

Slovenská technická univerzita v Bratislave
Fakulta elektrotechniky a informatiky

PLC systémy a vizualizácia

Učebný text

2023

Ing. Filip Žemla, PhD.

Riadiace a vizualizačné technológie vo výrobe

Súčasnú dobu vo výrobe charakterizuje nástup štvrtej priemyselnej revolúcie podľa konceptu Industry 4.0, ktoré kladú vysoké požiadavky na riadiace systémy, HMI a komunikáciu vo výrobnom procese. Ich realizácia spočíva v niekoľkých krokoch s využitím rôznych technológií pre riadenie, zber dát, ich spracovanie a vizualizáciu procesu. Základným prostriedkom pre riadenie v priemyselnej výrobe diskretného typu sú PLC zariadenia.

1. PLC zariadenia

PLC zariadenia sa využívajú najmä pre automatizáciu výrobných liniek a strojov. PLC zariadenia zberajú dáta z procesu a odosielať ich do SCADA systému a do inžinierskych staníc (HMI), kde sú vizualizované. Zariadenia na úrovni procesu tiež môžu prijímať dáta, vďaka ktorým je možné meniť výrobný program, dohliadať na proces prípadne priamo ovládať výrobnú linku.

História

V minulosti sa na ovládanie strojov vo veľkej miere využívala relé technológia. Relé funguje tak, že využíva cievku, ktorá pri napájaní vytvorí magnetickú silu a zopne spínač. Hlavnými problémami spojenými s relé ovládaním boli jeho vysoká poruchovosť a komunikačná rýchlosť, ktorá bola veľmi pomalá. V 60. rokoch sa preto spoločnosť General Motors rozhodla zostaviť polovodičové zariadenie, ktoré nahradilo komplikovanú relé technológiu, o čo sa pričínili Dick Morley v roku 1969. Neskôr v roku 1973 Michael Greenburg navrhol prvé komerčne úspešné PLC [1, 2, 3], Obr. 1.

PLC zariadenia sa už od začiatku 70. rokov stali viac, ako len náhradou za relé. Samotné aplikácie pre PLC zariadenia sú rozšírené o množstvo programovacích jazykov, ako napríklad o vykonávanie zložitých matematických funkcií, či podporu komunikačných protokolov a ich štruktúr, či v neposlednom rade o modularitu vstupných a výstupných konektorov. V roku 2001 spoločnosť ARC prišla s pojmom programovateľný automatizačný ovládač (PAC), ktorým označila vysoko pokročilé PLC, ktoré zahŕňa softvér fungujúci na báze PC s rozhraním človek-stroj (HMI). Po tom, čo sa technológia PAC rozbehla, prevažne vo väčších organizáciách, niektorí odborníci predpovedali, že staromódne systémy PLC po určitej dobe zaniknú. PLC zariadenia sa však naďalej používajú vo veľkej miere a ich vývoj stále napreduje [1, 2].



Obr. 1 Prvé funkčné PLC zariadenie [4]

Rozdiel medzi PLC a PAC

K riadeniu strojov sa tradične používajú PLC. Zo začiatku šlo o jednoduché ovládanie zariadenia. Časom sa však technológia PLC vyvinula do štádia, aby zvládala aj vysokorýchlostné riadenie. PLC vykonávajú programy v rámci obmedzenej pamäti a zameriavajú sa na diskretnú sadu vstupov a výstupov.

PAC boli vyvinuté oveľa neskôr a fungujú najmä v zložitých architektúrach automatizačných systémov. Takéto architektúry môžu zahŕňať veľké množstvo softvérových aplikácií na báze PC, ako sú napríklad funkcie HMI, správa aktív, či pokročilé riadenie procesov. Ak však má spoločnosť rozsiahle požiadavky na riadenie procesov, tak PAC môže riadiť analógové vstupy a výstupy lepšie, keďže ponúka väčšiu flexibilitu programovania, poskytuje väčšiu kapacitu pamäte a poskytuje lepšiu interoperabilitu, Obr. 2.



Obr. 2 PAC zariadenie (vľavo), PLC zariadenie (vpravo) [5, 6]

1.1.1 Výrobcovia PLC zariadení

V tejto časti sa zoznámime s najväčšími výrobcami PLC zariadení, ktorí svoje zariadenia dodávajú po celom svete a priblížime ich najznámejšie produkty.

Siemens

Najväčším dodávateľom PLC zariadení s viac ako 30 percentným podielom na trhu je Siemens. Ponúka predovšetkým veľké spektrum programovacích logických jednotiek a ich modulov. Medzi jeho najpoužívanejšie modely patria S7-1500, S7-1200, S7-400, S7-300 a Siemens Logo, Obr. 3. PLC ponúka jednoduché internetové pripojenie prostredníctvom Ethernet TCP/IP a komunikáciu cez Profinet, alebo Profibus [9, 10].



Obr. 3 Siemens PLC zariadenia [7]

Rockwell Automation

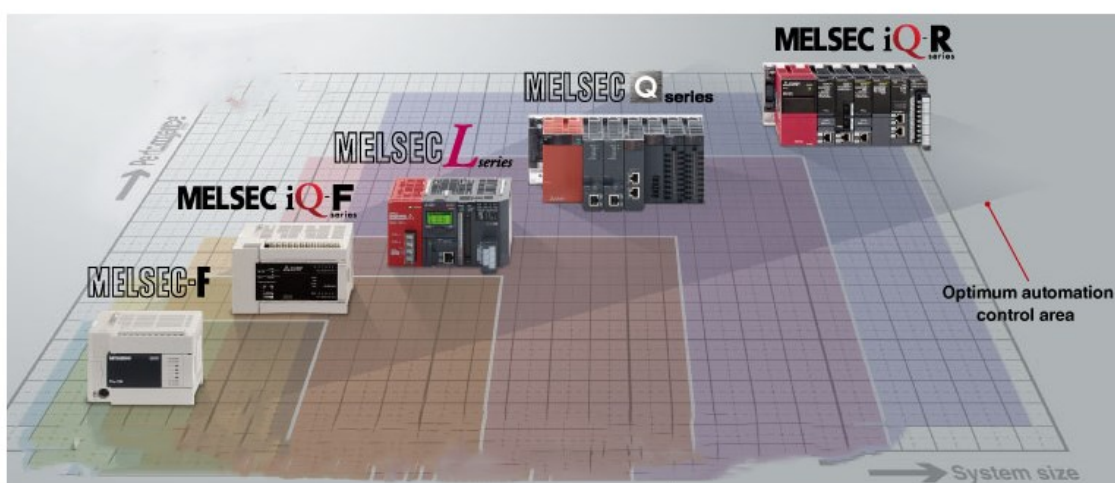
Jednou z najstarších firiem dodávajúcej PLC zariadenia je Rockwell Automation. Spoločnosť bola založená v roku 1903. Svoje zázemie má v USA, kde sú ich zariadenia aj najpoužívanejšie. Zariadenia rozdelili do skupín na základe veľkosti riadiacich systémov, Obr. 4. Pre veľké riadiace systémy je model ControlLogix5580, alebo ControlLogix 5570. Druhou kategóriou sú PLC zariadenia určené pre malé riadiace systémy, kam patria modely CompactLogix 5480, CompactLogix 5380, CompactLogix 5370 a SmartGuard 600. Poslednú skupinu tvoria PLC zariadenia pre mikro riadiace systémy. Sem patria modely Micro870, Micro850, Micro830, Micro820, Micro810 a MicroLogix 1100, 1400 a 1200 [8, 10].



Obr. 4 Rockwell Automation PLC zariadenia [11]

Mitsubishi Electric

Mitsubishi Electric tvorí jedno z odvetví veľkého konglomerátu Mitsubishi Group. Sídlo je v Japonsku, kde je aj najväčším dodávateľom PLC zariadení. Spoločnosť je zároveň dodávateľom zariadení pre všetky veľkosti riadiacich systémov, Obr. 5. Pre veľké riadiace systémy ponúka modely MELSEC iQ-R a MELSEC Q. Model MELSEC-L je určený pre malé riadiace systémy a pre mikro riadiace systémy sú určené modely MELSEC iQ-F a MELSEC-F. [10, 12].



Obr. 5 Mitsubishi Electric PLC zariadenia [12]

ABB

Firma ABB je pôvodom zo Švédska a Švajčiarska. Poskytuje riešenie najmä pre malé, stredné, ale aj veľké riadiace systémy, Obr. 6. V poslednej dobe si získala veľkú popularitu a to najmä vďaka veľkému rozpätiu využitia svojich PLC zariadení. K najpoužívanejším zariadeniam patria AC500, AC500-eCo, AC500-S a AC500-XC [10, 13].



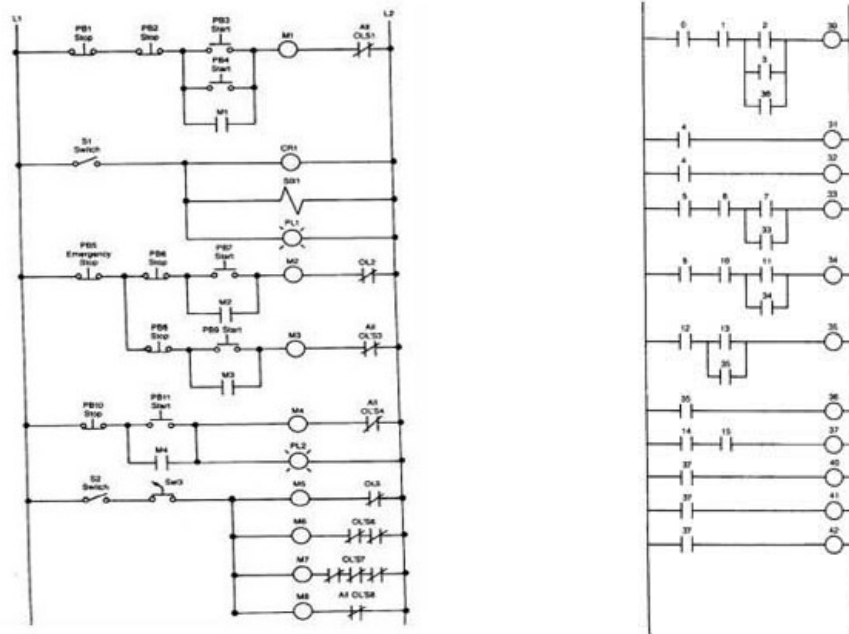
Obr. 6 ABB PLC zariadenia [13]

1.1.2 Programovacie jazyky PLC

Ako je možné už z názvu určiť, PLC zariadenia sú programovacie zariadenia, ktoré sa programujú v programovacom jazyku. Programovacích jazykov PLC zariadení poznáme veľké množstvo. V súčasnosti je najpoužívanejších 5 jazykov stanovených Medzinárodnou elektrotechnickou komisiou IEC 61131, ktoré stručne opíšeme.

Rebríková schéma (LD - Ladder Diagram)

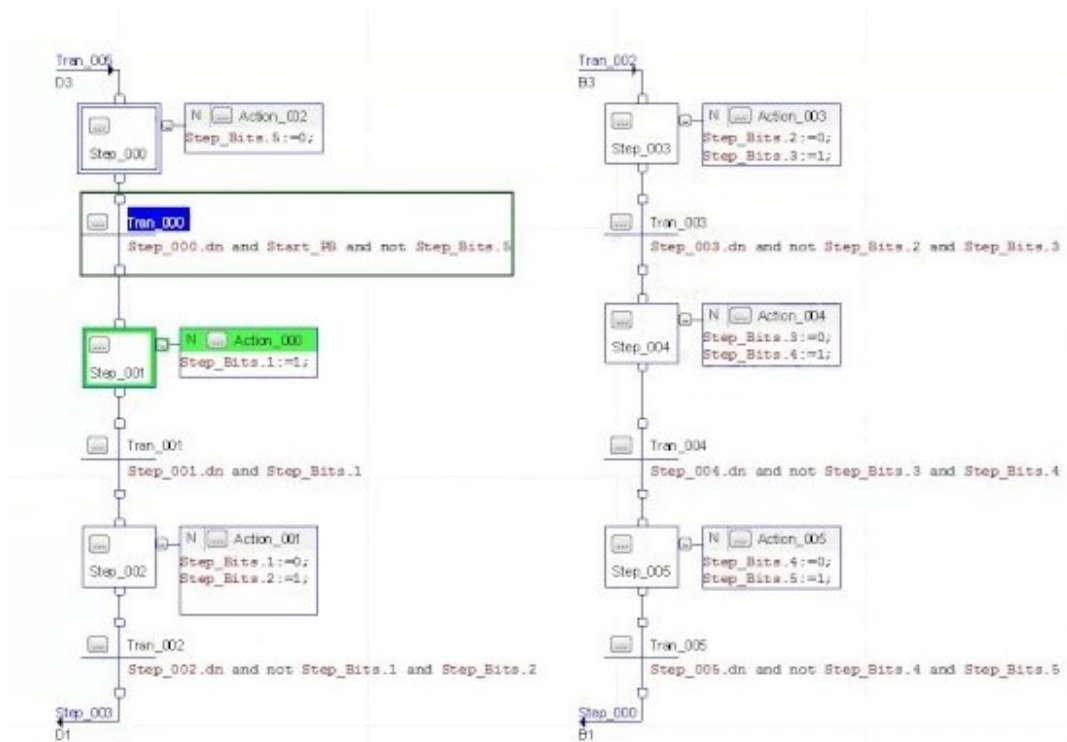
Pri prechode z relé technológie na súčasné PLC zariadenia bol vytvorený programovací jazyk s rebríkovou logikou. Rebríkovú schému navrhli tak, aby bola čo najviac podobná elektrotechnickým výkresom zapojenia relé technológie. Celú logiku tohto programovacieho programu je možné opísať v jednej vete a to: „Ak je vstupné relé ‚pravda‘, cesta pokračuje a ak je ‚nepravda‘, nie.“. Od svojho vzniku sa tento programovací jazyk vyvíjal, avšak základné princípy zostali zachované. I keď je tento jazyk najstarší zo všetkých vymenovaných, stále sa radí medzi najpopulárnejšie jazyky aj v súčasnej dobe. Programuje sa v smere z ľavej strany doprava [14, 15, 16], Obr. 7.



Obr. 7 Schéma relé technológie (vľavo), Rebríková schéma (vpravo) [14]

Vývojový diagram (SFC - Sequential Function Charts)

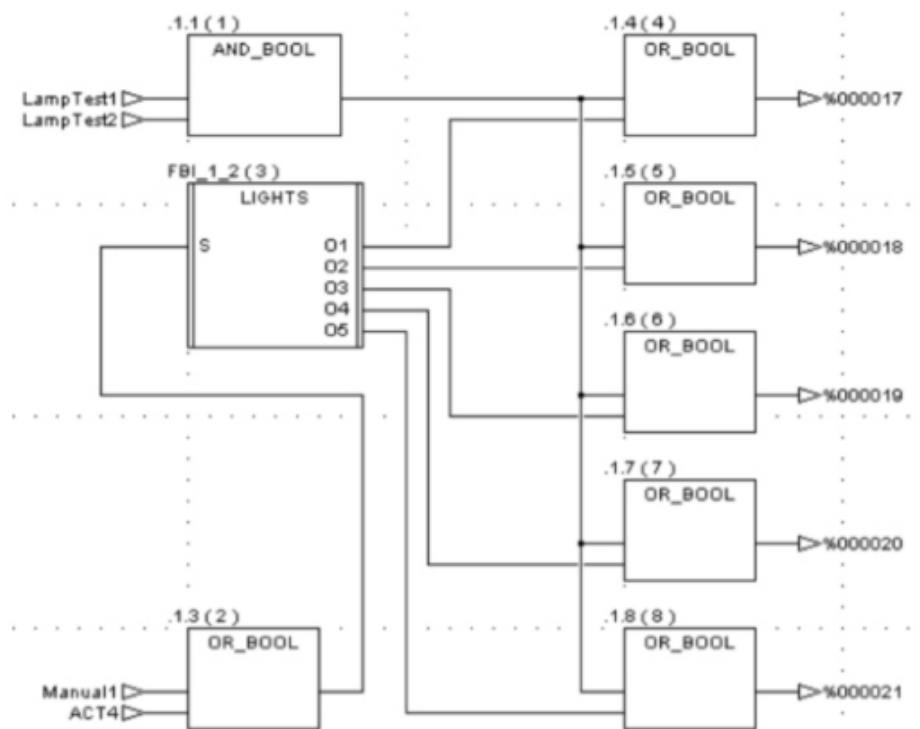
Zápis je orientovaný graficky, čo umožňuje jednoduché definovanie postupnosti a správania programu, Obr. 8. Výhodou je vývojový diagramu v grafickej prehľadnosti kódu a prehľadné ošetrenie stavov v programe [14, 15].



Obr. 8 Vývojový diagram [14]

Funkčné bloky (FBD - Function Block Diagram)

Funkčný blokový diagram FBD je programovací jazyk, ktorý bol vyvinutý s ohľadom na procesy. Funkčné bloky vyjadrujú jednotlivé procesy a ich následnú postupnosť v programovacom kóde. Funkčné bloky sú organizované v riadkoch, rovnako ako v rebríkovej schéme, Obr. 9. Najväčšou výhodou, ktorú programovací jazyk ponúka je, že je možné zabalit veľké časti samotného kódu do blokov a vzájomne ich spojiť, čo umožňuje predovšetkým vývojárom väčšiu prehľadnosť [14, 15, 16].



Obr. 9 Funkčné bloky [15]

Štruktúrovaný text (ST - Structured Text)

Tento programovací jazyk na rozdiel od predchádzajúcich je v textovej štruktúre. Je veľmi podobný jazykom ako C, alebo Pascal. Kód je písaný v riadkoch, ktoré sú vykonávané sekvenčne, obsahuje vetvenie (if, else, then, case), cykly (while, for) a funkcie, podobne ako aj ostatné moderné programovacie jazyky, Obr. 10. Je tiež vhodný pre riadiace systémy, kde sú využité zložité riadiace a výpočtové algoritmy, realizácia digitálnych filtrov a linearizácia signálu [14, 15, 16].

2. Vizualizačné systémy

Vizualizačné systémy sú určené na konzistentné zobrazenie údajov. Všetky tieto údaje musia byť dostatočne viditeľné s dodržaním ergonomických pravidiel a psychologických predpokladov. Pracovné prostredie, v ktorom sú zobrazené údaje, musí byť nakonfigurované a prispôsobené užívateľovi [17].

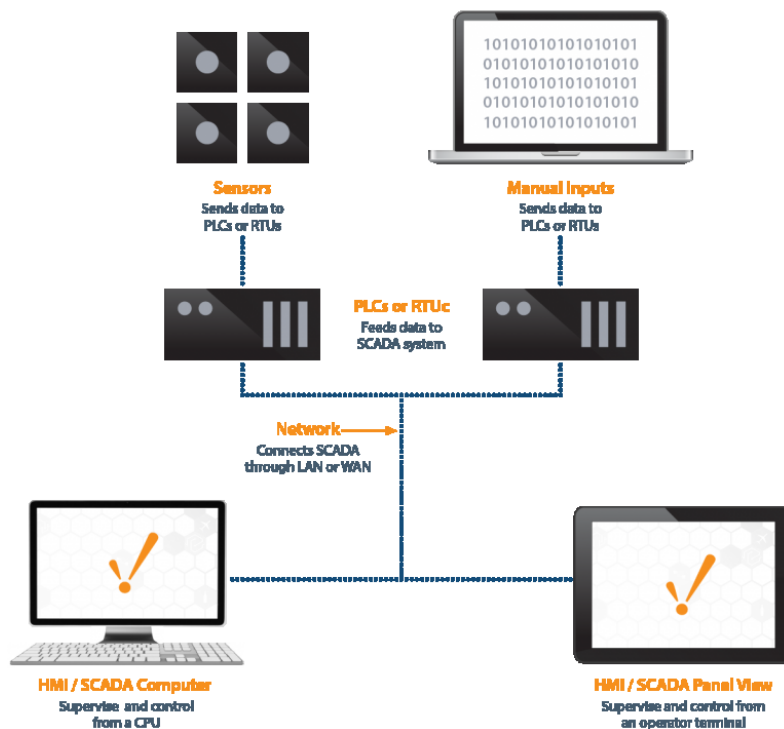
„Ideálne rozhranie je prehľadné, transparentné a je nenápadné, ako je to najmenej možné. Umožňuje používateľovi sústrediť sa na riadenie procesu bez odvádzania pozornosti jeho samotným vzhľadom.“ [17]

Človek ako taký je schopný prijať 1 milión bitov za sekundu, ale spracovať dokáže iba 100 bitov za sekundu. Preto je teda potrebné vytvoriť jednoduché prostredie, ktoré obsahuje najdôležitejšie informácie. Toto prostredie nazývame HMI, alebo rozhranie človek – stroj. Pre uľahčenie spracovania informácií sa používa farebné kódovanie. Podľa normy IEC 73 je potrebné dodržať pravidlá pre farebné označenie hodnôt podľa Tabuľka 11 [17].

Farba	Stav	Stav podľa IEC 73	Požiadavka na operátora
Červená	Alarm	Naliehavý prípad	Nevyhnutná okamžitá reakcia
Žltá	Varovanie	Odchýlka od želaného stavu	Venovanie pozornosti a sledovanie
Zelenožltá	Výstražné varovanie	Odchýlka od želaného stavu	Venovanie pozornosti
Zelená	Normálny		Žiadna
Modrá	Výzva na zásah		Potrebný zásah
Bielá, sivá, čierna	Bez špeciálneho určenia		

Tabuľka 1 Význam kódovania farieb podľa normy IEC 73

Vizualizačné systémy sú realizované cez SCADA aplikácie. SCADA aplikácie sú prispôbené zberu a riadeniu dát celého objektu z jedného monitorovacieho miesta. SCADA systémy sú zložené z troch komponentov, a to z PLC, komunikačnej štruktúry a hlavnej stanice s HMI. PLC sníma hodnoty, ktoré sú následne odosielané do hlavnej stanice po komunikačnej štruktúre. Hlavná stanica zobrazí operátorovi hodnoty, ktoré prijme, v grafickej a číselnej forme cez HMI. Tieto hodnoty je možné ovládať po zadaní hodnoty operátorom. V stanici sa vyšle signál do PLC, ktoré následne nastaví proces na požadované správanie. Sústava SCADA komponentov je zobrazená na Obr. . Systémy sú využívané najmä v priemyselných výrobných halách, avšak v dnešnej dobe majú uplatnenie najmä v technológii Smart home, alebo Web technológii a to len vďaka možnosti vzdialeného prístupu [17].



Obr. 12 Diagram SCADA systémov [18]

2.1 Promotic

Promotic system je SCADA/HMI systém vytvorený pre tvorbu aplikácií v priemyselnej automatizácii, Obr. 13. Promotic systém vytvorila v roku 1991 spoločnosť MICROSYS, spol. s.r.o s pôsobiskom v Českej republike. Dnes sa Promotic nachádza medzi najpoužívanejšími SCADA systémami vo svete. Ocenenie si zaslúžil vďaka sústredenej pozornosti Promotic tímu na kvalitu služieb, ktoré poskytujú zákazníkom. Neustále ďalej vyvíjajú svoj produkt a to v podobe nových verzií, aktuálna verzia je 9.0.8. Promotic obsahuje bohatú dokumentáciu a

poskytuje špičkovú technickú podporu. Keďže sa Promotic neustále vyvíja, pribúdajú aj funkcie, ktoré poskytuje. Dokáže pristupovať k databázam od tých najjednoduchších, ako je Microsoft Excel, alebo Microsoft Access až po databázy Oracle, MySQL, PostgreSQL. Prispôbil sa tiež potrebám užívateľov pre vzdialený prístup pridaním funkcie Web servera. Web server poskytuje konverziu aplikácie do HTML, XML, PHP a JS súborov pre internetové prehliadače. Prenos dát je založený na štandardnom HTTP protokole a prístup do aplikácie je ošetrený bezpečnostným prihlásením. Promotic systém podporuje prácu s dvoma skriptovacími jazykmi, VBScript a JavaScript. VBScript využívame pri lokálnych aplikáciách a JavaScript práve pri spomínaných Web aplikáciách [17].



Obr. 13 Logo Promotic aplikácie [19]

2.2 Simatic WinCC

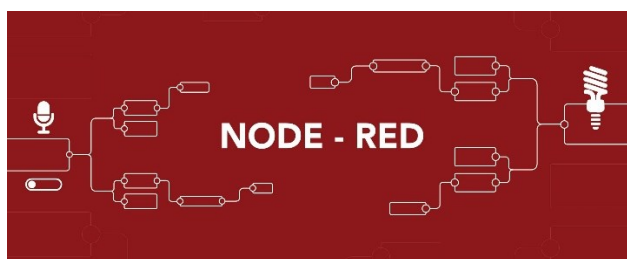
Simatic WinCC je SCADA/HMI systém od spoločnosti Siemens, ktorý je navrhnutý tak, aby umožnil splniť požiadavky všetkých druhov aplikácií pre jednoduché, zložité, ale aj distribuované aplikácie s viacerými servermi a klientmi. Práca s databázou sa realizuje v rozhraní relačnej databázy na serveri MS SQL Server, ktorá obsahuje konfiguračné a archívne dáta. Všetky najpoužívanejšie komunikačné protokoly pre pripojenie PLC od Siemensu (PROFIBUS, PROFINET a OPC) a komunikačné kanály (MODBUS TCP/IP a AllenBradley Ethernet IP) sú súčasťou základného balíka systému WinCC bez potreby dokúpenia licencie. OPC protokol využívajú všetci výrobcovia PLC a v tom prípade neexistuje žiadne obmedzenie pre pripojenie akéhokoľvek sieťového zariadenia do WinCC [17].

2.3 Reliance

Reliance systém je SCADA/HMI systém od spoločnosti GEOVAP, ktorá vyvinula Reliance softvér v roku 1997. Za viac ako 20 rokov si táto aplikácia našla uplatnenie po celom svete. Rozsah použitia Reliance aplikácie je široký, od vizualizácie strojov, inštalácií systémov smart domácností, systémov výrobných závodov, alebo monitorovaní rozľahlých distribučných sietí [17].

2.4 Node Red

Node Red vyvíjaný spoločnosťou IBM od roku 2013 bol pôvodne vyvinutý ako projekt s otvoreným zdrojovým kódom s funkciami pre rýchle pripojenie zariadení k webovým službám. Postupne sa vyvinul na všeobecný nástroj pre programovanie aplikácií Internetu vecí. V súčasnej dobe Node Red disponuje viacerými funkciami, čím sa stal výkonným nástrojom pre tvorbu aplikácií Internet of Things, ale aj iných zariadení s komunikačným pripojením [20, 21], Obr. .



Obr. 14 Node-Red logo [22]

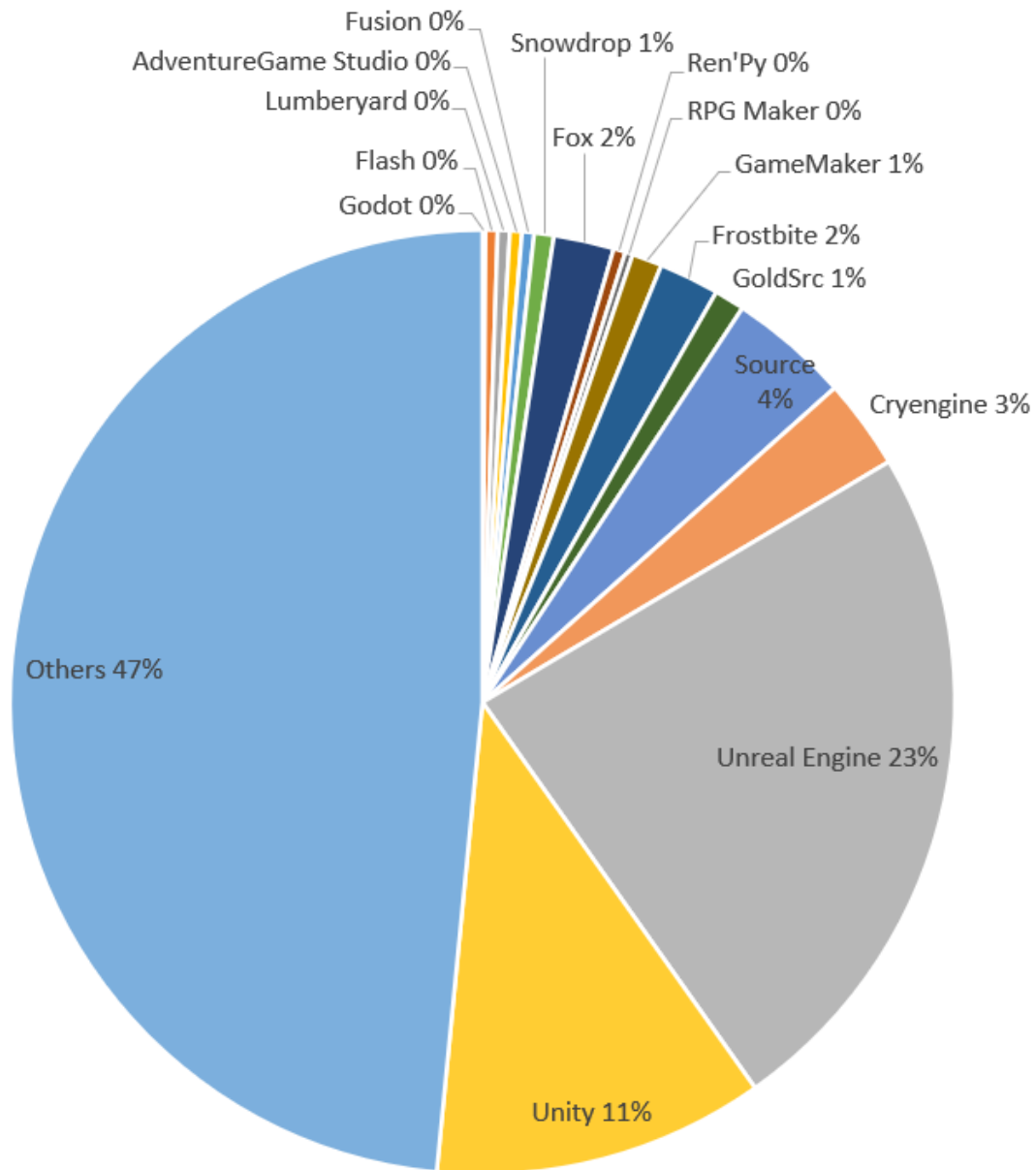
Hlavnou výhodou Node Red-u je využitie tvorby jednoduchých tokov kódu v prepojení funkčných blokov. Umožňuje prijímanie a odosielanie dát pomocou rôznych komunikačných protokolov a ovládanie zariadenia v reálnom svete. Ďalšou funkciou, ktorú Node Red ponúka je tvorba vizualizácie a možnosti vytvorenia servera [20, 21].

2.5 3D enginy Unity a Unreal Engine

V poslednej dobe sa využíva pre vizualizáciu dát aj rozšírená realita, kde nastupujú na scénu herné enginy, ktoré sa neustále zlepšujú. Herných enginov na trhu existuje nespočetné množstvo, čo môžeme vidieť v grafe na Obr. 15. Medzi najrozšírenejšie sa považujú produkty od dvoch veľkých konkurentov, Unity a Unreal Engine. Oba herné enginy existujú už dlhú dobu ako platformy na vývoj videohier, vďaka čomu bola pridaná podpora pre vývoj hier v rozšírenej realite. S nástupom rozšírenej reality do priemyslu sa tieto herné enginy začali využívať aj pre vizualizáciu dát v priemyselnom prostredí [23].

Oba herné enginy poskytujú rovnaké množstvo vývojárskych nástrojov na tvorbu aplikácií v rozšírenej realite. Preto z technického hľadiska sú na rovnakej úrovni. Rozdiel je v programovaní algoritmov, Unity Engine využíva programovací jazyk C# a Unreal Engine využíva C++. Unreal Engine poskytuje aj možnosť programovať vo vizuálnom skriptovacom systéme s názvom Blueprints. Aj keď možnosť voľby typu programovania môže vyzeráť ako

výhoda, opak je pravdou. V takomto prípade je možné jedno riešenie vytvoriť dvoma spôsobmi, čo rozdeľuje komunitu developerov na dva tábory. Ďalším rozdielom medzi týmito dvoma konkurentmi je, že Unity poskytuje približne trojnásobne viac položiek (3D modely, animácie, materiály...) vo svojom markete a približne dvojnásobne viac dokumentácie ako Unreal Engine [23].



Obr. 15 Podiel herných enginov na trhu [23]

Zoznam použitej literatúry

- [1] Library.automationDirect, *History of the PLC* [online]. Dostupné z: <https://library.automationdirect.com/history-of-the-plc/>
- [2] UpKeep, *What's the History of the PLC?* [online]. Dostupné z: <https://www.onupkeep.com/answers/maintenance-history/history-of-the-plc>
- [3] ThePLCTutor, *History* [online]. Dostupné z: <http://theplctutor.com/history.html>
- [4] DaveM580. *The first PLC* [online]. Dostupné z: <https://www.rs-online.com/designspark/rel-assets/dsauto/temp/uploaded/ib2.jpg?w=1042>
- [5] MotionControTips, *PAC zariadenie* [online]. Dostupné z: <https://www.motioncontroTips.com/wp-content/uploads/2017/05/2017-05-Advantech-PAC-APAX-5000-control-IPC-series-is-an-industry-first-modular-IPC-copy-e1494525718200.jpg>
- [6] Cloudinary. *PLC zariadenie* [online]. Dostupné z: https://res.cloudinary.com/rsc/image/upload/b_rgb:FFFFFF,c_pad,dpr_1.0,f_auto,q_auto,w_700/c_pad,w_700/F8624461-01.jpg
- [7] Frank, *Siemens PLCs* [online]. Dostupné z: <https://automationprimer.com/2014/03/16/siemens-plcs/>
- [8] Rockwell Automation, *All PLC Programmable Controllers* [online]. Dostupné z: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/allen-bradley/programmable-controllers/all-products.html>
- [9] Siemens, *Simatic Controllers* [online]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc.html>
- [10] Sam Francis, *Top 20 programmable logic controller manufacturers* [online]. Dostupné z: <https://roboticsandautomationnews.com/2020/07/15/top-20-programmable-logic-controller-manufacturers/33153/>
- [11] Rockwell Automation. *All PLCs Image* [online]. Dostupné z: <https://rockwellautomation.scene7.com/is/image/rockwellautomation/16x9-compactlogix-control-system-group-image.768.jpg>
- [12] Mitsubishi Electric, *Product Features MELSEC* [online]. Dostupné z: <https://www.mitsubishielectric.com/fa/products/cnt/plc/pmerit/index.html>
- [13] ABB. *Programmable Logic Controllers PLCs* [online]. Dostupné z: <https://new.abb.com/plc/programmable-logic-controllers-plcs>
- [14] Vladimir Romanov, *Top 5 Most Popular Types of PLC Programming Languages* [online]. Dostupné z: <https://www.solisplc.com/blog/plc-programming-languages>
- [15] Automatizacia365, *Ktoré PLC programovacie jazyky najviac používame?* [online]. Dostupné z: <https://www.automatizacia365.sk/2021/04/13/ktore-plc-programovacie-jazyky-najcastejsie-pouzivame/>
- [16] Juergen Hahn, Thomas F. Edgar, *Process Control Systems*, 2003. ISBN: 9780122274107
- [17] Filip Žemla. *Optimalizácia pohybu materiálu v priemyselných skladoch*. Diplomová práca (Vedúci práce: Ing. Ján Cigánek, PhD.). Bratislava: FEI STU, 2020. 59 s. Evidenčné číslo: FEI-104378-79950, 2020
- [18] Oshiro. *Scada - SCADA Remote Terminal Unit Modbus Programmable Logic Controllers Diagram* [online]. Dostupné z: https://favpng.com/png_view/scada-scada-remote-terminal-unit-modbus-programmable-logic-controllers-diagram-png/SkP7eHt1
- [19] Promotic. *Promotic Logo* [online]. Dostupné z: <https://www.promotic.eu/PmInstall/Info/PMlogo3000x2000.gif>
- [20] Rodger Lea, *Node-RED: Lecture 1 – A brief introduction to Node-RED* [online]. Dostupné z: <http://noderedguide.com/nr-lecture-1/>

- [21] Node-RED, *About Node-RED* [online]. Dostupné z: <https://nodered.org>
- [22] Wolkabout.com, *Node-RED logo* [online]. Dostupné z: https://wolkabout.com/uploads/node_red_1.jpg
- [23] Circuitstream, *Unity vs Unreal Engine for XR Development: Which One Is Better? [2021 Updated]* [online]. Dostupné z: <https://circuitstream.com/blog/unity-vs-unreal/>