

Infrastruktura, w tym opis laboratoriów, pracowni, sprzętu i wyposażenia, niezbędnych do prowadzenia zajęć na kierunku automatyka i robotyka

I. Instytut Automatyki i Robotyki

Laboratorium **Podstaw Systemów Sterowania** (sala 411 WE)



W laboratorium do dyspozycji jest łącznie 9 stanowisk laboratoryjnych, każde jest wyposażone w komputer PC. Podstawowa konfiguracja 8 komputerów to procesor Intel Core2Duo, 4GB RAM, HDD250GB, dziewiąty komputer posiada procesor AMD A8-3870. Na wszystkich komputerach jest system Windows oraz środowisko Matlab/Simulink. Cztery stanowiska wyposażone są w manipulatory planarne PMxR o 1 lub 2 stopniach rotacyjnych współpracujące z komputerami z dodatkowym oprogramowaniem Code Composer Studio. Kolejne dwa stanowiska wyposażono w model dwusilnikowej zwijarki bębnowej ZB2 oraz manipulator planarny z elastycznością w złączu o jednym stopniu rotacyjnym PME1R, współpracują one z komputerami za pomocą kart I/O PCI-DAS 1602/12 oraz środowiska graficznego VisSim i nakładki RealTimePRO. Do dyspozycji są dwa układy do emulowania systemów dynamicznych HILSys łączone z komputerami również za pomocą kart I/O PCI-DAS 1602/12 i środowiska VisSim z RealTimePRO. Stanowiska PMxR, ZB2, PME1R oraz HILSys są stanowiskami konstrukcji własnej. Kolejne dwa stanowiska wyposażone są z zestawu laboratoryjnego firmy INTECO z suwnicą bramową 3D Crane (robot portalowy) oraz TRAS (Two Rotor Aerodynamical System) i kartami RT-DAC/PCI I/O w komputerach. Wyposażenie stanowisk umożliwia modelowanie i symulowanie różnych układów oraz projektowanie systemów sterowania z wykorzystaniem narzędzi szybkiego prototypowania w celach dydaktycznych jak również w badaniach naukowych.

W laboratorium prowadzone są między innymi zajęcia laboratoryjne do następujących przedmiotów:

- Sterowanie robotów manipulacyjnych - w ramach zajęć studenci w części symulacyjnej modelują manipulatory planarne o dwóch stopniach swobody, implementują wybrane algorytmy sterowania manipulatorów w środowisku symulacyjnym oraz na laboratoryjnych manipulatorach planarnych PMxR i stanowisku 3D Crane.
- Identyfikacja i systemy adaptacyjne - część symulacyjna dotyczy analizy sygnałów w dziedzinie czasu i częstotliwości, nieparametrycznej identyfikacji systemów SISO, wsadowych i rekurencyjnych metod identyfikacji parametrycznej. W części praktycznej studenci realizują zadanie projektowe związane z identyfikacją modeli rzeczywistych obiektów w laboratorium oraz wykorzystaniem narzędzi szybkiego prototypowania w implementacji prostych systemów adaptacyjnych.
- Teoria sterowania - w ramach zadania projektowego studenci rozwiązują wybrane przykłady obliczeniowe dla układów nieliniowych korzystając z narzędzi do obliczeń numerycznych i symbolicznych.
- Adaptive Control - część symulacyjna wprowadza w zagadnienia związane prostymi metodami identyfikacji, wsadową i rekurencyjną identyfikacją parametryczną oraz dotyczy implementacji wybranych algorytmów sterowania adaptacyjnego. W drugiej części studenci realizują zadanie projektowo-programistyczne polegające na implementacji, uruchomieniu i przetestowaniu wybranego algorytmu sterowania adaptacyjnego z wykorzystaniem wybranego obiektu fizycznego na stanowisku szybkiego prototypowania.

Laboratorium **Pracownia projektowa** (sala 411x WE)



Laboratorium dedykowane jest głównie do zajęć projektowych/problemowych i realizacji prac dyplomowych. Znajduje się w nim 8 komputerów PC w różnych konfiguracjach sprzętowych (4x Intel Core i5, Intel Core2Duo E8400, AMD A10-5800K, AMD A8-3870, AMD E-350 z 4-8GB RAM, HDD250-500GB) i programowych z systemami Windows i Linux. W skład oprogramowania wchodzi Matlab/Simulink, LabView, Visual Studio 2017 oraz szereg aplikacji dedykowanych do programowania systemów mikroprocesorowych. Wyposażenie laboratorium pozwala również na projektowanie, budowę i uruchamianie systemów sterowania, kontrolno-pomiarowych czy prostych systemów robotycznych. W laboratorium znajduje się stanowisko firmy INTECO Pendulum & Cart Control System (odwroczone wahadło z ruchem liniowym i obrotowym) oraz wahadło z dwoma (potencjalnie trzema) złączami obrotowymi firmy Quanser - Rotary Inverted Pendulum SRV02 ze wzmacniaczem VoltPAQ-X1 i sterownikiem czasu rzeczywistego National Instruments NI CRIO-9024. Jedno ze stanowisk komputerowych wyposażone jest w kartę Euresys Grablink Value umożliwiającą akwizycję obrazu z kamery z interfejsem CameraLink. Karta współpracuje z kamerą SVS-Vistek SVS084MSCL i wraz z dedykowaną aplikacją tworzą system wizyjny, który umożliwia lokalizację robotów mobilnych na podstawie znaczników diodowych. Stanowisko to dedykowane jest dla robota mobilnego MMS z torem komunikacji bezprzewodowej. Do dyspozycji na jednym ze stanowisk dostępna jest także drukarka 3D. Wyposażenie laboratorium pozwala realizować zajęcia dydaktyczne i projektowe, w tym z wykorzystaniem narzędzi szybkiego prototypowania oraz prowadzić badania naukowe w tym zakresie. Stanowisko z systemem wizyjnym zostało wykorzystane w badaniach algorytmów sterowania robotów mobilnych również w obecności poślizgu. Studenci mogą skorzystać z pomieszczenia

podczas realizacji różnych projektów, w tym prac inżynierskich i magisterskich oraz projektów realizowanych w ramach koła naukowego. W laboratorium można prowadzić prace praktyczne (warsztat: stanowisko lutownicze, podstawowe narzędzia konstrukcyjne, środowisko do programowania, itd.).

W laboratorium prowadzone są zajęcia laboratoryjne/projektowe do następujących przedmiotów:

- Pracownia badawczo-problemowa - w ramach której studenci rozwiązują wybrane zadania problemowe i prowadzą badania z tym związane. Tematy projektów obejmują zagadnienia z zakresu automatyki i robotyki: algorytmy i systemy sterowania robotów i ich zastosowanie, planowanie ruchu robota w środowiskach symulacyjnych, badanie laboratoryjne wybranych algorytmów i metod sterowania na obiektach rzeczywistych, modelowanie kinematyki i dynamiki układów nieliniowych, układy kontrolne i pomiarowe wykorzystywane w automatyce i robotyce w tym również układy wizyjne wraz z wykorzystaniem mikrokontrolerów i procesorów DSP.
- Nieliniowe układy sterowania - studenci realizują ćwiczenia związane z modelowaniem układów z wykorzystaniem obliczeń symbolicznych, linearyzacją układów i implementacją wybranych nieliniowych technik sterowania.

Laboratorium **Automatyki Budynków** (sala 413 WE)



W laboratorium do dyspozycji jest 8 stanowisk laboratoryjnych, każde jest wyposażone w komputer PC. Podstawowa konfiguracja komputerów to procesor Intel Core i5-4690, 8GB RAM, HDD500GB z systemem Windows, Matlab/Simulink, KUKA SimPro z OfficeLite oraz IQSet. Na każdym stanowisku znajduje się również zestaw sterowników automatyki budynkowej firmy TRENDA w dwóch wersjach: IQ3 exact z modułami IQeco 31,35,38 oraz IQ4E z modułami 2x8UIO, 8DO, 16DI. Sterowniki z komputerami połączone są siecią lokalną ethernet, co umożliwia konfigurację i programowanie z poziomu środowiska IQSet. Dodatkowo do dyspozycji są zestawy w postaci makiet, modeli i tablic do realizacji ćwiczeń z systemem automatyki budynkowej KNX, Teletask, centrali alarmowej Satel, miernika parametrów instalacji Sonel MPI-530. Dla prowadzącego zajęcia w laboratorium dostępny jest projektor multimedialny NEC VE281X. Wyposażenie laboratorium przeznaczone jest przede wszystkim do prowadzenia zajęć dydaktycznych oraz kursów programowania sterowników TRENDA.

W laboratorium prowadzone są między innymi następujące zajęcia laboratoryjne:

- Systemy automatyki budynków - w trakcie zajęć studenci zapoznają się z wybranymi metodami pomiaru parametrów eksploatacyjnych w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej. Realizują proste zadania automatyki budynkowej z wykorzystaniem systemów Teletask, Satel, KNX oraz sterowników TRENDA IQ3 i IQ4.
- Sterowanie neuro-rozmyte - studenci korzystają ze środowiska Matlab i poznają metody wykorzystania sieci neuronowych, przygotowania danych uczących i architektury sieci, realizują zadania związane z klasyfikacją danych za pomocą sieci neuronowej, przygotowują sterownik neuronowy dla dwukołowego robota mobilnego oraz zespołu dwóch robotów mobilnych i realizują inne zadania związane z przygotowaniem sterowników neuronowych i rozmytych.
- Podstawy robotyki - w laboratorium prowadzona jest część symulacyjna zajęć, w której studenci korzystają z oprogramowania umożliwiającego zapoznanie się z obsługą i programowaniem robotów KUKA.

- Technologie informacyjne - celem zapoznanie się z technologiami i narzędziami przydatnymi w trakcie studiów takimi jak środowisko składu tekstu LaTeX, Matlab/Simulink, podstawami systemów liczbowych, elementami grafiki dwu - trójwymiarowej.
- Podstawy automatyki - w laboratorium prowadzona jest część symulacyjna w środowisku Matlab/Simulink związana z modelowaniem i badaniem właściwości liniowych obiektów dynamicznych w dziedzinie czasu i częstotliwości oraz ciągłych układów regulacji pod kątem stabilności.
- Sterowanie procesami ciągłymi i dyskretnymi - studenci realizują cykl zajęć związany z badaniem własności ciągłych układów liniowych, nieliniowych i dyskretnych, analizą stabilności, syntezy parametrów regulatorów, jakości regulacji.

Laboratorium Robotyki Mobilnej i Systemów Wizyjnych (sala 424 WE)



W laboratorium znajduje się 8 stanowisk dydaktycznych z komputerami PC w konfiguracji Intel Core i5-6500, 8GB RAM, 500GB HDD z systemami Windows oraz Linux z ROS, środowiskiem Matlab/Simulink, Visual Studio. Zainstalowany jest również system wizyjny OptiTrack do lokalizacji obiektów w przestrzeni 3D za pomocą pasywnych znaczników mocowanych na obiektach. W skład systemu wchodzi 10 kamer Prime 17W i switch NETGEAR M4100-12G-POE+ łączący kamery z komputerem stanowiącym serwer wizyjny (Intel Xeon E5-1620v3). Serwer wizyjny w sieci lokalnej w laboratorium udostępnia wyniki pomiarów do wszystkich stanowisk komputerowych w laboratorium. Na wyposażeniu do zajęć dydaktycznych dostępne są roboty mobilne Kheppera III (5 sztuk), MTracker (łącznie 50 sztuk, roboty własnej konstrukcji w wersjach z procesorem DSP oraz DSP+komputer pokładowy PC), do prac projektowych roboty KUKA YouBot, Roksis, skanery laserowe Hokuyo oraz kamery uEye w różnych konfiguracjach do systemów wizyjnych stacjonarnych i wbudowanych.

W laboratorium znajduje się również stanowisko badawcze z dwoma komputerami Intel Core i7 dedykowane do prac dotyczących sterowania robotami mobilnymi z przyczepami, w którym wykorzystuje się wizyjny system lokalizacji ostatniej przyczepy w oparciu o aktywne znaczniki diodowe w oparciu o jedną kamerę lub system OptiTrack. Badania eksperymentalne prowadzi się wykorzystując roboty RMP konstrukcji własnej złożone z ciągnika i maksymalnie 3 przyczep (dwa zestawy). W laboratorium dostępne

są dwa projektory ACER H6517ST, jeden używany do projekcji środowiska na potrzeby stanowiska badawczego, drugi do prezentacji wykorzystywany w pracach badawczych i dydaktyce.

W laboratorium prowadzone są następujące zajęcia laboratoryjne i projektowe:

- Przetwarzanie obrazów i systemy wizyjne - w ramach laboratorium studenci korzystają ze środowiska Matlab do weryfikacji działania różnych metod przetwarzania obrazu wykorzystując techniki punktowe, kontekstowe, filtrację liniową i nieliniową, operacje morfologiczne, kompresję obrazu. Realizują ćwiczenia związane z akwizycją obrazów z kamer, rozpoznawaniem wybranych znaczników dla robotów mobilnych, programowaniem przemysłowego systemu wizyjnego.
- Sterowanie robotów mobilnych - w trakcie zajęć studenci korzystają ze środowiska Matlab/Simulink do modelowania robota klasy (2,0), implementacji i syntezy parametrycznej obwodów regulacji kół oraz symulacyjnej weryfikacji jakości sterowania takim robotem w układzie otwartym. W dalszej części, korzystając z systemów szybkiego prototypowania, studenci implementują i testują poznane algorytmy sterowania robotem mobilnym klasy (2,0) dla klasycznych zadań ruchu z wykorzystaniem fizycznych platform mobilnych (Khepera III i MTracker).
- Nawigacja i planowanie ruchu robotów - zajęcia laboratoryjne dotyczą analizy błędów i weryfikacji dokładności wybranych metod lokalizacji robotów, badania czujników pomiarowych wykorzystywanych w lokalizacji, projektowania i implementacji układów pomiarowych do zadania lokalizacji z wykorzystaniem mikrokontrolerów i procesorów DSP, zastosowania metod fuzji danych. W ramach zajęć przedstawiane są systemy operacyjne robotów mobilnych i ich zastosowania w zadaniu lokalizacji, mapowaniu środowiska i nawigacji, badania laboratoryjne ilustrujące działania tych metod na obiektach rzeczywistych. Implementacja programowa metod planowania ruchu jest realizowana w środowisku Matlab/Simulink oraz w języku C/C++.
- Robotyka mobilna - laboratorium dotyczy modelowania kinematyki i dynamiki robotów kołowych w środowisku symulacyjnym, implementacji wybranych algorytmów sterowania ruchem dla robotów rzeczywistych z uwzględnieniem metod liniowych i nieliniowych. Wykonania analizy jakościowej algorytmów sterowania ruchem i porównania algorytmów. Badania odometrii i oceny propagacji błędów metody.
- Fundamentals of Autonomous Systems - w ramach zajęć studenci zajmują się modelowaniem w środowisku symulacyjnym kinematyki i dynamiki robotów kołowych oraz implementacją wybranych algorytmów sterowania ruchem dla fizycznych robotów z uwzględnieniem metod liniowych i nieliniowych. Dokonują analizy jakościowej algorytmów sterowania ruchem, przeprowadzają porównanie algorytmów. Implementują wybrane algorytmy percepcji środowiska na podstawie danych sensorycznych (wirtualnych i rzeczywistych). Badają wybrane algorytmy planowania ruchu.
- Sensor Integration - studenci realizują symulacyjne przykłady wybranych metod filtracji przygotowanych sygnałów w celu optymalnej i suboptymalnej estymacji stanu w środowisku symulacyjnym Matlab/Simulink. Zajmują się praktyczną implementacją oprogramowania wykorzystującego techniki fuzji danych dla akwizycji pomiarów z wybranych czujników.
- Control of Under-actuated Systems - zajęcia projektowe dotyczą modelowania kinematyki i dynamiki układów niedosterowanych oraz implementacji wybranych algorytmów sterowania tych układów w środowisku symulacyjnym.
- Design of Control Systems - w ramach zajęć studenci zajmują się wybranymi zagadnieniami związanymi z modelowaniem, sterowaniem czy systemami pomiarowymi. Projekty, w zależności od złożoności problemu, prowadzone są w środowisku symulacyjnym, z wykorzystaniem narzędzi szybkiego prototypowania lub implementowane z użyciem układów fizycznych.
- Systemy teleoperacyjne - studenci poznają takie zagadnienia jak wykorzystanie protokołów komunikacyjnych do wymiany informacji między konsolą operatorską a robotem, projektują ramki danych i implementacja komunikację. Zajmują się dekompozycją zadania na funkcjonalności realizowane przez różne elementy systemu i implementacja zaprojektowane komponenty systemu teleoperacyjnego.
- Systemy pomiarowe w automatyce i robotyce - laboratorium dotyczy statystycznej analizy danych pomiarowych, obserwatorów stanu i ich zastosowanie do estymacji stanu obiektu, fuzji danych. Projektowania analogowego toru wejściowego i wyjściowego. Tworzenia oprogramowania niskopoziomowego odpowiedzialnego za komunikację z czujnikiem i cyfrowy przesył danych do urządzenia nadrzędnego. Implementacji cyfrowych algorytmów przetwarzania sygnałów i obserwatorów.

Laboratorium **Zastosowań Robotyki w Medycynie** (sala 424Y WE)



Przeznaczone jest zarówno do celów dydaktycznych jak i prac projektowo-badawczych z aplikacjami robotycznymi w medycynie. W laboratorium znajduje się 8 stanowisk z komputerami PC w różnych konfiguracjach sprzętowych (4x Intel Core i5-3330, Intel Xeon E5-1620v3, AMD A8-3870, AMD Sempron 2600+, AMD AthlonXP 2600+ z 1-12GB RAM, HDD80-500GB) i programowych z systemami Windows i Linux, środowiskiem Matlab/Simulink, Visual Studio i innymi dedykowanymi do specyfiki stanowisk. Zainstalowany jest również system wizyjny OptiTrack do lokalizacji obiektów w przestrzeni 3D za pomocą pasywnych znaczników mocowanych na obiektach. W skład systemu wchodzi 8 kamer Prime 17W i switch NETGEAR M4100-12G-POE+ łączący kamery z komputerem stanowiącym serwer wizyjny (Intel Xeon). Serwer wizyjny w sieci lokalnej udostępnia wyniki pomiarów do wybranych stanowisk komputerowych w laboratorium. Na wyposażeniu do prac badawczych i zajęć dydaktycznych dostępne są dwa roboty KUKA Lightweight LBR4+ o 7 stopniach swobody z pomiarem sił w złączach i możliwością sterowania impedancyjnego z bibliotekami FRI (Fast Research Interface). Jedno ze stanowisk KUKA dodatkowo rozszerzono o czujnik sił i momentów JR3, kartę akwizycji obrazu Euresys PicoLo oraz system firmy Aesculap do prowadzenia operacji metodą laparoskopową. Na trzech stanowiskach można korzystać z konsol haptycznych ForceDimension Omega7. W sali swoją siedzibę ma także koło naukowe RAI (Robotyka Automatyka Informatyka) będące jednym z trzech kół naukowych kierunku AiR. Do dyspozycji koła RAI są oscyloskopy, stacje lutownicze, mikroprocesorowe zestawy uruchomieniowe, robot mobilny gąsienicowy Boriss i dron.

W laboratorium znajdują się stanowisko badawcze REHAB, jest to kompaktowy przenośny system rehabilitacyjny dla stawu kolanowego. W/w stanowisko zostało zbudowane w ramach projektu badawczo-rozwojowego NCBiR nr NR13-0028-13 w latach 2010-2014. Stanowisko REHAB przeznaczone jest do rehabilitacji stawu kolanowego chorych, u których prowadzono wydłużanie kości udowej z zastosowaniem aparatu Ilizarowa. Stanowisko składa się z trzech prototypów robotów rehabilitacyjnych oznaczonych jako REHAB A2, A3, A4. Dwa pierwsze uwzględniają staw kolanowy jako złącze o jednym stopniu swobody. W stanowisku REHAB A2, manipulator zamontowany jest na specjalnym statywie. Można go dostosować do pacjenta, który siedzi na zwykłym krześle. Stanowisko REHAB A3 jest manipulatorem, który wbudowany jest w specjalny fotel rehabilitacyjny. Natomiast REHAB A4 jest robotem rehabilitacyjnym uwzględniającym ruch osi obrotu stawu kolanowego.

Kolejne stanowisko badawcze o nazwie Otos-Robotic jest prototypem zrobotyzowanego systemu do wspomagania zabiegów chirurgicznych. Wyposażone jest w robota KUKA LBR4+, konsolę haptyczną ForceDimension Omega7, system wizyjny OptiTrack. Stanowisko Otos-Robotic przeznaczone jest do wspomagania chirurga w trakcie różnych zabiegów (np. usuwania usznopochodnego ropnia mózgu).

Na w/w stanowiskach były realizowane prace dyplomowe zarówno inżynierskie jak również magisterskie.

W laboratorium prowadzone są następujące zajęcia laboratoryjne i projektowe:

- Zastosowania robotyki w medycynie - studenci na zajęciach realizują projekty badawcze z szeroko rozumianej bioinżynierii np. modelowanie i symulacja układu mięśniowo-szkieletowego, wykorzystanie robota KUKA LBR4+ do sterowania torem wizyjnym w zabiegach laparoskopowych,

projektowanie w środowisku CAD prostych manipulatorów medycznych, analiza chodu za pomocą systemu wizyjnego OptiTrack, analiza zdjęć RTG stawu kolanowego i jego modelowanie, sterowanie robotem rehabilitacyjnym.

Laboratorium **Robotyki Przemysłowej** (sala 426)



Laboratorium dedykowane jest do celów dydaktycznych i projektowych związanych z nauczaniem podstaw robotyki, programowania robotów manipulacyjnych, integracji systemów automatyki i robotyki. W laboratorium znajduje się łącznie 9 stanowisk dydaktycznych z komputerami PC w różnych konfiguracjach sprzętowych i programowych w zależności od ich specyfiki. Konfiguracje komputerów to 3x Intel Core i5-4690, 5x AMD A8-3870, 1x AMD Sempron 2600+, 1-4GB RAM, 500GB HDD z systemami Windows/Linux oraz podstawowym oprogramowaniem Matlab/Simulink, Visual Studio. Cztery stanowiska wyposażone są w manipulatory przemysłowe, w tym do dyspozycji są dwa roboty KUKA KR6 R900sixx Agilus wraz z dodatkowymi szafami sterowniczymi z komputerami przemysłowymi BECKHOFF i modułami wejść/wyjść cyfrowych. Jedno stanowisko z systemem manipulatora Staubli TX60L oraz jedno z Fanuc LRMate 200iD/7L. Na jednym ze stanowisk z robotem KUKA zamontowany jest system wizyjny OptiTrack w skład którego wchodzi 6 kamer Prime 13W i switch NETGEAR M4100-12G-POE+. Umożliwia on w połączeniu z biblioteką KUKA Sensor Interface implementację szybkiego sprzężenia wizyjnego dla manipulatora. Jedno ze stanowisk wyposażone jest w przemysłowy system wizyjny OMRON Xpectia FZ2. Studenci mogą skorzystać z laboratorium podczas realizacji różnych projektów, w tym prac inżynierskich i magisterskich związanych z robotyką manipulacyjną.

W laboratorium prowadzone są między innymi następujące zajęcia laboratoryjne i projektowe:

- Robotyka - w ramach laboratorium studenci zapoznają się z obsługą i podstawami programowania robotów przemysłowych, przygotowują proste programy ruchu manipulatorów, realizują wybrane zadania z robotami mobilnymi dot. odometrii, generatora trajektorii, budowy prostej mapy otoczenia, analizują kinematykę wybranych układów manipulatorów.
- Integracja systemów automatyki - część laboratoryjna dotyczy zaawansowanego programowania systemów robotów przemysłowych z wykorzystaniem możliwości interakcji z otoczeniem poprzez dostępne moduły wejść/wyjść oraz programowania przemysłowych systemów wizyjnych. W części projektowej studenci realizują wybrane zadania związane z integracją sterowników robotów z innymi urządzeniami (systemy wizyjne, komputery przemysłowe, systemy mikroprocesorowe) z wykorzystaniem modułów I/O i interfejsów komunikacyjnych.
- Robotyzacja procesów przemysłowych - w trakcie laboratorium studenci poznają zaawansowane techniki programowania robotów przemysłowych oraz możliwości ich integracji z innymi urządzeniami, np. systemami wizyjnymi.
- Programowanie robotów i planowanie zadań - laboratorium dot. programowania robotów w kontekście planowania typowych zadań związanych z paletyzacją, odtwarzaniem złożonych ścieżek, parametryzacją ruchu, właściwą interakcją z otoczeniem.

Laboratorium **Automatyki Przemysłowej** (sala 427 WE)



Foto: Jarosław Majchrzak

Zakres prowadzonych zajęć laboratoryjnych i prac projektowych w laboratorium obejmuje zagadnienia szeroko rozumianej automatyki przemysłowej i sterowania od podstaw automatyki przez programowanie

sterowników PLC, integracji układów sterowania z elementami pomiarowymi, wykonawczymi oraz z systemami komunikacji do zaawansowanej automatyki procesowej. W laboratorium znajduje się 10 stanowisk przeznaczonych do zajęć laboratoryjnych, których specyficzne wyposażenie zależy od prowadzonych na nich ćwiczeń laboratoryjnych. Podstawowe wyposażenie 8 stanowisk to komputery PC w konfiguracji Intel Core i5-4690, 8GB RAM, 500GB HDD z system Windows 7/Linux/QNX Momentics, środowiskiem VMware Player Matlab/Simulink, Visual Studio 2017 i specjalistycznym oprogramowaniem dedykowanym do programowania sterowników PLC, paneli operatorskich i sieci przemysłowych (Simatic STEP7 Professional, Simatic WinCC Flexible 2008, Simatic STARTER 4.5, Simatic WinCC 6.0, Wonderware InTouche 11, Automation Studio 4.x). W skład tych stanowisk wchodzi sterowniki Siemens Simatic S7-300 z modułami I/O i panelami operatorskimi. Na wybranych stanowiskach dostępne są inne sterowniki/moduły (2x Siemens ET200S, GE Fanuc cpu 310, B&R serii 2003) oraz obiekty i układy automatyki. W celach prezentacyjnych laboratorium wyposażone jest w projektor multimedialny 3M x55i.

Do wyposażenia laboratorium zaliczyć należy stanowiska dydaktyczne o następującym charakterze:

- stanowiska hydrauliczne i pneumatyczne (stanowisko do sterowania ciśnieniem przepływu wody, stanowiska do sterowania poziomem cieczy w układzie zbiorników, stanowisko do sterowania temperaturą ogrzewania węzła cieplnego, stanowisko do testowania sterowania układów pneumatycznych o wariantowej konfiguracji, stanowisko do sterowania unoszeniem kuli w strumieniu wydmuchiwanego powietrza),
- stanowiska z napędami elektrycznymi (stanowisko do testowania napędu z silnikiem indukcyjnym oraz falownikiem z możliwością wariantowego sterowania, stanowisko do testowania napędu z silnikiem prądu stałego, stanowisko do testowania wariantowego sterowania napędu z silnikiem indukcyjnym wyposażone w konfigurowalny układ przekaźników i przekaźników czasowych oraz falownik),
- inne stanowiska (stanowisko do sortowania kulek o różnym kolorze i materiale wykonania wyposażone we własny sterownik programowalny, stanowisko do testowania przemysłowych czujników pomiaru odległości, stanowisko do programowania i testowania elementów magazynu wysokiego składowania, stanowisko do badania przepływu ciepła).

Wyposażenie laboratorium jest doskonałą bazą dla prac inżynierskich i prowadzenia badań w pracach magisterskich oraz do prezentacji praktycznych wyników prac badawczych z szeroko pojętego zakresu sterowania.

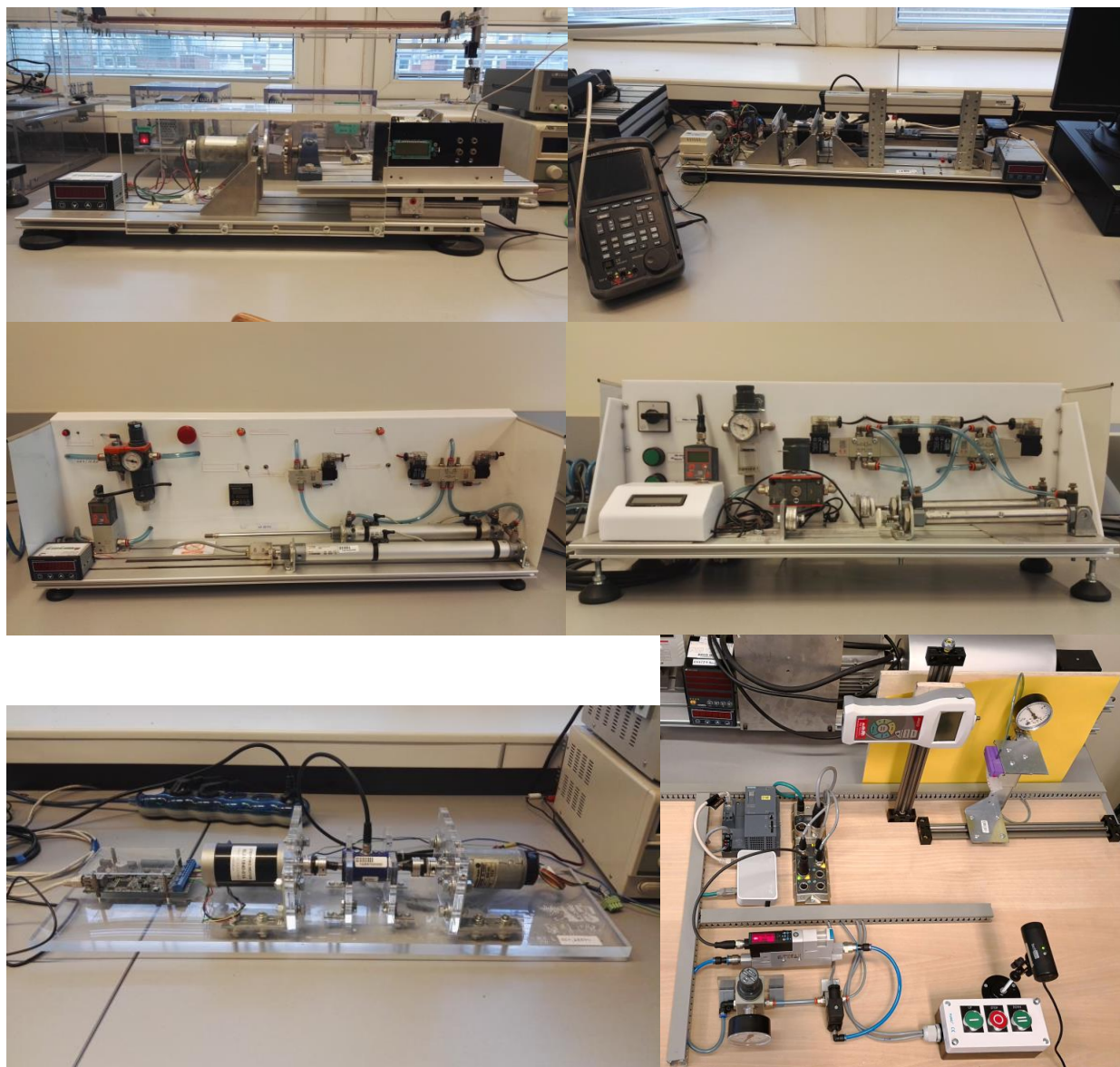
W laboratorium prowadzone są następujące zajęcia laboratoryjne i projektowe:

- Podstawy automatyki - przedmiot umożliwia przekazanie studentom wiedzy podstawowej z automatyki, a w szczególności wiedzy związanej z liniowymi układami regulacji automatycznej mającej na celu merytoryczne przygotowanie do zagadnień związanych z ich opisem oraz syntezą i analizą sterowania tych układów; ponadto umożliwia rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania problemów dotyczących matematycznego opisu układów regulacji automatycznej, ich stabilności oraz jakości dla celów wykorzystania ich w przyszłym zawodzie inżyniera.
- Przemysłowe systemy automatyki - zadaniem przedmiotu jest przekazanie studentom podstawowej wiedzy z zakresu analizy i doboru przemysłowych systemów automatyki, realizowanych na bazie elementów elektrycznych, pneumatycznych lub hydraulicznych, a także rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania problemów projektowych i dokumentacyjnych w zakresie automatyki przemysłowej.
- Programowanie sterowników PLC - w ramach zajęć z przedmiotu studenci otrzymują podstawową wiedzę dotyczącą programowania i zastosowania sterowników programowalnych w procesach sterowania, w zakresie algorytmizacji i pisania programu sterującego całym procesem (lub jednym zadaniem) realizowanego przez sterownik programowalny, a także wiedzę dotyczącą wykorzystania konfigurowalnych składników modułowych w zakresie sprzętu i oprogramowania, w tym również narzędzi programistycznych do realizacji zadań sterowania.
- Systemy rozproszone automatyki - moduł ma na celu przekazanie studentom podstawowej i zaawansowanej wiedzy z systemów służących do przesyłania informacji procesowych w systemach pomiarowych i systemach sterowania, wykorzystywanych w automatyce przemysłowej; oraz rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania problemów projektowania i wykorzystania rozproszonych systemów automatyki; ponadto realizuje kształtowanie u studentów umiejętności pracy zespołowej.
- Systemy czasu rzeczywistego - moduł ten ma na celu: przedstawienie pojęć i zagadnień związanych z systemami czasu rzeczywistego, stosowanymi w procesach sterowania, analiza metod oraz praktyk związanych z projektowaniem, programowaniem, działaniem i testowaniem

systemów RT, wykształcenie umiejętności praktycznej implementacji oraz oceny cech działania wybranych systemów sterowania czasu rzeczywistego.

- Cyfrowe systemy komunikacji - zajęcia te służą przekazywaniu studentom podstawowej i zaawansowanej wiedzy dotyczącej przemysłowych technologii komunikacyjnych, a w szczególności budowy i zasad działania przemysłowej komunikacji sieciowej wykorzystywanej w realizacji pomiarów, sterowania, w konfiguracji, parametryzacji i programowaniu urządzeń automatyki i robotyki, wykorzystania narzędzi programistycznych do realizacji zadań komunikacyjnych.
- Przemysłowe protokoły komunikacyjne - zajęcia te mają na celu pomagać w opanowaniu wiedzy i umiejętności zastosowania wybranych systemów komunikacyjnych, w tym programowalnego sprzętu, do realizacji sterowania procesami przemysłowymi, w nabyciu umiejętności posługiwania się wybranym językiem programowania przeznaczonym do programowania systemu sterowania wykorzystującego wybrany system komunikacyjny oraz umiejętności rozwiązywania problemów z zakresu programowania i komunikacji sieciowej przemysłowych systemach sterowania.
- Serwonapędy w automatyce i robotyce - zajęcia z tego przedmiotu mają za zadanie przekazanie studentom podstawowej wiedzy z zakresu budowy, działania i konfiguracji systemów sterowania układami napędowymi, ze szczególnym uwzględnieniem serwonapędów stosowanych w automatyce i robotyce, oraz rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania problemów projektowych, dotyczących sterowania układami napędowymi, a także kształtowanie u studentów umiejętności pracy zespołowej
- Sterowniki programowalne i sieci przemysłowe - zadaniem przedmiotu jest przekazanie studentom podstawowej i zaawansowanej wiedzy dotyczącej programowania i zastosowania sterowników programowalnych w rozproszonych procesach sterowania, w zakresie algorytmizacji i realizacji programu sterowania maszyną lub procesem, z wykorzystaniem przemysłowej komunikacji sieciowej oraz narzędzi programistycznych do realizacji zadań sterowania i komunikacji; realizacja przedmiotu umożliwia opanowanie wiedzy i umiejętności zastosowania wybranych systemów komunikacyjnych programowalnego sprzętu do realizacji sterowania procesami przemysłowymi, kształtowane są umiejętności posługiwania się wybranym językiem programowania przeznaczonym do programowania systemu sterowania oraz umiejętności posługiwania się narzędziami wykorzystywanymi do programowania systemów przemysłowych.
- Komputerowe Systemy Automatyki - przedmiot ma na celu przekazanie studentom podstawowej wiedzy z systemów informatycznych, niezbędnych do projektowania systemów automatyki i wizualizacji procesów przemysłowych, a także rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania problemów projektowych, dotyczących systemów automatyki oraz kształtowanie u studentów umiejętności pracy zespołowej.
- Zaawansowana automatyka procesowa - podczas przedmiotowych zajęć odbywa się przekazywanie studentom wiedzy z zakresu zaawansowanych systemów sterowania i automatyki procesowej, w zakresie opisu obiektów sterowania, ich modelowania, często także rzeczywistego badania i stosowania specjalistycznych algorytmów sterowania. Zadaniem zajęć jest także rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania problemów projektowych dotyczących procesowych systemów sterowania oraz kształtowanie umiejętności pracy zespołowej podczas rozwiązywania zaawansowanych zagadnień sterowania.

Laboratorium **Systemów Sterowania** (sala 112 WE)



W laboratorium do dyspozycji jest łącznie 7 stanowisk laboratoryjnych, każde jest wyposażone w komputer PC. Każdy komputer posiada nowoczesny procesor Intel Pentium G3460, 500GB HD oraz 4 GB pamięci RAM. Na wszystkich komputerach jest system Windows oraz środowisko Matlab/Simulink. Dodatkowo zainstalowane są dystrybucje Anaconda wyposażone w pakiety obliczeniowe numpy, scipy oraz pakiet do tworzenia wykresów matplotlib. Do komputerów podłączone są stanowiska wyposażone w sterowniki firmy Wobit, miControl oraz Texas Instruments. Umożliwiają one sterowanie oraz monitoring silników prądu stałego oraz bezszczotkowych prądu stałego. Sterowniki wyposażone są w połączenia sieciowe umożliwiające pracę za pomocą protokołów openCan oraz TCP. Dodatkowo w laboratorium znajdują się stanowiska z układami sensorycznymi dotyczącymi pomiarów odległości, przechylenia oraz ciężaru. Rozwijane jest także stanowisko do badań miękkiej robotyki. Wykonany jest między innymi miękki chwytak z silikonu. Na podstawowym wyposażeniu laboratorium znajduje się 10 stanowisk dla przedmiotu Elementy Wykonawcze Automatyki do badań siłowników pneumatycznych, silnika BLDC, silnika krokowego, przemieszczeń liniowych, silnika AC, sił statycznych i dynamicznych siłowników dwustronnego działania, silnika DC, silnika krokowego, sprzężonych silników DC, silników BLDC oraz DC. W laboratorium realizowane są następujące przedmioty:

- Elementy wykonawcze automatyki – w ramach zajęć studenci poznają właściwości silników elektrycznych oraz systemów pneumatyki. W laboratorium możliwy jest pomiar charakterystyki obciążenia silników prądu stałego oraz indukcyjnego. Badane są także właściwości siłowników pneumatycznych oraz silników krokowych i bezszczotkowych.
- Sensoryka – w ramach zajęć studenci poznają właściwości czujników odległości, przechyłu oraz ciężaru.
- Zaawansowane metody sterowania – w ramach zajęć studenci wykonują system sterowania silnikiem elektrycznym w oparciu o metody sterowania ślizgowego oraz adaptacyjnego. Zajęcia wykonywane są przy sterowaniu silników za pomocą openCan oraz sieci TCP.
- Modelowanie i identyfikacja – w ramach zajęć studenci wykonują identyfikację obiektu sterowania (silnika BLDC lub DC). Przy wsparciu pakietu obliczeniowego Anaconda realizują zadania identyfikacji parametrów za pomocą metod opartych na RLS.
- Sterowanie optymalne w układach wykonawczych automatyki – w ramach przedmiotu studenci wykonują optymalizację układów sterowania wykorzystując pakiety obliczeniowe Matlab.

Laboratorium **Systemów Komputerowych** (sala 113x WE)



Laboratorium przeznaczone jest głównie do celów dydaktycznych związanych systemami komputerowymi i wbudowanymi, programowaniem, symulacją numeryczną i technologiami IT. Znajduje się w nim 16 stanowisk laboratoryjnych. Wyposażenie laboratorium to 10 stanowisk komputerowych z procesorami Intel Core i3-2130, 4GB RAM, 500GB HDD oraz 6 stanowisk AMD Phenom II X4 965, 4GB RAM 500GB HDD. Zainstalowany system Windows 7 Professional i oprogramowanie Visual Studio 2015, AutoCad 2014, Oracle Virtual Box (system Ubuntu), Blender. W laboratorium znajduje się 12 zestawów Intel Galileo Gen 2 wraz z zestawem czujników oraz kartami oscyloskopu na USB. Do dyspozycji prowadzącego zajęcia zainstalowany jest rzutnik multimedialny.

W laboratorium prowadzone są następujące zajęcia:

- Systemy Komputerowe - w ramach zajęć studenci poznają podstawy systemów operacyjnych od strony praktycznej dot. interfejsów graficznych, narzędzi programistycznych, systemów plików, zarządzania pamięcią i procesami, komunikacją między procesami i systemami.
- Podstawy programowania - laboratoria obejmują zagadnienia programowania obiektowego w języku C++.
- Grafika Komputerowa - zadania projektowe obejmują tworzenie aplikacji graficznych wykorzystujących bibliotekę OpenGL, tworzenie pseudorealistycznej grafiki renderowanej oraz modelowanie obiektów 3D w środowisku Blender.
- Metody numeryczne i symulacja - na zajęciach studenci zajmują się metodami analizy systemów liniowych i nieliniowych, rozwiązują numerycznie układy równań liniowych i nieliniowych, nieliniowe równania różniczkowe, pod kątem zastosowań w automatyce i robotyce.
- Techniki internetowe w akwizycji danych - zajęcia projektowe dotyczą tworzenia systemów pomiarowych w oparciu o aplikacje internetowe w środowiskach PHP, JAVA z uwzględnieniem wykorzystanie protokołu TCP/IP do komunikacji w systemach pomiarowych.

Laboratorium Systemów Wbudowanych i Prototypowania Układów Elektronicznych (sala 114 WE)



Laboratorium scala w sobie funkcje dydaktyczne i projektowe związane z prototypowaniem układów elektronicznych. Dla celów dydaktycznych laboratorium składa się z 16 stanowisk wyposażonych w platformy Development Kit 8000 do prostych systemów wbudowanych oraz platformę ZYBO z układem FPGA do zaawansowanych systemów wbudowanych za pomocą której można projektować sterowniki systemu Linux do własnych urządzeń sprzętowych. W celu zapewnienia funkcjonalności prototypowania układów elektronicznych laboratorium wyposażone jest w następujący specjalistyczny osprzęt: wiertarko-frezarka numeryczna LPKF ProtoMat S100, układarka układów BGA, piec rozpliwowy, urządzenie do galwanicznego metalizowania przelotek, prasa do obwodów wielowarstwowych oraz wszelkie narzędzia potrzebne do wykonania prototypowego obwodu drukowanego do 4 warstw włącznie. W laboratorium znajduje się również drukarka 3D umożliwiająca wydruki metodą FFF. Szesnaście stanowisk laboratoryjnych jest wyposażone w komputery PC o następujących parametrach: procesor Intel(R) Core(TM) i5-3470 CPU @ 3.20GHz, 4GB RAM, 500GB HDD.

W laboratorium prowadzone są zajęcia laboratoryjne i projektowe z następujących przedmiotów:

- Elektronika Praktyczna – studenci w formie laboratorium realizują ćwiczenia z projektowania layoutu obwodów drukowanych, oraz w formie projektu wykonują fizycznie zaprojektowane obwody.
- Systemy teletransmisji - laboratoria obejmują zagadnienia związane z technikami przewodowej i bezprzewodowej transmisji informacji, metodami modulacji, charakterystyką kanałów transmisyjnych różnych mediów.
- Wybrane metody przetwarzania sygnałów we wbudowanych systemach sterowania - program laboratorium obejmuje zagadnienia związane z uruchamianiem systemów operacyjnych w systemie wbudowanym, zaawansowanymi technikami debugowania systemów operacyjnych w

systemach wbudowanych, projektowaniem urządzeń peryferyjnych dla systemów wbudowanych i implementacją sterowników dla urządzeń peryferyjnych w systemie Linux.

- Systemy wbudowane - program laboratorium obejmuje zagadnienia takie jak konfiguracja i kompilacja programu uruchomieniowego u-boot, konfiguracja i kompilacja jądra systemu wbudowanego Linux, konfiguracja i kompilacja systemu plików systemu operacyjnego Linux oraz wybrane projekty dla systemów wbudowanych.
- Zaawansowane przetwarzanie obrazów w systemach wbudowanych - ćwiczenia laboratoryjne obejmują podstawy programowania z wykorzystaniem biblioteki OpenCV, debugowanie aplikacji z OpenCV i gdb (gnu debugger), portowanie aplikacji na wbudowany system operacyjny Linux i Android

Laboratorium sala 515 WE w trakcie modernizacji (osiem stanowisk komputerowych)

Laboratorium Sterowników PLC i Sieciowych Systemów SCADA (sala 538 WE)



W laboratorium prowadzone są zajęcia dydaktyczne z zastosowania sterowników przemysłowych, systemów SCADA, przemysłowych baz danych oraz projekty w ramach przygotowania prac dyplomowych, związane z szeroko pojętymi zagadnieniami sterowania. Laboratorium wyposażone jest w 10 stanowisk szkoleniowych, które składają się ze sterowników PLC firm Siemens (10x S7 1200 z wejściami I/O cyfrowymi i analogowymi, zintegrowany moduł ETHERNET – PROFINET, panel HMI, falownik, moduł GPRS) oraz Phoenix Contact (6x ILC130 oraz 1x ILC350). Każde ze stanowisk wyposażone jest również w komputery klasy PC (Pentium Dual-Core E5300, 4GB RAM) z systemem Windows 7 i oprogramowaniem Siemens STEP 7, Siemens WinCC, Atrem Telexus, TelWin SCADA, NetBeans, Eclipse, IntelliJ, bazy danych (open source). Każdy sterownik można przyłączyć do rzeczywistych urządzeń takich jak silniki, enkodery, czujniki, wyświetlacze, panele dotykowe oraz roboty przemysłowe (repliki wykonane w skalach na potrzeby laboratorium). Stanowiska umożliwiają realizację ćwiczeń w oparciu o rzeczywiste elementy stosowane w automatyce przemysłowej. Stanowiska dla sterowników firmy Siemens stanowią autorskie, niepowtarzalne rozwiązanie zaproponowane na potrzeby laboratorium, natomiast stanowiska oparte na sterownikach firmy Phoenix Contact są wspierane przez międzynarodową platformę eduNET (zrzeszającą 72 uczelnie wyższe z całego świata), której członkiem jest Politechnika Poznańska od kwietnia 2014 roku. Oprogramowanie dostępne w laboratorium pozwala na projektowanie zaawansowanych aplikacji HMI we wszystkich standardach i językach pozwalających tworzyć aplikacje zgodnie z normami IEC 61-131. Na wyposażeniu laboratorium jest również sterowniki Siemens Logo wraz z elementami wykonawczymi,

komputer przemysłowy firmy BeckHoff, sterownik Microsoft Kinect, Scanner 3D, kamera firmy Intel. W ramach laboratoriów organizowane są również cykliczne spotkania koła naukowego SKIM (Studenckie Koło Inżynierii Mikroprocesorowej).

W laboratorium prowadzone są między innymi następujące zajęcia:

- Zastosowania sterowników przemysłowych - studenci realizują zadania projektowe dotyczące układów kombinacyjnych i sekwencyjnych sterowania wybranych urządzeń powszechnego użytku oraz układów automatyki i inteligentnego budynku.
- Sieciowe systemy SCADA - w ramach laboratorium studenci konfiguruja narzędzia do przygotowania interfejsów GUI, wprowadzania danych, komunikacji z PLC, analizy i wizualizacji danych z procesów technologicznych.
- Przemysłowe aplikacje baz danych - laboratorium dotyczy następujących zagadnień: modelowanie danych z wykorzystaniem diagramów ER; relacyjny model danych; tabele, kolumny, wiersze, klucze, domeny atrybutów; normalizacja modelu relacyjnego, przekształcanie modelu konceptualnego do modelu relacyjnego; podstawy SQL.

Laboratorium **Mikroelektroniki i Mechatroniki** (sala 226 MCH)



W sali laboratoryjnej 226MCH znajduje się osiem stanowisk dydaktycznych przeznaczonych do wykonywania ćwiczeń laboratoryjnych przez studentów. Każde stanowisko wyposażone jest w komputer stacjonarny o dobrych parametrach (Dell, z procesorem i7) i 24-calowy monitor (Dell, P2412H) dla poprawy komfortu pracy. Poza komputerem, standardowym wyposażeniem każdego stanowiska dla przedmiotów o charakterze elektroniczno-pomiarowym są:

- zestaw dydaktyczny ELVIS II firmy National Instruments (ang. Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite),
- dodatkowe nakładki DATEX firmy Emona Instruments (ang. Digital Analog Telecommunications Experimenter),
- opcjonalne nakładki Freescale, do układów mikroprocesorowych,
- dedykowane przewody łączeniowe dla wymienionych nakładek,
- po trzy pary słuchawek (z regulacją głośności) na każde stanowisko.

Do kontroli i sterowania powyższym sprzętem służy zainstalowany pakiet oprogramowania NI LabVIEW (ang. Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) wraz z pochodnymi, ponadto uniwersalne środowisko do obliczeń naukowo-technicznych Matlab R2010b.

Z kolei dla przedmiotów z obszaru automatyki, w nadstawkach stołów laboratoryjnych zamontowano programowalne sterowniki przemysłowe (PLC) wraz z osprzętem:

- SIMATIC S7-1200 CPU 1214C firmy Siemens,

- panel operatorski, dotykowy HMI KTP-600,
- zadajnik sygnałów wejściowych i kontrolki tablicowe LED,
- czujnik wizyjny Keyence IV 500CA,
- przełącznik sieciowy CSM 1277.

Do obsługi tego sprzętu wykorzystywane jest oprogramowanie Siemens TIA Portal V12 oraz Keyence IV Navigator R2.

Ponadto, w laboratorium znajdują się specjalizowane zestawy dydaktyczne w pojedynczych egzemplarzach, zawierające elementy sensoryczne i wykonawcze, podłączane do standardowego wyposażenia stanowiska ze sterownikiem S7-1200 i stanowiące jego ciekawe uzupełnienie. Wśród nich na szczególną uwagę zasługują:

- taśma transportowa przemieszczająca obiekty poddawane inspekcji wizyjnej w czasie rzeczywistym (el. sensoryczne: przetwornik impulsowo-obrotowy, czujniki fotoelektryczne; el. wykonawczy: silnik krokowy),
- sortownik elementów wykorzystujący inspekcję wizyjną (czujnik wizyjny Cognex In-Sight 2000; el. wykonawcze: siłownik pneumatyczny, dwa silniki elektryczne prądu stałego, sterownik S7-1200 i panel operatora, pozwalające na autonomiczną pracę),
- model pomieszczenia z automatyczną regulacją temperatury (el. sensoryczne: dwa czujniki temperatury; el. wykonawcze: grzejnik elektryczny, wentylator, napęd elektryczny okna uchylnego),
- mechanicznie sprzężone dwa silniki indukcyjne, z których jeden zasilany jest falownikiem, a drugi prądem stałym, w celu uzyskania momentu hamującego (el. sensoryczny: czujnik impulsowo-kodowy; el. wykonawczy: silnik indukcyjny),
- model przepompowni z trzema zbiornikami (el. sensoryczne: czujniki poziomu cieczy; el. wykonawcze: pompy z napędem elektrycznym i elektrozapory, sterownik S7-200, pozwalający na autonomiczną pracę),
- ruchome stanowisko do inspekcji wizyjnej (el. sensoryczne: dwa czujniki wizyjne Omron ZFV-A25, czujniki fotoelektryczne, optyczna bariera bezpieczeństwa; el. wykonawcze: siłowniki pneumatyczne, sterownik S7-1200 i panel operatora, pozwalające na autonomiczną pracę).

W laboratorium prowadzone są między innymi zajęcia z następujących przedmiotów:

- Podstawy elektroniki - w trakcie zajęć studenci zapoznają się z budową, działaniem i zastosowaniem elementów elektronicznych takich jak diody, tranzystory, wzmacniacze operacyjne. Zestawiają i mierzą również podstawowe analogowe i cyfrowe układy elektroniczne spotykane we współczesnych systemach elektronicznych oraz automatyce i robotyce. Badań dokonują w trakcie pomiarów z wykorzystaniem sprzętu i oprogramowania firmy National Instruments (środowisko LabVIEW i platforma pomiarowa ELVIS II).
- Podstawy teorii sygnałów - w trakcie zajęć laboratoryjnych studenci wykonują próbkowanie i rekonstrukcję sygnałów, badając zjawisko aliasingu. Badanie kodowania PCM powiązane jest z zagadnieniem kwantyzacji, zaszumienia sygnałów i wyznaczania parametrów SNR (stosunek sygnał – szum). Obserwowane są efekty występujące przy detekcji sygnałów cyfrowych występujących w kanale transmisyjnym.
- Metrologia - w trakcie zajęć laboratoryjnych studenci stosują podstawy teorii błędów, poznają wzorce pomiarowe, klasyczne mierniki pomiarowe oraz podstawowe układy pomiaru napięcia i prądu. W ramach ćwiczeń szczegółowych badane są przekładniki (napięciowe, prądowe oraz wykorzystujące hallotrony – typ LEM), stosowane są podstawowe układy do pomiaru parametrów półprzewodników, układy pomiarowe innych wielkości elektrycznych oraz układy mostkowe. Badane są przetworniki C/A, A/C i U/f, mierniki podstawowych wielkości elektrycznych, mierniki specjalistyczne oraz pomiary wybranych wielkości nieelektrycznych.
- Podstawy miernictwa technicznego – w trakcie zajęć laboratoryjnych studenci wykonują ćwiczenia dotyczące następujących zagadnień: wirtualne narzędzia pomiarowe National Instruments, układy pomiaru rezystancji, pojemności i indukcyjności, pomiary charakterystyk tranzystora bipolarnego oraz pomiary parametrów statycznych wzmacniacza operacyjnego.
- Układy elektroniki użytkowej - w trakcie zajęć laboratoryjnych studenci wykonują ćwiczenia dotyczące następujących zagadnień: system LabVIEW, układy liniowe i nieliniowe, układy prostownicze, filtry aktywne, układ czasowy NE555, generatory RC i relaksacyjne, sterowane źródła prądowe, liniowe stabilizatory napięcia oraz cyfrowe układy wejścia wyjścia.
- Elektroniczne systemy pomiarowe – w trakcie zajęć studenci wykonują praktyczne ćwiczenia na komputerowych kartach pomiarowych, obserwują dokładność przetworników cyfrowo-analogowych

i analogowo-cyfrowych, wykorzystują cyfrowe oscyloskopy, analizują metody pomiaru częstotliwości, czasu i okresu, badają przetworniki napięcie-częstotliwość, wykorzystują elektroniczne woltomierze specjalne, dokonują pomiarów przebiegów odkształconych, zniekształceń nieliniowych i widma. Zajęcia umożliwiają również zapoznanie się z kasetowymi i modułowymi systemami pomiarowymi.

- Materiałoznawstwo - ćwiczenia laboratoryjne dotyczą badania elektrycznych właściwości półprzewodników (złącze p-n, tranzystor, tyrystor oraz struktury w układach scalonych CMOS), badania właściwości materiałów magnetycznych oraz badania kondensatorów.
- Systemy automatyki ze sprzężeniem wizyjnym - w części laboratoryjnej studenci realizują ćwiczenia związane z przygotowaniem systemów opartych o sterowniki programowalne i czujniki wizyjne do prowadzenia inspekcji wizyjnej, w części projektowej wykorzystują wiedzę i umiejętności zdobyte podczas laboratoriów oraz poznane zagadnienia do praktycznej realizacji laboratoryjnego systemu ze sprzężeniem wizyjnym.
- Programowalne systemy automatyki przemysłowej – w ramach zajęć studenci poznają i ćwiczą praktycznie programowanie sterowników PLC, które na podstawie wybranych sygnałów z czujników odpowiednio sterują elementami wykonawczymi.

Laboratorium **Systemów wizyjnych** (sala 227 MCH)



Laboratorium składa się z dwóch oddzielnych pomieszczeń. W pierwszym pomieszczeniu, dydaktycznym, odbywają się zajęcia dla studentów, drugie służy pracy badawczej i przygotowywaniu projektów studenckich oraz prac inżynierskich i magisterskich z zakresu systemów wizyjnych.

W części dydaktycznej znajdują się projektor multimedialny NEC V260W oraz ekran używane podczas zajęć dydaktycznych oraz prezentacji. Ponadto jest 6 komputerów stacjonarnych wyposażonych w procesory Pentium 4 (3,40 GHz), 1 GB pamięci RAM, dyski twarde o pojemności 250 GB, nagrywarki płyt DVD. Komfortową pracę zapewniają 24-calowe monitory DELL P2412H wyposażone w głośniki. Na wszystkich komputerach jest zainstalowany system operacyjny Windows oraz środowisko programistyczne Matlab R2010b. Każdy komputer posiada dostęp do sieci Internet. Wybrane komputery mają zainstalowane specjalistyczne oprogramowanie wykorzystywane podczas zajęć i prac badawczych, współpracujące z urządzeniami znajdującymi się w laboratorium, m.in.:

- Vision Builder AI 2009 SP1 firmy National Instruments do zarządzania inteligentną kamerą NI 1742 Smart Camera,
- Echo Wave II firmy Telemed do sterowania ultrasonografem Echo Blaster 128 wyposażonym w 128-kanalową sondę liniową o głębokości obrazowania do 59 mm (zakres częstotliwości 5–10 MHz),
- ColorMunki Photo firmy X-Rite do łączności z kolorymetrem ColorMunki Photo wykorzystywanym do kalibracji kolorystycznej monitorów komputerowych, rzutników multimedialnych oraz drukarek,
- Edius Neo 3.5 do wielościeżkowej edycji materiałów audiowizualnych rejestrowanych przez dwie lustrzanki cyfrowe Canon EOS 700D wyposażone w obiektywy TAMRON 17-50 MM F/2.8 SP AF XR DI II VC, SAMYANG 14MM F/2.8 IF ED UMC i CANON EF 100 mm f/2.8 Macro USM
- środowisko programistyczne LabVIEW do komunikacji z zestawami dydaktycznymi ELVIS II firmy National Instruments. Zestawy te są łączone z ławami optycznymi, wykorzystywanymi podczas zajęć z Elementy akustyki i optyki.

Zmienne wyposażenie stanowisk części badawczej umożliwia modelowanie i analizę systemów wizyjnych, ocenę ich jakości i skuteczności.

W sali prowadzone są zajęcia z następujących przedmiotów:

- Przetwarzanie obrazów i sygnałów audio (laboratorium) – w ramach zajęć studenci zapoznają się ze sposobami reprezentacji obrazów cyfrowych, podstawowymi metodami ich przetwarzania, m.in. operacjami morfologicznymi, detekcją krawędzi, poprawą jakości oraz sposobami kodowania. Ponadto analizują podstawowe parametry sygnałów audio.
- Przetwarzanie obrazów i sygnałów audio (projekt) – studenci samodzielnie lub w kilkusobowych grupach realizują całosemestralne projekty obejmujące tworzenie, analizę lub weryfikację skuteczności działania systemów wizyjnych lub audio. Niektóre z projektów wymagają pracy ze specjalistycznym sprzętem, więc w tym celu udostępnia się studentom drugą część niniejszego laboratorium.
- Przetwarzanie obrazów (laboratorium) – w trakcie zajęć studenci zapoznają się ze sposobami reprezentacji obrazów cyfrowych, podstawowymi metodami ich przetwarzania (m.in. operacjami morfologicznymi), kodowania stratnego (standardy MPEG-2 i H.264) i kodowania bezstratnego (kodery progresywne).
- Elementy akustyki i optyki (laboratorium) – zajęcia obejmują badanie charakterystyk ogniwa fotoelektrycznego (studenci sprawdzają jak zmieniają się wartości natężenia prądu, napięcia elektrycznego oraz mocy dwóch ogniw fotoelektrycznych o różnych powierzchniach czynnych podczas zmian rezystancji opornika dekadowego), badanie polaryzacji światła (ćwiczenie ma na celu zapoznanie studentów ze zjawiskiem polaryzacji oraz prawem Malusa; rejestracja badanych sygnałów jest dokonywana przy użyciu aplikacji utworzonej w środowisku LabVIEW) i badanie źródeł światła (studenci zapoznają się z trzema źródłami światła – lampą żarową, świetłówką kompaktową oraz diodą świecącą, ich podstawowymi parametrami oraz z zasadą działania spektrofotometru, za pomocą którego badają widma wyżej wymienionych źródeł światła; ćwiczenie wykorzystuje m.in. środowisko programistyczne Matlab).

W drugiej części laboratorium, badawczej, znajdują się dwa stanowiska komputerowe o podobnej specyfikacji. Przygotowano tam także stanowisko wyposażone w tzw. green screen do realizacji ujęć wymagających usunięcia tła za filmowaną osobą. Do dyspozycji jest statyw z sześcioma kamerami przemysłowymi: Vivotec IP1731, Pixel Henderson Color CCD Camera 22x Digital Zoom, Bosch Dinion Color Camera, BCS Color Video Camera X-WDR DSS 3D-DNR 580 TVL, Bosch NBC-255-P z obiektywem Bosch 1/3" 2.8–10 mm F 1.4 CS i Axis 211 Network Camera z obiektywem Tamron 1/3 CCTV CS 3,0–8 mm. Do dyspozycji studentów znajduje się cyfrowy oscyloskop Rigol MSO1074, dwa telewizory: Sony KDL-22E5310 i Samsung GH17TS oraz cyfrowy mikser wideo Videonics MxProDV MX-DV-P Pal. Ponadto jest dostępnych wiele mniejszych urządzeń, wykorzystywanych podczas realizacji projektów studenckich, prac inżynierskich i magisterskich. Są to m.in. moduły Arduino Uno, komputery Raspberry Pi 1. i 2. generacji.

W tej części laboratorium, w ostatnich latach, zrealizowano m.in. następujące prace: Interfejs graficzny do rozpoznawania twarzy (wykorzystujący Raspberry Pi oraz kamerę), Platforma pomiarowa do badania jakości działania oświetlenia lotniskowego, Graficzny interfejs użytkownika do systemu automatycznego rozpoznawania tęczy. W laboratorium swoją siedzibę ma także koło naukowe Decybel składające się łącznie z czterech sekcji.

Laboratorium **Akustyki Technicznej** (sala 228 MCH)



Laboratorium jest jednym z pomieszczeń naukowo-dydaktycznych Zakładu Układów Elektronicznych i Przetwarzania Sygnałów. Pomieszczenie składa się z 3 części: pomieszczenia stanowisk dydaktycznych i aparatury, silnie wyciszonego pomieszczenia tzw. małej komory bezechowej oraz 3 kabin odsłuchowolektorskich. Laboratorium jest wyposażone w profesjonalną aparaturę do wielokanałowej akwizycji i generacji sygnałów audio, wzmacniacze mocy audio, a także w zestawy mikrofonów studyjnych, głośników i słuchawek. W pomieszczeniach laboratorium prowadzone są zajęcia laboratoryjne z przedmiotów Elementy Akustyki i Optyki część Akustyka na studiach I stopnia oraz Akustyka Techniczna. na studiach II stopnia.

W zakresie przedmiotu Elementy Akustyki i Optyki cz. Akustyka prowadzone są zajęcia dydaktyczne dotyczące podstaw Akustyki obejmujące pomiary prędkości fazowej dźwięku oraz współczynników pochłaniania dźwięku.

W zakresie Akustyki Technicznej prowadzone są zajęcia dydaktyczne dotyczące testów przetworników elektroakustycznych, algorytmów odszumiania sygnałów audio, detekcji kierunku padania dźwięku, redukcji hałasu, psychoakustyki oraz nagrań sygnałów dla potrzeb procedur rozpoznawania mowy lub mówcy.

Laboratorium **Systemów Mikroprocesorowych i Sieci Komputerowych** (sala 229 MCH)



Laboratorium systemów mikroprocesorowych i sieci komputerowych jest przeznaczone do prowadzenia zajęć laboratoryjnych oraz projektowych. Jest wyposażone w 8 dwuosobowych stanowisk komputerowych (komputery DELL z procesorem I7, 4GB pamięci operacyjnej, dyski 2 × 1 TB, monitory Dell 24 caleTB) z dostępem do sieci Internet.

Każdy z komputerów ma zainstalowane licencjonowane oprogramowanie:

- środowisko obliczeniowe Matlab 2010
- oprogramowanie ARM Keil MDK Pro development tool
- środowisko projektowania układów elektronicznych i płytek drukowanych: Altium Designer
- środowisko National Instruments LabVIEW.

Każde (8 szt.) stanowisko laboratoryjne dysponuje następującym sprzętem laboratoryjnym:

- oscyloskop cyfrowy Rigol DS 1022CD z 16 kanałową sondą logiczną LH1116
- zestaw do nauki programowania mikrokontrolera ATmega328P
- moduł dydaktyczny z mikrokontrolerem PIC12F675
- moduł z procesorem STM32F407 i dołączoną kartą Wolfson Audio I2S/I2C
- moduł z procesorem sygnałowym TMS320C5515

W laboratorium znajdują się także m.in.:

- stacje lutownicze Xytronic XY LF-7000 oraz Quick 706 Hot Air
- elementy do nauki podstaw sieci komputerowych: routery Linksys WRT320N 802.11n, przełączniki 3Com 3CR17562-91 SuperStack3 Switch 4500 50-Port, 3Com 3C17300 Super-Stack 3 Switch 4226T, szafa sieciowa 19" z panelami krosującymi, telefony VoIP BudgeTo-ne-100
- sprzęt kontrolno-pomiarowy CompactDAQ z kartami wejścia-wyjścia
- radio programowalne NI USRP 50MHz-2GHz
- multimetry cyfrowe oraz generatory sygnałowe.

W laboratorium prowadzone są między innymi zajęcia dydaktyczne:

- Podstawy elektroniki - w trakcie zajęć studenci zapoznają się z budową, działaniem i zastosowaniem elementów elektronicznych takich jak diody, tranzystory, wzmacniacze operacyjne. Zestawiają i mierzą również podstawowe analogowe i cyfrowe układy elektroniczne spotykane we współczesnych systemach elektronicznych oraz automatyce i robotyce. Badań dokonują w trakcie pomiarów z wykorzystaniem badań symulacyjnych z wykorzystaniem symulatora rodziny Spice i środowiska projektowania układów elektronicznych Altium Designer.
- Systemy mikroprocesorowe - zajęcia dotyczą programowania systemów mikroprocesorowych zawierających mikrokontrolery rodziny STM32. W ramach ćwiczeń odbywa się programowanie mikrokontrolerów oraz wykonywanie elektrycznych połączeń w celu dołączenia elementów sensorycznych, wykonawczych oraz układów rozszerzających: np. czujników temperatury, fotorezystorów, odbiorników podczerwieni, przycisków, LED, silników prądu stałego, głośników, rejestrów przesuwnych i układów rozszerzenia wej/wyj. Programowanie odbywa się w asemblerze i języku C++.
- Sieci komputerowe - na laboratoriach studenci zdobywają wiedzę o budowie, projektowaniu, użytkowaniu oraz administrowaniu sieci komputerowych. Nabywają umiejętności w zakresie realizacji projektów elementów sieci komputerowych. Poznają techniki konfiguracji klienta sieci komputerowej w systemie operacyjnym, administrację i zarządzanie serwerem poczty elektronicznej, projektują i budują elementy sieci LAN, wyznaczają podsieci. Z wykorzystaniem symulatora sieci zdobywają podstawy konfiguracji urządzeń sieciowych. Analizują działanie telefonii Voice over Internet Protocol (VoIP) oraz sieci bezprzewodowych i wirtualnych sieci LAN (VLAN).
- Przetwarzanie sygnałów i informacji - w trakcie których studenci – korzystając z komputerów wyposażonych w środowisko programistyczne Matlab – zapoznają się z: podstawowymi cechami systemów i sygnałów dyskretnych, procesami próbkowania i kwantowania sygnałów analogowych. Ponadto uczą się praktycznego wykorzystania transformaty Z między innymi do projektowania cyfrowych filtrów FIR i IIR. Wykorzystując transformaty DFT, FFT i DCT poznają aspekty stratnej kompresji sygnałów jedno- i dwuwymiarowych. W trakcie zajęć zaznajamiają się też z podstawami teorii informacji i bezstratnego kodowania sygnałów.
- Elektronika praktyczna - w czasie zajęć studenci zdobywają umiejętności projektowania płytek drukowanych (PCB) w środowisku Altium Designer, symulacji układów analogowych, projektowania układów cyfrowych z wykorzystaniem elementów programowalnych z wykorzystaniem płyt prototypowych FPGA Nanoboard 2, a także zdobywają umiejętności praktyczne w lutowaniu elementów przewlekanych i elementów do montażu powierzchniowego.
- Programowalne układy cyfrowe i procesory sygnałowe - w trakcie zajęć laboratoryjnych studenci poznają programowanie procesorów takich jak STM32F4 (ARM) i TMS320C5515. Wykorzystując układy z wymienionymi procesorami ćwiczone są implementacje filtrów FIR (ang. Finite impulse Response) i IIR (ang. Infinite Impulse Response), implementacje FFT (ang. Fast Fourier Transform), filtry adaptacyjne, odszumianie sygnałów, generacja i detekcja sygnałów tonowych.
- Prototypowanie układów wbudowanych w środowisku LabVIEW - w trakcie zajęć studenci poznają środowisko LabVIEW firmy National Instruments z nastawieniem na jego wykorzystanie w sterowaniu, automatyzacji procesów, pomiarach i budowaniu układów wbudowanych. Uczą się

programowania w LabVIEW i praktycznie przygotowują do zdobycia certyfikatu pierwszego poziomu CLAD (Certified LabVIEW Associate Developer). W trakcie zajęć wykorzystują platformy sprzętowe ELVIS II i CompactDAQ z kartami wejścia-wyjścia do realizacji pomiarów i sterowania. Obsługa wybranych interfejsów komunikacyjnych.

- Projektowanie systemów mikroprocesorowych – w trakcie zajęć studenci poznają zagadnienia projektowania układów mikroprocesorowych z uwzględnieniem podstawowych parametrów systemu, z uwzględnieniem układów wejścia i wyjścia oraz układów komunikacji.
- Technologie informacyjne - w trakcie zajęć studenci zapoznają się ze środowiskiem symulacyjno-programistycznym Matlab. Przy jego pomocy tworzą programy i zapoznają się z m.in.: działaniami na macierzach, liczbami zespolonymi, systemami liczbowymi, podstawowymi operacjami na obrazach nieruchomych i barwnych, elementami grafiki trójwymiarowej, histogramami i kodami kreskowymi. W ramach przedmiotu studenci zapoznają się również ze środowiskiem składu tekstu LaTeX.

II. Instytut Robotyki i Inteligencji Maszynowej

Laboratorium **Robotów Mobilnych** (sala 321 MCH)

W laboratorium tym odbywają się zajęcia laboratoryjne z przedmiotów *Autonomiczne roboty mobilne*, *Nowoczesne sensory w robotyce*, *Podstawowe narzędzia i metody programowania robotów autonomicznych*, *Zaawansowane narzędzia i metody programowania robotów autonomicznych*, *Metody i algorytmy planowania ruchu*, a także *Pracownia badawcza dla specjalności Roboty i Systemy Autonomiczne*.

W laboratorium znajduje się 10 stanowisk komputerowych wyposażonych w komputery PC: Intel Core i5-7500 CPU @ 3.40GHz, RAM 2x4GB DDR4, dysk SSD 275GB oraz Toshiba 1TB, GPU NVIDIA GeForce GTX 1060 6GB. Komputery przeznaczone do zadań dydaktycznych mają systemem operacyjnym Linux Ubuntu. Dodatkowo w laboratorium znajdują się dwa komputery x86 przeznaczone do prac pomocniczych i przechowywania danych: komputer PC z procesorem Intel Core i5 CPU 750 @ 2.67GHz, RAM 2x 2048MB, dysk Samsung 1TB, GPU NVIDIA GeForce 9800 GT, 1 komputer PC z procesorem Intel Core i3-2100 CPU @ 3.10GHz, RAM 2x2048MB, dysk Seagate 1TB ST3, GPU NVIDIA GeForce GT 430. Działają one pod kontrolą systemu operacyjnego Linux. W laboratorium wykorzystywane jest oprogramowanie otwartoźródłowe: Robot Operating System (ROS), OpenCV, TensorFlow, Keras, PyTorch, środowisko Colab oraz system kontroli wersji Git.

Podstawowym wyposażeniem laboratorium są roboty mobilne: robot typu TRC Labmate, robot WOBit Mobot eRunner MW (klasy AGV), dwa mniejsze roboty typu LabBot oraz robot Pioneer 2 DX. Mobot eRunner wyposażony jest w koła Mecanum, a wszystkie pozostałe mają układy jezdne typu różnicowego, charakterystyczne dla robotów dydaktycznych i badawczych. W laboratorium znajduje się także robot mobilno-manipulacyjny na bazie platformy jezdnej Labmate wyposażony w manipulator kooperacyjny UR-3, liczne sensory (skanery laserowe, kamery wizyjne, sensory RGB-D) oraz komputer pokładowy w architekturze x86. Robot ten, zbudowany w ramach realizowanego w IRIM projektu NCBiR jest modułowy i może zostać wyposażony w drugi manipulator, UR, co daje możliwość manipulacji dwuręcznej.

W zależności od potrzeb roboty mobilne mogą być wyposażone w różne sensory będące na wyposażeniu laboratorium: skanery laserowe Sick LMS-200 (2D), MRS-6124 (3D), Ouster OS1 i OS0 -(3D), Hokuyo URG-04IX, URG-04F1, UTM-30 (wszystkie 2D), kamerę odległościową SwissRanger 4000, sensory RGB-D Kinect v1, Kinect v2, Kinect Azure, Asus Xtion, Intel RealSense R-200, D-435 oraz pasywne kamery wizyjne kilku typów (między innymi Basler i PointGrey). Do dyspozycji studentów realizujących ćwiczenia i projekty dyplomowe są też sensory inercyjne Xsens MTi oraz MicroStrain. Na wyposażeniu laboratorium są też roboty kroczące zbudowane w ramach projektów badawczych prowadzonych w IRIM. Są to dwa małe roboty sześcionożne Ragno oraz większy robot sześcionożny Messor II. Ponadto dostępny jest komercyjny, czworonożny robot kroczący Unitree A1.

Poza pomieszczeniem laboratorium dostępny jest także autonomiczny samochód elektryczny na bazie pojazdu Melex wyposażony w liczne sensory (skanery laserowe, kamery) oraz komputery pokładowe w architekturze x86 w systemem Linux.

Dodatkowym wyposażeniem laboratorium są liczne zestawy uruchomieniowe i prototypowe np. Raspberry Pi, PandaBoard, Nvidia Jetson (TK1, TX1, TX2, Xavier). Dla studentów dostępny jest podręczny warsztat umożliwiający prowadzenie na miejscu prostych prac w zakresie elektroniki analogowej i cyfrowej. W laboratorium istnieje także możliwość wykorzystania systemu motion capture OptiTrack z kamerami na statywach.





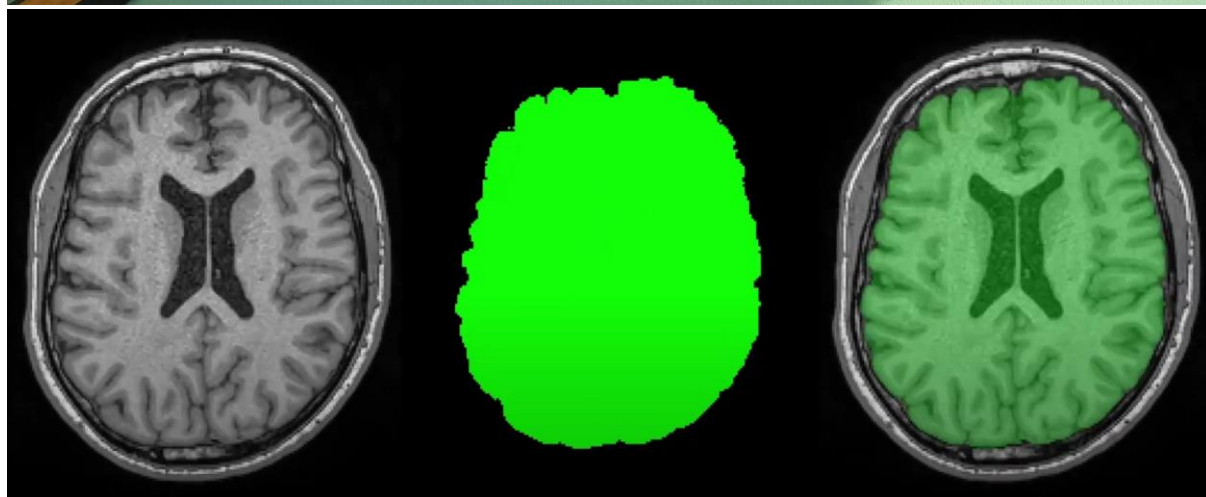
Laboratorium **Systemów Wizyjnych** (sala 317 MCH)

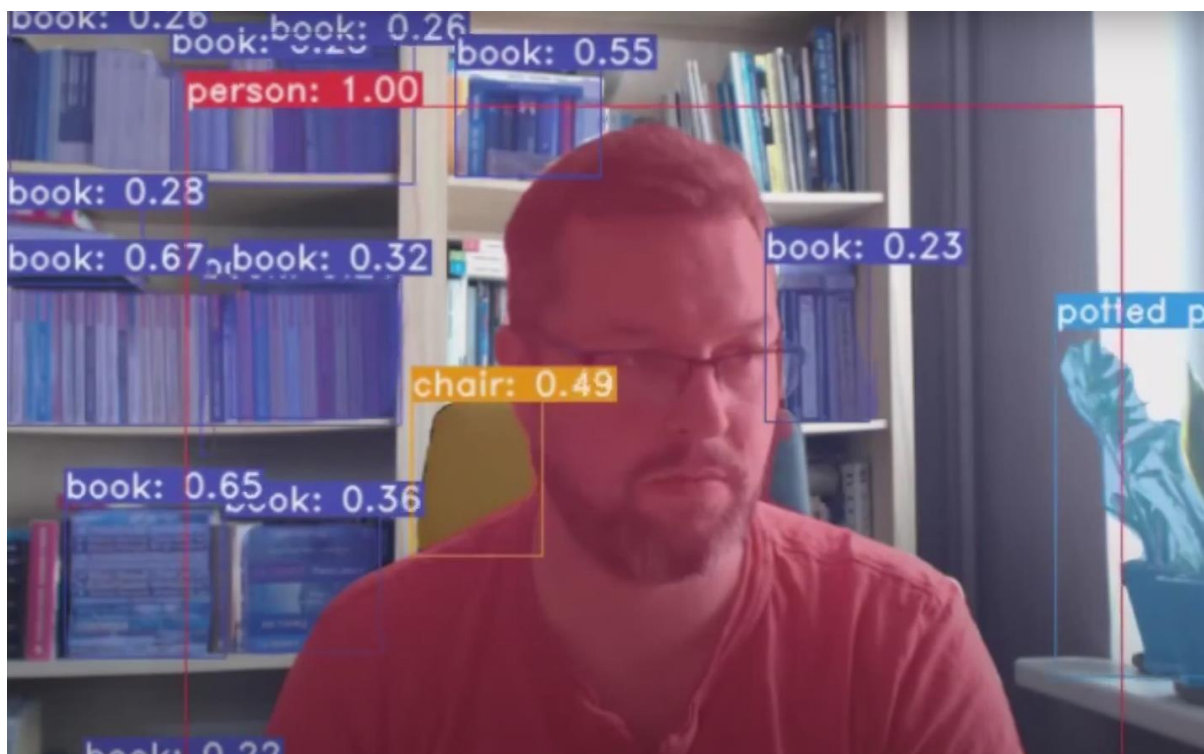
Laboratorium wyposażone jest w 18 zestawów komputerowych przeznaczonych dla studentów oraz komputer prowadzącego połączony z rzutnikiem multimedialnym. W laboratorium prowadzone są zajęcia z podstaw programowania w języku C/C++, szeroko pojętego przetwarzania obrazów i systemów wizyjnych, a także uczenia maszynowego (*Systemy wizyjne, Zaawansowane przetwarzanie obrazów, Wybrane zagadnienia uczenia maszynowego*). Wszystkie komputery są w związku z tym wyposażone w kamery internetowe, a w ramach zajęć dodatkowo wykorzystywane znajdujące się również w laboratorium kamery RGB-D i kamery termowizyjne, a także inteligentne, zintegrowane systemy wizyjne, np. OpenCV AI Camera.

Dodatkowo w laboratorium podczas zajęć, w celu zapewnienia kontaktu z potencjalnie wykorzystywanymi w miejscu pracy technologiami dostępne są systemy oświetlaczy przemysłowych i przemysłowe, zintegrowane systemy wizyjne. Dla studentów realizujących projekty i prace dyplomowe udostępnione są kamery przemysłowe wraz z wymiennymi obiektywami i stacje robocze z procesorami GPU, wykorzystywane w aplikacjach z dziedziny uczenia maszynowego.

Całość uzupełniają komputery jednopłytkowe Raspberry Pi oraz Nvidia Jetson. Studenci mogą również skorzystać z oscyloskopu sygnałów mieszanych, analizatorów stanów logicznych, lutownic oraz podstawowych narzędzi. W laboratorium zainstalowano systemy operacyjne

Windows 10 i Ubuntu Linux, a wykorzystywane oprogramowanie obejmuje takie programy jak Visual Studio oraz PyCharm.

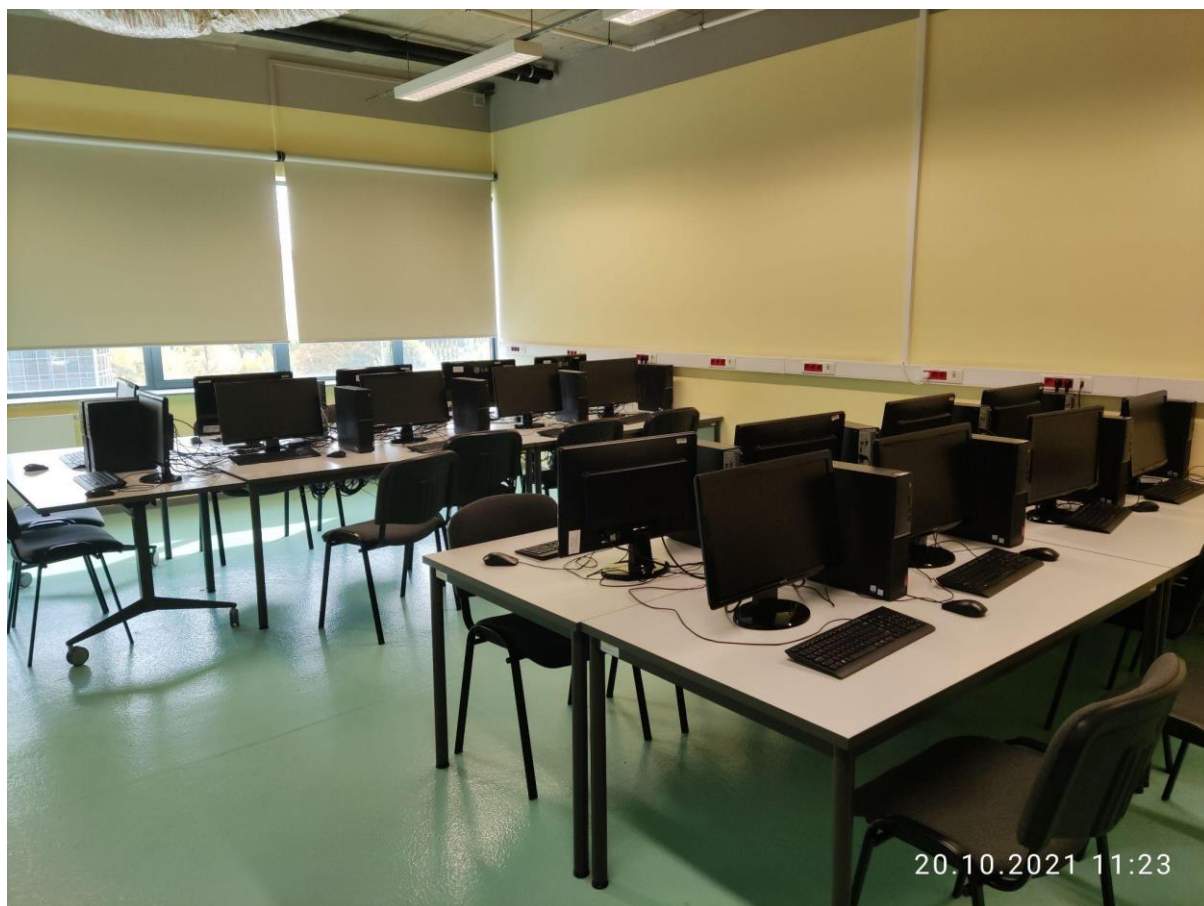




Laboratorium **Biocybernetyki** (sala 320 MCH)

W laboratorium biocybernetyki odbywają się zajęcia laboratoryjne z następujących przedmiotów: *Eksploracyjna analiza danych, Interfejs człowiek-maszyna i sygnały biologiczne w robotyce, Wybrane zagadnienia inżynierii biomedycznej i biometrii.*

W pomieszczeniu znajduje się 18 stanowisk komputerowych wyposażonych w zestawy komputerowe klasy PC (x86-64) z procesorami Intel Core i3 8-mej generacji. Na komputerach zainstalowano system operacyjny Windows oraz Linux Ubuntu. Oprogramowanie zainstalowane na komputerach pozwala na prowadzenie zajęć wykorzystujących kompilatory C++ (Visual Studio, Qt Creator), kompilatory C dla mikrokontrolerów ARM (CubeMX, System Workbench) oraz zajęcia obejmujące wprowadzenia do technik komputerowych (interpretery LaTeX, Python itp., PyCharm, Autodesk Inventor).



Laboratorium wyposażone jest w zaplecze warsztatowe pozwalające na wykonanie podstawowych prac mechanicznych oraz lutowniczych. Zainstalowany w części warsztatowej sprzęt obejmuje stacje lutowniczą oraz stację hot-air wraz z zestawem narzędzi. Na zapleczu zorganizowany został także lab druku 3D wyposażony w dwie drukarki technologii FDM: Ultimaker 3 oraz Prusa i3 MK3, wraz z szeroką gamą filamentów. Laboratorium wyposażono w bieżnię oraz system kamer Basler wykorzystywane do śledzenia chodu człowieka.

W ramach wyposażenia laboratorium dostępny jest również szereg czujników do prowadzenia prac w zakresie akwizycji sygnałów biologicznych w tym bezprzewodowy, 10 czujników DelsysTringo umożliwiających pomiar sygnału EMG, ECG i rejestracji orientacji (motion capture), 24 kanałowy wzmacniacz sygnałów biologicznych OtBioelettronica Meba, gogle rozszerzonej rzeczywistości Hololens, jak również zestaw czujników umożliwiających rejestrację aktywności mózgu (EEG) OpenBCI.



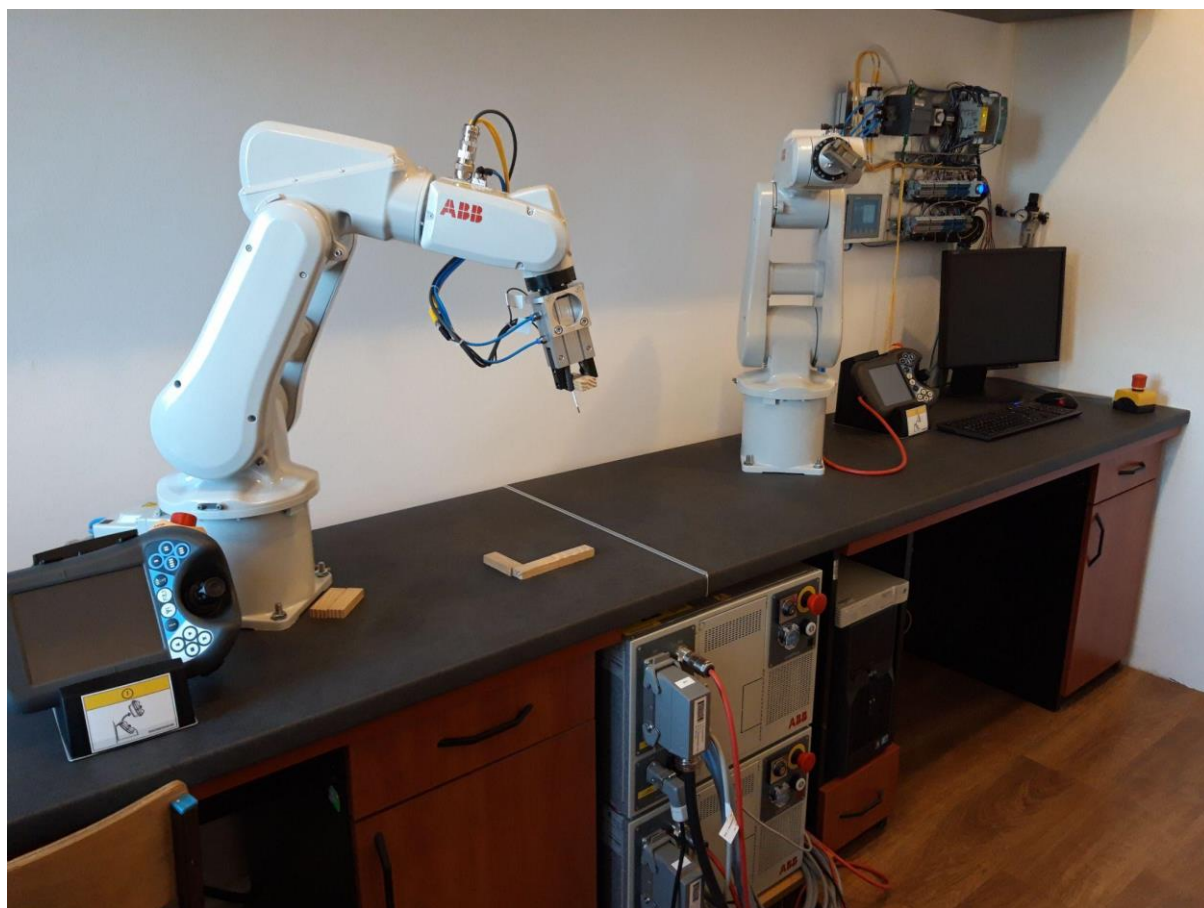
Laboratorium **Robotów Przemysłowych** (sala A8/2, A8/6 w budynku A8)

Zajęcia z *Zaawansowanych metod programowania robotów przemysłowych i planowania zadań* odbywają się w Laboratorium A8/2, w którym studenci sterują i programują trzy roboty przemysłowe Kuka VKR200. Roboty wyposażone są w przemysłowe chwytaki pneumatyczne z czujnikami położenia szczęk oraz czujniki obecności chwytanego detalu. Bezpieczeństwo uczestników zajęć zapewnione jest przez możliwość pracy robotów jedynie w trybie z ograniczonymi prędkościami (T1) oraz przez system safety z wyłącznikami e-stop rozmieszczone w laboratorium. Stanowiska z robotami wyposażone są ponadto w typowe elementy szkoleniowe takie jak podatne podkładki umożliwiające rysowanie oraz pobieranie i odkładanie detali, elastyczne obiekty manipulacji i pola odkładcze.

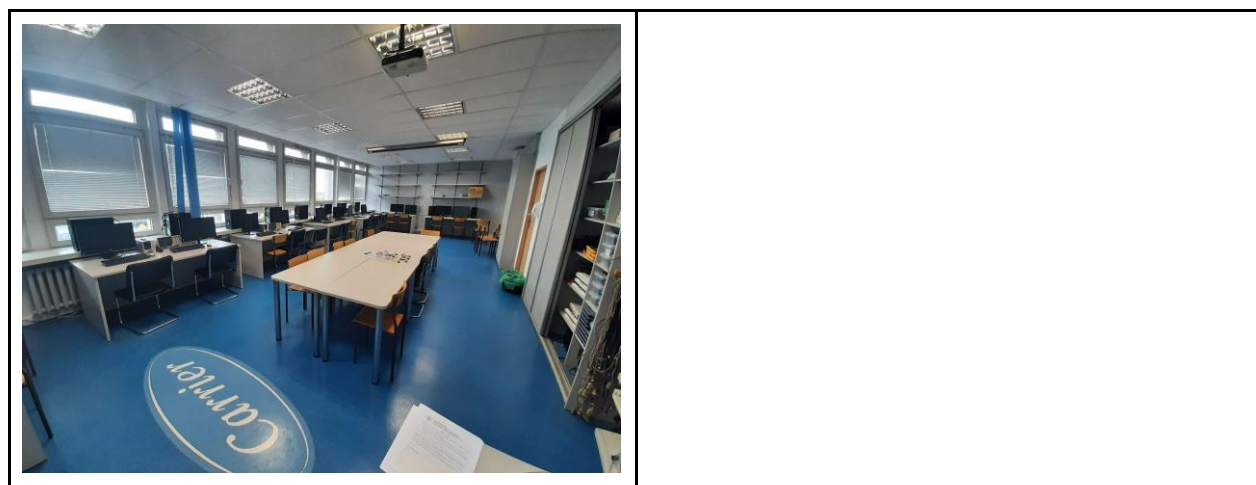


W drugim laboratorium (A8/6) do dyspozycji studentów są trzy roboty ABB IRB120, połączone w sieci przemysłowej ProfiNet z nadrzędnym sterownikiem PLC Simens S7-1200. Roboty wyposażone są również w chwytaki pneumatyczne z pełnym oczujnikowaniem. Programowanie tych robotów odbywa się bezpośrednio - przy pomocy paneli operatorskich, lub w trybie off-line na komputerach z zainstalowanym oprogramowaniem RobotStudio. Przygotowany w systemie symulacyjnym program jest następnie przesyłany do rzeczywistego robota i wykonywany. W trakcie realizacji jest system wizyjny Cognex In-Sight 9912, który zostanie zintegrowany z jednym z robotów ABB.

Zajęcia laboratoryjne obejmują zagadnienia programowania robotów Kuka w trybie Expert Programming oraz programowania robotów ABB off-line->on-line.

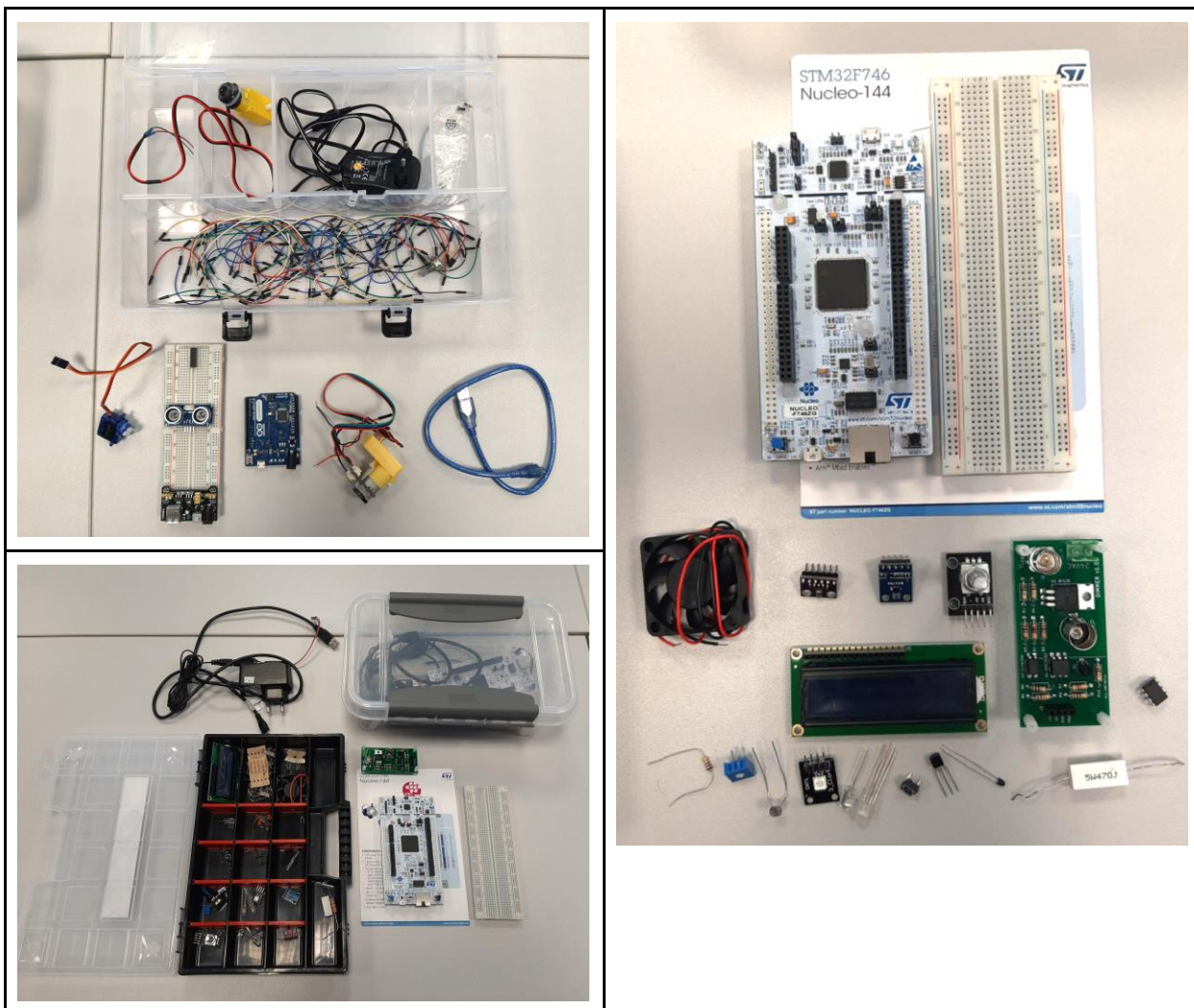


Laboratorium **Laboratorium Modelowania i Układów Elektronicznych** (sala 732 WARiE)

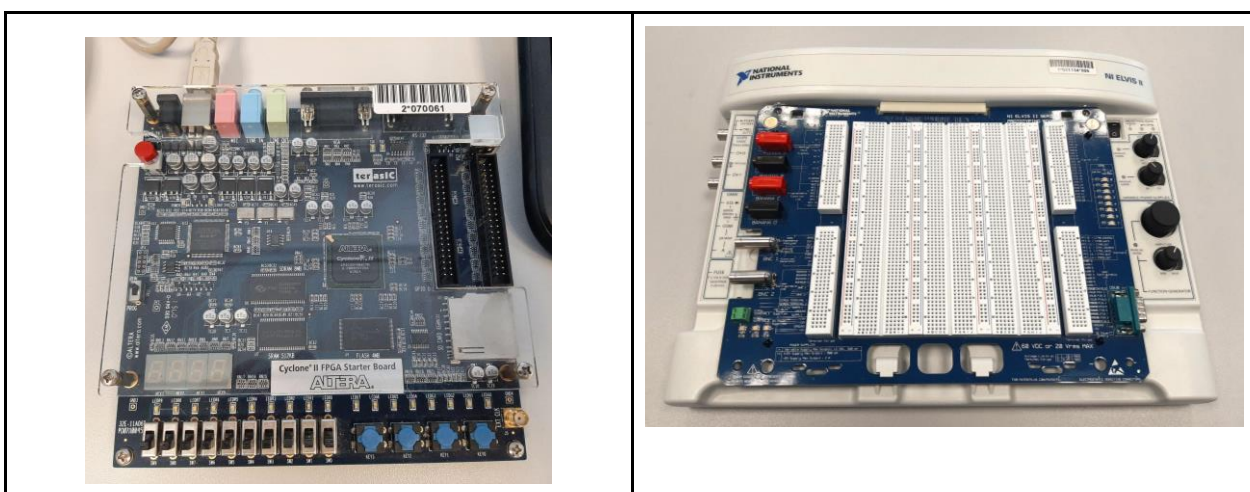




Laboratorium 732: widok sali, przykładowe stanowiska laboratoryjno-komputerowego, szafy do przechowywania sprzętu.



Laboratorium 732: Zestawy dydaktyczne dla laboratorium systemu mikroprocesorowe



Laboratorium 732: Platformy sprzętowe układu ALTERA oraz National Instruments

W laboratorium (sala 732) znajduje się 6 stanowisk laboratoryjnych. Każde stanowisko wyposażone jest w dwa komputery klasy PC (procesory klasy CORE i5, monitory 24", systemami

Windows10 oraz Linux/Ubuntu, kamera USB), 4-kanałowy oscyloskop cyfrowy i zasilacz elektroniczny 30 V/3 A. Do stanowisk doprowadzone jest także zasilanie trójfazowe, o bezpiecznym napięciu fazowym 24 V. W laboratorium znajduje się także stanowisko komputerowe dla prowadzącego zajęcia z możliwością wykorzystania stacjonarnego rzutnika i ekranu. Wszystkie komputery połączone są z siecią kampusową.

Laboratorium zawiera sprzęt pozwalający na wykonywanie prototypowe połączenia układów elektronicznych, bazując na platformie pomiarowej ELVIS II firmy National Instruments (6 sztuk). W szczególności platforma ta zawiera: generator sygnałów arbitralnych, zasilacz symetryczny +/- 15V, zasilacz regulowany +/-12V, zasilacz stały 5V, cyfrowy multimetr, analizator sygnałów cyfrowych,

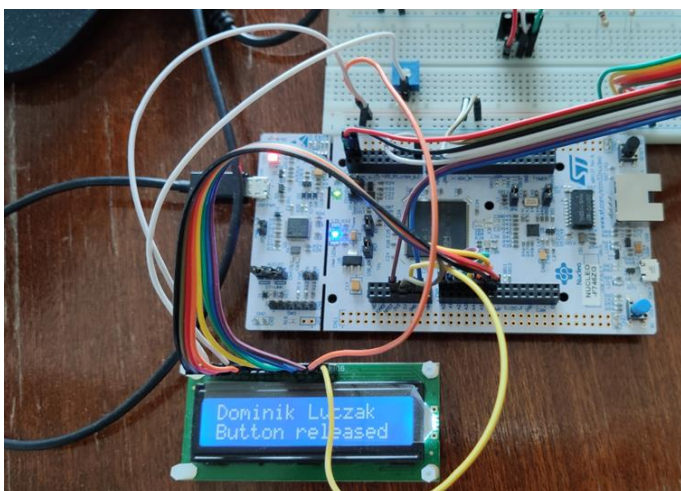
Dla prototypowania układów elektronicznych dostępne są elementy elektroniczne (bierne: rezystory, kondensatory, cewki jak również czynne: diody, tranzystory, wzmacniacze operacyjne, itp.). Na zajęciach możliwe jest budowanie wybranych układów elektronicznych oraz ich łatwe badanie.

Na wyposażeniu laboratorium znajduje się również 19 zestawów układów mikroprocesorowych wyposażonych w NUCLEO-F746ZG (płytki rozwojowa z mikrokontrolerem STM32F746ZGT6), płytki stykowe, zestawy przewodów oraz zasilacze impulsowe 5V. W skład zestawów wchodzi również przybory z elementami elektronicznymi: *rezystory*, *kondensatory*, *tranzystory* (bipolarne i MOSFET), *LED* i *potencjometry* w technologii THT oraz czujniki cyfrowe (temperatury i natężenia światła), wyświetlacze LCD, miniaturowe wentylatory i dedykowany sterownik do żarówki o napięciu 24 V.

Pomieszczenie jest klimatyzowane.

W laboratorium prowadzone są między innymi zajęcia laboratoryjne do następujących przedmiotów:

- *Elektronika* – w ramach kursu studenci budują i testują układy elektroniczne oparte o tranzystory i wzmacniacze operacyjne.
- *Systemy mikroprocesorowe* - w ramach zajęć studenci zapoznają się z podstawami techniki mikroprocesorowej na przykładzie zestawów rozwojowych NUCLEO-F746ZG. W czasie kursu studenci implementują proste aplikacje wbudowane z użyciem środowiska STM32Cube, wykorzystując szeroki wachlarz urządzeń zewnętrznych: czujników, wyświetlaczy, urządzeń wejściowych etc. Efektem końcowym kursu jest budowa mikroprocesorowego systemu sterowania i pomiaru z pętlą sprzężenia zwrotnego. Student zapoznaje się m.in. z wejściami i wyjściami cyfrowymi oraz analogowymi, licznikami oraz interfejsami komunikacyjnymi m.in. UART, SPI, I2C oraz Ethernet. Na dalszych etapach prezentowane jest programowanie wielowątkowe z FreeRTOS oraz komunikacja sieciowa IPv4 oraz protokoły transportowe TCP i UDP.



[Przykład działania tekstowego LCD i zestawu NUCLEO-F746ZG]

- *Energoelektronika / Układy elektroniki użytkowe* - w trakcie zajęć studenci poznają układy przekształtników AC/DC, DC/DC oraz DC/AC jak również podstawowe metody sterowania tymi układami.
- *Technologie inteligentnego sterowania* - w ramach zajęć studenci uruchamiają modele układów sterowania, uruchamiają struktury układów regulacji połączonych z elementami wykonawczymi, przeprowadzają analizę poprawności działania poszczególnych elementów toru sterowania: komunikacja, sterowniki, elementy wykonawcze.
- *Systemy wizyjne i spektralne w automatyzacji* - w ramach zajęć studenci tworzą własne detektory wizyjne dla zadań sterowania. Ponadto dokonują analizy linii spektralnych dla wybranych pierwiastków oraz rozwiązują problem optymalizacyjny dopasowania modelu do danych spektralnych.
- *Wirtualne prototypowanie w automatyzacji procesów* - w ramach zajęć studenci zapoznają się z różnymi środowiskami programowania naukowego, tworzą modele obiektów oraz analizują je korzystając z różnych technik, wykorzystują narzędzia optymalizacyjne.
- *Zaawansowane systemy diagnostyki i monitorowania* - w ramach modułu kształcenia studenci zapoznają się metodami analizy sygnałów czasową, częstotliwościową, czasowo-częstotliwościową, czasowo-skalową oraz identyfikacją modeli parametrycznych dyskretnych i ciągłych. Zastosowane metody wykorzystywane są do wykrycia i lokalizacji uszkodzeń.

Laboratorium Automatyki Budynkowej i Systemów Sterowania (sala 323 MCH)



Laboratorium M-323: widok sali, przykładowe stanowisko laboratoryjno-komputerowe,



Laboratorium M-323: przykładowe makiety pomieszczeń budynków inteligentnych

W laboratorium M-323 znajdują się łącznie 8 stanowisk dydaktycznych z komputerami PC. Komputery wyposażone są w procesory Intel Core i3-10100, 16 GB pamięci RAM, dyski SSD o pojemności 500 GB, wbudowane adaptory WiFi oraz czytniki kart SD. Na komputerach zainstalowany jest system operacyjny Windows 10 oraz oprogramowanie wykorzystywane do zajęć dydaktycznych: środowisko MATLAB/Simulink, interpretery Python, środowisko Visual Studio, zestaw narzędzi STM32Cube, środowisko do obsługi systemów KNX ETS. Na wyposażeniu laboratorium znajdują się również 4 routery WiFi Asus RT-N12+ oraz 4 czterokanałowe oscyloskopy Hantek DSO4104B.

Dodatkowo dostępne jest stanowisko dla prowadzącego zajęcie ze stacjonarnym rzutnikiem. Pomieszczenie jest klimatyzowane przez system Centrum Mechatroniki.

W sali znajdują się 7 makiet pomieszczeń budynków inteligentnych, w tym:

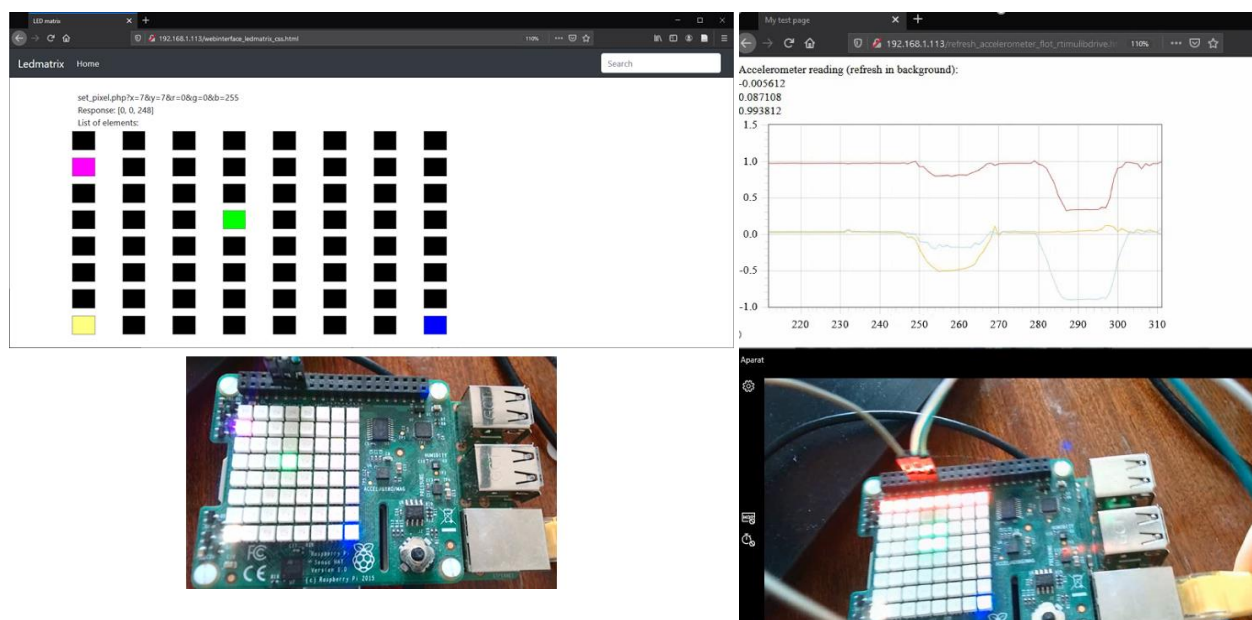
- Kontrola dostępu - stanowisko wykorzystuje rozproszone moduły KNX związane z ochroną pomieszczeń i mienia takie jak: czytnik linii papilarnych, klawiatura numeryczna, przełącznik z kluczem, zamek elektromagnetyczny oraz mechanizm roletowy. Moduły te komunikują się z aktuatorem załączającym GIRA 1039 oraz modułem wejść/wyjść GIRA 1119 tworząc spójny system kontroli dostępu do pomieszczenia.
- Rolety i oświetlenie - stanowisko wykorzystuje rozproszone moduły KNX związane ze sterowaniem oświetleniem naturalnym oraz sztucznym takie jak: czujnik obecności, napęd żaluzjowy, napęd roletowy oraz oświetlenie LED. Moduły te komunikują się z aktuatorem załączającym GIRA 1038, przyciskami monostabilnymi GIRA 0185 oraz przyciskami trzykrotnymi GIRA 5131.
- Ogrzewanie KNX - stanowisko wykorzystuje rozproszone moduły KNX związane ze sterowaniem ogrzewaniem łazienkowym takie jak: mata grzewcza, grzejnik miniaturowy, czujnik uniwersalny oraz wentylator. Moduły te komunikują się z aktuatorem załączającym GIRA 1039, modułem wejść/wyjść GIRA 1119 oraz przyciskiem z wyświetlaczem GIRA 5142 tworząc system regulacji ogrzewania.
- Oświetlenie - stanowisko wykorzystuje rozproszone moduły KNX związane ze sterowaniem sztucznym oświetleniem w domu jednorodzinnym. Stanowisko składa się z trzech sterowników: GIRA 1038, GIRA 2174, ZN1DIRGBX3 z dwóch przycisków kołyskowych: ABB 6324, ABB 6322 oraz z 20 lamp LED i pojedynczego paska LED RGB.
- Serwer KNX - stanowisko wykorzystuje komputer Home Server KNX, oprogramowanie HS Expert oraz QuadConfig / QuadClient do tworzenia aplikacji serwera dla systemu KNX. Stanowisko można połączyć z pozostałymi makietami znajdującymi się w laboratorium w celu utworzenia złożonego systemu automatyki budynkowej.
- Sala kinowa - makiet wykorzystuje czujniki natężenia światła oraz sterownik TREND IQ3XCITE do symulowania pracy oświetlenia w sali kinowej.
- Ogrzewanie TREND - studenci mają możliwość wykorzystać sterowniki TREND IQ3XCITE oraz IQ4XCITE do symulowania pracy scentralizowanego systemu zarządzania ogrzewaniem w budynku.

W laboratorium M-323 znajduje się także 6 stanowisk "*inteligentnego aeropendulum*". Stanowiska te stanowią wahadła lotnicze wyposażone w mikrokomputery Raspberry Pi 4 oraz programowalne sterowniki STEVAL-SPIN3201 do silników BLDC oparte o mikrokontrolery STM32. Do pomiaru położenia wahadła wykorzystane są: enkoder cyfrowy oraz kamera dla Raspberry Pi. Stanowiska umożliwiają sterowanie położeniem wahadła w zamkniętej pętli z wykorzystaniem protokołów sieciowych. W laboratorium znajdują się również 14 zestawów Raspberry Pi 3B wraz z nakładkami pomiarowymi Sense Hat..

W laboratorium M-323 prowadzone są między innymi zajęcia laboratoryjne do następujących przedmiotów:

- Aplikacje Internetu rzeczy (Aplikacje mobilne i wbudowane dla Internetu Przedmiotów) - w trakcie zajęć studenci budują prosty system Internetu Rzeczy oparty o wbudowany serwer HTTP na platformie sprzętowej Raspberry Pi. Za pośrednictwem autorskich aplikacji klienckich m.in. stronę WWW (PHP, JS, CSS, HTML) oraz aplikacje na urządzenia mobilne, i komputery osobiste realizowane są odczyt pomiarów i zdalne sterowanie warstwą sprzętową Sense Hat lub innym mikroprocesorowym systemem sterowania i pomiaru. Wymiana danych JSON odbywa się za pomocą jednorodnego interfejsu. Studenci nabywają umiejętności z zakres rozwoju oprogramowania w kilku różnych

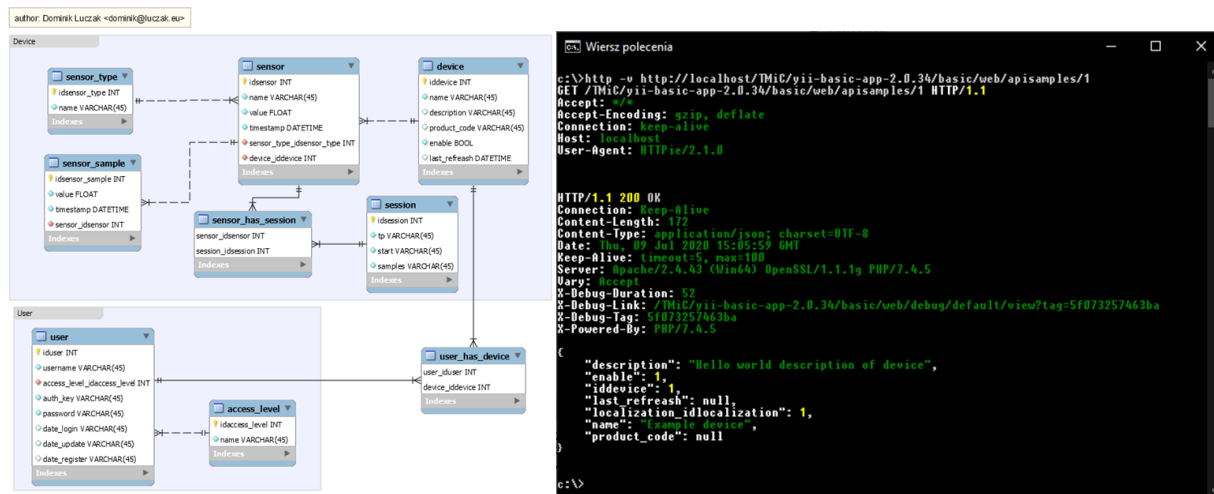
środowiskach: PHP/Python do skryptów CLI, Java/Kotlin do aplikacji mobilnych na system Android, C#/WPF dla aplikacji desktopowych na system Windows oraz JavaScript do stron WWW.



Przykład opracowanego interfejsu WWW do: zarządzania matrycą diodową (rys. lewy); wizualizacji w czasie rzeczywistym pomiarów z 3-osiowego akcelerometru (rys. prawy)

- Inteligentne systemy pomiaru i sterowania - w realizacji tych zajęć laboratoryjnych wykorzystane są stanowiska “*inteligentnego aeropendulum*”. W ramach zajęć implementowane są algorytmy sterowania i identyfikacji, w tym metody oparte o inteligencję maszynową. Podstawowym narzędziem pracy jest środowisko MATLAB/Simulink.
- Metody inteligencji maszynowej w automatyce - na zajęciach przeprowadzane są ćwiczenia programistyczne i symulacyjne z wykorzystaniem środowiska MATLAB/Simulink oraz języka Python. W trakcie kursu studenci nabywają umiejętności rozwiązywania typowych problemów z zakresu automatyki, tj. jak regulacja czy identyfikacja z wykorzystaniem metod inteligencji maszynowej (logika rozmyta, sztuczne sieci neuronowe).
- Automatyka w budynkach Inteligentnych - w sali laboratoryjnej znajdują się makiety pomieszczeń budynków inteligentnych. Każda z nich przedstawia inne zagadnienie sterowania automatyką budynkową w oparciu o systemy rozproszone KNX oraz systemy scentralizowane TREND. Studenci nabywają wiedzę z zakresu obsługi oraz programowania urządzeń automatyki budynkowej.
- Technologie mobilne i chmurowe - podczas zajęć studenci tworzą złożony bazodanowy system klient-serwer oparty o architekturę REST. Laboratoria przedstawiają metody tworzenia i obsługi baz danych w języku SQL, wykorzystania platformy Yii do budowania aplikacji serwerowej zgodnie z wzorcem architektonicznym model-widok-kontroler oraz środowiska Android Studio do pisania aplikacji klienckiej na urządzenie mobilne. Kurs prezentuje wiedzę z zakresu programowania w językach SQL, PHP oraz Java.

Zaprojektowany interfejs wymiany danych wykorzystuje JSON oraz protokół HTTP z metodami m.in. GET, PUT, POST oraz DELETE.



[Przykład projektu bazy danych opracowanej w programie MySQL Workbench (rys. lewy). Realizacja zapytania HTTP metodą GET do opracowanej aplikacji serwerowej bazującej na frameworku Yii, która zwraca dane odczytane z obsługiwanej bazy danych w postaci JSON (rys. prawy).]

Laboratorium **Laboratorium Napędów i Elektroniki Przemysłowej** (sala H21-C3
hala H21)



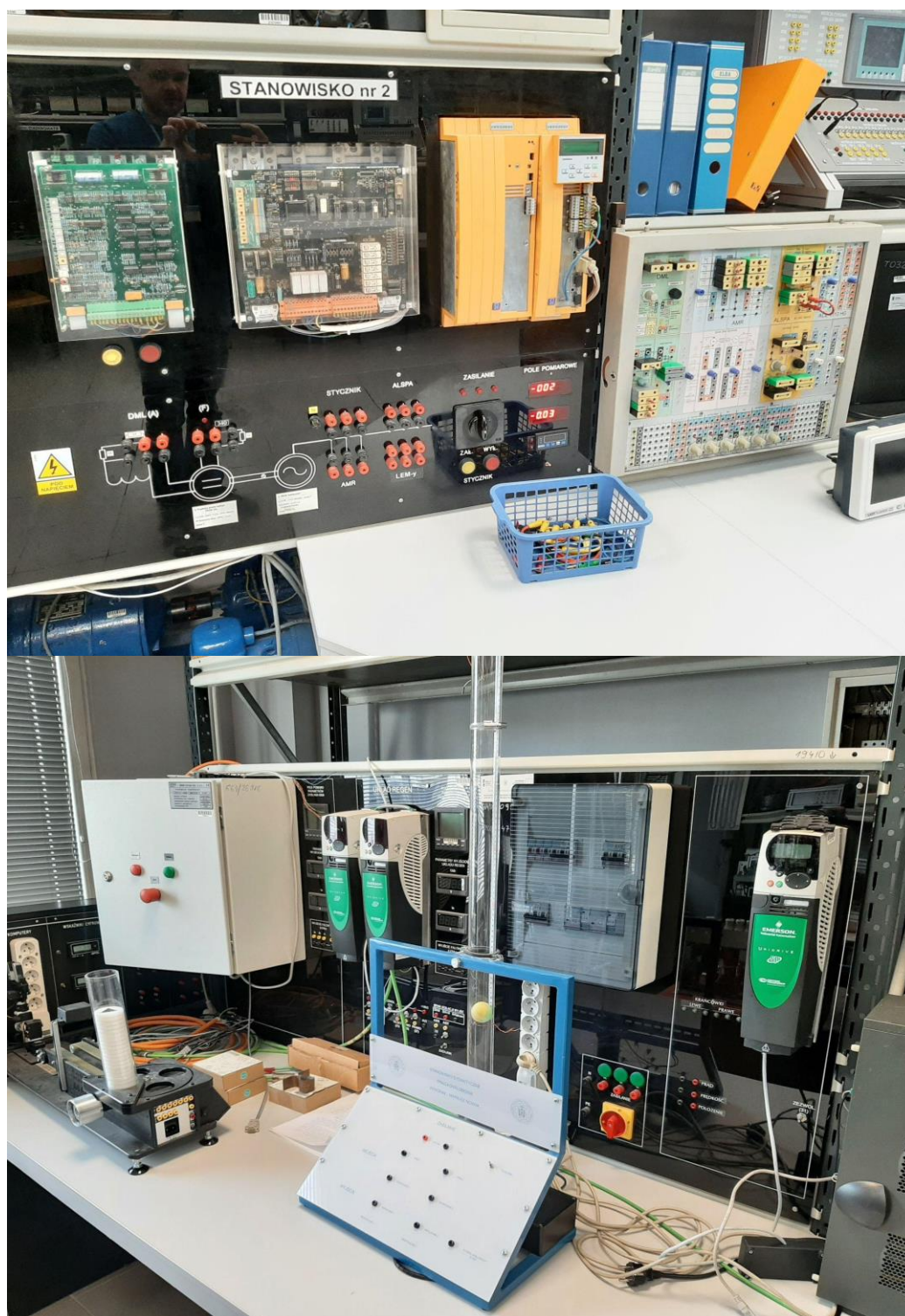
Laboratorium H21-C3: Widok ogólny sali.



Laboratorium H21-C3: stanowisko dydaktyczne



Laboratorium H21-C3: stanowiska dydaktyczne



Laboratorium H21-C3: stanowiska dydaktyczne



Laboratorium H21-C3: zestawy ze sterownikami PLC

W laboratorium H21-C3 rozprowadzona jest sieć energetyczna trójfazowa o napięciu 400 V. Na stanowiskach laboratoryjnych znajdują się 4 zestawy elektromaszynowe złożone ze sprzęgniętych silników obcowzbudnego prądu stałego oraz asynchronicznego (pierścieniowe i klatkowe). Stanowiska wyposażone są także w zestawy przekształtników energoelektronicznych: nawrotne czterokwadrantowe przekształtniki tyrystorowy DML oraz przemienniki częstotliwości typów ALSPA, MICROVERTER oraz Emerson UNIDRIVE. Konfiguracja układu elektrycznego podczas zajęć dydaktycznych odbywa się poprzez wykonanie odpowiednich połączeń na tablicy zaciskowej. Sterowanie oraz rejestracja pomiarów są prowadzone za pośrednictwem odseparowanych połączeń z przekładnikami prąd-napięcie oraz napięcie-napięcie, co pozwala na bezpieczną realizację ćwiczenia po załączeniu zasilania i uruchomieniu napędów.

W sali znajduje się także stanowisko laboratoryjne z przekształtnikiem prądu przemiennego MMB Drives oraz napędem wentylatorowym z silnikiem prądu stałego zasilanym z dwustrefowego przekształtnika MENTOR II. Stanowisko MMB wyróżnia się możliwością sterowania z poziomu dedykowanej aplikacji, jak również możliwością wprowadzenia własnego programu sterującego pracą napędu napisanego w języku C. W laboratorium są także zestawy napędowe wyposażone w silniki o mocy ułamkowej, z oprzyrządowaniem pomiarowym

W laboratorium H21-C3 znajduje się także 6 stanowisk PLC ze sterownikami Siemens S7-1200, wyposażonych w panel operatorski HMI KTP600 (kolorowy wyświetlacz dotykowy + 6 przycisków fizycznych), wyspę wejść i wyjść rozproszonych VIPA oraz dodatkową płytę sygnałową z wyjściem analogowym. Zestawy te uzupełniają moduły komunikacyjne sieci Profibus. Drugą z platform PLC dostępnych w laboratorium są sterowniki B&R. Stanowiska te są wyposażone w sterownik zintegrowany z panelem operatorski PowerPANEL, bogaty zestaw wejść i wyjść cyfrowych oraz analogowych, moduły mini-falowników do zasilania mikronapędów PMSM, a także moduły sieci CANopen. Obie platformy PLC są wyposażone w płyty-panele z zestawem złącz bananowych. Do dyspozycji podczas zajęć dydaktycznych związanych ze sterownikami PLC są makiety obiektów

sterowania: winda osobowa, podwójny transporter taśmowy, transporter taśmowy z mini-manipulatorem opartym o standardowe serwomechanizmy, modele skrzyżowań ulicznych, stanowisko do sterowania pozycją lewitującej kulki, układ sterowania temperaturą i wentylacją, stanowiska z pojedynczym silnikiem krokowym oraz z dwoma silnikami krokowymi. Dostępne jest oprogramowanie TiaPortal oraz Wonderware InTouch z pełną licencją, co pozwala na wizualizację i zawiadywanie stanowiskami z poziomu aplikacji SCADA.

Do przeprowadzania pomiarów i rejestracji sygnałów podczas zajęć do dyspozycji studentów są multimetry UNI-T oraz dwukanałowe oscyloskopy cyfrowe OWON z interfejsem USB pozwalającym na zapisanie oscylogramów w pliku komputerowym. Uczestnicy zajęć mogą korzystać także z zasilaczy regulowanych 0-30 V / 0 - 5 A oraz generatorów funkcyjnych. Wymienioną bazę sprzętową uzupełniają mniejsze urządzenia wykorzystywane do zajęć związanych z sieciami przemysłowymi, takie jak konwertery USB/RS-485, USB/RS-232 oraz autorskie interfejsy z DB-9 do złącz bananowych.

Laboratorium H21-C3 wyposażone jest w 6 stanowisk komputerowych (procesor Intel i5, 8 GB DDR-RAM, dysk SSD 500 GB oraz monitor 22" z klawiaturą i myszą, dwie karty sieciowe Ethernet), z oprogramowaniem narzędziowym do obsługi układów napędowych, sterowników programowalnych, systemów SCADA oraz do analizy i wizualizacji danych.

W laboratorium prowadzone są zajęcia laboratoryjne oraz projektowe do następujących przedmiotów:

- Programowanie sterowników PLC i regulatorów przemysłowych - wykorzystują rozbudowane stanowiska laboratoryjne zawierające sterowniki PLC, moduły rozszerzeń wej./wyj., moduły sieciowe oraz makiety procesów przemysłowych.
- Napędy przekształtnikowe – aplikacyjne aspekty współczesnych napędów elektrycznych, zwłaszcza układów sterowanych przekształtnikowo. Zajęcia dotyczą zarówno napędów przemysłowych jak i napędów o mocy ułamkowej, wykorzystywanych w układach automatyki
- Wybrane zastosowania sterowników programowalnych, Automatyka przemysłowa, systemy SCADA – wykorzystują zestawy kilku sterowników połączone wybraną siecią i współpracujące z oprogramowaniem SCADA.

Laboratorium **Laboratorium Badawczo-dydaktyczne Elektroniki Przemysłowej** (sala H21-C2 hala H21)

W laboratorium badawczo-dydaktycznym prowadzone są naukowe prace eksperymentalne oraz zajęcia dydaktyczne laboratoryjne i projektowe w ramach następujących przedmiotów:

- Pracownia dyplomowa
- Pracownia badawczo-rozwojowa
- Przygotowanie pracy magisterskiej
- Projekt przejściowy
- Prace koła naukowego



Laboratorium H21-C2. Przykładowe stanowisko pracy w laboratorium badawczo-dydaktycznym

Studentom udostępniane są stanowiska pracy z dostępem do specjalistycznej aparatury i wyposażenia. Dostępne zasoby wskazane zbiorczo w tabeli (głównie aparatury sterująco-pomiarowej) rozszerzają specjalizowane zestawy napędowe, Charakter istotnych i ciekawych obiektów dydaktycznych, ułożonych ze względu na swoje gabaryty poza laboratorium badawczo-dydaktycznym H21-C2, stanowią także autorskie pojazdy elektryczne, dicykl oraz tricykl.

Zestawienie wyposażenia i aparatury w laboratorium H21C2

Zasób	Przeznaczenie
stanowiska laboratoryjne z mikroprocesorowymi układami sterowania, DSP oraz FPGA m.in.: ADSP-21369, ADSP-21489, Altera DE2-115,	Możliwość testowania algorytmów na wielu platformach sprzętowych/programowych, dopasowanie najbardziej odpowiedniej platformy w rozwiązaniu docelowym (z punktu widzenia wymagań zasilania / mocy obliczeniowej)

C2000 Piccolo, DE1-SOC-MTL2, DRV8301-69M, LabJack U3-HV, SEED DEC138, płyty ewaluacyjne niemal całej rodziny STM32 (performance, mainstream, low-power)	
zestaw oscyloskopów wysokiej klasy: Tektronix DPO 3014, Tektronix MSO 3014, Tektronix TDS 3014, Rigol MSO4014	Rejestracja przebiegów na etapie rozwoju prototypu (badania/analiza/przetwarzanie) jak również testowanie rozwiązań finalnych, możliwość interpretacji zapisu danych cyfrowych (analizatory interfejsów) za pomocą narzędzi wbudowanych w sprzęt pomiarowy.
zestaw sond oscyloskopowych (napięciowych, prądowych, z separacją galwaniczną) m.in.: TEK P6139A, Tektronix P2220, ELC-133A, P6060	Pomiar prądów oraz napięć z zachowaniem wysokiej rozdzielczości ew. izolacji galwanicznej - zmniejszone ryzyko wpływu zakłóceń na działanie układów, bezpieczeństwo pracy
zestaw zasilaczy laboratoryjnych: Atten PPS3005SS, DF 1641B, EA-PS 8360-10T, M10-TP-303E, Matrix DPS-3205TK-3, GW Instek GPE-4323	Możliwość zasilania prototypów podczas badań laboratoryjnych w sposób bezpieczny - zabezpieczenie przed zniszczeniem układu na skutek błędu projektowego lub w trakcie samych testów, dostęp do źródeł wysokiej klasy / o nieprzeciętnych parametrach (np. możliwość regulacji napięcia w zakresie 0-360 V, 0-10 A).
dedykowane karty oscyloskopowe do obsługi interfejsów niskiego poziomu: (RS232, I2C, SPI, CAN) DPO 3COMP, DPO 3EMBD.	Szybkie i efektywne badanie interfejsów komunikacyjnych, łatwa interpretacja danych przesyłanych pomiędzy układami umożliwia znaczną redukcję czasu trwania fazy testów poprawności komunikacji
dedykowane karty oscyloskopowe do badań sygnałów: DPO 3PWR, TDS 3FFT, TDS 3TRG,	Badania jakości układów zasilania oraz wpływu układu na sieć zasilającą
Urządzenia: XY988, PT968, UT70A, W.E.P. 8980, PuHui T-937	Szybki i precyzyjny montaż układów prototypowych opartych o najnowsze układy elektroniczne. W skład grupy wchodzi: precyzyjne lutownice kolbowe oraz na gorące powietrze, układy podgrzewania wstępnego, piec do lutowania SMD z kontrolowanym elektronicznie profilem grzania/chłodzenia.
Kamera termowizyjna FLIR i7	Badanie prototypu pod względem wydzielanej mocy, ułatwienie w znajdowaniu uszkodzeń/awarii/błędów montażowych
GW Instek AFG-2225	generator funkcyjny, dwukanałowy 2x25MHz
Twintex TP-6010	Regulowany, laboratoryjny zasilacz wysokiej mocy -- na potrzeby ewaluacji przekształtników mocy (60 V / 10A)
GW Instek GSP-9300B	Analizator widma 9kHz -- 3GHz -- wstępna weryfikacja kompatybilności elektromagnetycznej (pola bliskie

	magnetyczne/elektryczne), badanie kanałów komunikacji radiowej (także WiFi / BT 2.5 GHz).
tp-link T2600G-18TS	16-sto portowy, 1Gb zarządzalny przełącznik sieciowy (z możliwością konfiguracji portu mirror)



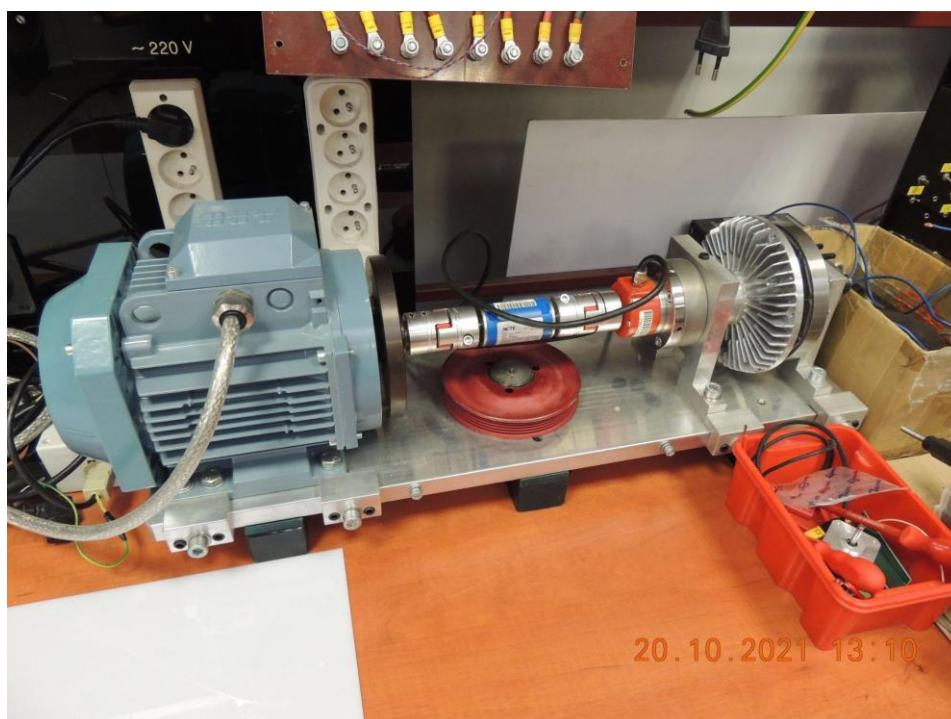
Laboratorium H21-C2. Stanowisko do badań napędem z silnikiem reluktancyjnym przełączalnym (SRM)



Laboratorium H21-C2. Stanowisko do badań napędu bezpośrednim z silnikiem synchronicznym z magnesami trwałymi (PMSM)



Laboratorium H21-C2. Stanowisko do badań napędu z silnikiem synchronicznym z magnesami trwałymi o złożonej strukturze mechanicznej (luzy, elastyczności).



Laboratorium H21-C2. Stanowisko do badań napędu z silnikiem synchronicznym reluktancyjnym (synRM)



Laboratorium H21-C2. Stanowisko do badań sterowania odpornego na uszkodzenia z silnikami: BLDC i indukcyjnym



Laboratorium H21-C2 Autorska konstrukcja (mechaniczna oraz mikro/energoelektroniczna) trójkołowego pojazdu elektrycznego



Laboratorium H21-C2 Autorska konstrukcja (mechaniczna oraz mikro/energoelektroniczna). Dicykl -- autorski, dwunapędowy pojazd elektryczny

Laboratorium **Laboratorium automatyki** (sala 109 WARiE)

Sala 109 Wydziału Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki mieści laboratorium podstaw automatyki, stanowiące zarówno miejsce do prowadzenia dydaktyki, badań naukowych oraz projektów. W laboratorium odbywają się ćwiczenia z zakresu podstaw automatyki, sterowania procesów ciągłych i dyskretnych, identyfikacji obiektów sterowania, sterowania adaptacyjnego i odpornego.

Laboratorium wyposażone jest w 8 identycznych stanowisk komputerowych oferujących możliwość przeprowadzania eksperymentów symulacyjnych w oparciu o autorskie oprogramowania z zakresu wyżej wymienionych przedmiotów, a także 4 komputery umożliwiające przeprowadzanie eksperymentów na zasadzie hardware-in-the-loop wykorzystując stanowiska laboratoryjnej krakowskiej firmy Inteco.

W zestawie stanowisk znajduje się serwomechanizm modułowy (MSS, Modular Servo System), umożliwiający szybkie prototypowanie algorytmów sterowania oraz zmianę charakterystyki układu przez dokładanie modułów (luz mechaniczny, hamulec elektromagnetyczny, moduł obciążenia), a samo stanowisko jest zabezpieczone za pomocą płyt plexi przed powstaniem uszkodzeń ciała obsługujących, na skutek styku z elementami wirującymi.



Laboratorium dysponuje dwoma stanowiskami MSS. Dodatkowo, dostępne dla studentów jest również stanowisko modelu helikoptera Inteco (TRAS, Two-rotor Aerodynamical System), na którym w sposób bezpieczny (zabezpieczenie siatką) istnieje możliwość testowania algorytmów identyfikacji, sterowania, strojenia dla układu silnie nieliniowego.



Ofertę stanowisk laboratoryjnych uzupełnia dźwig wieżowy Inteco (TC, Tower Crane), na którym w pełnym zakresie ruchu 3D istnieje możliwość przeprowadzania analogicznych eksperymentów. Wszystkie stanowiska pracują pod kontrolą oprogramowania Matlab umożliwiając zarówno szybkie prototypowanie

algorytmów w samym Simulinku czy kodzie Matlaba, jak i podłączanie gotowych bibliotek napisanych w języku C/C++, jako kod wykonywalny.



Ostatnim stanowiskiem laboratoryjnym jest zestaw lewitacji magnetycznej z dwoma elektromagnesami (MLS, Magnetic Levitation System).



Laboratorium ma więc w swojej ofercie zarówno ćwiczenia typowo symulacyjne, jak i umożliwia weryfikację nabytej wiedzy przy użyciu sprzętu rzeczywistego. Laboratorium dysponuje rzutnikiem multimedialnym umożliwiającym wygodne prowadzenie prezentacji podczas laboratorium, umożliwiając prezentację dodatkowego, wzbogacającego treści dydaktyczne materiału.

Dodatkowo, na suficie laboratorium są podwieszane opuszczalne, sterowane elektrycznie kurtyny umożliwiające oddzielenie 60% powierzchni laboratorium w obrębie zamontowanych na suficie stelaży, na których do zamontowanych na stałe kabli UTP wysokiej kategorii podłączone są kamery systemu Opti Track, w celu umożliwienia prowadzenia badań z użyciem dronów oraz systemu przechwytywania ruchu, co czyni laboratorium 109 bardzo wszechstronnym.

Laboratorium Komputerowe (sala A8/1 w budynku A8)



Laboratorium A8/1: widok ogólny sali, stanowiska komputerowe

W laboratorium A8/1 znajduje się 10 stanowisk komputerowych, w tym 8 wyposażonych w nowoczesne stacje robocze PC. Każdy zestaw składa się z komputera stacjonarnego z procesorem klasy *Intel Core i5*, 16 GB RAM DDR3, kartą graficzną GeForce GTX 1660 oraz monitorem LCD 24", klawiatury i myszy. Wszystkie stanowiska połączone są do uczelnianej sieci LAN. Na potrzeby prowadzącego przygotowany jest rzutnik z rozwijanym ekranem i tablica suchościeralną. Pomieszczenie jest klimatyzowane i zabezpieczone systemem alarmowym. Na wyposażeniu laboratorium znajduje się też wyposażenie do realizacji zajęć zdalnych – kamery internetowe HD, słuchawki z mikrofonem.

Oprogramowanie zainstalowane na komputerach obejmuje:

- Programy typu CAD do projektowania elementów mechanicznych (Autodesk Inventor 2022, pełna wersja)
- Oprogramowanie EDA do projektowania układów elektronicznych (Circuit Maker 2.1)
- Pakiet obliczeniowy MATLAB/Simulink wraz z zestawem *ToolBox'ów*, alternatywnie pakiet *Octave*
- Pakiet do programowania i szybkiego prototypowania skryptów w języku Python (pakiet Anaconda + JupyterLab)
- Zestaw oprogramowania do projektowania i analizy układów cyfrowych (ISE Design Suite, Digilent Adept oraz Logisim)

W laboratorium znajduje się również wyposażenie wykorzystywane doraźnie w trakcie zajęć projektowych, realizacji prac dyplomowych czy prac koła naukowego:

- Oscyloskopy Tektronix MS2024
- Generator funkcyjny Tektronix AFG3022C
- Zasilacz laboratoryjny Tektronix PWS4305
- Multimetr cyfrowy Tektronix DMM4050

Ponadto, w laboratorium znajduje się zestaw do badań ultrasonograficznych wykorzystywanych w ramach przedmiotu *Techniki Obrazowania Medycznego*

W najbliższej przyszłości planowana jest rozbudowa pojemności laboratorium do 16 stanowisk komputerowych.

W laboratorium prowadzona jest duża liczba zajęć nie wymagających specjalistycznego sprzętu, a skupiająca się na wykorzystaniu komputerów PC. Są to m.in.:

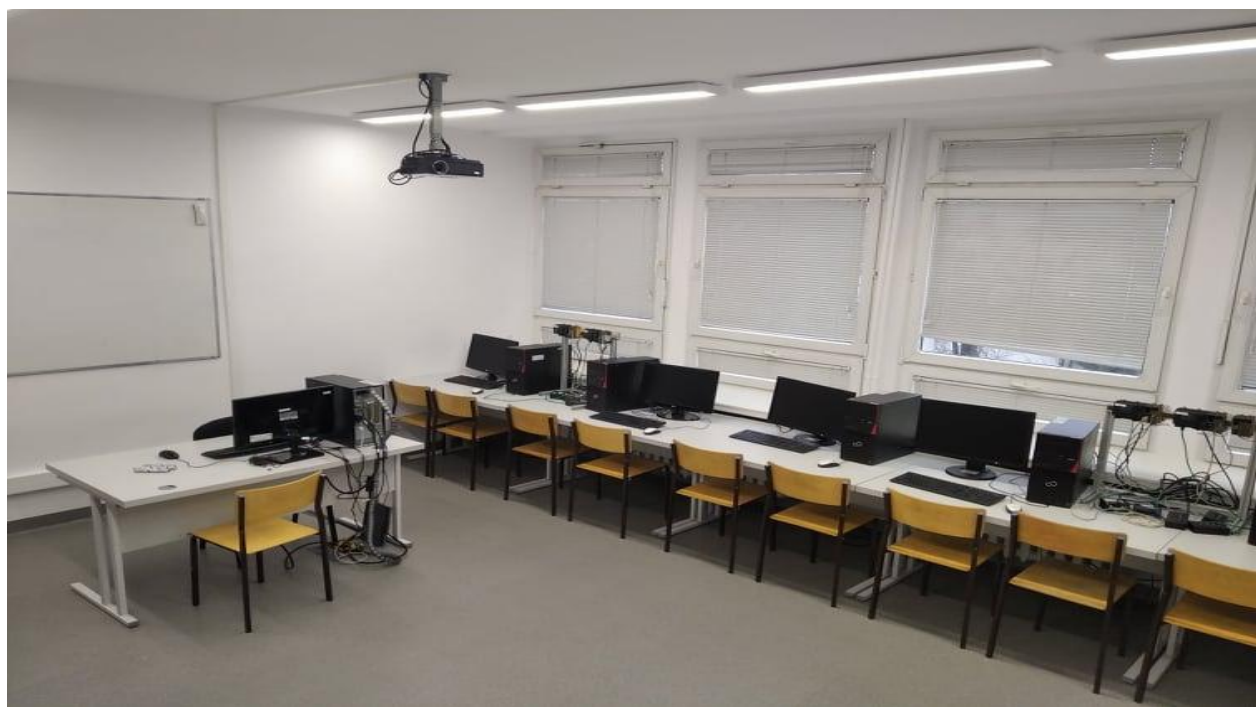
Zajęcia na specjalności **RiSA**:

- *Autonomiczne Roboty Latające* – zajęcia projektowe w trakcie których omawiane, projektowane i testowane są rozwiązania w dziedzinie autonomicznych bezzałogowych statków powietrznych. Sala wykorzystywana jest jako domyślne miejsce spotkań i omawiania projektów z zespołami studentów. Prace techniczne realizowane są z wykorzystaniem pozostałej infrastruktury hali A8, natomiast w laboratorium A8/1 niejednokrotnie przeprowadzane są demonstracje opracowanych rozwiązań.
- *Wprowadzenie do Sztucznej Inteligencji* – zajęcia laboratoryjne będące pierwszymi z cyklu dotyczącego zagadnień sztucznej inteligencji w robotyce. W trakcie zajęć studenci wykorzystują nowoczesne i dobrze wyposażone stanowiska komputerowe do wykonywania ćwiczeń laboratoryjnych. Zadania dotyczą algorytmów sztucznej inteligencji, od wstępnego zapoznania z metodami i narzędziami aż do wykonywania samodzielnych ćwiczeń. Tematyka zajęć obejmuje m.in. planowanie zadań i probabilistyczną reprezentację wiedzy. Szczególnie wykorzystywaną cechą laboratorium są jednostki obliczeniowe o dużych możliwościach, użyteczne przy danym programie zajęć.
- *Wybrane Zagadnienia grafiki 3D i Wizualizacji Komputerowej* – zajęcia laboratoryjne dotyczące podstawowych metod reprezentacji obiektów 3D i przetwarzania tych obiektów, realistycznej wizualizacji i animacji stosowanymi w grafice komputerowej, metod akwizycji, przetwarzania i wizualizacji graficznej skanowanych danych technicznych i medycznych. Celem zajęć jest również zapoznanie z modelowaniem i wizualizacją zjawisk dynamicznych oraz optycznych metodami akwizycji i przetwarzania danych w celu uzyskania technicznych charakterystyk pomiarowych.

Zajęcia na kierunku **AiR** (1 st):

- *Teoria i przetwarzanie sygnałów* – Laboratorium
- *Identyfikacja obiektów sterowania* – Laboratorium
- *Technika Cyfrowa* - Laboratorium
- *Technologie Informacyjne* – Laboratorium
- *Projektowanie Układów Elektrycznych i Elektronicznych* – zajęcia projektowe
- *Teoria Sterowania* – Laboratorium
- *Roboty Latające* – Laboratorium
- *Grafika Inżynierska* – Laboratoria
- *Pracownia Dyplomowa* – Laboratorium
- *Projekt przejściowy* – zajęcia projektowe

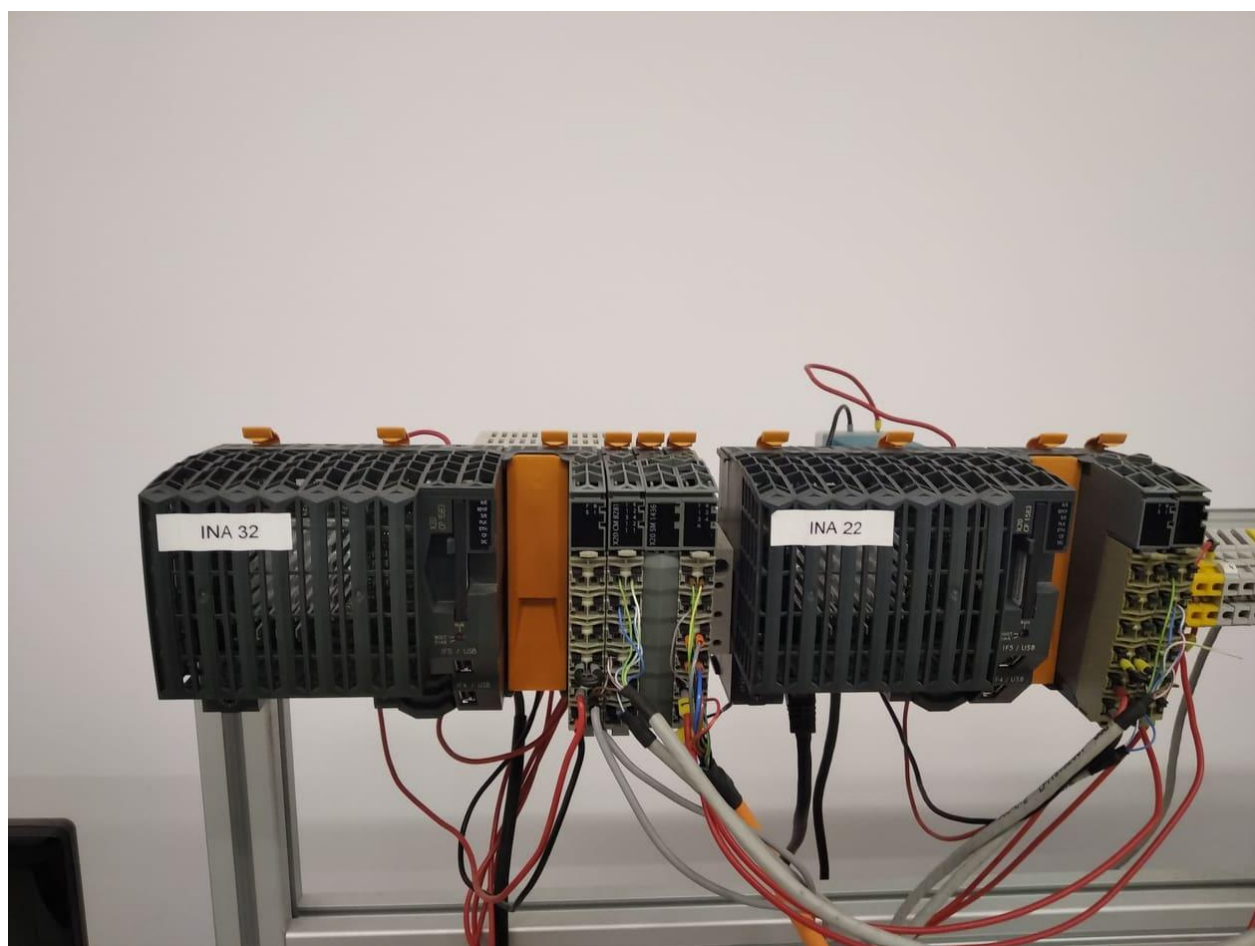
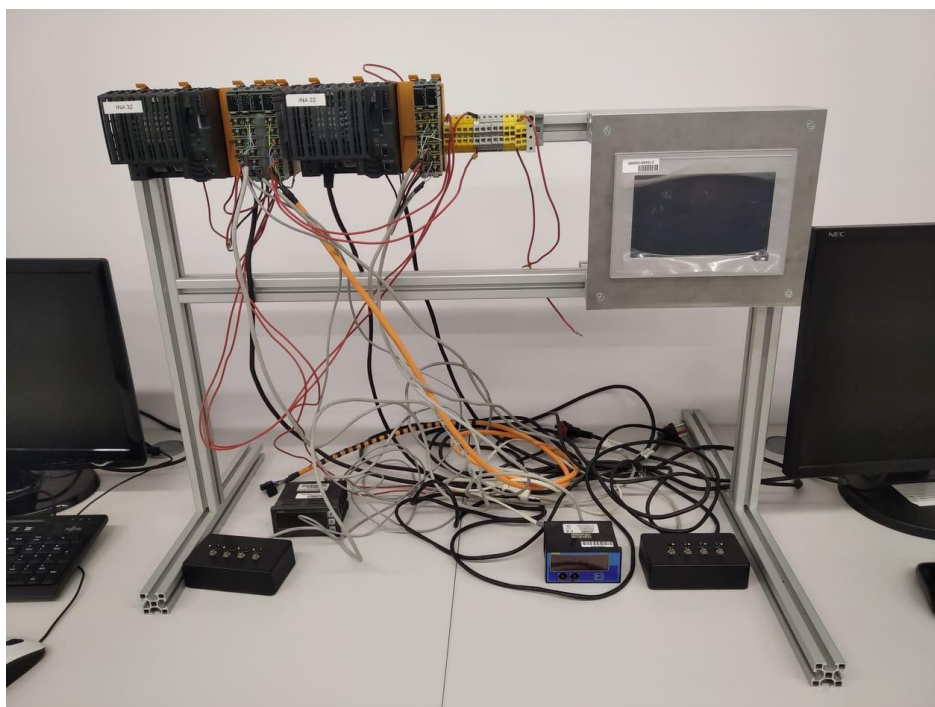
Laboratorium **Identyfikacji Obiektów Sterowania** (sala 121x WARiE)



Widok ogólny sali 121x



Stanowiska komputerowe w sali 121x



Stanowiska laboratoryjne ze sterownikami PLC w sali 121x

W laboratorium badawczo-dydaktycznym prowadzone zajęcia dydaktyczne laboratoryjne w ramach następujących przedmiotów:

- System identification
- Teoria i przetwarzanie sygnałów
- Identyfikacja i sterowanie robotami latającymi
- Komputerowe systemy sterowania
- Signals and dynamic systems

Sala wyposażona jest w:

- 9 stanowisk komputerowych dla studentów (stanowiska dwuosobowe)
- 1 stanowisko komputerowe dla prowadzącego
- 6 zestawów dydaktycznych ze sterownikami programowalnymi PLC firmy B&R wyposażonymi w manualne nadajniki
- rzutnik z możliwością podłączenia komputera przeznaczonego dla prowadzącego lub własnego laptopa
- tablicę suchościeralną

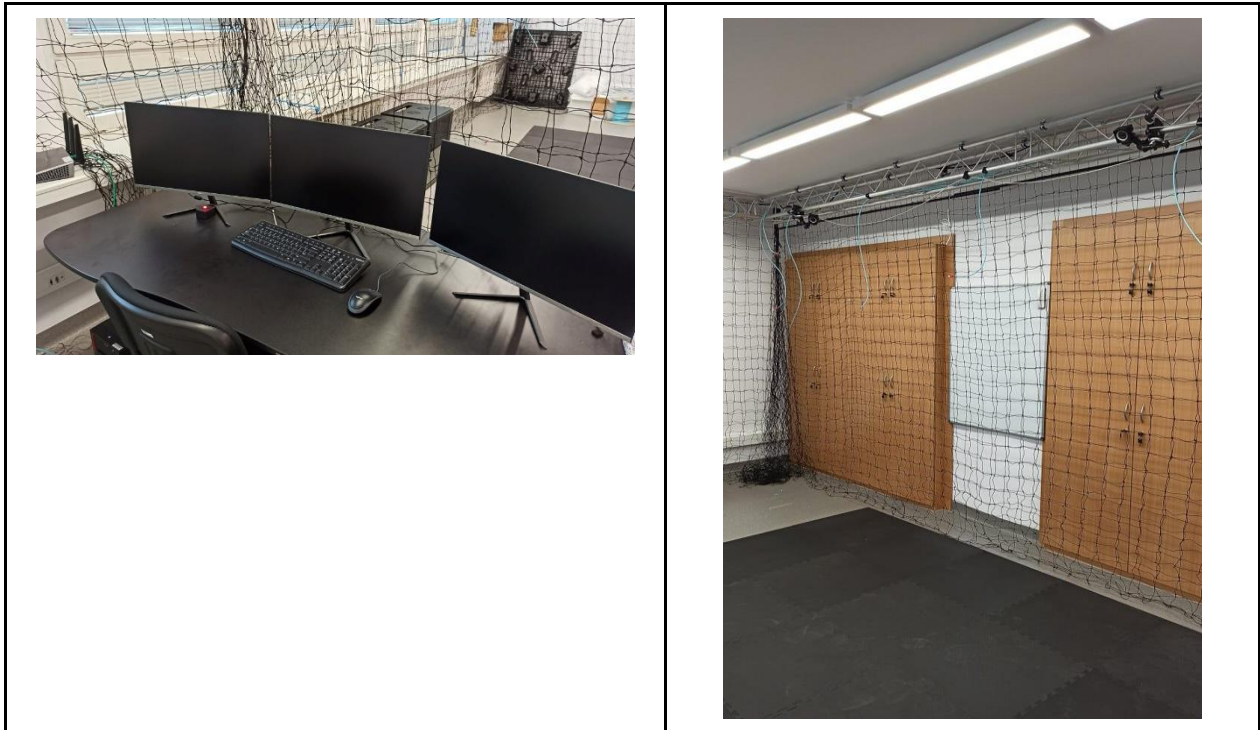
Na każdym ze stanowisk komputerowych zainstalowano oprogramowanie:

- Windows 10 Enterprise
- Matlab 2017b z Simulinkiem i wybranymi przybornikami
- Oracle VM VirtualBox 6.1
- Automation Studio V4.0
- Lab_RTOS
- Blender
- Visual Studio 2015
- Teoria i przetwarzanie sygnałów

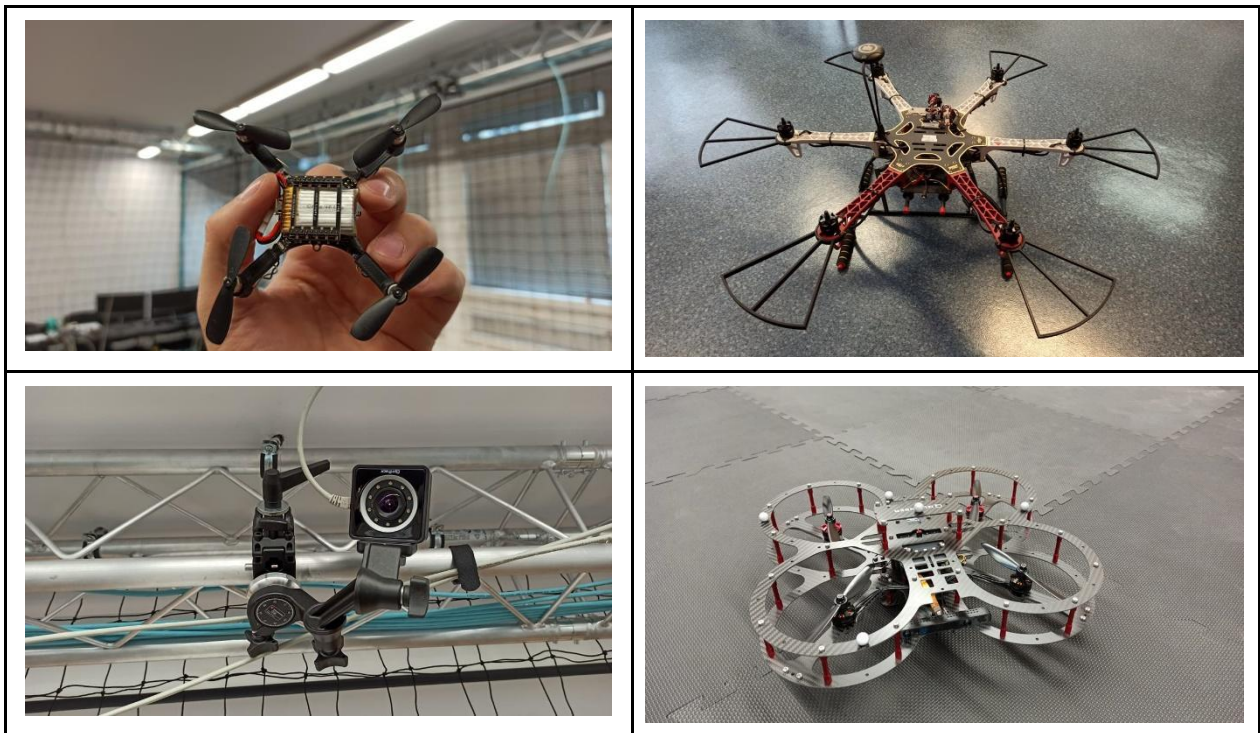
Pomieszczenie jest klimatyzowane.

Laboratorium Bezzałogowych Statków Powietrznych AeroLab (sala 113 WARiE)





Laboratorium 113: widok na stanowisko naziemnej kontroli lotów autonomicznych (zabezpieczone siatką ochronną), fragment przestrzeni do lotów wyposażonej w maty ochronne, siatki, kurtyny oraz aluminiowe systemy sceniczne do montażu systemu referencyjnego pomiaru pozycji i orientacji robotów (OptiTrack).



Laboratorium 113: Najmniejszy bezzałogowy statek powietrzny laboratorium AeroLab – CrazyFlie 2.0 (lewy górny obrazek), największy – konstrukcja własna (prawy, góra), pojedyncza kamera pomiarowa w systemie *motion capture* (lewy dół), platforma badawczo-dydaktyczna Qdrone (prawy dół)

Dla celów badawczych oraz realizacji wybranych aktywności (projekty przejściowe oraz prace dyplomowe) powstaje obecnie Laboratorium bezzałogowych statków powietrznych AeroLab.

Sala laboratoryjna (typowo informatyczna) pozyskana w początku 2021 r. przechodzi obecnie proces gruntownej modernizacji i adaptacji do potrzeb tworzonego nowego Laboratorium. Wymiary laboratorium to ok. 9x5x3 metry. W tworzonego laboratorium wymieniono na dziś dzień infrastrukturę elektryczną oraz siećową. Wymieniono wykładziny podłogowe na matowe (antyodblaskowe), ściany pokryto farbą neutralną dla prowadzenia eksperymentów dydaktycznych i naukowych.

Wprowadzono elementy ochrony biernej i zabezpieczenia lotów:

- a) Kurtyny ochronne (docelowo sterowane elektryczne) – pozwalające wygrodzić przestrzeń do lotów oraz zmniejszyć wpływ zewnętrznych warunków oświetleniowych na prowadzone loty bezzałogowych statków powietrznych,
- b) Siatki i maskownice ochronne,
- c) 12 lamp ledowych (o długości 90 cm) w płaskich obudowach montowanych podsufitowo – zmniejszających ryzyko uszkodzeń sprzętu w przypadku kolizji z dronem,
- d) Aluminiowe kratownice podsufitowe (do prowadzenia przewodów sieciowych, zasilających kamery i kurtyny oraz doświetlacze sceniczne, które planuje się zakupić),
- e) Stanowisko naziemnej kontroli lotu odgrodzone siatką ochroną od przestrzeni lotu,
- f) Okulary ochronne dla uczestników eksperymentów,
- g) Awaryjny przycisk wyłączający zasilanie na dronie w sytuacji zagrożenia oraz manualne kontrolery lotu (aparatura) pozwalająca przejąć kontrolę manualną w locie autonomicznym w sytuacji zagrożenia,
- h) Powierzchniowe maty ochronne minimalizujące wpływ kontaktu dronów z podłogą przy przyziemianiu i sytuacjach awaryjnych lądowań.

W laboratorium znajduje się jedno stanowisko komputerowe (pełniące funkcję naziemnej bazy kontroli lotu) wyposażone w trzy monitory komputerowe oraz router do komunikacji ze statkami powietrznymi. W laboratorium znajduje się szereg jednostek latających dydaktycznych i badawczych takich jak: Qdrone firmy Quanser, Bebop 2 (Parrot), Rolling Spider (Parrot), AR.Drone 2.0 (Parrot), CrazyFlie 2.0 (BitCraze), konstrukcja własna na bazie ramy F550 (DJI), Ryze/Tello (DJI). Łącznie kilkanaście sztuk statków powietrznych zróżnicowanych rozmiarem, wagowo, wyposażeniem sensorycznym i przeznaczeniem.

Ponadto laboratorium wyposażono w oprogramowanie symulacyjne QUARC firmy Quanser umożliwiające walidację projektów dydaktycznych na Qdrone pod kontrolą systemu referencyjnego opartego na *motion capture* firmy OptiTrack (10 kamer współdzielonych z użytkownikami Instytutu Robotyki i Inteligencji Maszynowej). Laboratorium umożliwia przede wszystkim szybkie prototypowanie algorytmów sterowania lotem bezzałogowych statków powietrznych oraz projekty oparte na uczeniu maszynowym z wykorzystaniem kamer pokładowych statków powietrznych.

