

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE**  
**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

**Ing. Ivan Klimo**

Autoreferát dizertačnej práce

**Vývoj a implementácia algoritmov riadenia a metód  
spracovania signálov s využitím LNS a SoC**

Na získanie akademického titulu

*philosophiae doctor*

v doktorandskom štúdijnom programe:

Mechatronické systémy

V študijnom odobre:

Kybernetika

Forma štúdia: denná

**Bratislava 2023**

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE  
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

**Ing. Ivan Klimo**

Autoreferát dizertačnej práce

**Vývoj a implementácia algoritmov riadenia a metód  
spracovania signálov s využitím LNS a SoC**

Na získanie akademického titulu

*philosophiae doctor*

v doktorandskom štúdijnom programe:

Mechatronické systémy

V študijnom odobre:

Kybernetika

Forma štúdia: denná

**Bratislava 2023**

Dizertačná práca bola vypracovaná na Ústave automobilovej mechatroniky Fakulty elektrotechniky a informatiky Slovenskej technickej univerzity v Bratislave .

Predkladateľ: Ing. Ivan Klimo

Školiteľ: Doc. Ing. Peter Drahoš, PhD.  
Slovenská technická univerzita

Konzultant: Ing. Michal Kocúr, PhD.  
Slovenská technická univerzita

Oponenti: doc. Ing. Marek Kukučka, PhD.  
VUJE, a.s. Trnava – Školiace a výcvikové stredisko personálu JZ  
Okružná 5  
918 64 Trnava

doc. Ing. Peter Ševčík, PhD.  
Katedra technickej kybernetiky FRI  
Žilinska univerzita v Žiline

Autoreferát bol rozoslaný dňa .

Obhajoba dizertačnej práce sa koná dňa 23.8.2023, o hod. na Fakulte elektroniky  
a informatiky, Ilkovičova 3, 8211 19 Bratislava.

.....  
Prof. Ing. Vladimír Kutiš, PhD.

Dekan FEI STU

## **Obsah**

Úvod.....	5
1 Metodika práce .....	6
2 Namerané výsledky .....	8
3 Diskusia .....	16
Záver .....	17
Literatúra.....	19
Publikačná činnosť.....	25

# Úvod

V rámci dizertačnej práce sa budeme venovať problematike implementácie vybraných algoritmov spracovania signálov a riadenia mechatronického systému v logaritmickom numerickom systéme (LNS) do System on Chip (SoC). Cieľom práce je poukázať na možnosti využitia LNS ako alternatívy k aktuálne bežne využívaným prepočtom prostredníctvom Floating Points (FLP). Aktuálne sa LNS štandardne využívajú v odvetviach, ktoré potrebujú v rámci procesov dosiahnuť vysokú bezpečnosť. Veľkou výhodou je aj nízka spotreba energie a tiež nízke výrobné náklady. Aktuálne smerovanie vývoja technológií k vysokej bezpečnosti a nízkej náročnosti na energie dáva veľký priestor pre využitie LNS nie len vo sfére akademickej či vývojárskej, ale mohli by byť zaujímavé aj pre verejný sektor. V práci navrhнем, ako by bolo možné implementovať algoritmy v LNS a získané výsledky porovnáme s bežne používaným prístupom. Zároveň sa zameriame na možnosti zvýšenia spoľahlivosti a funkčnej bezpečnosti systému v zmysle príslušných noriem.

Ciele práce môžeme zhrnúť do nasledujúcich bodov:

1. Implementovať vybrané algoritmy spracovania signálov a riadenia mechatronického systému v logaritmickom numerickom systéme (LNS) do SoC.
2. Navrhnuť a implementovať identický algoritmus aj v klasickom numerickom systéme s fixnou alebo pohyblivou rádovou čiarkou a implementovať ho paralelne ku algoritmu v LNS ako ďalší nezávislý proces v tej istej SoC. Výsledky porovnáme.
3. Navrhnuť systém s dvojkanálovou štruktúrou pomocou paralelných výpočtov (LNS a klasicky) pre účely zvýšenia vierochnosti výstupov. Analyzujeme možnosti zvýšenia spoľahlivosti a funkčnej bezpečnosti systému v zmysle príslušných noriem.
4. Navrhnuť a overiť redundantný trojkanálový komunikačný systém s využitím LNS.

# 1 Metodika práce

V bode 1. a 2. navrhнемe a implementujeme algoritmus v FPGA. Zameriame sa hlavne na konverziu do LNS a z LNS do FLP, pričom táto konverzia musí byť ekvivalentná štandardnému FLP spôsobu. Problém pri konverziach z LNS a do LNS býva strata informácie a nepresnosť výpočtov, ako už bolo uvedené v teoretickom úvode. Navrhnuté riešenie nebude zamerané na optimalizáciu RISC operácií, toto budeme demonštrovať v bode 3. a 4. V zariadení od Xilinx implementujeme PID regulátor a budeme riadiť elektrický motorček.

Touto demonštráciou poukážeme na možnosť FPGA spracovať paralelne viacero vstupov, spraviť rýchlo ich konverziu do LNS a z LNS, ako aj schopnosť použitia LNS v riadiacich algoritmov. Nakoľko samotný algoritmus riadenia je prevažne sériového charakteru, vlastnosť a sila FPGA systémov sa ukáže hlavne na predpracovaní signálov a prípravu periférií. Obdobne funguje aj zariadenie SICAM A8000 CP-8050, ktoré používa na komunikačné rozhrania a spracovanie signálov CYCLON V, a samotný PLC program beží na sériovom procesore.

V bode 3. a 4. použijeme zariadenie SICAM A8000 CP-8050, ktoré bude redundantne zapojené s druhým identickým zariadením. Budeme emulovať na treťom obdobnom zariadení energetický systém na generovanie činného výkonu. Komunikácia bude prebiehať dvojkanálovo, respektíve trojkanálovo s použitím FLP, FXP a LNS, a to pomocou troch rôznych komunikačných protokolov, aby sme zvýšili dôveryhodnosť implementácie. Nakoľko neexistuje firmwér, ktorý by podporoval LNS v tomto zariadení, tak konverziu budeme implementovať priamo v logike. Tu by sme chceli podotknúť, že návrh samotnej konverzie v FPGA, ktorý je vhodný na tieto úlohy sme spravili v bode 1. a 2. a teda budeme sa opierať o fakt, že takáto implementácia je možná aj na zariadeniach SICAM A8000 CP-8050, ak by to bolo vyžadované (do samotného firmvéru nemá štandardne nikto prístup s ohľadom na kybernetickú bezpečnosť a robí ho výrobca štandardne len na zákazku).

Dvojkanálový návrh bude pozostávať z FLP a LNS riešenia. Do emulovaného systému budeme posielat želanú hodnotu (setpoint), zariadenie sa bude správať podobne ako fotovoltaický invertor, ktorý je pomerne rýchly (v rámci energetiky) a jeho správanie bude takmer lineárne. Použijeme nato identifikovaný elektromotorček a namiesto riadenia RPM budeme riadiť kW (motorček priamo už neriadime, ale budeme emulovať jeho prenosovú funkciu, ktorú sme identifikovali a následne budeme už hovorit iba o fotovoltaickom invertore, a ich praktickom využití). Spätnú väzbu (feedback) dostaneme taktiež v LNS a FLP a následne spracujeme signály a vypočítame akčný zásah, paralelne aj s LNS a FLP. Tieto výsledky

porovnáme a overíme tým dôveryhodnosť návrhu a implementácie LNS so štandardným FLP riešením.

V poslednom bode budeme vyhodnocovať aj kvalitu dát a komunikácie. Použijeme metódu dva z troch, ktorá bola opísaná v teoretickom úvode. Ak nám zlyhá jeden z komunikačných kanálov, alebo dokonca aj samotný výpočet jedného kanálu, budeme signalizovať za pomocí zobrazovacej techniky varovania (warning) a ak zlyhajú dva alebo všetky kanály, alebo samotné výpočty, budeme signalizovať alarm (alarm). Nakoľko ide o veľmi spoľahlivé zariadenia, budeme musieť chybu výpočtu emulovať manuálnym pripočítaním hodnoty k niektorému kanálu. Chyba samotnej komunikácie sa dá simulovať povytiahnutím dvoch káblov. Je potrebné zdôrazniť, že je nevyhnutné vytiahnuť kábel aj z redundantného zariadenia, nakoľko pri zlyhaní komunikácie jedného kanálu na jednom zariadení sa druhé pasívne zariadenie prepne do aktívneho a nahradí jeho funkciu.

Zobrazovacia technika použitá pri tejto práci bude SICAM 230, pričom jej prínos je prevažne v lepšej interpretácii meraní a archiváciu nameraných výsledkov. Obe redundantné zariadenia komunikujú súbežne aj so zobrazovacou technikou, avšak samotná zobrazovacia technika nie je redundantná, rovnako ako aj emulované zariadenie nie je redundantné.

## 2 Namerané výsledky

V práci sme sa zaobrali použitím LNS v riadení a ich použití v rámci funkčnej bezpečnosti. Postupne sme poukázali matematicky na možnosť ich implementácie pomocou RISC operácií a možnosť ich paralelného spracovania.

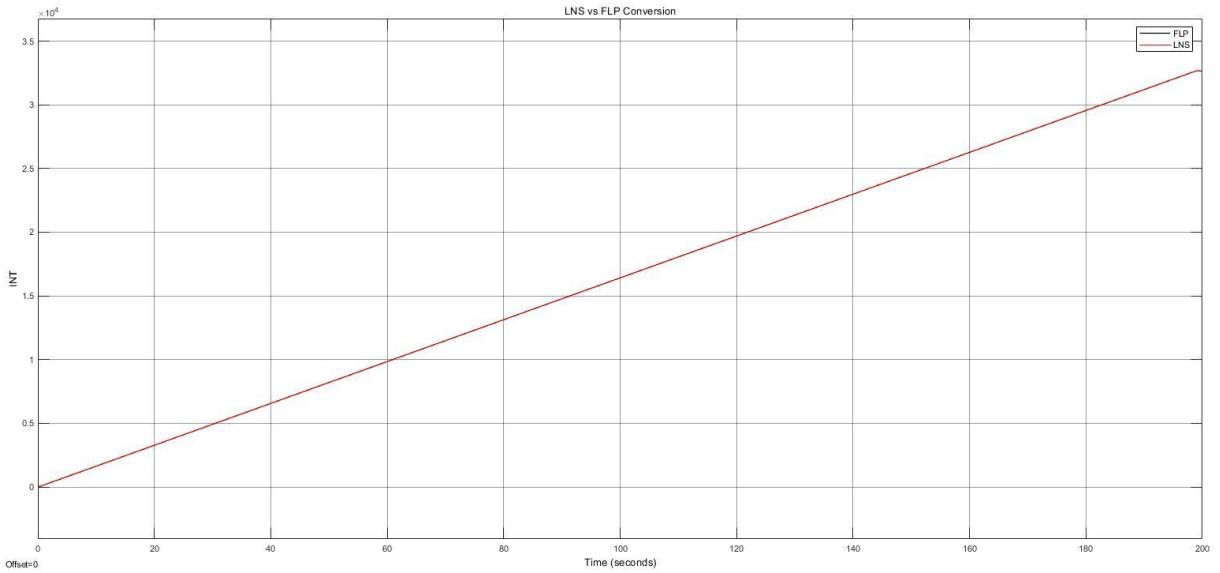
Na zvýšenie dôveryhodnosti našich výsledkov sme implementovali trojkanálovú komunikáciu (redundantnú) na zariadení SICAM A8000 CP-8050. Toto zariadenie sa používa vo viacerých odvetviach, ale spomenieme iba priemysel a energetiku, nakoľko sme nás experiment emulovali v takýchto podmienkach.

Začali sme návrhom regulátora PI a riadené zariadenie bol elektromotorček. Tento sme identifikovali a navrhli sme pre neho vhodné parametre. Pri tomto návrhu sme sa zamerali na prevod čísel medzi FLP a LNS. FPGA sa často používajú na rozhraniach na zlepšenie komunikácie, alebo prevod medzi niektorými protokolmi. Napríklad bežne jedno zariadenie riadi desiatky, keď nie stovky zariadení. Jedno riadené zariadenie má stovky signálov, ktoré riadiace zariadenie musí spracovať. Vhodným príkladom je menší fotovoltaický park s centrálnymi inventormi. Jeden takýto invertor posiela informácie o činnom, jalovom, zdanlivom, nominálnom, maximálnom výkone, ako aj jednotlivých fázach, prúdoch, diagnostických hlásení, operačných stavov a iných signálov v reálnom čase do riadiaceho zariadenia. Toto zariadenie vie riadiť desiatky takýchto invertorov, čo vytvorí tisícky signálov. V takomto prípade vynikne paralelný výkon FPGA, a presne toto by sa využilo v prípade štandardizovanie LNS do firmvéru CP-8050. Návrh takéhoto firmvéru sme demonštrovali, avšak reálna implementácia nebola možná, nakoľko výrobca nedáva možnosť zasahovať do firmvéru svojich zariadení nakoľko ide o bezpečnostné riziko.

Náš návrh teda poukazuje na možnosť paralelného predpracovania signálov pre riadiacu jednotku. Pri takýchto prevodoch sa používajú BRAM, ale mohli by sa použiť aj LUT tabuľky, za účelom prevodu čísla do formátu, aby sme vedeli pracovať s logaritmickým číslom. Toto číslo sa prevedie bezstratovo. Jedinou nevýhodou je použitie pamäte. Treba ale povedať, že nie každý prevod potrebuje svoju vlastnú pamäť.

Čísla, ktoré sa previedli, môžu následne byť, a aj sú, v rámci logiky rozšírené na 64 bitov, aby sme nestrácali presnosť v rámci vnútorných výpočtov. Chceli by sme poukázať na to, že aj štandardný Modbus používa 16 bitový integer a následne sa v logike bežne transformuje na 64 bitový floating point. Inak povedané, na vstupe okamžite nastane transformácie INT (integer) to FLP. Zrealizujú sa potrebné matematické operácie, a nakoniec sa číslo prevedie z FLP na INT a posiela sa ako meraná hodnota alebo setpoint.

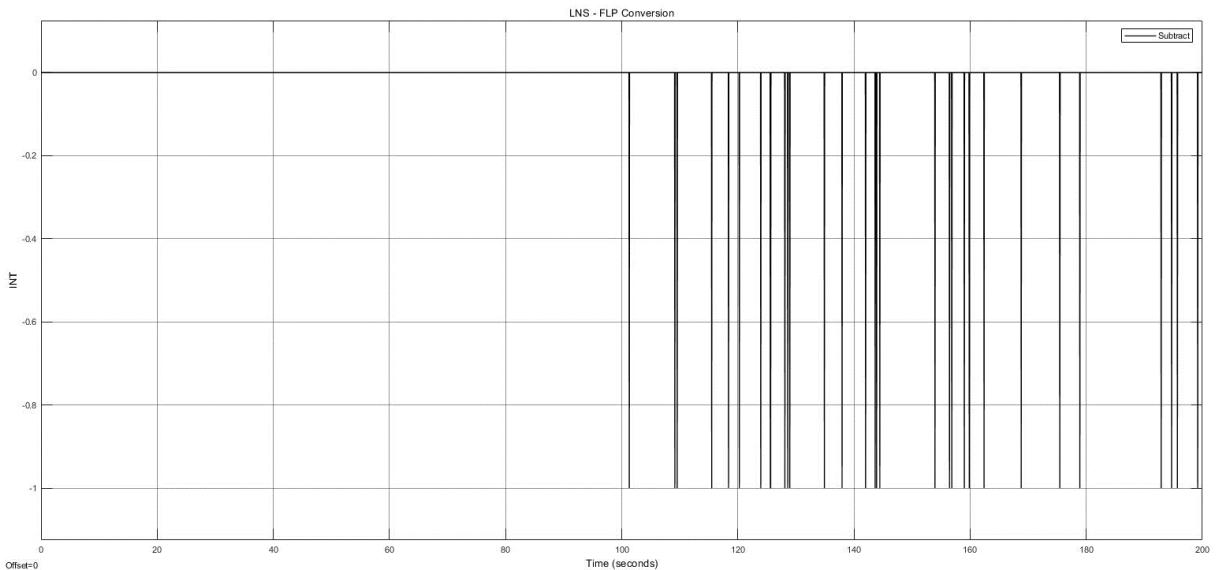
V našom prípade musíme previesť číslo z LNS. Takýto prevod ale už nemusí byť bezstratový. Rovnako ako pri vstupnej transformácii sa používa BRAM tabuľka na prevod z LNS. Toto nastáva ale prvý problém. BRAM tabuľka ma vstup hodnotu integer. To znamená, že číslo musíme spracovať, aby sme nemali straty pri spätej transformácii. Jednou z možností je číslo zaokrúhlit' a transformovať. Pre demonštráciu uvedieme v nasledujúcom obrázku prevod čísel od 0 po 32 768.



Obr. 1. Prevod 0 až 32768

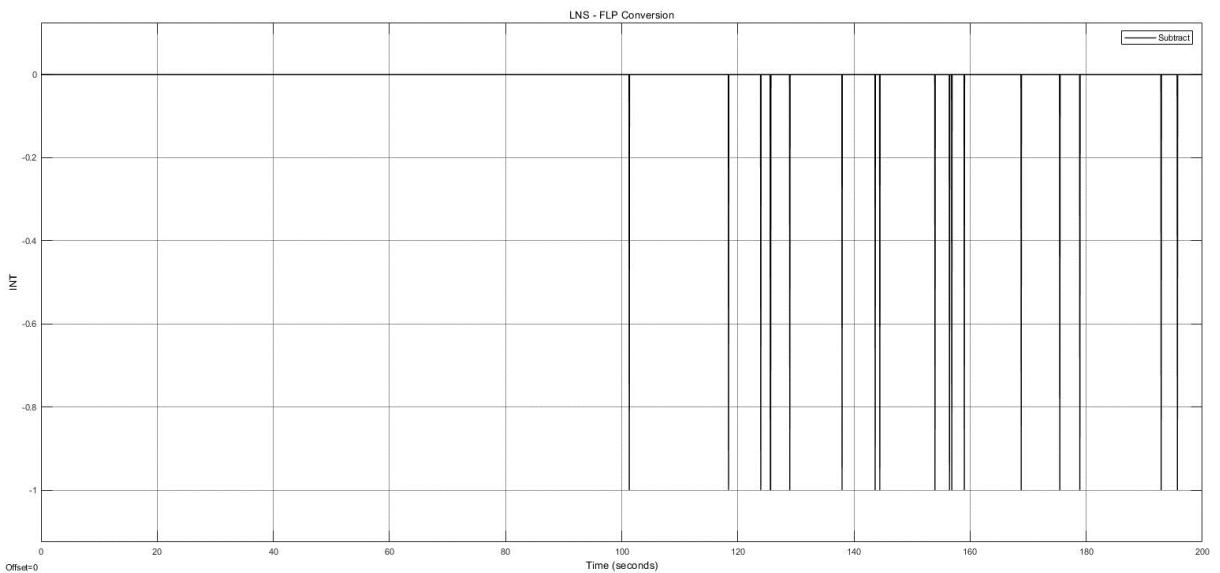
Kde FLP je hodnota od 0, ktorá sa zväčšuje o 1 každý jeden cyklus. LNS je hodnota, ktorá bola najprv transformovaná na LNS a potom späťne na FLP. Na prvý pohľad vyzerajú identické, avšak ak by sme spravili LNS minus FLP, uvidíme chyby, ktoré sa tam vytvoria v dôsledku spomenutého zaokrúhl'ovania.

Chyba je absolútна, respektíve môžeme hovoriť o chybe na úrovni LSB.



Obr. 2. Absolútta chyba pri spätnej konverzii

Zistili sme, že ak použijeme interpoláciu, tak výskyt tejto chyby vieme zredukovať.



Obr. 3. Absolútta chyba pri štvoritej interpolácii

Treba povedať, že chyba a jej výskyt je neprijateľný pre niektoré aplikácie, ale pre aplikácie v energetike, pri riadení fotovoltického parku chyba 1 kW je zanedbateľná, ak ide o park, ktorý ma nominálny výkon orientačne 32 MW.

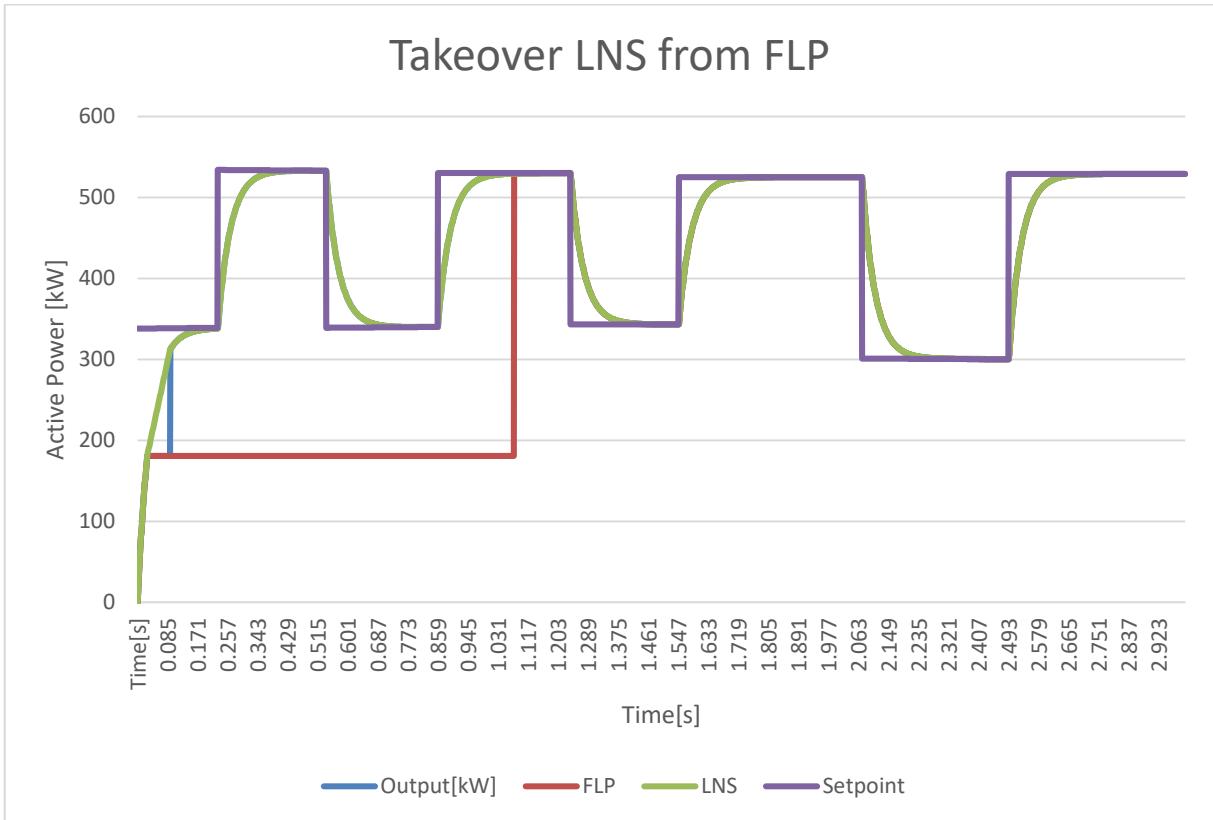
Tak isto je z obrázkov zrejmé, že chyba sa prejaví len v prípade, že pracujeme blízko k MSB. Ak sa bavíme o rozsahu 15 bitov (neznamienkových), potom sa jedná o chybu 0.00305%.

Podobné správanie bolo opísane aj v iných publikáciách, ktoré sa zameriavali na zvýšenie presnosti LNS. V našom prípade je presnosť vyhovujúca, ale existujú aplikácie, pre ktoré je takáto presnosť nedostačujúca. Presnosť je jedna z možností ďalšieho výskumu a potenciálny zdroj nových zistení. Keďže sme sa v našej práci zamerali na riadenie RPM motorčeka v rozsahu 0 až 700 RPM, interpolácia nebola potrebná.

Až po túto časť sa práca vyhotovovala na Xiling zariadení FPGA. Nasleduje vyhotovenie na zariadení SICAM A8000 CP-8050. Emulovali sme správanie motorčeka, ale namiesto RPM sme sa rozhodli použiť činný výkon a RPM nahradili jednotky kW. To by zodpovedalo výkonu menších centrálnych invertorov. Invertory ako také sú digitálne zariadenia, resp. polovodičové, ktoré okrem zopínacích častí neobsahujú mechanické jednotky. Toto z nich robí veľmi rýchle zariadenia schopné v priebehu niekoľko stoviek milisekúnd ísiť z nuly na ich nominálny výkon. Praktický obdobný princíp používajú baterkové invertory. Jedným z dôvodov prevzatia správania elektromotorčeka bolo aj to, že sústavu sme už mali identifikovanú a teda aj PI parametre vypočítané.

Rýchla odozva ako taká nie je v energetike vždy žiadaná. V našom prípade je pojem rýchle správanie rádovo milisekundy. Predstava, že by elektrárne v priebehu stoviek milisekúnd zdvihli svoj výkon na nominál je prakticky nežiadúca. Radi by sme podotkli, že vzhľadom na európsku siet, ktorá je pomerne stabilná a pravdepodobnosť rýchlej zmeny frekvencie od nominálnej frekvencie je veľmi malá. Napriek tomu sme implementovali algoritmus a preukázali jeho schopnosť rýchleho správania. Inak povedané, LNS systém dokázal prevziať riadenie, a nasledovať požadovanú želanú hodnotu.

Demonštrované bolo riadenie jedného centrálneho invertoru. Riadil sa činný výkon. Spoľahlivosť zariadenia SICAM A8000 CP-8050 je veľmi vysoká, a preto, aby sme vedeli preukázať schopnosť LNS systému riadiť a prevziať riadenie, počas merania vypojíme FLP časť riadenia (fyzicky odpojíme kábel RJ-45 z oboch zariadení). Uvedieme ešte možnosť použitie obdobných zariadení [66, 67]. Nebude ostávať nič iné ako LNS prevziať riadenie. Zariadenie v krátkom okamihu zdeteguje výpadok komunikácie, počas ktorého vyhodnotí, že komunikácia bola prerušená. Počas výpadku a pokusov o znova potvrdenie hodnôt pozorujeme, že LNS začal staticky integrovať, nakoľko priame riadenie je momentálne na FLP a teda aj spätná väzba nám posiela rovnaké hodnoty.

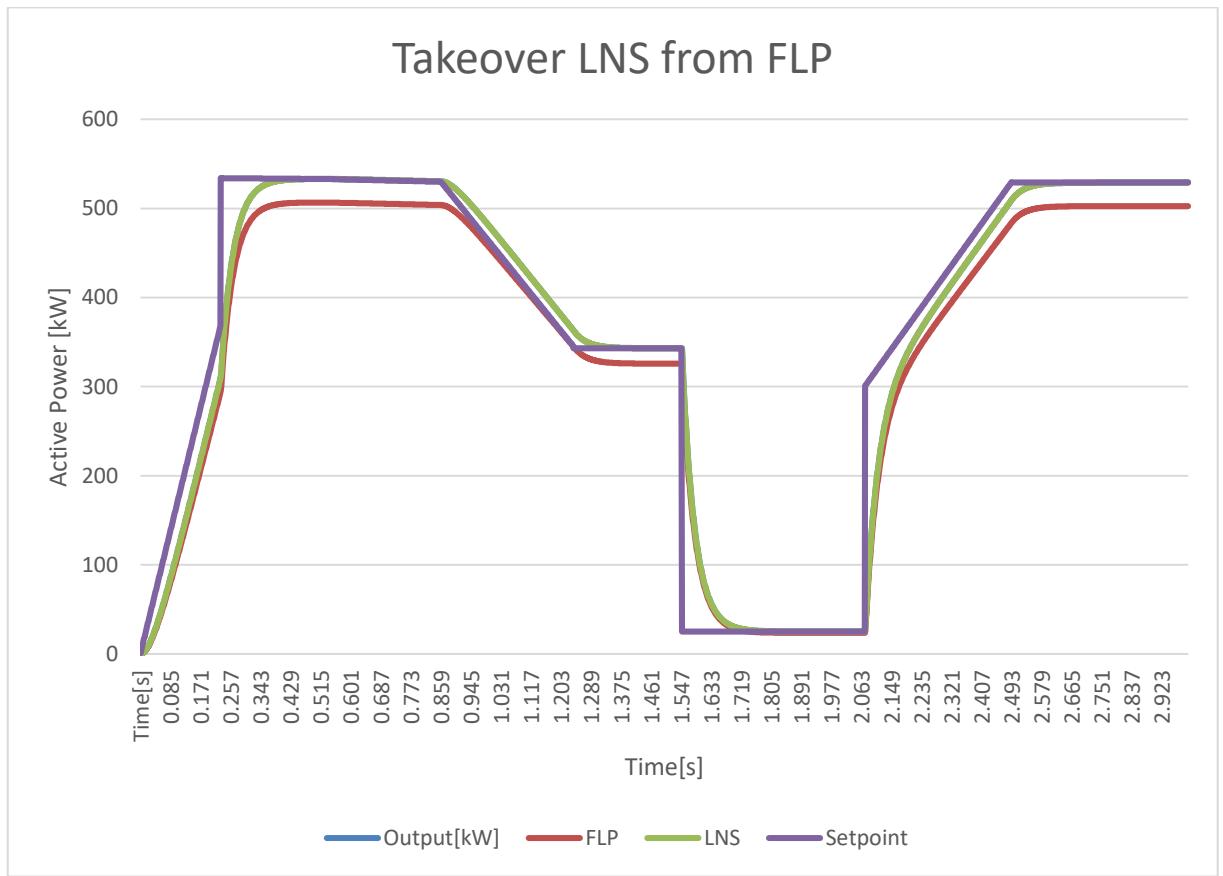


Obr. 4. Prevzatie komunikácie LNS riadením

Nasledujúci obrázok predstavuje priblíženie deja, kde vypadla komunikácia.

Štandardne je čas vyhodnotenia výpadku komunikácie nastavený na 20 sekúnd. Pri tisíckach signálov a rôznych komunikačných protokoloch nie je nezvyčajné, že počas väčšej komunikačnej premávky (napríklad pri spustení, kde sa musia súbežne poslať hodnoty činného a jalového výkonu, Stav, Start a iné signály desiatkam zariadení) sa komunikácia spomalí, či už ide o spomalenie v dôsledku Modbus pulling alebo potvrdenia želaných hodnôt. V takýchto prípadoch by bolo nežiadúce zaťažiť ešte viac riadiaci systém zbytočným prepínaním v rámci riadiacej logiky. Preto sa len na účely tohto merania dočasne zapla detekcia na okamžitú, vypli sa opakované žiadosti o znovuprijatie dát. Tento interný sledovač a rozhodnutie prepnúť riadenie nemá s redundanciou nič spoločné. Ak by sme nevytiahli oba káble z oboch zariadení, redundancia by spôsobila, že pasívne zariadenie sa stane aktívnym a nastalo by len prepnutie medzi dvomi CP-8050. Demonštráciu redundancie uvedieme neskôr. Toto bol výpadok celkovej FLP komunikácie.

Aby sa ukázala robustnosť našej práce, poukážeme aj na prípad, že dva z troch kanálov sú poškodené. Inak povedané, budeme emulovať chybu (Error) 2 kanálov z troch. Tento experiment bol vyhotovený tak, že sme do signálov IEC a Modbus vložili chybu 5%. Chybu sme museli vložiť do aspoň dvoch signálov, pretože inak by nám interná logika hlásila iba upozornenie (Warning), a zobrazať by hodnotu z dvoch funkčných signálov. V prípade chyby sa ďalej zobrazuje hodnota protokolu IEC 60870-5-104, lebo po kvalitatívnej stránke je spoľahlivejší (tento protokol sa používa dokonca aj na identifikáciu miesta vzniku skratu v sieti).

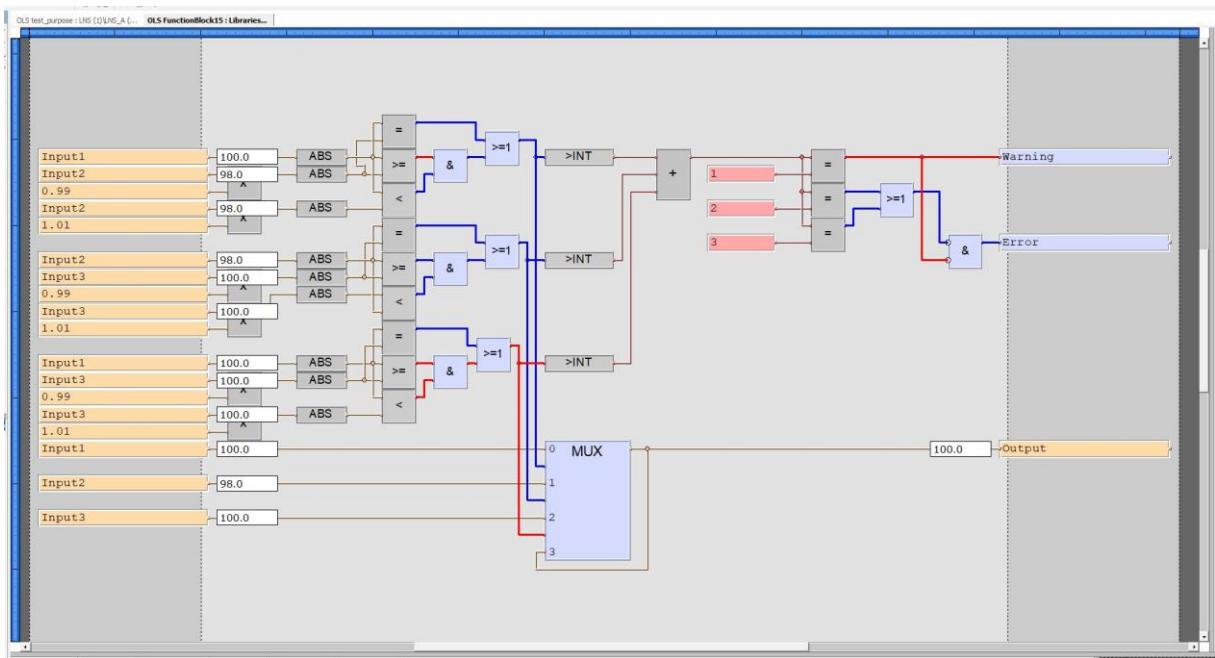


Obr. 5. Prevzatie komunikácie pri chybe dvoch kanálov FLP

Nasledujúci obrázok je priblíženie miesta, kde nastala chyba. Vieme pozorovať, že LNS prevzalo riadenie a celý čas dokázalo riadiť sústavu. Treba podotknúť, že meranie takýchto dejov je veľmi zložité, pretože samotná CP-8050 nedokáže v rámci CAEX+ logiky reagovať rýchlejšie ako 10 ms, ako aj naše HMI nemá tak rýchly vzorkovací mechanizmus. Na porovnanie, by sme uviedli, že aj WinCC s rozšírením SCC [64, 65], má archivovací cyklus najviac 1 s. Hodnoty, ktoré sú potom zobrazované ako spojité sú iba interpólované. V tomto

priípade sme museli pozrieť hodnotu v diagnostike zariadenia, kde IEC 60870-5-104 protokol zanechal časovú stopu (TIME\_STAMP) aby sme určili presný čas.

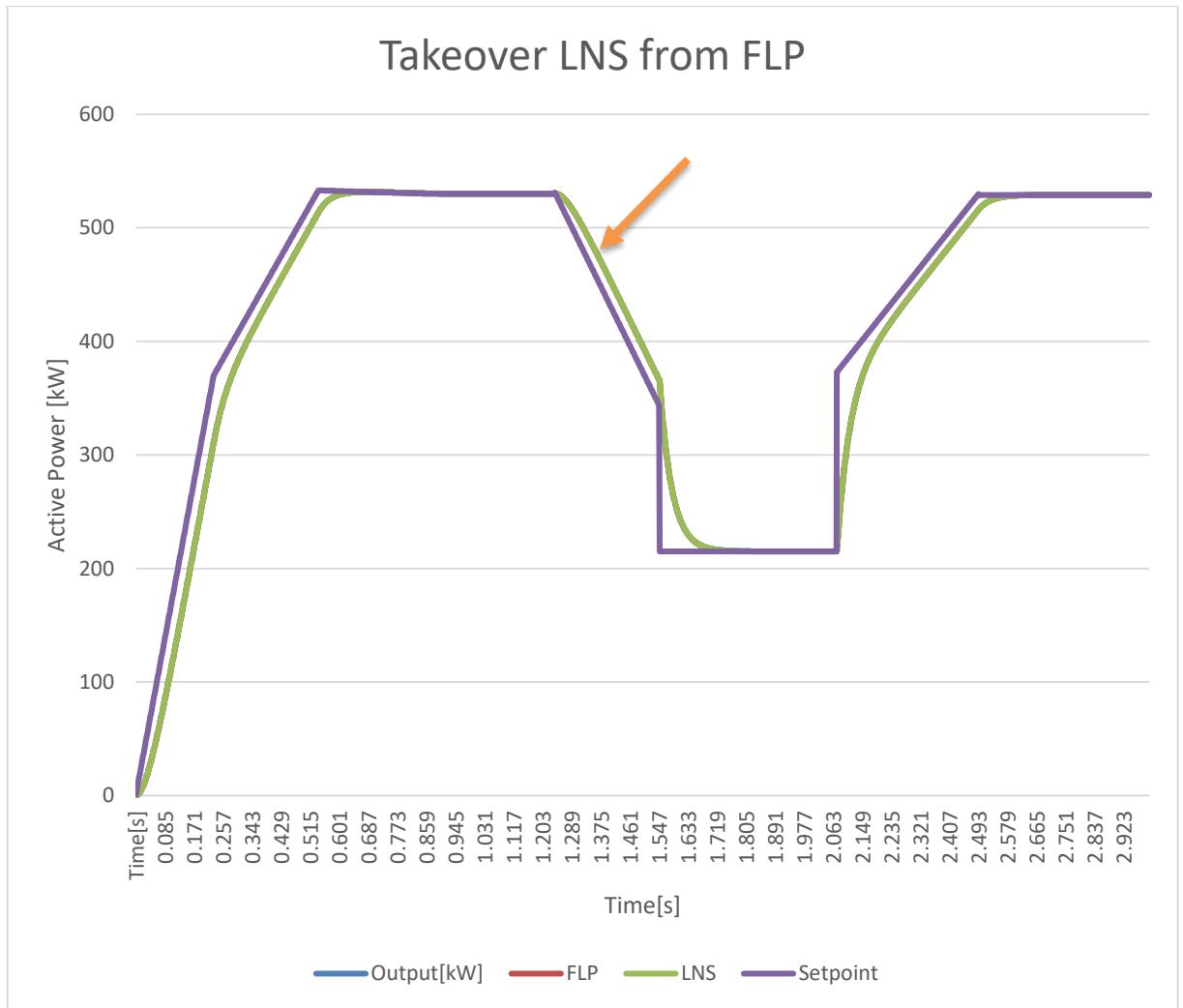
Trojkanálová komunikácia bola implementovaná aj pre LNS aj pre FLP. Každý jeden komunikačný kanál používa unikátny komunikačný protokol. To znamená, že aj ak by bol problém s jedným komunikačným kanálom, tak redundancia neprepne zariadenie, pretože interná logika je dostatočne robustná. Toto by bolo možné nastaviť tak, aby sa aj v prípade chyby jedného kanála, pokúsila redundancia prepnúť pasívne a aktívne zariadenie, ak by na pasívnom zariadení takáto chyba nebola. Nastavenia redundancie a samotnej vnútornej logiky sú rôzne a v závislosti od aplikácie a potrieb sa dajú meniť. Treba rozlišovať chybu kanálu, prípadne výpočtu, alebo aj oneskorenie komunikácie a samotnú kvalitu signálu. Signál a jeho kvalita môže mať stav „Not Topical“, čo naznačuje, že fyzická komunikácia bola rozpojená, alebo ani nebola nadviazaná. „Invalid“, čo poukazuje o neplatnosti meraných dát. Zariadenia ako také merajú fyzické veličiny, činný výkon, sú štandardne v konkrétnom rozsahu. Napríklad analógové karty CP-8050 majú rozsah 4 až 20 mA. To znamená, že najmenšia hodnota, alebo nula, má hodnotu 4 mA. Je to preto, aby sa vedela rozpoznať skrat, alebo iná hardvérová chyba zariadenia. „Overflow“, čo hovorí o pretečení registra. V takýchto prípadoch dokáže redundancia rozpoznať problém a spontánne zmeniť aktívne zariadenie.



Obr. 6. Signalizácia upozornenie „Warning“

Redundancia a detegovanie chyby hardvéru, alebo komunikácie sme implementovali a reakcia záleží na konkrétnom pokuse. Môže sa testovať vypojenie niektorých káblov, zlyhanie zdroja (vytiahnutie napájania), vypojenie viacerých káblov, dokonca aj z oboch zariadení.

Budeme prezentovať zlyhania napájania aktívneho zariadenia. V tomto prípade by sa nemala pozorovať žiadna zmena. CP-8050 komunikuje s druhou CP-8050 pomocou tzv. "High Speed Link", pomocou ktorého si vymieňajú navzájom informácie o kvalite signálov, stavu nadviazaných komunikácií, diagnostických správ ako stavy pamäte, začaženie procesora, stav periférií, bezpečnostných logov, sieťovej topológie, diagnostiky rozšírení (pripojených) a veľa ďalších. V prípade zlyhania napájania, a to dokonca aj v prípade náhleho vypnutia, vnútorná batéria pošle správu o zlyhaní a prenutie aktívnej CP-8050 a pasívnej nastane okamžite a práve tento príklad bude aj v nasledujúcim obrázku.



Obr. 7. Zmena aktívneho zariadenia na pasívne

### 3 Diskusia

Medzi hlavné benefity tohto prístupu patrí primárne vysoká inovatívnosť použitia LNS v rámci funkčnej bezpečnosti. Počas zisťovania aktuálneho stavu problematiky sa nám nepodarilo nájsť žiadnu dostupnú literatúru, prípadne štúdiu, ktorá by sa zaoberala obdobným konceptom (riadenia, funkčnej bezpečnosti a LNS). Preto považujeme takéto spracovanie za veľmi prínosné. Zároveň tento prístup ponúka vhodnú alternatívu k FLP, a tiež postačujúcu presnosť do 16 bitov. Ponúka tiež možnosť efektívneho použitie DSP a FPGA, RISC operácií či riadenie prostredníctvom uzavretej slučky. LNS boli už aj v minulosti použité v špecifickej problematiky v riadení a naša práca tento smer rozširuje [48, 49, 57,]. Medzi výhody patrí aj vysoká preukázaná stabilita systému a možnosť variability vo výbere rôznych sústav, pričom samotný princíp ako aj spracovanie sa nemení. Ako sme už preukázali, jedná sa o málo preskúmaný koncept, ktorého potenciál je ale možné využiť v širokom spektri rôznych odvetví (energetiky, priemysle, riadenia, ...) [50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 69, 70, 71, 72].

Medzi najvýraznejšie limitácie tohto konceptu patrí zvyšujúca sa nepresnosť nad 16 bitov, vysoké nároky na pamäť používaných zariadení, či chýbajúce štandardizované postupy na prácu, ktoré napríklad FLP vypracované má. Zároveň komplexnosť problematiky a nezvyklosť s prácou v logaritmických tvaroch prináša vyššie nároky na pracovníkov implementujúcich tento inovatívny prístup. Problém vidíme aj v skutočnosti, že ak obe zapojené zariadenia nevedia pracovať s LNS tvarom, je teda potrebná konverzia navyše. Ak sa tento postup nezapracuje do štandardu a nezačne implementovať do zariadení automaticky, tak sa môže využitie v praxi výrazne zneefektívniť.

Poukázali sme na konkrétné použitie v priemysle a implementovali sme riadenia individuálneho fotovoltaického invertora [58, 59, 60, 68]. Medzi hlavné oblasti patrí potreba odstránenia cyklického sčítania (násobenia) pri spätej konverzii, celkové zefektívnenie matematického základu, nakoľko sa ukazuje, že tento smer ešte nevyčerpal všetky možnosti a zvýšenie presnosti, ktoré napríklad ponúkli niektoré výskumy. Dôležitým bodom je tiež vypracovanie a zavedenia štandardu, ako to u FLP zaviedla IEEE norma. Praktické použitie bude tiež vyžadovať používanie vhodnejších aplikácií, ktoré si vyžadujú veľké množstvo operácií násobenia a delenia a minimum sčítania a odčítania. Potrebné tiež bude použitie komplexnejších algoritmov riadenia, čo však nemusí znamenať výhody pre priemyselné využitie, pretože si treba uvedomiť, že pre masívne nasadenie v priemysle by bolo potrebné, aby aj väčšia časť populácie rozumela problematike. Avšak pre špecifické riešenia, ktoré sa nenasadzujú na dennej báze môže tento prístup priniesť požadované zlepšenie.

# Záver

V práci sme mali definované nasledovné tézy, ktoré sme v rámci výskumu realizovali. Uvádzame ich zhrnutie:

1. *Implementovať vybrané algoritmy spracovania signálov a riadenia mechatronického systému v logaritmickom numerickom systéme (LNS) do SoC.*
  - Algoritmus spracovania signálov a riadenia jednosmerného motora v LNS bol overený simuláciou v Matlabe, bol implementovaný do štruktúry SoC a overený kosimuláciou prepojením Matlabu s SoC (Zedboard – Zynq 7000)
2. *Navrhnúť a implementovať identický algoritmus aj v klasickom numerickom systéme s fixnou alebo pohyblivou rádovou čiarkou a implementovať ho paralelne ku algoritmu v LNS ako ďalší nezávislý proces v tej istej SoC. Výsledky porovnáme.*
  - Algoritmus riadenia jednosmerného motora FLP bol obdobne overený pomocou Matlabu, ako aj implementovaný do SoC zariadenia a výsledky kosimulácie sme použili na porovnanie.
3. *Navrhnúť systém s dvojkanálovou štruktúrou pomocou paralelných výpočtov (LNS a klasicky) pre účely zvýšenia vierochnosti výstupov. Analyzujeme možnosti zvýšenia spoľahlivosti a funkčnej bezpečnosti systému v zmysle príslušných noriem.*
  - V tomto bode sme využili prostredie TOOLBOX II, implementovali sme vnútornú softvérovú redundanciu na priemyselnom zariadení. Navrhli sme štruktúru LNS pre TOOLBOX II pre možnú budúcu implementáciu do firmvéru. Systém bol nielen navrhnutý, ale aj implementovaný na zariadeniach CP-8050, pričom boli zohľadnené aj dostupné nastavenia pre funkčnú a kybernetickú bezpečnosť.
4. *Navrhnúť a overiť redundantný trojkanálový komunikačný systém s využitím LNS.*
  - Rozšírili sme predošlí bod a tak zabezpečili aj fyzickú ochranu riadiaceho zariadenia. Logika bola schopná detegovať zlyhanie výpočtu, alebo aj chybu výpočtu (prípadne validitu hodnoty). Systém je dostatočne robustný aj na zlyhanie samotného zariadenia, ako aj iné externé poruchy (napríklad fyzické prerušenie jedného spojenia). Boli implementované dve riadiace vetvy, pričom každá obsahuje tri komunikačné kanály. Softvérová a aj hardvérová komunikácia bola implementovaná.

Za hlavný prínos tohto prístupu považujeme zvýšenie bezpečnosti a spoľahlivosti systému. Väčšina prác venujúcich sa obdobnej tematike sa primárne zameriava na rýchlosť a presnosť

veľkých čísel (17+ bitov), na základe čoho boli LNS považované za nevhodné. Zároveň bežne volili nevhodné oblasti a zariadenia pre aplikáciu.

LNS je vhodným postupom v situáciách, kedy potrebujeme získať vysokú mieru bezpečnosti a spoľahlivosti, čo vysoko presahuje ich nevýhodu nižšej rýchlosi. Je ideálnou alternatívou v odvetviach požadujúcich vysokú mieru funkčnej bezpečnosti.

Jedným z hlavných cieľov práce bolo poukázať na možnosti využívania LNS v praxi, čo sme úspešne dokázali. Výsledky našej práce môžu byť vhodným podkladom pre ďalšiu prácu s LNS nie len v oblasti výskumu, ale aj pre ich využitie v bežnej praxi. Medzi oblasti, ktoré by výrazne profitovali z využitia LNS by sme zaradili oblasť energetiky, priemyslu, mechatroniky, kybernetiky či robotiky. Hlavnou podmienkou je dôraz na bezpečnosť a spoľahlivosť, a nie na vysokú rýchlosť spracovania.

Cieľom práce bolo poukázať na možnosti využitia LNS a ich veľký potenciál pre ďalší rozvoj riadenia systémov, čo sa nám úspešne podarilo. Veríme, že naša práca bude podkladom pre ďalšiu odbornú prácu v tejto oblasti.

# Literatúra

- [1] Xilinx, “Three Ages of FPGAs” [online], [cited 20.12.2017], dostupné na: <https://www.xilinx.com/xlnx/attachments>.
- [2] Xilinx, “Applications” [online], [cited 20.12.2017], dostupné na: <https://www.xilinx.com/applications.html>.
- [3] Xilinx, “Flexible DSP Solutions” [online], [cited 20.12.2017], dostupné na: <https://www.xilinx.com/products/technology/dsp.html>.
- [4] Intel-Altera, “Industry solutions” [online], [cited 11.12.2017], dostupné na: <https://www.altera.com/solutions/industry.html>
- [5] Intel. “Go automotive solutions” [online], [cited 11.12.2017] dostupné na: <https://www.intel.com/content/www/us/en/automotive/go-automated-driving.html>.
- [6] Datasheets and reference guides, [online], [cited 1.3.2015] dostupné na : <http://store.digilentinc.com/>
- [7] Researchgate, “Automotive Safety Integrity Level (ASIL)” dostupné na: [https://www.researchgate.net/figure/Automotive-Safety-Integrity-Level-ASIL-pour-differents-ADAS-7\\_fig1\\_358142312](https://www.researchgate.net/figure/Automotive-Safety-Integrity-Level-ASIL-pour-differents-ADAS-7_fig1_358142312)
- [8] HYPIUSOVÁ, M., KOZÁK, Š., “Modréne metódy a algoritmy riadenia”, STU in Bratislava, September 2016, ISBN 978-80-89597-44-4
- [9] MOJŽIŠ, M. (2010). Číslicové meranie. Košice: Technická univerzita, 70 s. ISBN 978-80-553-0436-6.
- [10] ZAPLATÍLEK, K., DOŇAR, B., “MatLab začínáme se signály”, Praha: Vydavatelstvo BEN – technická literatura, 2006, ISBN 80-7300-200-0
- [11] BARRY, R., Lee., A comparison of logarithmic and floating point number systems implemented on Xilinx Virtex-II field programmable arrays. Vydavatelstvo ProQuest, Cardiff University of Wales, 2004. UMI: U584674.
- [12] ONDRÁČEK, O., *Signály a sústavy*. Bratislava: Vydavatelstvo STU, 2008. 341 s. ISBN 9788022729567
- [13] GOODWIN, G., C., GRAEBE, S., F., SALGADO, M., E., *Control System Design*. Pearson, UK, 2000. ISBN 978-0139586538
- [14] Xilinx, “Using Xilinx Devices to Solve Challenges in Industrial Applications”, [online], [cited 11.11.2017], dostupné na: <https://pdfs.semanticscholar.org/0216/e37c7fc7a259f98d9e1e2e2e0c709452ed12.pdf>
- [15] Xilinx, “Vivado Design Suite User Guide”, [online], [cited 30.11.2016], dostupné na: [https://www.xilinx.com/support/documentation/sw\\_manuals/xilinx2017\\_1/ug901-vivado-synthesis.pdf](https://www.xilinx.com/support/documentation/sw_manuals/xilinx2017_1/ug901-vivado-synthesis.pdf)
- [16] KOCÚR, Michal, KOZÁK, Štefan - DVORŠČÁK, Branislav.: Design and implementation of FPGA - digital based PID controller. In Proceedings of the 15th International Carpathian Control Conference [elektronický zdroj] : ICCC 2014; Velké Karlovice, Czech Republic, May 28-30, 2014. [s.l.] : IEEE-Czechoslovakia Section of IEEE, 2014, CD-ROM, p. 233-236.

- [17] HASKELL, Richard E., HANNA, DARRIN M. 2012. Digital Design Using FPGA Boards. Rochester Hills, MI : LBE Books, 2012. ISBN 978-0-9801337-8-3.
- [18] PINKER, J., POUPA, M.: "Číslicové systémy a jazyk VHDL", Vydavateľstvo BEN – technická literatúra, 2006, ISBN 80-7300-198-5.
- [19] ŠŤASTNÝ, Jakub,: "FPGA prakticky – realizace číslicových systémů pro programovatelná hradlová pole", Vydavateľstvo BEN – technická literatúra, 2010, ISBN 978-80-7300-261-9.
- [20] IEC 61508: Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems. (2010). International Electrotechnical Commission. <https://www.iso.org/standard/42552.html>
- [21] IEC 61511: Functional safety - Safety instrumented systems for the process industry sector. (2016). International Electrotechnical Commission. <https://www.iso.org/standard/67651.html>
- [22] ISO 26262: Road vehicles - Functional safety. (2018). International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/68383.html>
- [23] Leveson, N. (2012). Engineering a safer world: Systems thinking applied to safety. MIT Press.
- [24] Redmill, F., & Anderson, T. (Eds.). (2015). A guide to the automation body of knowledge (2nd ed.). International Society of Automation.
- [25] Vandenbroucke, B., & Van Damme, L. (2015). Functional safety for road vehicles: New ISO 26262 standard. European Journal of Control, 21(1), 69-80.
- [26] Wirth, C., & Knapp, M. (2016). A survey of functional safety standards and their application in automotive and automation industries. Procedia Engineering, 164, 569-576.
- [27] Beasley, C., & Schmidt, D. (2019). Understanding functional safety for autonomous vehicles. IEEE Vehicular Technology Magazine, 14(4), 36-43.
- [28] Gao, Y., & Wang, Y. (2020). A systematic review of functional safety in the software development process. Journal of Systems and Software, 159, 110437.
- [29] Le, A. T., Nguyen, T. V., Nguyen, T. T., Nguyen, T. M., & Nguyen, T. M. (2021). Intelligent functional safety assessment for autonomous driving system. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 40(2), 2587-2601.
- [30] Li, Q., Li, S., Li, J., & Li, L. (2020). Towards functional safety assurance of autonomous vehicles: A survey. Journal of Intelligent Transportation Systems, 24(6), 587-605.
- [31] Miettinen, J., & Valkonen, J. (2020). Improving safety with digital twins: A functional safety perspective. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 16(3), 1933-1943.
- [32] Müller, C., & Hensel, A. (2021). Fault injection for functional safety verification of automotive systems. In 2021 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC) (pp. 2064-2069). IEEE.
- [33] "System-on-a-Chip (SoC) Technology and Its Impact on Future Power Systems" by M. E. El-Hawary and S. S. Islam. IEEE Power and Energy Magazine, vol. 5, no. 3, pp. 20-27, May/June 2007.

- [34] "System-on-a-Chip for Substation Automation" by T. Lettl and M. Schmatz. Proceedings of the 2005 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition, Dallas, TX, May 2005.
- [35] "A Review of System on Chip (SoC) Architecture for Energy Management in Smart Grid" by N. H. S. A. Jalil, M. R. Z. Shuib, and M. F. M. Yassin. Proceedings of the 2018 IEEE Conference on Energy Conversion (CENCON), Johor Bahru, Malaysia, October 2018.
- [36] "Smart Substations: The Key to a Smarter Grid" by H. N. Al-Muhtadi and A. M. Ibrahim. IEEE Power and Energy Magazine, vol. 12, no. 1, pp. 68-76, January/February 2014.
- [37] "Designing a System-on-Chip for Substation Automation" by R. T. Bond, J. J. Derkowski, and J. E. Hammerstrom. Proceedings of the 2005 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition, Dallas, TX, May 2005.
- [38] "System-on-Chip for Energy Management in Smart Grid" by H. Al-Muhtadi, A. Ibrahim, and A. G. A. Rahman. IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 9, no. 4, pp. 1983-1993, November 2013.
- [39] "Energy-Efficient System-on-Chip Design for Substation Automation" by M. Y. Choi, H. G. Kim, H. J. Kim, and K. H. Lee. IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 32, no. 2, pp. 658-666, April 2017.
- [40] "System-on-Chip for Substation Automation: Architectures and Design Techniques" by M. Y. Choi, H. G. Kim, and K. H. Lee. IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 62, no. 4, pp. 2238-2250, April 2015.
- [41] "Design and Implementation of a Smart Energy Management System Based on SoC" by W. Zhang, B. Sun, Z. Gao, and G. Zhang. Proceedings of the 2017 International Conference on Advanced Mechatronic Systems, Beijing, China, December 2017.
- [42] "Real-Time Digital Simulator of a Three-Phase Grid Connected Inverter Using a System-on-Chip" by C. Wang, D. Zhang, M. Duan, and Z. Jiang. Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES), Trivandrum, India, December 2016.
- [43] "Implementation of a System-on-Chip for Power System Protection" by A. Ayarza, G. A. Jiménez, and J. M. Arroyo. Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), Buenos Aires, Argentina, February 2020.
- [44] "Real-Time Control of a Three-Phase Grid-Connected Inverter Using a System-on-Chip" by J. Liu, H. Zhang, C. Wang, and L. Qin. Proceedings of the 2020 IEEE Power and Energy Society General Meeting (PESGM), Montreal, QC, Canada, August 2020.
- [45] "A Scalable, Low-Power System-on-Chip Architecture for Grid-Connected Inverters" by C. M. Reddy, S. S. Kumaran, and G. Narayanasamy. IEEE Transactions on Sustainable Energy, vol. 12, no. 3, pp. 1409-1419, July 2021.
- [46] "A Multi-Functional SoC-Based Protection and Control Device for Distribution Networks" by Y. Li, X. Wu, L. Chen, and Z. He. IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 36, no. 1, pp. 28-38, February 2021.
- [47] "Design and Implementation of a System-on-Chip for Real-Time State Estimation in Smart Grids" by M. J. Khan, M. J. Hossain, and M. I. Hossain. Proceedings of the 2021 IEEE International Conference on Power, Electrical and Electronics (ICPEE), Dhaka, Bangladesh, January 2021.

- [48] Garcia, J.; Arnold, M.G.; Bleris, L.; Kothare, M.V. LNS architectures for embedded model predictive control processors. In Proceedings of the 2004 International Conference on Compilers, Architecture, and Synthesis for Embedded Systems (CASES '04), New York, NY, USA, 7–16 September 2004; pp. 79–84.
- [49] Arnold, M.G.; Kouretas, I.; Paliouras, V.; Morgan, A. One-Hot Residue Logarithmic Number Systems. In Proceedings of the 2019 29th International Symposium on Power and Timing Modeling, Optimization and Simulation (PATMOS), Rhodes, Greece, 1–8 March 2019; pp. 97–102.
- [50] Nandan, D. An E\_cient Antilogarithmic Converter by Using Correction Scheme for DSP Processor. *Trait. Signal* 2020, 37, 77–83.
- [51] Kouretas, I.; Paliouras, V. Logarithmic number system for deep learning. In Proceedings of the 2018 7<sup>th</sup> International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCAST), Thessaloniki, Greece, 7–9 May 2018; pp. 1–4.
- [52] Juang, T.; Lin, C.; Lin, G. Design of High-Speed and Area-E\_cient Cartesian to Polar Coordinate Converters using Logarithmic Number Systems. In Proceedings of the 2019 International SoC Design Conference (ISOCC), Jeju, Korea, 6–9 October 2019; pp. 180–181.
- [53] Kuo, C.; Juang, T. Area-e\_cient and highly accurate antilogarithmic converters with multiple regions of constant compensation schemes. *Microsyst. Technol.* 2018, 24, 219–225.
- [54] Drahoš, Peter; Kocúr, Michal; Haffner, Oto; Kucera, Erik; Kozakova, Alena. (2020). RISC Conversions for LNS Arithmetic in Embedded Systems. *Mathematics*. 8. 1208. DOI: 10.3390/math8081208.
- [55] Electrical & Computer Engineering at UCSB, “Number Representation and Computer Arithmetic” [online], [citované 11.5.2022], dostupné na: [https://web.ece.ucsb.edu/~parhami/pubs\\_folder/parh02-arith-encycl-infosys.pdf](https://web.ece.ucsb.edu/~parhami/pubs_folder/parh02-arith-encycl-infosys.pdf)
- [56] P. D. Vouzis, M. G. Arnold, C. Collange and M. V. Kothare, "Monte Carlo Logarithmic Number System for Model Predictive Control," 2007 International Conference on Field Programmable Logic and Applications, Amsterdam, Netherlands, 2007, pp. 453-458, doi: 10.1109/FPL.2007.4380688.
- [57] J. Johnson, "Efficient, arbitrarily high precision hardware logarithmic arithmetic for linear algebra," in 2020 IEEE 27th Symposium on Computer Arithmetic (ARITH), Portland, OR, USA, 2020 pp. 25-32.
- [58] Siemens, “Microgrid Controller – a SICAM application”, [online], [citované 15.1.2023], dostupné na: <https://www.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid/microgrid/sicam-microgrid-controller.html#Contact>
- [59] Siemens, “Photovoltaic Plant Control – a SICAM application”, [online], [citované 15.1.2023], dostupné na: <https://www.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid/microgrid/photovoltaic-plant-control.html>
- [60] Siemens, “Substation Automation”, [online], [citované 15.1.2023], dostupné na: <https://www.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid/substation-automation.html>

- [61] Siemens Industry, "SICAM 230 and SICAM 230 Tools", [online], [citované 20.2.2023], dostupné na: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109744288/sicam-230-and-sicam-230-tools?dti=0&lc=en-BO>
- [62] Siemens Industry, "BHB SICAM AK 3 User Manual", [online], [citované 20.2.2023], dostupné na: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109757722/bhb-sicam-ak-3-user-manual?dti=0&pnid=24232&lc=en-SK>
- [63] Siemens Industry, "SICAM A8000 Series, Manual CP-8031, CP-8050", [online], [citované 20.2.2023], dostupné na: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109757272/sicam-a8000-series-manual-cp-8031-cp-8050?dti=0&pnid=24232&lc=en-SK>
- [64] Siemens Industry, "SICAM SCC Human-Machine Interface (HMI) - manual", [online], [citované 20.2.2023], dostupné na: [https://support.industry.siemens.com/cs/document/109756817/sicam-scc-human-machine-interface-\(hmi\)-manual?dti=0&pnid=24232&lc=en-SK](https://support.industry.siemens.com/cs/document/109756817/sicam-scc-human-machine-interface-(hmi)-manual?dti=0&pnid=24232&lc=en-SK)
- [65] Siemens Industry, "SICAM PAS - Overview", [online], [citované 20.2.2023], dostupné na: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109758076/sicam-pas-overview?dti=0&pnid=24232&lc=en-SK>
- [66] ABB, "PLC Automation", [online], [citované 9.4.2023], dostupné na: <https://new.abb.com/plc>
- [67] Schneider Electric, "PLC, PAC a špeciálne kontroléry", [online], [citované 9.4.2023], dostupné na: <https://www.se.com/sk/sk/product-category/3900-plc-pac-a-%C5%A1peci%C3%A1lne-kontrol%C3%A9ry/>
- [68] VAR Partner Day 2022, "SICAM Applications", [online], [citované 15.4.2023], dostupné na: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:9c3aa6dc-3efa-4c27-9c59-ab2664a2b45c/04-var2022-hoermann-sicam-applications-mgc-ppc-dlm-pub.pdf>
- [69] M. G. Arnold, "Towards Quantum Logarithm Number Systems," 2022 IEEE 29th Symposium on Computer Arithmetic (ARITH), Lyon, France, 2022, pp. 76-83, doi: 10.1109/ARITH54963.2022.00022.
- [70] Y. Moravej, R. Boostani, S. Abusuilik and I. M. Mansour, "The Design of The Logarithmic Detector in The Front-End Board of Sonography Systems," 2022 International Engineering Conference on Electrical, Energy, and Artificial Intelligence (EICEEA), Zarqa, Jordan, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/EICEEA56378.2022.10050492.
- [71] M. V. V. Prasad Kantipudi, V. Sailaja and V. K. Sanipini, "A Review of Logarithmic Multiplier Hardware Architectures," 2022 International Conference on Decision Aid Sciences and Applications (DASA), Chiangrai, Thailand, 2022, pp. 1339-1343, doi: 10.1109/DASA54658.2022.9765184.
- [72] M. Kawaguchi, N. Ishii and M. Umeno, "Analog Neural Network Model based on Improved Logarithmic Multipliers," 2022 12th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI), Kanazawa, Japan, 2022, pp. 378-383, doi: 10.1109/IIAAIAI55812.2022.00082.
- [73] Lefvre, Vincent & Muller, Jean-Michel & Tisserand, Arnaud. (1998). "The Table Maker's Dilemma", [online], [citované 15.4.2023], dostupné na: [https://www.researchgate.net/publication/2508776\\_The\\_Table\\_Maker's\\_Dilemma](https://www.researchgate.net/publication/2508776_The_Table_Maker's_Dilemma)

- [74] IEC 60870-5-104:2006, “Telecontrol equipment and systems - Part 5-104: Transmission protocols - Network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profiles”, [online], [citované 15.3.2021], dostupné na: <https://webstore.iec.ch/publication/3746>
- [75] Schneider Electric, “What is Modbus and How does it work?”, [online], [citované 15.3.2021], dostupné na: <https://www.se.com/us/en/faqs/FA168406/>
- [76] IEC 61850-7-3, “Internation Standard, Basic Communication Structure”, [online], [citované 15.3.2021], dostupné na: [https://webstore.iec.ch/preview/info\\_iec61850-7-3%7Bed2.1%7Den.pdf](https://webstore.iec.ch/preview/info_iec61850-7-3%7Bed2.1%7Den.pdf)

# Publikačná činnosť

## AFC Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách

- AFC01 KLIMO, Ivan - DRAHOŠ, Peter - KOCÚR, Michal. Implementing ECG on FPGA board. In *QUAERE 2018 [elektronický zdroj] : Roč. VIII : Interdisciplinární mezinárodní vědecká konference doktorandů a odborných asistentů. Hradec Králové, Česká republika. 27.-29. června 2018.* Hradec Králové : Magnanimitas, 2018, CD-ROM, S. 1483-1491. ISBN 978-80-87952-26-9.  
Kategória publikácie od 2022: V2

## AFD Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách

- AFD01 DRAHOŠ, Peter - KUČERA, Erik - HAFFNER, Oto - KLIMO, Ivan. Trends in industrial communication and OPC UA. In *2018 Cybernetics & Informatics (K&I) [elektronický zdroj] : 29th International Conference. Lazy pod Makytou, Slovakia. January 31-February 3, 2018.* 1. vyd. Bratislava : Slovak Chemical Library, 2018, USB, [5] s. ISBN 978-1-5386-4420-1. V databáze: IEEE: 8337560 ; WOS: 000454633500031 ; SCOPUS: 2-s2.0-85050949410.  
Kategória publikácie od 2022: V2

Ohlasy:

1. [2] Tika, Ivar. "PLC Demonstration Application" A Closer Look at the New Industrial Revolution 4.0. Örebro : Örebro University, 2018. 64 p.

Ohlas: zahraničný

2. [1] INGALLI, Aravind - KUMAR, Ravish - BHADRA, Srijit Kumar. Ontological formulation of Microgrid Control System for Interoperability. In *2018 IEEE 23RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON EMERGING TECHNOLOGIES AND FACTORY AUTOMATION (ETFA)*, 2018, vol. 2018-September, pp. 1391-1398. ISSN 1946-0740., Registrované v: WOS, SCOPUS

Ohlas: zahraničný

3. [1] TOC, Silviu Iulian - KORODI, Adrian. Modbus-OPC UA Wrapper Using Node-RED and IoT-2040 with Application in the Water Industry. In *SISY 2018 IEEE 16th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, Proceedings*, 2018, Art. no. 8524749, pp. 99-103. ISBN 978-153866840-5., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

4. [2] Mocnej, Jozef - Kajáti, Erik - Čupková, Dominika - Papcun, Peter - Zolotová, Iveta. Smart/Intelligent Edge – vplyv na energetickú náročnosť IoT zariadení. In: *Atp journal*, 2018, Roč. 25, č. 11, s. 32-33. ISSN 1335-2237.

Ohlas: domáci

5. [1] PESSOA, Marcosiris A.O. - PISCHING, Marcos A. - YAO, Lina - JUNQUEIRA, Fabrício - MIYAGI, Paulo E. - BENATALLAH, Boualem. Industry 4.0, how to integrate legacy devices: A cloud IoT approach. In *Proceedings: IECON 2018 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2018, Art. no. 8592774, pp. 2902-2907. ISBN 978-150906684-1., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

6. [1] STRLJIC, Matthias Milan - KORB, Tobias - TASCI, Timur - TINSEL, Erik Felix - PAWLOWICZ, Daniel - RIEDEL, Oliver - LECHLER, Armin. A platform-independent communication framework for the simplified development of shop-floor applications as microservice components. In Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Advanced Manufacturing, ICAM 2018, 2019, Art. no. 8615044, pp. 250-253. ISBN 978-153865609-9., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

7. [1] LATIF, Hasan - SHAO, Guodong - STARLY, Binil. Integrating a dynamic simulator and advanced process control using the OPC-UA standard. In Procedia Manufacturing, 2019, vol. 34, pp. 813-819. ISSN 2351-9789., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

8. [1] HUANG, Tao - WANG, Shuo - HUANG, Yudong - ZHENG, Yao - LIU, Jiang - LIU, Yunjie. Survey of the deterministic network. In Tongxin Xuebao/Journal on Communications, 2019, vol. 40, no. 6, pp. 160-176. ISSN 1000-436X., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

9. [1] STEINDL, Gernot - FRÜHWIRTH, Thomas - KASTNER, Wolfgang. Ontology-Based OPC UA Data Access via Custom Property Functions. In IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA, 2019, vol. 2019-September, pp. 95-101. ISSN 1946-0740., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

10. [1] NICOLAE, Andrei - KORODI, Adrian - SILEA, Ioan. An Overview of Industry 4.0 Development Directions in the Industrial Internet of Things Context. In ROMANIAN JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2019, vol. 22, no. 3-4, pp. 183-201. ISSN 1453-8245., Registrované v: WOS, SCOPUS

Ohlas: zahraničný

11. [1] REN, Hui - LIU, Yang - WANG, Huiqin. Research on communication method of OPC UA client based on ARM. In Proceedings 18th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science, ICIS 2019, 2019, Art. no. 8940214 pp. 52-56. ISBN 978-172810801-8., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

12. [2] WU Chensi, XIE Weiqiang, JI Yixiao, YANG Su, JIA Ziyi, ZHAO Song, ZHANG Yuqing. Survey on network system security metrics. In Journal on Communications. 2019, vol. 40, no. 6, pp. 14-31. ISSN 1000-436X.

Ohlas: zahraničný

13. [2] HÖME, Stephan - KERSCHBAUM, Sven - VOLKMANN, Frank - ZIEGLER, Alexander. Data transmission within an industrial automation system. Patent no. EP3576376 (A1), 2019-12-04. European Patent Office, 2019. 93 p.

Ohlas: zahraničný

14. [1] RUBART, Jessica - LIETZAU, Benjamin - SOEHLKE, Patrick. Analyzing Manufacturing Data in a Digital Control Room Making Use of Semantic Annotations. In 2020 IEEE

14TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SEMANTIC COMPUTING (ICSC 2020), 2020,  
Art. no. 9031511, pp. 434-438. ISSN 2325-6516., Registrované v: WOS, SCOPUS

Ohlas: zahraničný

15. [1] BANCES, Enrique - SCHNEIDER, Urs - SIEGERT, Jörg - BAUERNHANSL, Thomas. Exoskeletons towards industrie 4.0: Benefits and challenges of the IoT communication architecture. In Procedia Manufacturing, 2020, vol. 42, pp. 49-56. ISSN 2351-9789., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

16. [1] MARTINS, Andre - COSTELHA, Hugo - NEVES, Carlos. Supporting the design, commissioning and supervision of smart factory components through their digital twin. In 2020 IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions, ICARSC 2020, 2020, Art. no. 9096072, pp. 114-119. ISBN 978-172817078-7., Registrované v: SCOPUS, WOS  
Ohlas: zahraničný

17. [1] ANSAH, F. - OLAYA, S. Soler Perez - KRUMMACKER, D. - FISCHER, C. - WINDEL, A. - GUILLAUME, R. - WISNIEWSKI, L. - EHRLICH, M. - MANDARAWI, W. - TRSEK, H. - DE MEER, H. - WOLLSCHLAEGER, M. - SCHOTTEN, H. D. - JASPERNEITE, J. Controller of Controllers Architecture for Management of Heterogeneous Industrial Networks. In IEEE International Workshop on Factory Communication Systems Proceedings, WFCS, 2020, 2020-April, Art. no. 9114506. ISBN 978-172815297-4., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

18. [1] FRIEDL, Sebastian - VON ARNIM, Christian - LECHLER, Armin - VERL, Alexander. Generation of OPC UA Companion Specification with Eclipse Modeling Framework. In IEEE International Workshop on Factory Communication Systems Proceedings, WFCS, 2020, 2020-April, Art. no. 9114448. ISBN 978-172815297-4., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

19. [1] LIBERG, Olof - SUNDBERG, Marten - WANG, Y.P. Eric - BERGMAN, Johan - SACHS, Joachim - WIKSTROM, Gustav. Technical enablers for the IoT. In CELLULAR INTERNET OF THINGS: FROM MASSIVE DEPLOYMENTS TO CRITICAL 5G APPLICATIONS, 2ND EDITION, 2020, pp. 709-730. ISBN 978-0-08-102902-2., Registrované v: WOS

Ohlas: zahraničný

20. [1] RADDATZ, Hannes - MAHMOUD, Eman - HOLZKE, Fabian - DANIELIS, Peter - TIMMERMANN, Dirk - GOLATOWSKI, Frank. Evaluation and Extension of OPC UA Publish/Subscribe MQTT Binding. In Proceedings 2020 IEEE Conference on Industrial Cyberphysical Systems, ICPS 2020, 2020, Art. no. 9274696, pp. 543-548. ISBN 978-1-7281-6389-5., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

21. [1] SPITZER, Fabian - LINDORFER, René - FROSCHAUER, Roman - HOFMANN, Michael - IKEDA, Markus. A generic Approach for the Industrial Application of Skill-based Engineering using OPC UA. In IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA, 2020, 2020-September, Art. no. 9211872, pp. 1671-1678. ISSN 1946-

0740., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

22. [1] SCHULZ, Peter - SLEIBI, Noura - TENDYRA, Philipp - ALDAGHAMIN, Areej - WOLFF, Carsten. Cloud Connectivity of a Distributed Cyber Physical Test System. In: 2020 IEEE 6TH WORLD FORUM ON INTERNET OF THINGS (WF-IOT), 2020, Art. no. 9221325. ISBN 978-172815503-6., Registrované v: WOS, SCOPUS

Ohlas: zahraničný

23. [1] ZHANG, Yunpeng - PANG, Cheng - YANG, Genke. A Real-time Computation Task Reconfiguration Mechanism for Industrial Edge Computing. In IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference), 2020, 2020-October, Art. no. 9255395, pp. 3799-3804. ISBN 978-172815414-5., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

24. [1] MARTINS, Andre - COSTELHA, Hugo - NEVES, Carlos. Supporting the Design, Commissioning and Supervision of Smart Factory Components through their Digital Twin. In 2020 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTONOMOUS ROBOT SYSTEMS AND COMPETITIONS (ICARSC 2020), 2020, Art. no. 9096072, pp. 114-119. ISSN 2573-9360., Registrované v: WOS, SCOPUS

Ohlas: zahraničný

25. [1] POLAK, Roman - LASOVA, Vaclava - BERNARDIN, Petr - JANDA, Petr - SVAGR, Marcel. Development of machine monitoring system. In Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium, 2020, vol. 31, no. 1, pp. 310-314. ISSN 17269679., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

26. [1] ARESTOVA, Anna - MARTIN, Maximilian - HIELSCHER, Kai Steffen Jens - GERMAN, Reinhard. A service-oriented real-time communication scheme for autosar adaptive using opc UA and time-sensitive networking. In Sensors, 2021, vol. 21, no. 7. ISSN 1424-8220., Registrované v: SCOPUS, WOS, CC

Ohlas: zahraničný

27. [1] MARTINS, André - LUCAS, João - COSTELHA, Hugo - NEVES, Carlos. Developing an OPC UA Server for CNC Machines. In Procedia Computer Science, 2021-01-01, 180, pp. 561-570., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

28. [1] ARESTOVA, Anna - JENS HIELSCHER, Kai Steffen - GERMAN, Reinhard. Simulative Evaluation of the TSN Mechanisms Time-Aware Shaper and Frame Preemption and Their Suitability for Industrial Use Cases. In 2021 IFIP Networking Conference, IFIP Networking 2021, 2021, Art. no. 9472830. ISBN 978-390317639-3., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

29. [1] PRENDL, Leopold - KASPER, Lukas - HOLZEGGER, Markus - HOFMANN, Rene. Framework for Automated Data-Driven Model Adaption for the Application in Industrial Energy Systems. In IEEE ACCESS, 2021, vol. 9, Art. no. 9511411, pp. 113052-113060. ISSN 2169-3536., Registrované v: WOS, CC

Ohlas: zahraničný

30. [1] BELLAVISTA, Paolo - FOGLI, Mattia - FOSCHINI, Luca - GIANNELLI, Carlo - PATERA, Lorenzo - STEFANELLI, Cesare. QoS-Enabled Semantic Routing for Industry 4.0 based on SDN and MOM Integration. In IEEE International Conference on High Performance Switching and Routing, HPSR, 2021, vol. 2021-June, Art. no. 9481869. ISSN 2325-5595., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

31. [1] LUCHIAN, Razvan Adrian - STAMATESCU, Grigore - STAMATESCU, Iulia - FAGARASAN, Ioana - POPESCU, Dan. IIoT decentralized system monitoring for smart industry applications. In 2021 29th Mediterranean Conference on Control and Automation, MED 2021, 2021, Art. no. 9480341, pp. 1161-1166. ISBN 978-166542258-1., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

32. [1] FRIEDL, Sebastian - HEINEMANN, Tonja - LECHLER, Armin - RIEDEL, Oliver. Implicit Templates for Conformance Units in OPC UA Companion Specifications. In 2021 22ND IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL TECHNOLOGY (ICIT), 2021, vol. 2021-March, Art. no. 9453582, pp. 730-735. ISSN 2643-2978., Registrované v: WOS, SCOPUS

Ohlas: zahraničný

33. [2] Sinan Budak: Systemmodellering av demonstrationsutrustning. Gävle, Högskolan, 2021. 41 s.

Ohlas: zahraničný

34. [2] Gelareh Najmi, Khaled Benfriha, Quentin Charrier, Marwan el Helou. Integration of the quality control process into a 4.0 production system. In International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME). Mauritius, Oct. 2021.

Ohlas: zahraničný

35. [1] LUO, Zhiyong - HUANG, Diandian - WANG, Yao - HE, Yuchen. Deterministic Communication Based on TSN and OPC UA Embedded Server. In Chinese Control Conference, CCC, 2021, vol. 2021-July, pp. 6518-6523. ISSN 1934-1768., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

36. [1] KINABO, Arnold B.D. - MWANGAMA, Joyce B. - LYSKO, Albert A. An overview of time-sensitive communications for the factory floor. In 2021 IST-Africa Conference, IST-Africa 2021, 2021. ISBN 978-190582467-0., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

37. [1] NAJMI, Gelareh - BENFRIHA, Khaled - CHARRIER, Quentin - EL HELOU, Marwan - EL ZANT, Chawki - ZOUHAL, Zaynab - EL ASSAL ISC, Omar. Integration of the quality control process into a 4.0 production system. In International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering, ICECCME 2021, 2021. ISBN 978-166541262-9., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

38. [1] BOUTER, Cornelis - POURJAFARIAN, Monireh - SIMAR, Leon - WILTERDINK, Robert. Towards a Comprehensive Methodology for Modelling Submodels in the Industry 4.0 Asset Administration Shell. In Proceedings 2021 IEEE 23rd Conference on Business Informatics,

CBI 2021 Main Papers, 2021, vol. 2, pp. 10-19. ISBN 978-166542069-3., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

39. [1] CAO, Kaijiang - ZHANG, Li - ZHOU, Chengwei. Design for Low Latency and High Reliability: OPC-UA Based Production Line for Product Traceability and Customized Service. In 2021 International Conference on Intelligent Technology and Embedded Systems, ICITES 2021, 2021, pp. 71-76. ISBN 978-166542755-5., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

40. [2] A Künzel et al. Modular and flexible Automation Middleware based on LabVIEW and OPC. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, Vol. 1193, art.no. 012109.

Ohlas: zahraničný

41. [1] CHARANIA, Zohra - IATROU, Chris Paul - KHAYDAROV, Valentin - JACOB, Richard - WITTIG, Robert - BAUER, Heiner - HOPPNER, Sebastian - BACHMANN, Rene - BAUER, Philipp - DECKERT, Hendrik - MAYR, Christian - FETTWEIS, Gerhard - URBAS, Leon. Opportunities for A Hardware-Based OPC UA Server Implementation in Industry 4.0. In IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference), 2021, vol. 2021-October. ISBN 978-166543554-3., Registrované v: SCOPUS, WOS, IEEE

Ohlas: zahraničný

42. [1] ARESTOVA, Anna - HIELSCHER, Kai-Steffen Jens - GERMAN, Reinhard. Simulative Evaluation of the TSN Mechanisms Time-Aware Shaper and Frame Preemption and Their Suitability for Industrial Use Cases. In: 2021 IFIP NETWORKING CONFERENCE AND WORKSHOPS (IFIP NETWORKING), 2021, Art. no. 9472830. ISBN 978-390317639-3., Registrované v: WOS, SCOPUS

Ohlas: zahraničný

43. [1] MUNIRAJ, Santhana Pandiyan - XU, Xun. An Implementation of OPC UA for Machine-to-Machine Communications in a Smart Factory. In: 49TH SME NORTH AMERICAN MANUFACTURING RESEARCH CONFERENCE (NAMRC 49, 2021), 2021, vol. 53, pp. 52-58. ISSN 2351-9789., Registrované v: WOS, SCOPUS

Ohlas: zahraničný

44. [1] MAHARAJ, Robin - BALYAN, Vipin - KHAN, Mohammed Tariq. Optimising data visualisation in the process control and IIoT environments. In International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems, 2022, vol. 15, no. 1, pp. 1-14. ISSN 1178-5608., Registrované v: WOS, SCOPUS

Ohlas: zahraničný

45. [1] JAVAID, Mohd - HALEEM, Abid - SINGH, Ravi Pratap - RAB, Shanay - SUMAN, Rajiv. Exploring impact and features of machine vision for progressive industry 4.0 culture. In Sensors International, 2022, vol. 3, Art. no. 100132. ISSN 2666-3511., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

46. [1] LEHMENT, Nicolas - KALBERC, Florian - JESPERS, Frieder. The Interplay between Silicon Capability and System Architecture for Cognitive Power Systems. In PCIM Europe Conference Proceedings, 2022, pp. 14-23. ISSN 2191-3358., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

47. [1] TRIPATHY, Aparajita - VAN DEVENTER, Jan - PANIAGUA, Cristina - DELSING, Jerker. Interoperability Between ROS and OPC UA: A Local Cloud-Based Approach. In: Proceedings 2022 IEEE 5th International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems, ICPS 2022, 2022. ISBN 978-166549770-1., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

48. [1] TRIPATHY, Aparajita - VAN DEVENTER, Jan - PANIAGUA, Cristina - DELSING, Jerker. OPC UA Service Discovery and Binding in a Service-Oriented Architecture. In: Proceedings 2022 IEEE 5th International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems, ICPS 2022, 2022. ISBN 978-166549770-1., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

49. [1] KAARLELA, Tero - ARNARSON, Halldor - PITKAAHO, Tomi - SHU, Beibei - SOLVANG, Bjorn - PIESKA, Sakari. Common Educational Teleoperation Platform for Robotics Utilizing Digital Twins. In: Machines, 2022, vol. 10, no. 7, art.no. 577. ISSN 2075-1702., Registrované v: WOS, CC

Ohlas: zahraničný

50. [1] STŘELEC, Peter - HORÁK, Tibor - KOVÁČ, Szabolcs - TANUŠKA, Pavol - NEMLAHA, Eduard. IoT Device Data Acquisition and Experimental Integration in Production Line Based on OPC UA Protocol. In: Lecture Notes in Networks and Systems, 2022, vol. 501 LNNS, pp. 215-223. ISSN 2367-3370., Registrované v: SCOPUS, WOS

Ohlas: zahraničný

51. [1] ARNARSON, Halldor - BREMDAL, Bernt Arild - SOLVANG, Bjorn. Reconfigurable Manufacturing: Towards an industrial Big Data approach. In: 2022 IEEE/ASME INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED INTELLIGENT MECHATRONICS (AIM), 2022, Vol. 2022-July, pp. 632-637. ISSN 2159-6255., Registrované v: WOS

Ohlas: zahraničný

52. [1] PU, Chenggen - DING, Xiwu - WANG, Ping - XIE, Shunji - CHEN, Junhua. Semantic Interconnection Scheme for Industrial Wireless Sensor Networks and Industrial Internet with OPC UA Pub/Sub. In: Sensors (Basel, Switzerland), 2022, vol. 22, no. 20, art.no. 7762. ISSN 1424-8220., Registrované v: SCOPUS, CC, WOS

Ohlas: zahraničný

53. [1] ROTHER, Benjamin - GOLATOWSKI, Frank - ANSAR, Zeeshan - KUZHIYELIL, Don - RESCH, Stefan - HAMETNER, Reinhard - PATHAK, Prashant. Analysis of Safety-Critical Communication Protocols for On-Premise SIL4 Cloud in Railways. In: Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 2022, vol. 13294 LNCS, pp. 211-220. ISSN 0302-9743., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

54. [1] RUBART, Jessica - GRIMM, Valentin - POTTHAST, Jonas. Augmenting Industrial Control Rooms with Multimodal Collaborative Interaction Techniques. In: Future Internet, 2022, vol. 14, no. 8, art.no. 224. ISSN 1999-5903., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

55. [2] Fernando Jácome, Luis Daniel Andagoya-Alba, Rommel Valencia, Henry Osorio, EdisonParedes. Variantes de la Tecnología OPC-UA y su utilización en la interconexión de Controladores Industriales con diferentes protocolos de comunicación. In Revista Conectividad. Vol. 3 Núm. 2 (2022), pp. 56-74.

Ohlas: zahraničný

56. [1] SOLL, Marcus - HAASE, Jan - HELBING, Pierre - NAU, Johannes. What are we Missing for Effective Remote Laboratories? In: 2022 IEEE German Education Conference, GeCon 2022, 2022. ISBN 978-166545170-3., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

57. [1] HE, Zizhou - YUAN, Tianyou - LI, Xinglan - LI, Suicheng - SHEN, Wenwen - ZHOU, Xiaowei. Research on Data Transfer Scheme of Virtual-Real Interactive in Five Dimensional Digital Twin System. In: 2022 IEEE 8th International Conference on Computer and Communications, ICCC 2022, 2022, pp. 2339-2344. ISBN 978-166545051-5., Registrované v: SCOPUS

Ohlas: zahraničný

58. [1] STOJ, Jacek - KAMPEN, Anne-Lena - CUPEK, Rafal - SMOLKA, Ireneusz - DREWNIAK, Marek. Industrial Shared Wireless Communication Systems-Use Case of Autonomous Guided Vehicles with Collaborative Robot. In: SENSORS, 2023, vol. 23, no. 1, art. no. 158. ISSN 1424-8220., Registrované v: WOS, CC, SCOPUS

Ohlas: zahraničný

59. [1] YU, Haoyu - YU, Dong - WANG, Chuting - HU, Yi - LI, Yue. Edge intelligence-driven digital twin of CNC system: Architecture and deployment. In: ROBOTICS AND COMPUTER-INTEGRATED MANUFACTURING, 2023, vol. 79, art. no. 102418. ISSN 0736-5845., Registrované v: WOS, CC, SCOPUS

Ohlas: zahraničný

60. [1] KAARLELA, Tero - PADRAO, Paulo - PITKAAHO, Tomi - PIESKA, Sakari - BOBADILLA, Leonardo. Digital Twins Utilizing XR-Technology as Robotic Training Tools. In: MACHINES, 2023, vol. 11, no. 1, art.no. 13. ISSN 2075-1702., Registrované v: WOS, SCOPUS, CC

Ohlas: zahraničný

AFD02 DRAHOŠ, Peter - KLIMO, Ivan. LNS algorithm for embedded control systems. In *2018 Cybernetics & Informatics (K&I) [elektronický zdroj] : 29th International Conference. Lazy pod Makytou, Slovakia. January 31-February 3, 2018.* 1. vyd. Bratislava : Slovak Chemical Library, 2018, USB, [3] s. ISBN 978-1-5386-4420-1. V databáze: IEEE: 8337567 ; WOS: 000454633500038 ; SCOPUS: 2-s2.0-85050924130.

Kategória publikácie od 2022: V2

- AFD03 KLIMO, Ivan - DRAHOŠ, Peter. FPGA based PI controller for DC motor. In *ELITECH'17 [elektronický zdroj] : 19th Conference of doctoral students. Bratislava, Slovakia. May 24, 2017.* 1. ed. Bratislava : Spektrum STU, 2017, CD-ROM, [5] p. ISBN 978-80-227-4686-1.  
Kategória publikácie od 2022: V2
- AFD04 KLIMO, Ivan - LICHTMAN, Alek - DRAHOŠ, Peter - FUCHS, Peter. Návrh a simulácia PID regulátora. In *Nové trendy vo vzdelávaní [elektronický zdroj] : Stretnutie katedier automatizácie, kybernetiky, umelej inteligencie a informatiky. Banská Štiavnica, Slovensko. 3.-5.9.2017.* 1. vyd. Bratislava : Slovenská chemická knižnica, 2017, USB, [4] s. ISBN 978-80-89597-68-0.  
Kategória publikácie od 2022: V2
- AFD05 KLIMO, Ivan - DRAHOŠ, Peter. Use of DMA in ADC. In *Nové trendy vo vzdelávaní [elektronický zdroj] : Stretnutie katedier automatizácie, kybernetiky, umelej inteligencie a informatiky. Banská Štiavnica, Slovensko. 3.-5.9.2017.* 1. vyd. Bratislava : Slovenská chemická knižnica, 2017, USB, [3] s. ISBN 978-80-89597-68-0.  
Kategória publikácie od 2022: V2
- AFD06 KLIMO, Ivan - DRAHOŠ, Peter - KOCÚR, Michal. PI controller implementation based on FPGA. In *2018 Cybernetics & Informatics (K&I) [elektronický zdroj] : 29th International Conference. Lazy pod Makytou, Slovakia. January 31-February 3, 2018.* 1. vyd. Bratislava : Slovak Chemical Library, 2018, USB, [6] s. ISBN 978-1-5386-4420-1. V databáze: IEEE: 8337546 ; WOS: 000454633500017 ; SCOPUS: 2-s2.0-85050943197.  
Kategória publikácie od 2022: V2
- AFD07 KLIMO, Ivan - DRAHOŠ, Peter - KOCÚR, Michal. FPGA based ECG. In *ELITECH'18 [elektronický zdroj] : 20th Conference of doctoral students. Bratislava, Slovakia. May 23, 2018.* 1. ed. Bratislava : Vydavateľstvo Spektrum STU, 2018, CD-ROM, [3] p. ISBN 978-80-227-4794-3.  
Kategória publikácie od 2022: V2
- AFD08 KLIMO, Ivan - DRAHOŠ, Peter. Fine tuning of PI controller with system generator. In *ELITECH'19 [elektronický zdroj] : 21st Conference of doctoral students. Bratislava, Slovakia. May 29, 2019.* 1. ed. Bratislava : Vydavateľstvo Spektrum STU, 2019, CD-ROM, [6] s. ISBN 978-80-227-4915-2.  
Kategória publikácie od 2022: V2
- AFD09 KLIMO, Ivan - KOCÚR, Michal - DRAHOŠ, Peter. Implementation of logarithmic number systems in control application using FPGA. In *PDeS 2019 : 16th IFAC conference on*

*programmable devices and embedded systems. High Tatras, Slovakia. October 29-31, 2019.*

1. vyd. Laxenburg : IFAC, 2019, S. 502-507. ISSN 2405-8963. V databáze: DOI:

10.1016/j.ifacol.2019.12.713 ; WOS: 000507495200084 ; SCOPUS: 2-s2.0-85081581203.

Kategória publikácie od 2022: V2

#### **Štatistika: kategória publikačnej činnosti do 2021**

AFC	Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách	1
AFD	Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách	9
<b>Súčet</b>		<b>10</b>

#### **Štatistika: kategória ohlasov od 2022**

<b>1 Citácia v publikácii registrovaná v citačných indexoch</b>			<b>52</b>
	Zahraničné		52
<b>2 Citácia v publikácii vrátane citácie v publikácii registrovanej v iných databázach okrem citačných indexov</b>			<b>8</b>
	Domáce		1
	Zahraničné		7
<b>Súčet</b>			<b>60</b>

Plus 11 citácií v Scopuse, teda celkom 71 citácií. 4 článkov