

Fig. 1: Vztah zrcadlení virtuálního a fyzického prostoru, respektive virtuálního a fyzického produktu v něm

note: Grieves to definuje opačně, stejně jako na obrázku, tedy Real Space - Physical Product, ale v češtině dává lepší smysl opačný překlad reálný produkt - fyzický prostor.

Jak je zmíněno výše, digitální dvojče je zasazeno do kontextu životního cyklu produktu (potud ještě Grieves) a v tomto smyslu se digitální dvojče vyskytuje ve všech fázích životního cyklu a má různé podoby a využití - Návrh, prototyp, Instance. Za účelem návrhu, monitoringu, řízení, zlepšování, dokumentaci atp. V našem případě se jednalo o využití k návrhu + výuce.

David Jones a kolektiv ve svém rešeršním článku [2] nadefinovali zásadní pojmy týkající se digitálních dvojčat, jejichž vybrané podstatné položky jsou:

Tab. 1: Tabulka pojmů vztahujících se k digitálnímu dvojčeti. Výběr z [2]

Definiendum	Definiens
fyzická entita	Artefakt (raději prvek) reálného světa
virtuální entita	Počítačově generovaná reprezentace fyzického artefaktu
fyzické prostředí	reálný svět, v kterém je fyzická entita umístěna. Aspekty tohoto prostředí jsou měřeny a předávány do virtuálního prostředí
virtuální prostředí	Existuje v digitální doméně a je obrazem fyzického prostředí.
Fidelity	Věrnost, přesnost virtuální entity, vyjádřená například množstvím parametrů přenesených z reálné na virtuální entitu, jejich přesnost nebo úroveň abstrakce
stav	aktuální hodnoty všech parametrů (raději stavových proměnných)
Twinning	Akt synchronizace reálné a virtuální entity

Domény využití jsou téměř neomezené. Od digitálních dvojčat průmyslových výrobních systémů se přes další technické systémy jako jsou chytré domy nebo Smart Cities dostáváme k digitálním dvojčatům v rostlinné i živočišné výrobě [3].

Jako způsob využití digitálního dvojčete Jones [2] uvádí především (dle literární rešerše) optimalizaci, "data management" a monitoring, návrh, rekonfiguraci a "data driven design", "Model-based predictive control", sledování stavu strojů (možno přidat i prediktivní údržbu) a v nespolední řadě výuku. V souvislosti s tzv. distanční výukou v době koronavirové epidemie jsme byli postaveni před problém "jak učit programování průmyslových systémů bez průmyslových systémů". Tedy řízení bez řízeného objektu. Zatímco v jiných předmětech byla simulace běžná praxe, tak v Řízení programovatelnými automaty bylo v popředí právě připojení reálného systému a simulace nebyla využívána. Pro bezkontaktní výuku tedy bylo potřeba pokud možno zachovat práci s reálným kontrolérem a simulovat jen řízený systém. Tedy v podstatě použít digitální dvojče jako hardware in the loop. Vznikly z toho dva systémy. Jeden využívá simulaci elektropneumatického systému v prostředí FluidSim [4] a druhý simulaci výrobního systému v softwaru FactoryIO [5]. Předchůdcem těchto dvojčat byla bakalářská práce [6], kde simulace probíhala na RPi/Unipi, kteréžto bylo připojeno k PLC Siemens S7-1200. Pokud jsme chtěli využít softwarové simulace, museli jsme i zde mít nejen simulační program, ale k němu i interface pro připojení k reálnému PLC.

## 2 Digitální dvojče ve FluidSimu

FluidSim [4] je software pro simulaci pneumatických, elektropneumatických a hydraulických systémů. Studenti měli za úkol si namísto reálného zapojení úlohu "zapojit" pouze ve FluidSimové simulaci. K tomu byl připojen interface dodávaný výrobcem a nazvaný EasyPort. Ten z jedné strany komunikuje po USB s počítačem, na kterém FluidSim běží a z druhé strany poskytuje výstupy odpovídající 24 V průmyslovému systému - k čemuž je připojeno

PLC 3. Aby studenti mohli vyvíjet program doma, bylo zvoleno PLC Unipi Neuron [7], které je postavené na

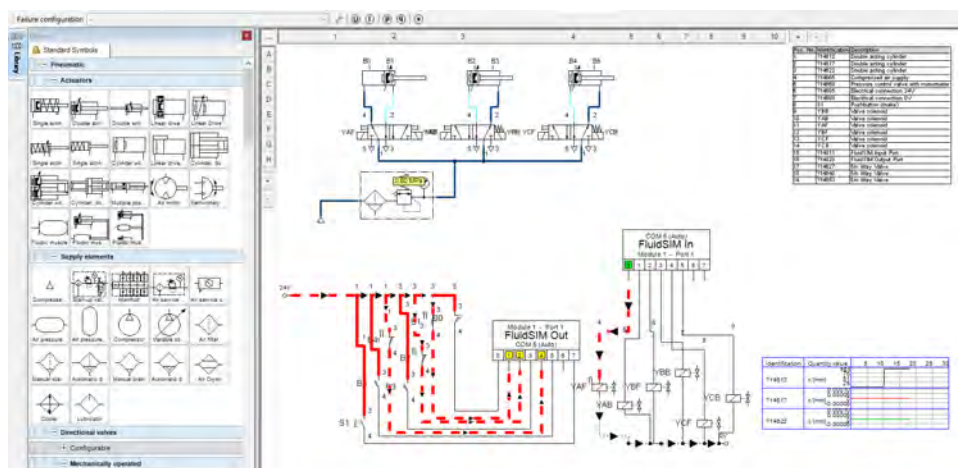


Fig. 2: Simulace elektropneumatického systému ve FluidSimu s připojeným konektorem fyzických výstupů

minipočítači RPi. Výhodou je SW otevřenost systému - v PLC je operační systém Linux a tudíž je možné do něj nahrát/nainstalovat runtime vlastního výběru. Zvolen byl OpenPLC [8], který téměř stoprocentně splňuje normu pro PLC IEC 61131 a disponuje všemi jazyky včetně SFC. Současně se jedná o svobodný a software. Vývojové prostředí je pro Linux i Windows. Studenti tedy mohli vyvíjet doma a testovat na digitálním dvojčeti, které bylo dostupné přes vzdálenou plochu Windows.

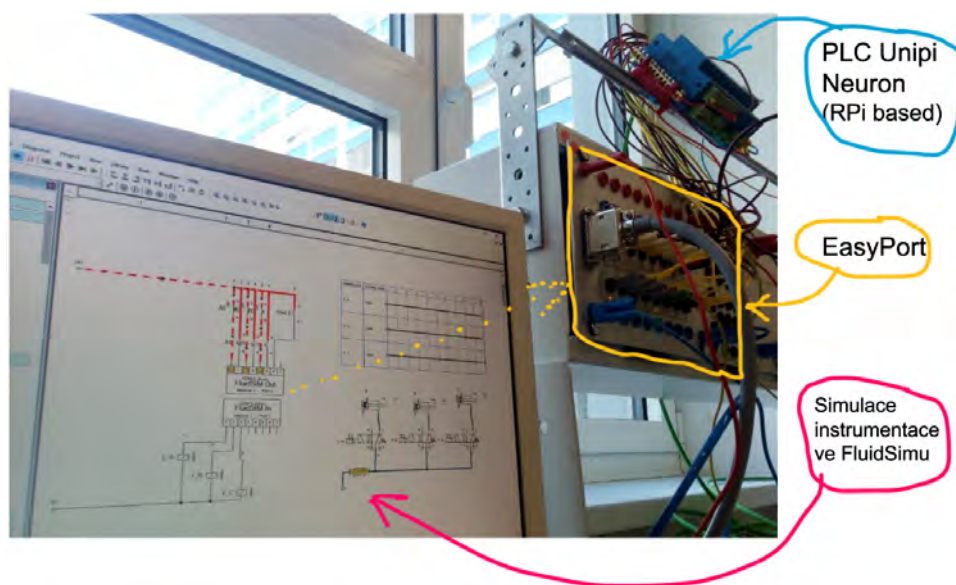


Fig. 3: Zapojení FluidSIMu jakožto digitálního dvojčete reálného elektropneumatického systému využitě pro virtuální zprovoznění úlohy v době distanční výuky

### 3 Digitální dvojče ve FactoryIO [5]

Digitální dvojče ve FactoryIO [5] mělo více variant využití. FactoryIO je simulátor výrobního procesu vytvořený herní společností Real Games. Má vlastní řídicí systém ControllIO a je možné k němu připojit externí řídicí systémy po fyzické vrstvě Ethernetu. Umí komunikovat po různých protokolech:

- Siemens: LOGO!, S7-200 / 200 SMART / 300 / 400, S7-1200 / 1500, S7-PLCSIM, WinSPS-S7
- Allen-Bradley: ControlLogix, CompactLogix, Micro800, MicroLogix 1100 1400, SLC 5/0X and SoftLogix

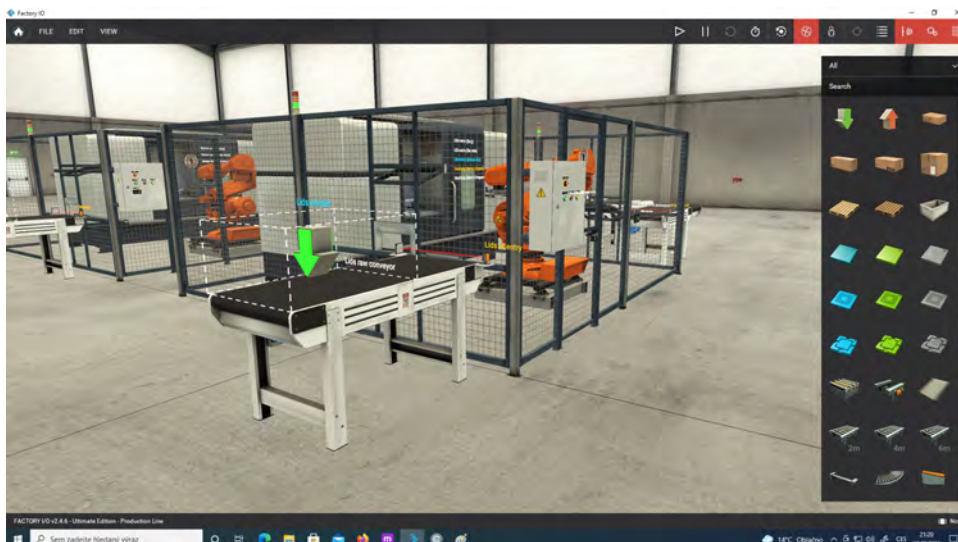


Fig. 4: Celá simulovaná scéna s robotizovanou buňkou s CNC strojem

- Modbus: Modbus TCP/IP Server and Client
- OPC: Client DA/UA
- Simulator Grafset-Studio (Automgen: Grafset and SysML)

Pro naše účely jsme používali komunikační řetězec: **OpenPLC - Modbus - FactoryIO**

## 4 Kyberpunkový závěr

„Konsenzuální halucinace prožívaná denně miliardami legitimních operátorů, v každém národě, dětmi, které se učí matematickým pojmům ... grafické zobrazení dat abstrahovaných z paměti každého počítače v lidské společnosti. Nepředstavitelná komplexita. Linie světla rozprostírající se v neprostoru mysli, klastry a konstelace dat. Jako světla velkoměsta, vzdalující se..." [9] Svobodný svět oprostěný od omezení fyzickou tělesností. Kyberkultura a kyberpunk jsou koncepty a hnutí, která pronikla do společenského prostoru nejdříve v době, kdy vlastnictví počítače bylo výsadou úzkého okruhu vyvolenců, které první počítače vtáhly do jejich světa a držely. Pohledem z vnějšku není jasné zda oni mistrně ovládali počítače ... nebo to bylo naopak. Typickým obrazem byl outsiderský vzhled, neatletická postava, mužské pohlaví a soustředění na to, jak počítač dokáže rozšířit naše mentální schopnosti (nebo naopak oni rozšiřovali schopnosti počítače?) a počítač, který jako paměťové médium používal kazetový pásek. Prostor vytvořený technologií nemusí být jen prostorem otevřeným simulaci a manipulaci - je i kreativním rozhraním, dovolujícím seberealizaci „reálně neuskutečnitelným" způsobem [10].

Stávají se z nás kyborgové, kombinace stroje a člověka. Naše technika se stále zmenšuje, je nám čím dál bližší a zanedlouho námi prostoupí.

- Bojuj s mocí.
- Pošli zpětnou vazbu zpátky do vládnoucího systému.
- Surfuj na Okrajích

BRANWYN, G. Kyberpunkové teze. cit dle [11]

Ale ona tato romantika exkluzivity končí v okamžiku, kdy je v tajném bratrstvu kyberpunkerů a počítačových mágů každý kdo chce. A po dobu online výuky tam do jisté míry museli být i ti, kdož ani nikdy nechtěli. A i ti si museli vyzkoušet zapojení se do online systému. Být neustále připojen k té "konsenzuální halucinaci". Téměř Matrix naživo. Literární kyberpunk se ve srovnání s online výukou minulých tří semestrů jeví jako pohádka pro malé děti.

## Acknowledgement

The project was supported by grant SGS20/159/OHK2/3T/12.



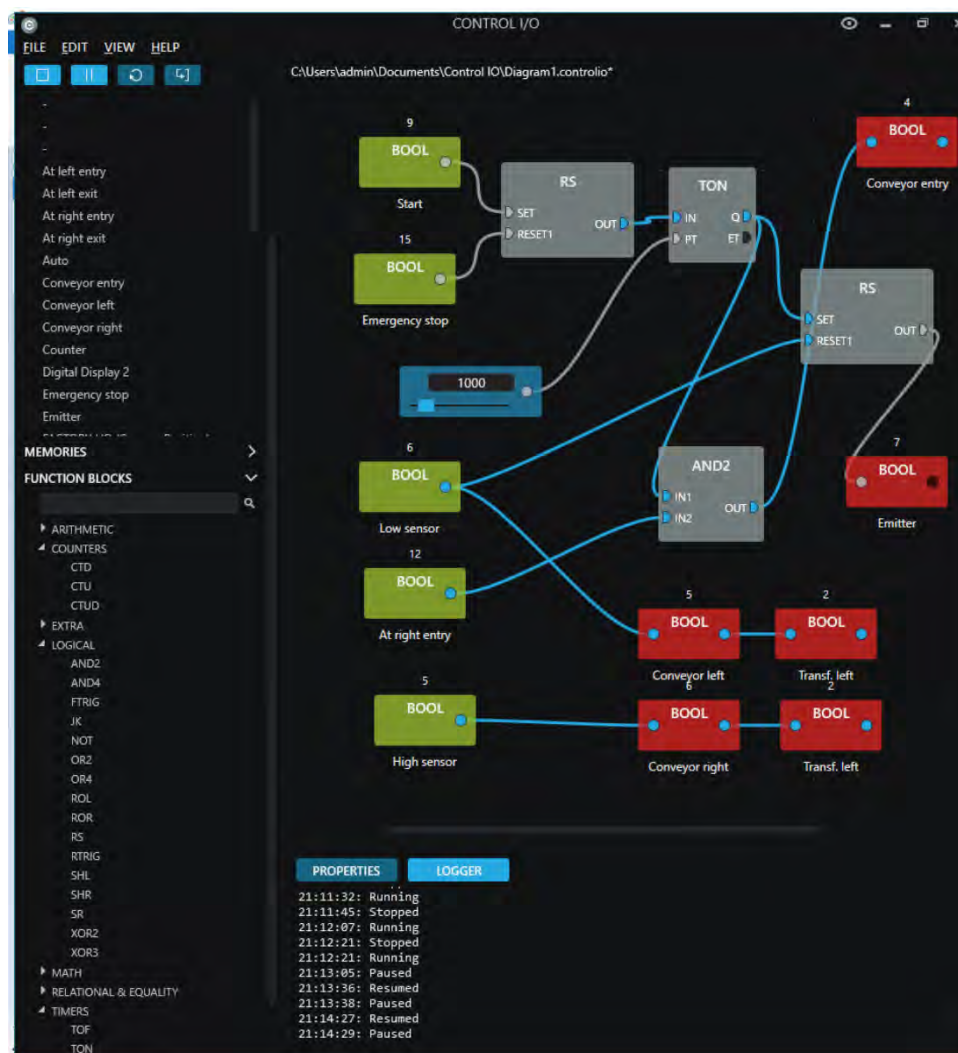


Fig. 5: Řídicí program v jazyce FBD napsaný v interním programovacím prostředí ControlIO

## Literature

- [1] Michael Grieves. Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication. 2014.
- [2] David Jones, Chris Snider, Aydin Nassehi, Jason Yon, and Ben Hicks. Characterising the digital twin: A systematic literature review. 29:36–52.
- [3] Christos Pylidianis, Sjoukje Osinga, and Ioannis N. Athanasiadis. Introducing digital twins to agriculture. 184:105942.
- [4] Fluidsim 5.
- [5] Real Games. Factoryio.
- [6] Kirill Rassudikhin. *Simulátor výrobního zařízení založený na RPi+UniPi*. 2020.
- [7] Faster CZ spol. s r.o. Unipi neuron, 2014-2021.
- [8] Thiago Alves. Openplc, April 17, 2019.
- [9] William Gibson. *Neuromancer*. Laser. OCLC: 42030019.
- [10] Jakub Macek. Defining cyberculture [koncept rané kyberkultury]. Publisher: Unpublished.
- [11] Kateřina STOJASPALOVÁ. *Průkopníci“ kyberkultury: Kyberpunk a Digerati*. Masarykova univerzita, Filozofická fakulta, Ústav české literatury a knihovnictví, Kabinet knihovnictví.



**Selected article from**

**Tento dokument byl publikován ve sborníku**

**Nové metody a postupy v oblasti přístrojové  
techniky, automatického řízení a informatiky 2021  
New Methods and Practices in the Instrumentation,  
Automatic Control and Informatics 2021**

**15. 9. – 17. 9. 2021, Žatec**

**ISBN 978-80-01-06889-2**

Web page of the original document:

<http://iat.fs.cvut.cz/nmp/2021.pdf>

Obsah čísla/individual articles:

<http://iat.fs.cvut.cz/nmp/2021/>

Ústav přístrojové a řídicí techniky, FS ČVUT v Praze, Technická 4, Praha 6