

Arvutisüsteemide instituudi 2019. aasta teadus- ja arendustegevuse aruanne

Arvutisüsteemide instituut

Department of Computer Systems

Margus Kruus, margus.kruus@taltech.ee

Instituudis tegutsevad järgmised uurimisrühmad:

- Usaldusväärsete arvutisüsteemide keskus
- Biorobotika keskus
- Arukate süsteemide keskus
- Riistvara turvalisuse keskus
- Nutika riistvara uurimiskeskus
- Sardtehisintellekti labor

The Department conducts research within 6 research groups:

- Centre of Dependable Computing Systems
- Centre for Biorobotics
- Centre for Intelligent Systems
- Centre for Hardware Security
- Smart Hardware Research Center
- Embedded AI Research Lab

Teadus- ja arendustegevuse ülevaade uurimisrühmade lõikes

Usaldusväärsete arvutisüsteemide keskus

Keskuse juht: Jaan Raik, professor, jaan.raik@taltech.ee

Liikmed: Peeter Ellervee, Maksim Jenihhin, Gert Jervan, Raimund-Johannes Ubar, Kolin Paul, Thomas Hollstein, Masoud Daneshalab, Aleksander Sudnitsõn, Kalle Tammemäe, Tara Ghasempouri, Vineeth Govind, Behrad Niazmand, Siavoosh Payandeh Azad, Tarmo Robal,

Doktorandid: Ranganathan Hariharan, Cemil Cem Gürsoy, Karl Janson, Madis Kerner, Xinhui Lai, Adeboye Stephen Oyeniran, Lauri Vihman, Ameer Shalabi, Kaur Apneet, Hardi Selg, Lembit Jürimägi,

Võtmesõnad:

nanoelektronika projekteerimine, töökindlus, turvalisus, verifitseerimine ja test; mitme-/paljutuumalised süsteemid.

Kompetentsid:

Usaldusväärsete arvutisüsteemide keskuse uurimistöö põhisuunad hõlmavad laia teemade ringi digitaalsüsteemide (k.a. mitme- ja paljuuümälised süsteemid) projekteerimise, usaldusväärse, turvalisuse, verifitseerimise ja testimise vallast:

- Digitaaltehnoogia vananemisprotsesside ja noorendamisstrateegiate uurimine (koostöö Delfti TÜ, Politecnico di Torino ja PUCRS, Brasiiliaga);
- Riistvara turve (koostöö: Airbus, Frankfurt UAS, Delfti TÜ, Intrinsic-ID, Riscure);
- Kihülene usaldusväärsus (koostöö: Testonica Lab OÜ);
- Omaduste kaevandamine (koostöö: EPFL/Lausanne, TU Hamburg, Saksa kosmosekeskus DLR, University of California Irvine);
- Diagnostiline testigeneerimine ja mikroprotsessorite test (koostöö: Politecnico di Torino);
- Küberfüüsikaliste süsteemide riistvara/tarkvara koosimuleerimine (koostöö: Saksa kosmosekeskus DLR)
- Arvutisüsteemide erinevate aspektide koosverifitseerimine (koostöö: iROC technologies);
- Rikkesisestusmeetodite optimiseerimine (koostöö: Cadence).

Olulisemad teadusprojektid:

- VFP17093 "RESCUE ETN - Nanoelektronika süsteemide usaldusväärse, turvalisuse ja vastastikusel sõltuvuses olevad väljakutsed", 2017-2021
- IUT19-1 "Usaldusväärsed mitmetuümälised arvutisüsteemid", 2014-2019
- TAR16013, "IT Tippkeskus EXCITE", 2016-2023

Oluliseimad publikatsioonid:

- Lai, Xinhui; Balakrishnan, Aneesh; Lange, Thomas; Jenihhin, Maksim; Ghasempouri, Tara; Raik, Jaan; Alexandrescu, Dan, "Understanding Multidimensional Verification: Where Functional Meets Non-Functional" Microprocessors and Microsystems: Embedded Hardware Design, Elsevier, 2019
- Oyeniran, Adeboye; Ubar, Raimund; Jenihhin, Maksim; Gürsoy, Cemil Cem; Raik, Jaan, "High-Level Combined Deterministic and Pseudoexhaustive Test Generation for RISC Processors". 24th IEEE European Test Symposium 2019 (ETS19).
- Niazmand, Behrad; Payandeh Azad, Siavoosh; Jervan, Gert; Sepúlveda, Johanna, "Design and Verification of Secure Cache Wrapper Against Access-Driven Side-Channel Attacks", Euromicro DSD Conference 2019.

Uurimisrühma 2019. aasta tulemused:

Keskus on mitmete üle-Euroopaliste aktsioonide eestvedaja, koordineerides Horisont2020 Marie Skłodowska Curie ITN projekti RESCUE. Uurimisrühm on partneriks Arvutisüsteemide instituudi poolt koordineeritavas teaduse tippkeskuses EXCITE. Ülalnimetatud valdkondades avaldati aasta jooksul rohkem kui 40 teaduspublikatsiooni ning grupis kaitsti edukalt 2 doktoritööd.

Centre for Dependable Computing Systems

Head of the centre: Jaan Raik, professor, jaan.raik@taltech.ee

Members: Peeter Ellervee, Maksim Jenihhin, Gert Jervan, Raimund-Johannes Ubar, Kolin Paul, Thomas Hollstein, Masoud Daneshtalab, Aleksander Sudnitsõn, Kalle Tammemäe, Tara Ghasempouri, Vineeth Govind, Behrad Niazmand, Siavoosh Payandeh Azad, Tarmo Robal,

Doctoral students: Ranganathan Hariharan, Cemil Cem Gürsoy, Karl Janson, Madis Kerner, Xinhui Lai, Adeboye Stephen Oyeniran, Lauri Vihman, Ameer Shalabi, Kaur Apneet, Hardi Selg, Lembit Jürimägi,

Keywords:

Nanoelectronics design, reliability, security, verification and test; multi-/many-core systems.

Expertise:

The research in the Centre for Dependable Computing Systems covers a wide range of topics in the areas of design, reliability, security, verification and testing of nanoelectronic systems (including multi-/many-core systems):

- Study of aging and rejuvenation in nanometer technologies (cooperation with TU Delft, Politecnico di Torino and PUCRS, Brazil);
- Hardware security (cooperation: Airbus, Frankfurt UAS, TU Delft, Intrinsic-ID, Riscure);
- Cross-layer resilience (cooperation: Testonica Lab OÜ);
- Assertion mining (cooperation: EPFL/Lausanne, TU Hamburg, DLR, University of California Irvine);
- Diagnostic test generation and microprocessor testing (cooperation: Politecnico di Torino);
- Multi-aspect verification of computing systems (cooperation: iROC Technologies);
- Optimisation of fault injection campaigns (cooperation: Cadence);

Most significant projects:

- VFP17093 “RESCUE ETN - Interdependent Challenges of Reliability, Security and Quality in Nanoelectronic Systems Design”, 2017-2021
- IUT19-1 “Dependable multi-core computing systems”, 2014-2019
- TAR16013 “Estonian Centre of Excellence in ICT Research”, 2016-2023

Most significant publications:

- Lai, Xinhui; Balakrishnan, Aneesh; Lange, Thomas; Jenihhin, Maksim; Ghasempouri, Tara; Raik, Jaan; Alexandrescu, Dan, “Understanding Multidimensional Verification: Where Functional Meets Non-Functional” *Microprocessors and Microsystems: Embedded Hardware Design*, Elsevier, 2019
- Oyeniran, Adeboye; Ubar, Raimund; Jenihhin, Maksim; Gürsoy, Cemil Cem; Raik, Jaan, “High-Level Combined Deterministic and Pseudoexhaustive Test Generation for RISC Processors”. 24th IEEE European Test Symposium 2019 (ETS19).
- Niazmand, Behrad; Payandeh Azad, Siavoosh; Jervan, Gert; Sepúlveda, Johanna, “Design and Verification of Secure Cache Wrapper Against Access-Driven Side-Channel Attacks”, *Euromicro DSD Conference* 2019.

In 2019:

The centre is the initiator of several pan-European actions. Currently it coordinates the Horizon2020 Marie Skłodowska Curie ITN RESCUE project and is a partner in the national ICT centre of research excellence EXCITE. During 2019, the research group published more than 40 research papers and 2 PhD theses were defended by its members.

Biorobotika keskus

Keskuse juht: professor Maarja Kruusmaa, maarja.kruusmaa@taltech.ee

Liikmed: Juri Gavšin, Margit Egerer, Asko Ristolainen, Gert Toming, Jeffrey Andrew Tuhtan, Asya Ivanova Drenkova-Tuhtan, Andres Ernits, Jaan Rebane, Simon Godon, Laura Piho, Rahel Priisalu, Mihkel Läänelaid

Doktorandid: Marie-Pierre Denise Anne Gosselin, Kaia Kalev, Christian Meurer, Juan Francisco Fuentes Perez, Nag Saptarshi, Roza Gkliva, Mohamed Walid Remmas, Cecilia Monoli

Biorobotika keskus arendab välja allveetehnoloogiaid, sealhulgas bioloogiast inspireeritud allveeroboteid, robotite täiturmehhanisme, allveeandureid ja andmeanalüüsimeetodeid.

Meie peamised **kompetentsid on:**

- Robotika ja allveerobotika
- Robotite täiturmehhanismid vedelikus liikumiseks
- Anduritehnika ning allveeandurid ja andurite võrgud
- Andurid ja seadmed keskkonnaseireks veekeskkonnas ning andmeanalüüs

Meie peamised **uurimisteemad on:**

- Uudsete täiturmehhanismide arendamine liikumiseks veekeskkonnas
- Robotite juhtimine veevoolus, lainetuses ja keeristes
- Vooluandurid laiaulatuslike ookeanuuuringute jaoks
- Andurite võrgud veevoolu ja turbulentsi mõõtmiseks ja klassifitseerimiseks.
- Andurite võrgud sadamate turvaliseks navigatsiooniks
- Veevoolu mõõtmine äärmuslikes oludes (nt. väga kõrge rõhk ja kiirendus) hüdroelektrijaamade turbiinides, tammidel, liustike all, jne.
- Keskkonnaseire andurid kriitilise infrastruktuuri monitoorimiseks ja kaitseks.

Me **koordineerime järgmiseid teadusprojekte:**

- H2020 LakHsMI (Sensors for Large Scale Hyrdodynamic Imaging) <http://www.lakhsmi.eu>
- Eesti IT teaduse tippkeskus <http://excite.it.ee>

ning **osaleme järgmistes teadusprojektides:**

- H2020 FitHydro (Fish Friendly Hydropower Technologies) <http://www.fithydro.eu>
- FLAG-ERA RoboCom++ (Rethinking Robot Companions of the Future) <http://www.robocomplusplus.eu>
- H2020 RISE ECOBOTICS.SEA (Bioinspired Technologies for Sustainable Marine Ecosystem)
- H2020 ROBOMINERS (Resilient Bio-inspired Modular Robotic Miners)
- MC RISE ECOBOTICS.SEA (International research and training project using robots to assess marine species biodiversity)
- COST DAMOCLESE (Understanding and Modeling Compound Climate and Weather Events)
- MC ITN RIBES (River Flow Regulation, Fish Behaviour and Status)
- DBU MeMo (Measuring and Modelling System for Downstream Migration)
- BMBF RETERO (Reducing animal testing to establish risk of injury to fish caused by passage through turbines by the use of robotic surrogates, computational fluid mechanics and predictive modeling)
- EEA Grant Solutions for Natural and Constructed Shorelines
- Mama Mia Multi-scAle-Multi-Method Analysis of Mechanisms causing Ice Acceleration

Lisainfo www.biorobotics.ttu.ee

Centre for Biorobotics

Head of the centre: professor Maarja Kruusmaa, maarja.kruusmaa@taltech.ee

Members: Juri Gavšin, Margit Egerer, Asko Ristolainen, Gert Toming, Jeffrey Andrew Tuhtan, Asya Ivanova Drenkova-Tuhtan, Andres Ernits, Jaan Rebane, Simon Godon, Laura Piho, Rahel Priisalu, Mihkel Läänelaid

Doctoral students: Marie-Pierre Denise Anne Gosselin, Kaia Kalev, Christian Meurer, Juan Francisco Fuentes Perez, Nag Saptarshi, Roza Gkliva, Mohamed Walid Remmas, Cecilia Monoli

Centre for Biorobotics focuses on underwater technologies, more specifically on underwater robotics inspired by biological principles, underwater sensing and underwater sensor networks.

Our **core competences are:**

- Underwater robotics
- Robot locomotion in fluid environments
- Underwater sensing
- Experimental fluid mechanics
- Sensor networks for environmental monitoring

Some of our **research activities** include:

- Developing new principles of locomotion using soft and compliant actuators
- Control and navigation of underwater robots in flow, surges and waves
- Robot sensing in underwater environments
- Distributed sensor networks for measuring and characterizing flow and turbulence
- Development of underwater sensor systems for safe navigation in harbours
- Measuring extreme flows including hydropower turbines, sub-glacial flows, dams etc.
- Environmental sensors for monitoring and protection of critical infrastructure

We are currently **coordinating the following projects:**

- H2020 LakHsMI (Sensors for Large Scale Hydrodynamic Imaging) <http://www.lakhsmi.eu>
- Estonian Centre for Excellence in IT (EXCITE) <http://excite.it.ee>

and are **involved in the following international projects:**

- H2020 FitHydro (Fish Friendly Hydropower Technologies) <http://www.fithydro.eu>
- FLAG-ERA RoboCom++ (Rethinking Robot Companions of the Future) <http://www.robocomplusplus.eu>
- H2020 RISE ECOBOTICS.SEA (Bioinspired Technologies for Sustainable Marine Ecosystem)
- H2020 ROBOMINERS (Resilient Bio-inspired Modular Robotic Miners)
- MC RISE ECOBOTICS.SEA (International research and training project using robots to assess marine species biodiversity)
- COST DAMOCLESE (Understanding and Modeling Compound Climate and Weather Events)
- MC ITN RIBES (River Flow Regulation, Fish Behaviour and Status)
- DBU MeMo (Measuring and Modelling System for Downstream Migration)
- BMBF RETERO (Reducing animal testing to establish risk of injury to fish caused by passage through turbines by the use of robotic surrogates, computational fluid mechanics and predictive modeling)
- EEA Grant Solutions for Natural and Constructed Shorelines
- Mama Mia Multi-scAle-Multi-Method Analysis of Mechanisms causing Ice Acceleration

For more information please visit www.biorobotics.ttu.ee

Arukate süsteemide keskus

Keskuse juht: professor Eduard Petlenkov, eduard.petlenkov@taltech.ee

Liikmed: Kristina Vassiljeva, Aleksei Tepljakov, Juan Chen, Kadri Umbleja

Doktorandid: Ahmet Köse, Andrei Maalberg, Maksimilian Tarasevich

Keskus koosneb kahest teaduslaborist: Automaatjuhtimise teaduslaboratoorium ja Virtuaalse ja täiendatud reaalsuse laboratoorium.

Arukate süsteemide keskuse **põhikompetentsideks on:**

- Keeruliste dünaamiliste süsteemide modelleerimine ja juhtimine;
- Murrulistel tuletistel põhinevad mudelid ja juhtimisalgoritmid;
- Teadustarkvara arendus;
- Iseõppimise ja adapteerimise meetodid juhtimissüsteemides;
- Tehisintellekti meetodid - tehisnärviõrgud, hägus loogika, geneetilised algoritmid;
- Hajusjuhtimissüsteemid;
- Andmeanalüüs;
- Virtuaal- ja liitreaalsuse rakendused.

Uurimisgruppi põhifookuseks on uute efektiivsete juhtimismeetodite väljatöötamine ja realiseerimine uue põlvkonna tööstuse (Tööstus 4.0) rakendustes, uurimistöö baseerub klassikaliste tööstuskontrollerite integreerimisel teadmispõhiste meetoditega.

Võtmesõnad: juhtimissüsteemid, dünaamiliste süsteemide modelleerimine, tehisintellekti meetodid, masinõpe, adaptiivsed ja iseõppivad süsteemid.

Uurimisgrupi viimaste aastate **teadustegevuste tulemusteks on:**

- Murrulistel tuletistel põhinevate juhtimissüsteemide projekteerimiseks ning vastavate protsesside modelleerimiseks ettenähtud tarkvarapaketi FOMCON (<http://fomcon.net>) arendus.
- Murrulistel tuletistel põhinevate kontrollerite riistvaraline realiseerimine.
- Arukate adaptiivsete juhtimisalgoritmide väljatöötamine, tarkvaraline realiseerimine ja rakendus hajusjuhtimissüsteemis soojuselektrijaamade efektiivsemaks juhtimiseks.
- Tehisintellekti meetoditel põhineva liikluskindlustuse riskide hindamise süsteemi projekteerimine ja tarkvaraline realiseerimine.
- Inimese käitumise dünaamika modelleerimine virtuaalreaalsuses.
- Tehisintellekti meetoditel põhineva süsteemi väljatöötamine elektrienergia tarbimise prognoosimiseks.

Uurimisgrupp avaldas **2019.aastal** 17 teaduspublikatsiooni (6 ajakirjaartiklit - ja 11 artiklit konverentside kogumikes - 3.1 ETIS-e klassifikaatori järgi) ja osales järgmistes teadusprojektides:

- Alexela Energia AS rakendusuuring klientide elektritarbimise prognoosimudeli väljatöötamiseks.
- Metodoloogia automaatseks teekattedefektide tuvastamiseks.
- Murrulised süsteemid: analüüs, süntees ja nende tähtsus tuleviku disaini jaoks.
- Masinõppel ja reeglipõhisel veatuvastusel põhinevad automaatsed meetodid ventilatsiooniseadmete efektiivsuse suurendamiseks
- Kuluefektiivse ühildatava geodeetilise täpsusega 3D ruumiandmete taristu loomise rakendusuuring

Veebileht: : <https://is-centre.eu/>

Centre for Intelligent Systems

Head of the centre: professor Eduard Petlenkov, eduard.petlenkov@taltech.ee

Members: Kristina Vassiljeva, Aleksei Tepljakov, Juan Chen, Kadri Umbleja

Doctoral students: Ahmet Köse, Andrei Maalberg, Maksimilian Tarasevich

The Centre consists of two laboratories: Control Systems Research Laboratory and Virtual and Augmented Reality Laboratory.

Our core competences are:

- Modelling, control, and analysis of complex nonlinear dynamic systems;
- Computational Intelligence based algorithms: Artificial Neural Networks, Genetic Algorithms, Fuzzy Logic, etc.;
- Self-learning and adaptation methods in control systems;
- Fractional-order modelling and control;
- Distributed control systems;
- Modelling and analysis of complex power systems with high integration of renewable energy sources;
- Data analysis;
- Development of research software;
- Virtual and Augmented Reality applications.

The research group focuses on development and implementation of novel efficient control techniques for Industry 4.0 applications based on the combination of classical industrial controllers with computational intelligence methods and knowledge based reasoning.

Key words: control, modelling of dynamic systems, computational intelligence, machine learning, adaptive and self-learning systems.

Results of research activities:

- Computational methods based analysis of vehicle insurance data and development of a software tool for estimation of insurance risks.
- Development and application of advanced modelling and control methods for District Heating Plants including practical implementation in Distributed Control Systems.
- Development of a toolbox modelling and analysis of Fractional Order Systems as well as design of Fractional Order controllers–FOMCON toolbox. Available at <http://fomcon.net/>.
- Hardware implementation of Fractional Order Controllers.
- Modelling of human behavioural dynamics in Virtual Reality.
- Development of a computational intelligence based system for prediction of energy consumption.

In 2019 the research group has published 17 research papers (6 articles 1.1 and 11 papers 3.1 according to ETIS classifier), participated in the following R&D projects:

- Alexela Energy AS applied research for development of electricity consumption prediction model.
- A Methodology for computerised detection of pavement cracks and other road defects.
- Fractional-order systems; analysis, synthesis and their importance for future design.
- Automated machine learning and rule-based methods for fault detection of air handling units to increase their efficiency.
- Applied research for creating a cost-effective interchangeable 3D spatial data infrastructure with survey-grade accuracy

Homepage: <https://is-centre.eu/>

Riistvara turvalisuse keskus

Keskuse juht: Samuel Nascimento Pagliarini, samuel.pagliarini@taltech.ee

Doktorandid: Antonio Felipe Costa de Almeida, Maliik Imran

Riistvara turvalisuse keskus viib läbi uuringuid kõigis riistvara turvalisuse rakenduslikes aspektides: meie eesmärk on turvalisuse valideerimise tehnikad reaalses ränikiipides. Keskuse uurimistöö integraalskeemide projekteerimise, elektroonilise projekteerimise automatiseerimise (EDA) ja krüptograafilise riistvara vallas võimaldab luua usaldusväärseid riistvarapõhiseid süsteeme. Ohud nagu riistvara troojalased, pöördprojekteerimine, integraalskeemi paigutuse hägustamine, IP-piraatlus, integraalskeemide ületootmine, külumkanali rünnakud jne lahendatakse mitmesuguste tehniliste vastumeetmete abil.

Võtmesõnad: riistvara turvalisus, usaldatavad kiibid, rakendusspetsiifilised integraallülitused, riistvara krüptomoodulid, integraallülituste hägustamise (obfuskeerimise) meetodid

Põhikompetentsid:

- rakendusspetsiifiliste integraallülituste projekteerimine
- Integraalskeemi paigutuse hägustamine projekti tükeldamise teel (Split-Chip ja Split-Fab)
- Usaldusväärse elektroonilise projekteerimise automatiseerimise töövoog (alates RTL-ist kuni paigutuseni)
- Vastumeetmed pöördprojekteerimisele, külumkanali rünnakutele ja piraatlusele
- Krüpto-riistvara

Prof. Pagliarini liitus TalTechiga augustis ja keskus asutati alles 2019. aasta lõpus. Sellest ajast alates on kaalutud üle 100 kandidaadi taotlusi doktori- ja järeldoktori ametikohtadele. Tööpakkumised esitati 5-le kandidaadile, kuid 2019. aastal liitus ainult 2 töötajat. Täiendavat kaadrit oodatakse TalTechi 2020. aasta vältel.

2019. aasta jooksul osales keskus nelja projektitotluse väljatöötamises, mille tulemused selguvad 2020. aasta alguses:

- ZERO-THREAT, ERC Stardigrant
- SAFEST, H2020 Twinning projekt
- ConFoRm, H2020 RIA projekt
- HADRIAm, Euroopa Kaitseagentuur

Centre for Hardware Security

Head of the centre: Samuel Nascimento Pagliarini, samuel.pagliarini@taltech.ee

Doctoral students: Antonio Felipe Costa de Almeida, Maliik Imran

The Centre for Hardware Security conducts research in all applied aspects of Hardware Security: our aim is to validate security techniques in real silicon. The Centre's research on integrated circuit (IC) design, electronic design automation (EDA), and cryptographic hardware enables trustworthy IC-based systems to be built. Threats such as Hardware Trojans, reverse engineering, circuit (de)obfuscation, IP piracy, IC overbuilding, side-channel attacks, etc., are addressed through an array of technical countermeasures.

Keywords: hardware security, trustworthy integrated circuits, ASICs, cryptohardware, circuit obfuscation

Core competences:

- Design of Application Specific Integrated Circuits

- Circuit obfuscation by design partitioning (Split-Chip and Split-Fab)
- Trustworthy electronic design automation tooling (from RTL to layout)
- Countermeasures to reverse engineering, side channel attacks, and piracy
- Crypto hardware

Prof. Pagliarini joined TalTech in August and the Centre was only established in late 2019. An extensive recruiting effort has been taking place since then, with over 100 candidates considered for many doctoral and postdoctoral positions. Offers were extended to 5 candidates, but only 2 joined in 2019 while the others are expected to join TalTech throughout 2020.

During 2019, we have participated on the elaboration of 4 proposals, for which the outcome will be known in early 2020:

- ZERO-THREAT, ERC Starting Grant
- SAFEST, H2020 Twinning project
- ConFoRm, H2020 RIA
- HADRIAm, European Defence Agency

Nutika riistvara uurimiskeskus

Keskuse juht: Dr Artur Jutman, artur.jutman@taltech.ee

Members: Sergei Devadze, Anton Tšertov, Igor Aleksejev, Dmitri Mihhailov, Sergei Odintsov

Doctaral student: Konstantin Shibin

Võtmesõnad: sardsüsteemid, eneseteadlikud elektroonikasüsteemid, isetervenev mikroelektroonika, ennustav hooldus, test ja diagnostika, testimise projekteerimine, FDIR.

Teadussuund: Elektroonikasüsteemide jaoks uusi veakindluse, eneseteadlikkuse ja kvaliteedikontrolli meetodite väljatöötamine ning tööstuslikul tasemel katseptotorüüpide loomine.

Arendussuund: sardsüsteemide professionaalne projekteerimine riistvarast kuni tarkvarani.

Põhikompetentsid:

- Projekteerimine FPGA SoCs (Zynq, CycloneV SoC jne.) jaoks
- Projekteerimine Xilinx (Microblaze) ja Intel (NIOS II) pehmete protsessortuumade abil
- VHDL ja Verilog riistvara kirjelduskeeled
- Xilinx Vivado, Altera/Intel Quartus, Lattice Diamond, ModelSim, QuestaSim
- Multi-gigabit kiirusega andmetöötlussüsteemide projekteerimine FPGA transiiveritel
- Kiirte jadaliideste realiseerimine, näiteks: PCIe, SATA, USB3.0
- Mälukontrollerid: DDR2, DDR3, DDR4; siinid: AXI, Avalon, AXI-Lite
- Paljasmetalli rakendused, buudilaadurid, Linux draiverid ja Userspace rakendused
- Petalinux, Yocto, FreeRTOS ja embedded SDK, ELDK
- Testi ja tõrkeotsingu instrumendid
 - ChipScope, SignalTAP II, Reveal Analyzer, Quick Instruments
 - JTAG/Boundary Scan IEEE Std. 1149.1, IEEE Std. 1149.6, IEEE Std. 1687

T&A võtmetulemused:

- TRL-4 tasemel enesetervise ja rikete haldamise tehnoloogia demonstraator mikroprotsessorite jaoks nende eneseteadlikkuse põhikomponendina, mis annab võimaluse nt. kosmoseelektroonikal säilitada töövõimekust kosmosekiirguse all.

- TRL-6 tasemel sardinstrumentide tehnoloogia marginaalsete defektide tuvastamiseks ja nende mõju mõõtmiseks kõrgekiiruselisele digielektronikale.
- Suurte kiirendite jaoks (CERN ja ESS/ERIC) juht-, andmetöötlus-, testimis- ja kommunikatsiooni lahenduste projekteerimine (riistvara, draiverid, tarkvara) ja tarne.

Aastal 2019 osales teadusrühm järgmistes teadus- ja arendusprojektides:

- IUT19-1 - Usaldusväärsed mitmetuumalised arvutisüsteemid.
- Tööstuslikud arendusprojektid European Spallation Source – ESS kiirendi jaoks
 - EtherCAT slave kaardi ning tarkvaralise lahenduse projekteerimine
 - FPGA IOC FMC Carrier Card riistvara ja tarkvara projekteerimine

Smart Hardware Research Centre (SHARC)

Head of the centre: Artur Jutman, artur.jutman@taltech.ee

Members: Sergei Devadze, Anton Tšertov, Igor Aleksejev, Dmitri Mihhailov, Sergei Odintsov

Doctaral student: Konstantin Shibin

Keywords: System Health Awareness, Self-Healing and Adaptation to Damage, Predictive Maintenance, Embedded Systems, Embedded Software, Test and Diagnostics, DFT, FDIR.

Research focus: cutting-edge industrial-grade approaches for self-health awareness, fault tolerance and quality assurance through the entire product life cycle of microelectronic systems.

Development focus: professional design of embedded systems from hardware to software.

Core competences:

- Designing with FPGA SoCs (Zynq, CycloneV SoC and others)
- Designing with soft-processors from Xilinx (Microblaze) and Intel (NIOS II)
- VHDL and Verilog hardware design languages
- Xilinx Vivado, Altera/Intel Quartus, Lattice Diamond, ModelSim, QuestaSim
- High-speed design with Multi-gigabit transceivers
- Implementation of high-speed serial interfaces such as PCIe, SATA, USB3.0
- Memory controllers: DDR2, DDR3, DDR4; Buses: AXI, Avalon, AXI-Lite
- Bare-metal applications, bootloaders, Linux drivers and Userspace applications
- Petalinux, Yocto, FreeRTOS and embedded SDKs, ELDK
- Instrumentation for test and troubleshooting
 - ChipScope, SignalTAP II, Reveal Analyzer, Quick Instruments
 - JTAG/Boundary Scan IEEE Std. 1149.1, IEEE Std. 1149.6, IEEE Std. 1687

Key achievements in R&D:

- TRL-4 demonstrator of fitness and fault management technology for microprocessors making them self health-aware, hence helping space electronics to maintain its fitness under pressure of cosmic radiation and to withstand a higher dose.
- TRL-6 embedded instrumentation technology for marginal defect detection and their impact measurement in high-speed electronics.
- Full stack design (hardware, drivers, software), test and delivery of processing, communication and test equipment for large accelerators: CERN and ESS/ERIC

In 2019 the research group participated in the following R&D projects:

- IUT19-1 - Dependable multi-core computing systems.

- Development contracts for the European Spallation Source - ESS
 - Implementation of an EtherCAT slave board and its software support
 - Implementation of FPGA IOC FMC Carrier Card and respective software

Sardtehisintellekti labor

Labori juht: Mairo Leier, mairo.leier@taltech.ee

Liikmed: Uljana Reinsalu, Priit Ruberg, Elvar Liiv, Karl Laanemets, Jürgen Soom

Sardtehisintellekti labor keskendub masinõppe lahenduste arendamisele sardsüsteemides. Labor teeb rahvusvaheliselt koostööd nii merenduse, meditsiini, targa linna, autonoomsete sõidukite ja tööstusautomaatika teadusgruppide ja ettevõtetega.

Põhikompetentsid:

- sardriistvara disain ja prototüüpimine,
- reaalaajaoperatsioonisüsteemid,
- masinõppemudelite optimeerimine sardriistvarale,
- kommunikatsioonilahendused sardriistvaras,
- sensorika.

Võtmesõnad: sardsüsteemide disain, sardtarkvara masinõppe, signaalitöötlus

Uurimisgrupp osales viimastel aastatel järgmistes teadus- ja arendusprojektides:

- F17129 - „Targa ühistoote prototüübi võimaluste analüüs ja piloteerimine Protex AS näitel“
- LEP19064 – „Tuleviku isejuhtivate busside teenuse arendus ja halduse süsteem“
- LEP18082IT – „Rakendusuring kaugjuhitavate sõidukite juhtimisabi ning turvalisuse funktsioonide jaoks oluliste sensorite ja tarkvaraalgoritmide süsteemi arendamiseks“
- F18024 - „Ragnarok 2.0 targa ülikonna edasiarendus ja piloteerimine Protex AS ja Tallinna Sadama näitel“
- SS419 – „Isejuhtiv auto“

Uurimisgrupp juhtis järgmiseid teadus- ja arendusprojekte:

- LEP19006 – „Tark autotekk“
- SS19006 – „Targa lifti arendus“

Uurimisgrupp avaldas **2019. aastal** 4 publikatsiooni ETISE klassifikaatori järgi: 1 ajakirjaartikkel – 1.1, kolm konverentsiartiklit - 3.1.

Keskuse veebilehe info: <https://iot.ttu.ee>

Embedded AI Research Lab

Head of the lab: Mairo Leier, mairo.leier@taltech.ee

Members: Uljana Reinsalu, Priit Ruberg, Elvar Liiv, Karl Laanemets, Jürgen Soom

The Embedded AI Research Lab focuses on developing machine learning solutions in the embedded systems. The laboratory collaborates internationally with research teams and companies from the maritime, medical, smart city, autonomous vehicles and industrial automation sectors.

Core competencies:

- embedded hardware design and prototyping,
- real-time operating systems,
- machine learning model optimization for embedded hardware,
- communication solutions in embedded systems, sensory solutions.

Keywords: embedded machine learning, embedded systems design, signal processing

We have been involved the following **projects during last years**

- F17129 - „Smart joint product prototype analysis and pilot: Protex OÜ example”
- LEP19064 – „Future Automated Bus Urban LLevel Operation System“
- LEP18082IT – „Applied research on system of sensors and software algorithms for safety and driver assistance on remotely operated ground vehicles for off-road applications“
- F18024 - „Further development and piloting of smart suit Ragnarok2.0 using Protex AS and AS Tallinna Sadam as test-fields”
- SS419 – „Self-driving car“

We have coordinated following research- and development projects in 2019:

- LEP19006 – „Tark autotekk“
- SS19006 – Smart elevator development

In 2019 the research group has published 4 research papers according to ETIS classificator: 1 article – 1.1, 3 papers - 3.1

Homepage: <https://iot.ttu.ee>