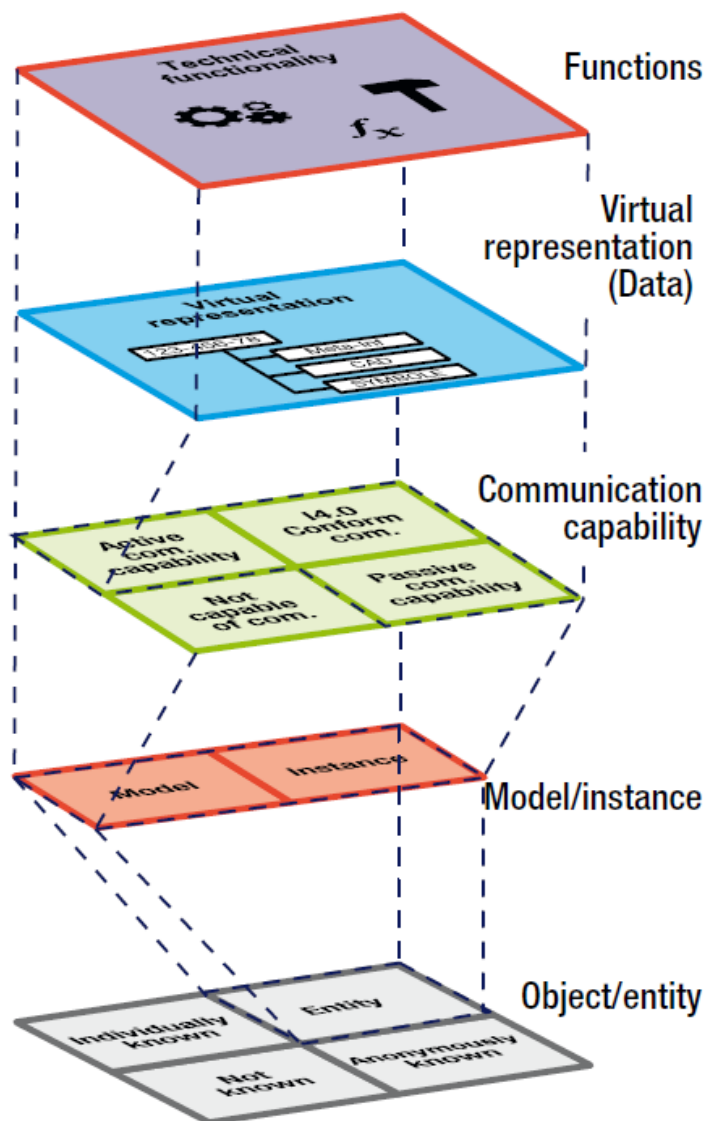
Komerčné spoločnosti, národné, vládne aj mimovládne organizácie majú záujem na digitalizácii a transformácii priemyselnej výroby najmä kvôli úsporám nákladov a v neposlednom rade aj kvôli znižovaniu ekologickej stopy. Dokonca už aj širšia verejnosť vie o tom že prebieha nejaká digitalizácia, transformácia v priemysle, či priemyselná revolúcia. Je tomu tak aj vďaka informovanosti zo strany médií. Pojmy ako digitalizácia, priemyselná revolúcia, Priemysel 4.0, umelá inteligencia sa stali mantrami marketingových oddelení. Niektoré technológie, ktoré sa skrývajú pod týmito výrazmi, sú používané už päť, desať, či aj viac rokov: cloudové úložiská, vertikálna a horizontálna integrácia, simulácia atď. Samozrejme niektoré technológie sú nové ako napríklad aditívna výroba a rozšírená realita. Momentálny rozmach týchto technológií je spôsobený najmä ich dostupnosťou, ktorú prinieslo markantné navýšenie výpočtového výkonu a navýšenie objemu a rýchlosti prenesených dát.

Cieľom tohto textu je predstavenie pojmu komponent Priemyslu 4.0 a jeho digitálnej reprezentácie. Text nadväzuje na text *Sémantická Interoperabilita v OPC UA* v zmysle potreby vytvorenia akéhosi univerzálneho digitálneho modelu objektov, ktoré by vedeli vzájomne komunikovať bez nutnosti ďalšej definície vzájomných väzieb (integrácie). Termín internet vecí vo všeobecnosti zahŕňa aj priemyselný internet vecí.

2. Komponent Priemyslu 4.0 (I4.0)

Všeobecná popis komponentu Priemyslu 4.0 podľa German VDI/VDE Society Measurement and Automatic Control (GMA): *Pojem „komponent“ je všeobecný pojem. Označuje objekt vo fyzickom alebo informačnom svete, ktorý hrá v jeho systémovom prostredí osobitnú úlohu alebo je pre takúto úlohu určený. Komponentom môže byť napríklad potrubie, funkčný modul PLC, žiarovka, ventil alebo inteligentná pohonná jednotka. Dôležité je, že sa považuje za celok a že má vzťah k role (funkcii), ktorú má vykonávať alebo už vykonáva v systéme. To, čo nazývame komponentom Industrie 4.0, je špeciálny typ komponentu. Komponenty Industrie 4.0 sú rozpoznateľné tým, že spĺňajú určité požiadavky týkajúce sa klasifikačných charakteristík Industrie 4.0. Aj v systéme Industrie 4.0 existuje veľa komponentov, ktoré nespĺňajú tieto požiadavky, a teda nie sú komponentmi Industrie 4.0 (poz. autora: spravidla sa jedná najmä o zariadenia internetu vecí).*

Komponent priemyslu 4.0 definovaný v stratégii zavedenia Priemyslu 4.0 nemeckou skupinou Industrie 4.0 Platform [24]:



Obr. 1 – Úrovne komponentu Priemyslu 4.0 [24]

Objekt/entita (Object/entity)

Triedy objektov sú:

- Neznámy (Not known)
- Anonymný (Anonymously known)
- Individuálne známy (Individually known)
- Entita (Entity)

Pretože jedným z cieľov komponentu Industrie 4.0 je poskytovať údaje a funkcie v rámci informačného systému, individuálne známe objekty definované GMA sa automaticky stávajú entitou.

Poznámka: V ďalšom texte budeme používať termín objekt či už sa jedná o objekt alebo o entitu.

Typ/inštancia (Type/Instance)

Objekty môžu mať formu typ (type) alebo inštancie (instance). Objekt v fáze plánovania výroby je typ. Ak tento objekt je už vo výrobe, napríklad v stroji ktorý ho vyrába, tento objekt sa stáva inštanciou.

Schopnosť komunikácie (Communication ability)

Aby objekt vedel poskytnúť svoje vlastnosti, musí byť schopný komunikácie aspoň s jedným informačným systémom. Táto komunikácia môže byť pasívna (t.j. nemusí spĺňať požiadavky I4.0), ak objekt komunikuje s nadradeným informačným systémom, ktorý sprostredkováva jeho vlastnosti cez kanál ktorý spĺňa požiadavky I4.0. Alebo takýto objekt je priamo schopný komunikácie vyhovujúcej požiadavkám I4.0.

Virtuálna reprezentácia (Virtual representation)

Virtuálna reprezentácia obsahuje dáta objektu. Tieto dáta môžu byť uložené priamo v objekte komponentu I4.0, ak ich tento objekt poskytuje komunikáciou vyhovujúcou požiadavkám I4.0, alebo tieto dáta môžu byť uložené v nadradenom informačnom systéme, ktorý je schopný komunikácie I4.0.

Dôležitou súčasťou virtuálnej reprezentácie je tzv. *manifest*. Manifest si možno predstaviť ako adresár jednotlivých dát virtuálnej reprezentácie a preto obsahuje aj *meta-dáta* [odkaz na [studijný materiál](#)]. Z hľadiska sémantickej interoperability hrajú meta-dáta kľúčovú úlohu.

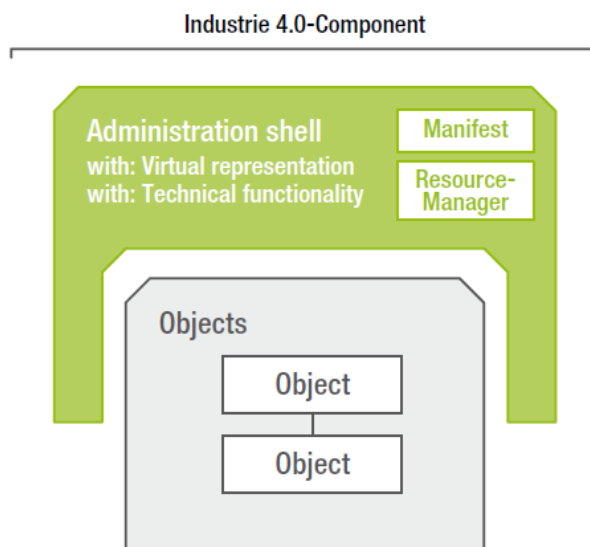
Technická funkčnosť (Technical functionality)

Okrem dát môže komponent I4.0 poskytovať aj technickú funkčnosť ako napríklad:

- Softvér projektového plánovania, konfigurácie, servisnej údržby, atď.
- Pridaná hodnota objektu.
- Obchodnú logiku (business logic).

Technická funkčnosť je umiestnená vo *funkčnej vrstve* referenčného modelu pre Priemysel 4.0 (RAMI 4.0).

Dokument stratégie zavedenia Priemyslu 4.0 tiež definuje tzv. *administration shell* (administratívnu schránku), ktorá mení objekt na komponent Priemyslu 4.0 [24].



Obr. 2 – Grafické znázornenie komponentu Priemyslu 4.0[24]

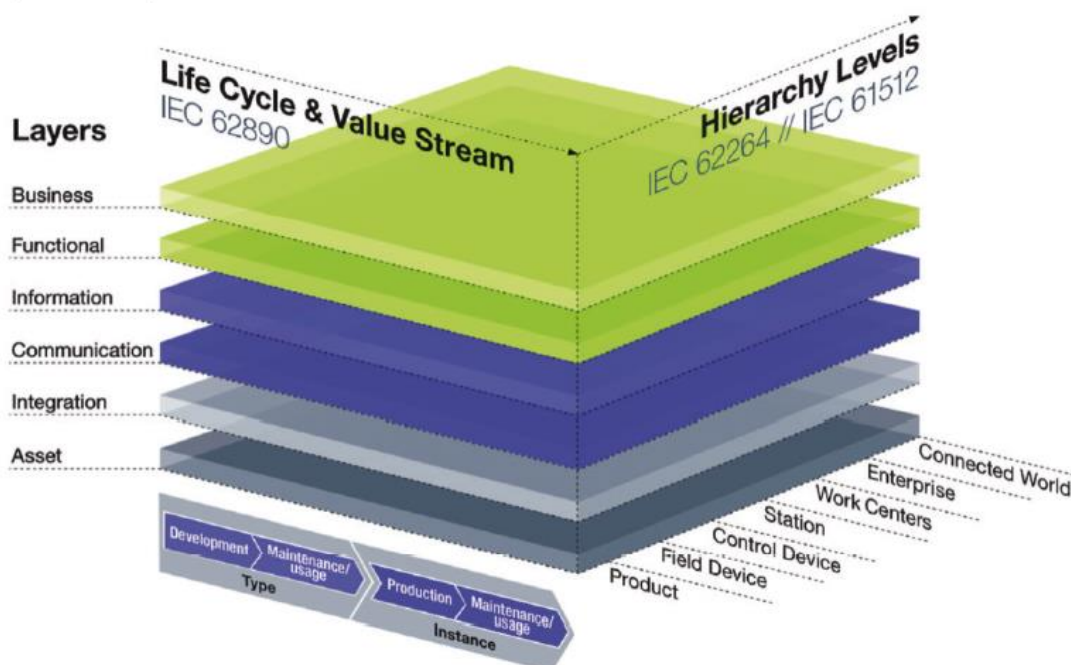
„*Resource manager*“ poskytuje pripojenie pre administratívnu správu prostriedkov komponentu pomocou ktorej sa môže komponent zdostupniť externým pripojeniam.

3. Asset Administration Shell

Pomocou administration shell (administratívnej schránky) je možné vytvoriť komponent Priemyslu 4.0. Táto kapitola vykresľuje ako administratívna schránka v sebe mapuje požiadavky Priemyslu 4.0 a jej digitálnu reprezentáciu. V tejto kapitole administration shell zapuzdruje miesto objektu tzv. *asset*. Asset podľa definície IEC TS 62443-1-1:2009, 3.2.6 je „*fyzický alebo logický objekt vo vlastníctve alebo v správe organizácie, majúci vnímateľnú alebo priamu hodnotu pre organizáciu. V súvislosti s priemyselnou automatizáciou a riadiacich systémov sa pod asset-om rozumie najmä zariadenie*“[17].

Aby bolo možné hovoriť o komponente ako o komponente priemyslu 4.0, musí jeho opis reflektovať architektúru referenčného modelu pre Priemysel 4.0 (RAMI 4.0).

Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0)

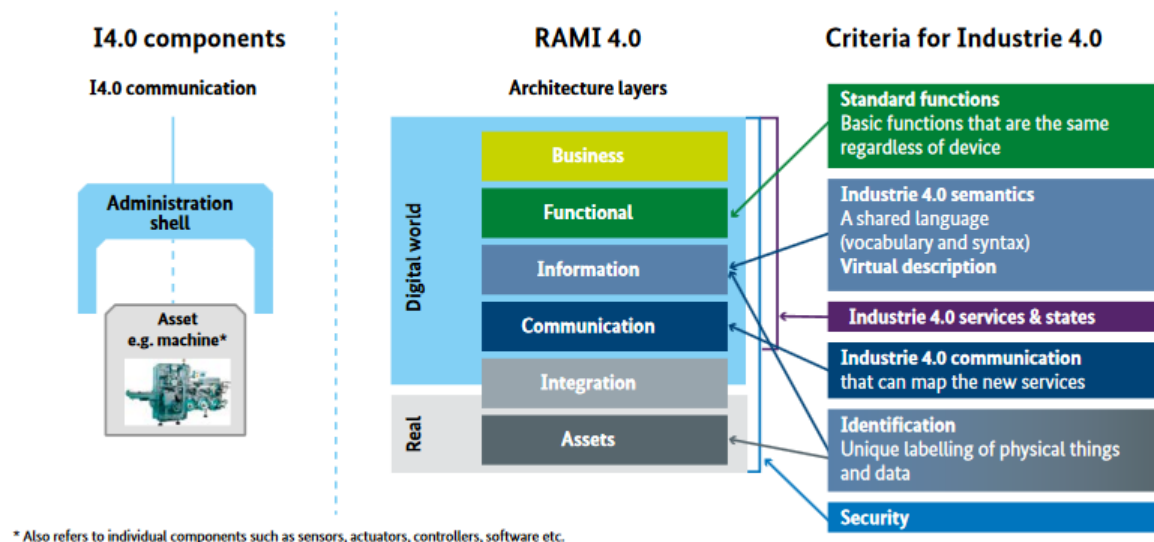


Source: Plattform Industrie 4.0

Obr. 3 – Reference Architectural Model Industrie 4.0 [4]

RAMI 4.0 model vo svojich 3 osiach zahŕňa životný cyklus, hierarchické stupne a v osi *layers* dekompozíciu stroja (*machine*). [4]

Keď čítame obrázok nižšie, z prava do ľava, tak popisuje kritériá, ktoré musia byť splnené aby komponent mohol byť považovaný komponentom I4.0. Stredná časť obrázku mapuje tieto kritériá do osi *layers*, čiže v ktorej vrstve alebo vrstvách je dané kritérium implementované. Vzťah medzi RAMI 4.0 a komponentom I4.0 je nasledovný: digitálny svet (*Digital world*) je implementovaný v *Administration Shell* komponentu. Reálny svet (*Real world*) je implementovaný v elemente reálneho sveta (*Asset*). *Asset Administration Shell* (AAS) je realizáciou komponentu I4.0 v digitálnom svete [18].



Obr. 4 Kritériá pre komponent I4.0 [18]

Pod *asset-om* je možné si predstaviť stroj, senzor, akčný člen, PLC, alebo aj softvér.

Špecifikácia *Details of the Asset Administration Shell* [17] opisuje AAS cez univerzálny modelovací jazyk (UML), čo dáva možnosť reprezentovať AAS pomocou jazykov XML, JSON, AutomationML, alebo pomocou informačného modelu OPC UA. Na základe tejto špecifikácie vznikli aj voľné otvorené nástroje na tvorbu AAS napríklad:

- [aasx-package-explorer](#) (.NET Framework)
- [PyI40AAS](#) (Python3)

4. Praktický príklad AAS

Pre lepšie porozumenie tvorby digitálnej reprezentácie AAS, teda vytvorenia komponentu Priemyslu 4.0, si tento proces ukážeme na príklade. Proces tvorby AAS je popísaný aj vo videách [Screencasts about Asset Administration Shell \(AAS\)](#).

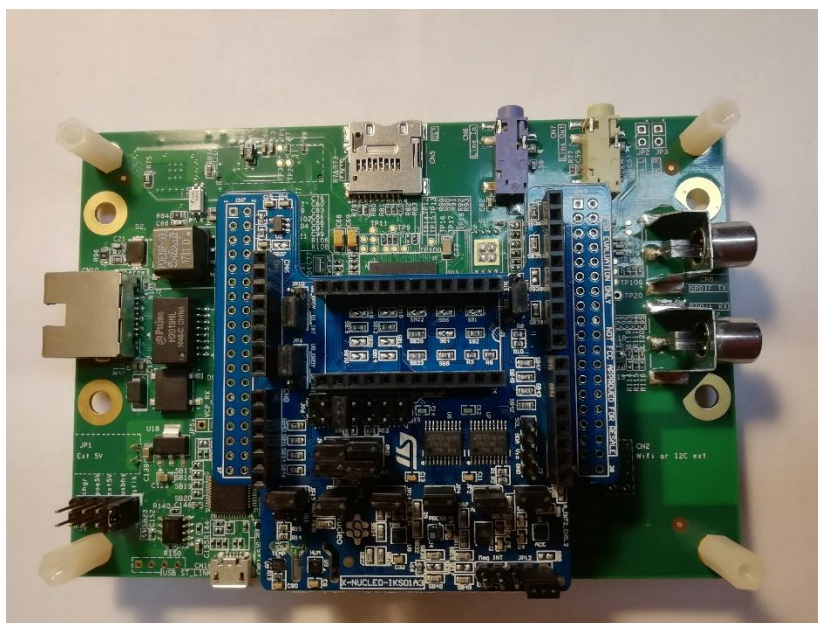
4.1. Popis komponentu pre Priemysel 4.0

Pre náš príklad sme vybrali vývojovú dosku STM32F769I-DISC1 s rozšírením X-NUCLEO-IKS01A3, ktoré obsahuje senzory okolia ako napríklad teplotu, atmosférický tlak, relatívnu vlhkosť. Na doske STM32F769I-DISC1 je implementovaný OPC UA server. Komponent sme nazvali EcI4.0 (Embedded component for Industry 4.0). a skladá sa z nasledujúcich asset-ov (fyzických zariadení):

Env	"Assets"
Asset	"EmbeddedComponentI40" V. [IRI, https://www.phi-ware.com/ids/asset/0535_3152_1102_8824]
Asset	"STM32F769NI-DISC1" V. [IRI, https://www.phi-ware.com/ids/asset/9563_8152_1102_7772]
Asset	"X-NUCLEO-IKS01A3" [IRI, https://www.phi-ware.com/ids/asset/8510_9062_1102_8443]

Obr. 5 EcI4.0 Assets

„EmbeddedComponentI40“ je v podstate zariadenie, ktoré vzniklo spojením STM32F769I-DISC1 a X-NUCLEO-IKS01A3 pomocou konektora Arduino UNO R3.



Obr. 6 EmbeddedComponentI40 (fyzické zariadenie)

Obrázok nižšie ukazuje konfiguráciu asset-u X-NUCLEO-IKS01A3. Táto konfigurácia zahŕňa aj referenciu na pod-model *SubmodelRef*, ktorá ukazuje na submodel X-NUCLEO-IKS01A3. Touto referenciou je zadefinovaný vzťah medzi asset-om (fyzickým zariadením) a jeho virtuálnou reprezentáciou v rámci AAS.

The screenshot displays the configuration of the asset X-NUCLEO-IKS01A3 within the Asset Administration Shell (AAS) environment. The left pane shows a tree view of the asset structure, including Identification, TechnicalData, OperationalData, and Documentation. The right pane shows the configuration details for the selected asset, including Referable, HasDataSpecification, Identifiable, and Submodel references. A red arrow points from the 'X-NUCLEO-IKS01A3' entry in the tree to the 'SubmodelRef' reference in the configuration details.

Asset Structure (Left Pane):

- SM "STM32F769I-DISC1" V. [IRI, https://www.phi-ware.com/ids/sm/6305_9062_1102_2323]
 - SMC "Identification" (4 elements)
 - Prop "Manufacturer" = STMicroelectronics
 - Prop "ProductDesignation" = Development Kit
 - Prop "SerialNumber" = 218150379
 - Prop "Revision" = Rev B. MB1225
 - SMC "TechnicalData" (5 elements)
 - SMC "OperationalData" (2 elements)
 - Prop "OS" = FreeRTOS
 - Prop "OPCUA" = open62541 server
 - SMC "Documentation" (1 elements)
- SM "X-NUCLEO-IKS01A3" V. [IRI, https://www.phi-ware.com/ids/sm/9473_0162_1102_0461]
 - SMC "Identification" (4 elements)
 - SMC "TechnicalData" (6 elements)
 - Prop "accelerometer" = LSM6DSO
 - Prop "magnetometer" = LIS2MDL
 - Prop "accelerometer" = LIS2DW12
 - Prop "pressureSensor" = LPS22HH
 - Prop "temperatureSensor" = STTS751
 - Prop "humiditySensor" = HTS221
 - SMC "OperationalData" (1 elements)
 - Prop "OperatingRange" = 3.3 V, 250 mA
 - SMC "Documentation" (1 elements)

Asset Configuration Details (Right Pane):

- Referable:** idShort shall only feature letters, digits, underscore ("_"); starting mandatory with a letter.. idShort: X-NUCLEO-IKS01A3. The use of category is unusual here. category: CONSTANT. The use of an description is recommended to allow the consumer of an Referable to understand the nature of it. description: Create data element!
- HasDataSpecification (Reference):** Specifications: Add Reference Delete last reference
- Identifiable:** idType: IRI. id: https://www.phi-ware.com/ids/asset/8510_9062_1102_8443. Check if providing administrative information on version/ revision would be useful. This allows for better version management. administration: Create data element!
- Kind:** kind: Instance
- Submodel references with special meaning**
 - assetIdentificationModel - Reference to describing Submodel:** assetIdentificationModel: SubmodelRef [x] local [RDI] https://www.phi-ware.com/ids/sm/9473_0162_1102_0461
- No billOfMaterial.** Please consider adding a reference to an adequate Submodel. billOfMaterial: Create data element!

Obr. 8 Konfigurácia asset-u X-NUCLEO-IKS01A3

V zmysle sémantickej interoperability AAS ponúka možnosť definovania „známej referencie“, ktorá by mala byť známa naprieč rôznorodým svetom výrobcov a zariadení. Inými slovami, pomocou tejto referencie by malo byť možné priamo adresovať konkrétnu hodnotu v AAS bez akejkoľvek znalosti jej štruktúry.

Domains:		
Interoperable Relations (experimental)		
Plugin ImageMap		
Module Type Package (MTP)		
AASX Package Explorer		
Manufacturer Documentation (VDI2770) v1.0		
Manufacturer Documentation (VDI2770) v1.1		
ZVEI Digital Nameplate v1.0		
ZVEI Digital Identification v1.0		
ZVEI TechnicalData v1.0		
Generic Frame for Technical Data for Industrial Equipment (ZVEI) v1.1		
Type	Name	Identification
SM	Identification	[IRI] www.company.com/ids/sm/6563_5072_7091_4267
CD	ManufacturerName	[IRDI] 0173-1#02-AAO677#002
CD	GLNOfManufacturer	[IRDI] 0173-1#02-AAY812#001
CD	SupplierOfTheIdentifier	[IRDI] 0173-1#02-AAP796#004
CD	MAN_PROD_NUM	[IRDI] 0173-1#02-AAO676#003
CD	ManufacturerProductDesignation	[IRDI] 0173-1#02-AAW338#001
CD	ManufacturerProductDescription	[IRDI] 0173-1#02-AAU734#001
CD	NameOfSupplier	[IRDI] 0173-1#02-AAO735#003
CD	GLNOfSupplier	[IRDI] 0173-1#02-AAY813#001
CD	SupplierIdProvider	[IRI] https://www.hsu-hh.de/aut/aas/supplieridprovider
CD	SUP_PROD_NUM	[IRDI] 0173-1#02-AAO736#004
CD	SupplierProductDesignation	[IRDI] 0173-1#02-AAM551#002
CD	SupplierProductDescription	[IRDI] 0173-1#02-AAU730#001
CD	ManufacturerProductFamily	[IRDI] 0173-1#02-AAU731#001
CD	ClassificationSystem	[IRDI] 0173-1#02-AAO715#002
CD	SecondaryKeyTyp	[IRI] https://www.hsu-hh.de/aut/aas/secondarykeytyp
CD	TypThumbnail	[IRI] https://www.hsu-hh.de/aut/aas/thumbnail
CD	AssetId	[IRI] https://www.hsu-hh.de/aut/aas/assetid
CD	SerialNumber	[IRDI] 0173-1#02-AAM556#002
CD	BatchNumber	[IRDI] 0173-1#02-AAQ196#001
CD	SecondaryKeyInstance	[IRI] https://www.hsu-hh.de/aut/aas/secondarykeyinstance
CD	DateOfManufacture	[IRDI] 0173-1#02-AAR972#002
CD	DeviceRevision	[IRI] https://www.hsu-hh.de/aut/aas/devicerevision
CD	SoftwareRevision	[IRI] https://www.hsu-hh.de/aut/aas/softwarerevision
CD	HardwareRevision	[IRI] https://www.hsu-hh.de/aut/aas/hardwarerevision
CD	QrCode	[IRI] https://www.hsu-hh.de/aut/aas/qrcode
CD	OrganisationContactInfo	[IRI] https://www.hsu-hh.de/aut/aas/contactinfo
CD	ContactInfo_Role	[IRI] https://www.hsu-hh.de/aut/aas/role
CD	PhysicalAddress	[IRI] https://www.hsu-hh.de/aut/aas/physicaladdress

Obr. 9 Príklad známych identifikátorov

Avšak zjednotenie týchto identifikátorov má zrejme stále nejakú tú cestu ešte pred sebou.

Čo však AAS ponúka už teraz, je integrácia [eCl@ss](#) pre vlastnosti (properties) pod-modelov. eCl@ss obsahuje štandardizované identifikátory pre zariadenia. Nakoľko databáza týchto identifikátorov je platená, pre lepšiu predstavu obrázok nižšie ukazuje ako takáto databáza identifikátorov vyzerá:

ECLASS Do you have questions?

Version: 11.1 (BASIC) 🇩🇪 🇺🇸 🇫🇷 🇨🇳 [ECLASS-ADVANCED](#) Search in: Classification for: Search for ...

ECLASS Version 11.1 (en)

- 22 Construction technology
 - 23 Machine element, fixing, mounting
 - 24 Office product, facility and technic, papeterie
 - 25 General service
 - 26 Energy, extraction product, secondary raw material and residue
 - 27 Electric engineering, automation, process control engineering**
 - 27-01 Generator
 - 27-02 Electrical drive**
 - 27-02-21 Low-voltage three-phase current asynchronous motor
 - 27-02-22 High voltage three-phase current asynchronous motor
 - 27-02-23 Single-phase alternating current motor
 - 27-02-24 Synchronous motor
 - 27-02-25 DC engine
 - 27-02-26 Servo motor**
 - 27-02-26-01 Servo asynchronous motor**
 - 27-02-26-02 Servo synchronous motor
 - 27-02-26-03 Servo DC motor
 - 27-02-26-04 Servo-Stepper motor
 - 27-02-26-90 Servo motor (unspecified)
 - 27-02-26-91 Servomotor (parts)
 - 27-02-26-92 Servo motor (accessories)
 - 27-02-27 Application specific motor
 - 27-02-28 Linear drive
 - 27-02-29 Three-phase current commutator machine
 - 27-02-30 Gear motor
 - 27-02-31 Static frequency converter

Keywords: Servo Servo motor

Properties:

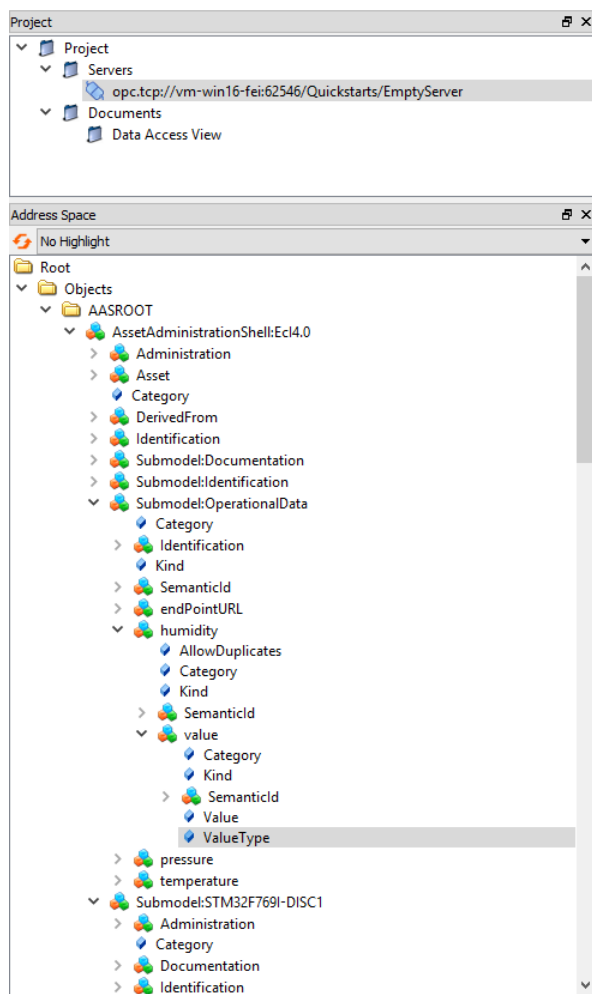
- 0173-1#02-AAU731#001 - Manufacturer product family
- 0173-1#02-AAW338#001 - Manufacturer product designation
- 0173-1#02-AAO663#003 - GTIN
- 0173-1#02-AAO676#003 - product article number of manufacturer
- 0173-1#02-AAO677#002 - Manufacturer name
- 0173-1#02-AAU734#001 - Manufacturer product description
- 0173-1#02-AAY811#001 - URI of the product
- 0173-1#02-AAW336#001 - Supplier product type
- 0173-1#02-AAO735#003 - name of supplier
- 0173-1#02-AAW337#001 - Supplier product order suffix
- 0173-1#02-AAY812#001 - GLN of manufacturer
- 0173-1#02-AAU733#001 - Manufacturer product order suffix
- 0173-1#02-AAO057#002 - Product type
- 0173-1#02-AAO742#002 - Brand
- 0173-1#02-AAU732#001 - Manufacturer product root
- 0173-1#02-AAY927#001 - Diameter / acc. to IEC 60072-1: Dimension K
- 0173-1#02-AAY942#001 - Hole circle diameter / acc. to IEC 60072-1: Dimension M
- 0173-1#02-AAY940#001 - Length / acc. to IEC 60072-1: Dimension EC

Obr. 10 Príklad štandardizovaných identifikátorov eCl@ss

4.3. Komponent pre Priemysel 4.0 ako server

Pomocou *AASX Package Explorer* je možné navrhnuť štruktúru komponentu I4.0. Túto štruktúru je možné uložiť do súboru .aasx. Súbor .aasx je v podstate .zip súbor podľa medzinárodného štandardu ISO/IEC 29500-2:2012 a ECMA-376.

Úložisko [admin-shell-io / aasx-server](#) obsahuje server, pomocou ktorého je možné „oživiť“ vytvorený komponent. AASX server ponúka možnosť komunikácie cez REST, OPC UA alebo MQTT. Z hľadiska interoperability pre Priemysel 4.0 nás zaujíma hlavne možnosť komunikácie cez OPC UA. Žiaľ momentálne AASX server kvôli chybám vo vývoji nedokáže komunikovať cez OPC UA, ale AASX Package Explorer ponúka možnosť exportovať komponent ako informačný model OPC UA *nodeset2.xml* [odkaz na text]. Avšak ani tento informačný model sa nedá použiť v „surovej“ podobe so štandardným OPC UA serverom, kvôli chybám vo formáte a štruktúre. Každopádne, po úprave *nodeset2.xml* je možné tento informačný model nahráť do OPC UA serveru a vytvoriť komponent Priemyslu 4.0.



Obr. 11 OPC UA server s informačným modelom AAS

Tento príklad opisuje komponent I4.0 kde asset (vývojová doska s rozšírením o modul so senzormi) a administrative shell nie sú na jednom zariadení. *Administrative shell* je implementovaný na virtuálnom servery Windows Server 2016 ako OPC UA server. S *asset-om* môže komunikovať napríklad cez RS232 protokol a tak sprostredkovať hodnoty zo snímačov cez komunikáciu vyhovujúcu požiadavkám Priemyslu 4.0.

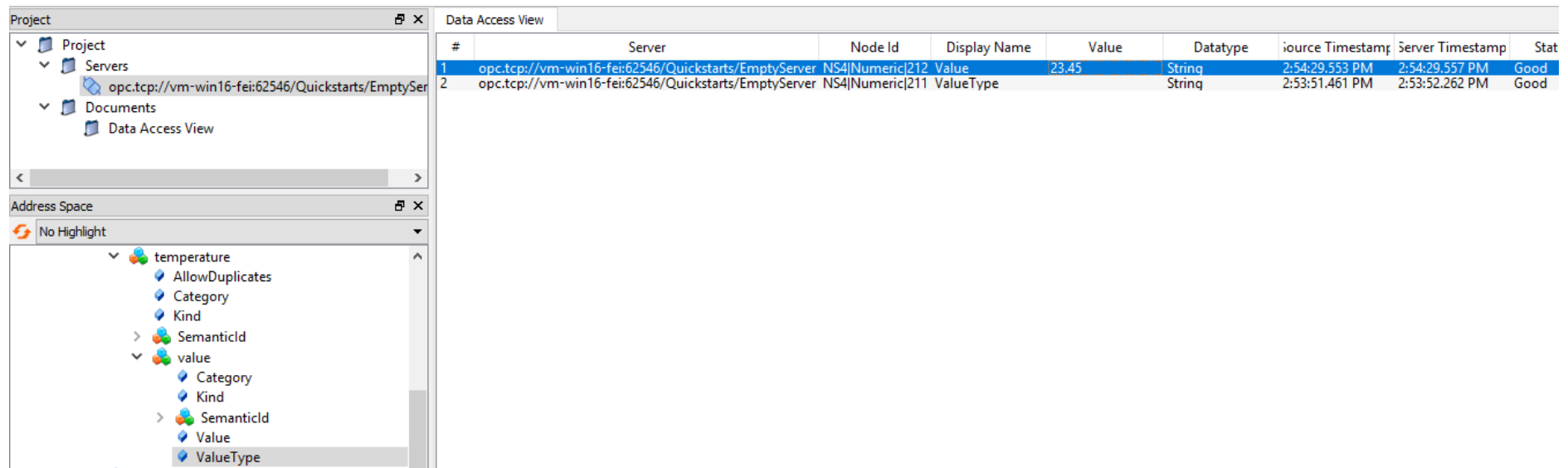
5. Možné rozšírenie riešenia

Aktuálne *AASX Package Explorer* ponúka možnosť modelovania procesných veličín podľa štandardu IEC 61360:

The screenshot displays the AASX Package Explorer interface. On the left, a tree view shows the package structure: "Package" C:\tmp\Ecl4.0-STM32_rA02.aasx > Env "Environment" > Env "AdministrationShells" > AAS "Ecl4.0" V. [IRI, www.phi-ware.com.com/ids/aas/1263_9052_1102_6574] of [IRI, https://www.phi-ware.com/ids/ass...]. Under "OperationalData" [IRI, https://www.phi-ware.com/ids/sm/2544_3152_1102_3163], the "temperature" (2 elements) SMC is selected. Its properties include "endPointURL" = opc.tcp://192.168.0.201:9696, "value" [degC], and "range" = -40 .. 125. The right pane shows the "Content" tab for the "temperature" element. It includes sections for "administration:", "isCaseOf:", "HasDataSpecification:", and "Data Specification Content IEC61360:". The "Data Specification Content IEC61360:" section is highlighted in red and contains the instruction: "Please add a preferred name, which could be used on user interfaces to identify the concept to a human person." Below this, there are fields for "preferredName:", "shortName:", "unit:" (degC), and "unitId:". Buttons like "Create data element!", "Add Reference", "Delete last reference", "Add blank", and "Clipboard" are visible.

Obr. 12 Procesná veličina definovaná podľa IEC61360

Avšak informačný model OPC UA v sebe neodráža nami vymedzenú definíciu, dokonca neobsahuje ani vlastnosť *rozsah (range)*:



The screenshot shows the OPC UA Data Access View interface. On the left, the 'Project' tree shows a hierarchy: Project > Servers > opc.tcp://vm-win16-fei:62546/Quickstarts/EmptyServer > Documents > Data Access View. Below this is the 'Address Space' tree, which shows a hierarchy: No Highlight > temperature > AllowDuplicates > Category > Kind > SemanticId > value > Category > Kind > SemanticId > Value > ValueType. The main table displays data points with the following columns: #, Server, Node Id, Display Name, Value, Datatype, Source Timestamp, Server Timestamp, and Stat. The table contains two rows of data.

#	Server	Node Id	Display Name	Value	Datatype	Source Timestamp	Server Timestamp	Stat
1	opc.tcp://vm-win16-fei:62546/Quickstarts/EmptyServer	NS4 Numeric 212	Value	23.45	String	2:54:29.553 PM	2:54:29.557 PM	Good
2	opc.tcp://vm-win16-fei:62546/Quickstarts/EmptyServer	NS4 Numeric 211	ValueType		String	2:53:51.461 PM	2:53:52.262 PM	Good

Obr. 13 Procesná veličina v informačnom modeli OPC UA

Do budúcnosti bude treba zistiť ako zaručiť vygenerovanie OPC UA informačného modelu, ktorý by bol ekvivalentom modelu AASX. Ďalšou výzvou je vloženie OPC UA servera do vývojovej dosky STM32F769I-DISC1. Tým by bolo dosiahnuté to, že *administratívna schránka* by implementovaná priamo v zariadení a to by mohlo vystupovať samostatne ako komponent Priemyslu 4.0.

6. Záver

Tento text čitateľa oboznamuje s definíciou komponentu Priemyslu 4.0 a jeho mapovaním do referenčného modelu architektúry Priemyslu 4.0 (RAMI4.0). Na praktickom príklade ukazuje ako je možné vytvoriť digitálnu reprezentáciu komponentu I4.0 a aj komponent samotný v podobe servera komunikujúceho cez OPC UA. Text taktiež poukazuje na nedostatky aktuálnych voľných otvorených softvérových nástrojov na tvorbu modelov administratívnych schránok a dáva víziu vloženého komponentu Priemyslu 4.0 priamo v zariadení.

Zoznam literatúry

ACPLT, Process Control Engineering RWTH Aachen University , „openAAS Development Repository for open Asset Administration Shell“. [Online]. Available <https://acplt.github.io/openAAS/> [Accessed May 8 2020]

- [1] P. Drahoš, E. Kučera, O. Haffner, and I. Klimo, “Trends in Industrial Communication and OPC UA”, 2018 Cybernetics & Informatics (K&I), January 2018.
- [2] J. K. Gerrikagoitia, G. Unamuno, E. Urkia and A. Serna, “Digital Manufacturing Platforms in the Industry 4.0 from Private and Public Perspectives”, Applied Sciences 9(14):2934, July 2019.
- [3] M. Hankel, and B. Rexroth, “Industrie 4.0: The Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0)”, German Electrical and Electronic Manufacturers’ Association, Lyoner Strasse 9 • 60528 Frankfurt am Main, German, 2015.
- [4] S. Jaloudi, “Communication Protocols of an Industrial Internet of Things Environment: A Comparative Study”, Future Internet 2019, 7 March 2019.
- [5] Lange, J., Ivanitz, F. and Burke, T.J. (2010). OPC from Data Access to Unified Architecture. 4th ed. Berlin Offenbach
- [6] OPC Foundation, “OPC Unified Architecture Part 3: Address Space Model” 2017. [Online]. Available: <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture> [Accessed May 8 2019].
- [7] OPC Foundation, “OPC Unified Architecture Part 4: Services” 2017. [Online]. Available: <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture/part-4-services/> [Accessed May 8 2019].
- [8] OPC Foundation, “OPC Unified Architecture Part 5: Information Model” 2017. [Online]. Available: <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture> [Accessed May 8 2019].
- [9] OPC Foundation, “OPC Unified Architecture Part 7: Profiles” 2017. [Online]. Available: <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture> [Accessed May 8 2019].
- [10] OPC Foundation, “OPC Unified Architecture Part 14: PubSub”.2017. [Online]. Available: <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture/part-14-pubsub/> [May 8 2019].
- [11] OPC Foundation, “Part 12: Discovery and Global Services”.2018. [Online]. Available: <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture/part-12-discovery-and-global-services> [Accessed May 8 2019].
- [12] OPC Foundation, “OPC Unified Architecture Part 100: Devices”. 2019. [Online]. Available: <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture/part-100-device-information-model/> [Accessed May 8 2019].

- [13] opcfoundation.org, “OPC Unified Architecture Interoperability for Industrie 4.0 and the Internet of Things” . 2019. [Online]. Available: <https://opcfoundation.org/wp-content/uploads/2017/11/OPC-UA-Interoperability-For-Industrie4-and-IoT-EN.pdf> [Nov. 24 2019].
- [14] OPC Foundation, “OPC UA Profiles”, [Online], 2017a. Available: <https://apps.opcfoundation.org/profilereporting/> [Accessed May 3, 2019].
- [15] S. M. Kannan, K. Suri, J. Cadavid, I. Barosan, Mark van den Brand, M. Alferez, and S. Gerard, “Towards Industry 4.0: Gap Analysis between Current Automotive MES and Industry Standards using Model-Based Requirement Engineering”, 2017 IEEE International Conference on Software Architecture Workshops (ICSAW), pp. 29-35, 2017.
- [16] Plattform Industrie 4.0, „SPECIFICATION Details of the Asset Administration Shell“, 2019, [Online]. Available: <https://www.zvei.org/en/press-media/publications/details-of-the-asset-administration-shell/> [Accessed December 29 2020].
- [17] Plattform Industrie 4.0, “Which criteria do Industrie 4.0 products need to fulfil?”, 2019. [Online]. Available: https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/criteria-industrie-40-products.pdf?__blob=publicationFile&v=5 [Accessed May 8 2019].
- [18] Plattform Industrie 4.0 „Details of the Administration Shell - from idea to implementation“ 2019. [Online],. Available <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/vws-in-detail-presentation.html> [Accessed May 8 2020]
- [19] R. Prathama, D. Sharma and A. Golhani, “A topic-based publish-subscribe message broker for SCADA system using hierarchical subscription handling”, 2017 International Conference on Advances in Computing, Communication and Control (ICAC3), 1-2 Dec. 2017.
- [20] R. Pribiš, L. Beňo, and P. Drahoš, “Embedded OPC Unified Architecture software connects your device with Industry 4.0”, PDEs2019 : 16th IFAC Conference on Programmable Devices and Embedded Systems, October 29 - 31, 2019
- [21] R. Pribiš, L. Beňo, and P. Drahoš, “ An Industrial Communication Platform for Industry 4.0 - case study ”, 2020 Cybernetics & Informatics (K&I), Januar 29 - 31, 2020
- [22] J. Qin, Y. Liu, and R. Grosvenor, “A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond”, Procedia CIRP 52, Volume 52, pp.173–178, 2016
- [23] Zvei, „Implementation Strategy Industrie 4.0“, 2016. [Online], Available: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2016/januar/Implementation_Strategy_Industrie_4.0_-_Report_on_the_results_of_Industrie_4.0_Plattform/Implementation-Strategy-Industrie-40-ENG.pdf [Accessed May 8 2020].

