

**Laboratoria w gestii Instytutów  
wchodzących w skład Wydziału Informatyki i Telekomunikacji Politechniki Poznańskiej  
wykorzystywane w procesie kształcenia  
na kierunku Elektronika i Telekomunikacja**

Oprócz laboratoriów zarządzanych i wyposażanych przez poszczególne Instytuty dawny WEiT dysponuje dwoma laboratoriami komputerowymi, w których realizowane są zajęcia dla studentów na kierunku EiT i *Teleinformatyka*. Są to:

**Wydziałowe laboratorium komputerowe (s. P-028 w budynku dawnego WEiT PP)**

W skład wyposażenia laboratorium wchodzi 15 komputerów marki Samsung wraz z monitorami ciekłokrystalicznymi. W sali tej, pozostającej do dyspozycji trzech Instytutów nowego WIT PP, odbywają się zajęcia prowadzone przez pracowników wszystkich Instytutów na kierunku EiT. Tak więc odbywają się zarówno zajęcia laboratoryjne z przedmiotu Algorytmy w elektronice i telekomunikacji, jak i laboratorium z Teorii systemów. Na laboratorium tym studenci również korzystają z pakietu Matlab. Pakiet ten jest też przedmiotem ćwiczeń na laboratorium np. Programming in Matlab, na które uczęszczają studenci semestru zerowego (przygotowawczego) studiów drugiego stopnia na kierunku EiT po angielsku oraz zainteresowani studenci zagraniczni z wymiany Erasmus+. Studenci poznają podstawowe zasady dynamiki systemów, własności widmowe sygnałów i syntezę układów liniowych, w tym filtrów cyfrowych. W tym celu studenci korzystają z zainstalowanej licencji wydziałowej pakietu Matlab na 70 komputerów, z którą łączą się przez sieć komputerową. W razie awarii sieci do dyspozycji pozostają lokalnie zainstalowane na każdym komputerze w laboratorium pakiety Octave (licencja GNU).

**Wydziałowe laboratorium komputerowe (s. WE-206 w wieżowcu „bez zegara” w kampusie „Warta”)**

Laboratorium to zostało wyposażone w 18 stanowisk komputerowych z system Windows i Linux. W laboratorium tym odbywają się przede wszystkim zajęcia dla studentów kierunku *Teleinformatyka*, ale także dla EiT (na przykład Informatyka na studiach niestacjonarnych). Dodatkowo do dyspozycji prowadzącego zajęcia pozostają nowoczesny rzutnik multimedialny oraz tzw. wizualizer, co pozwala wykładowcy na bezpośrednią dyskusję nad opracowywanymi w trakcie zajęć programami. Głównym przedmiotem prowadzonym w niniejszej sali to Laboratorium z Algorytmów i struktur danych prowadzone na drugim i trzecim semestrze studiów pierwszego stopnia kierunku *Teleinformatyka*.

**Laboratoria w gestii Instytutu Radiokomunikacji**

**Laboratorium informatyki (s. P-005 w budynku dawnego WEiT PP)**

Laboratorium informatyki jest wyposażone w zestaw 18 komputerów klasy PC, na których zainstalowano system operacyjny Linux w wersji Ubuntu. Studenci mają możliwość korzystania z dowolnego edytora tekstu, a uruchamiają programy z wykorzystaniem okna terminala. W laboratorium tym odbywają się zajęcia laboratoryjne między innymi na kierunku EiT z następujących przedmiotów:

- Zajęcia laboratoryjne z przedmiotu Informatyka (semestr 2 i 3), na którym studenci poznają zasady programowania w języku C oraz C++.
- Zajęcia laboratoryjne z przedmiotu Introduction to ICT Networks na którym studenci poznają podstawy działania wydziałowej sieci komputerowej, poczty elektronicznej, a następnie uczą się programować strony internetowe z zastosowaniem języka HTML z szablonami CSS.

Wszystkie stanowiska komputerowa są połączone z siecią Internet.

### **Laboratorium komputerowe (s. P-014 w budynku dawnego WEiT PP)**

Laboratorium komputerowe jest wyposażone w nowoczesne komputery klasy PC (w liczbie 16, co odpowiada liczbie stanowisk laboratoryjnych) z zainstalowanym systemem operacyjnym Windows. Dostępny jest też projektor multimedialny ułatwiający prowadzenie zajęć laboratoryjnych przez umożliwienie prezentacji wzorcowych rozwiązań przez prowadzącego. W sali tej odbywają się zajęcia laboratoryjne z szeregu przedmiotów na studiach pierwszego stopnia na kierunku EiT oraz *Teleinformatyka*. W ramach kierunku EiT studenci uczestniczą w zajęciach laboratoryjnych z przedmiotów: *Wstęp do sieci teleinformatycznych* oraz *Algorytmy Obliczeniowe* (semestr 1). W ramach przedmiotu *Wstęp do sieci teleinformatycznych* studenci doskonalą umiejętności związane z tworzeniem stron internetowych z zastosowaniem języka HTML, szablonów CSS i zapisu danych w XML, a także poznają podstawy obsługi systemu operacyjnego UNIX. Na zajęciach z *Algorytmów Obliczeniowych* studenci poznają sposoby tworzenia i zapisu prostych algorytmów stosowanych w problemach związanych z elektroniką i telekomunikacją, a także zapoznają się z podstawami programowania tych algorytmów w środowisku Matlab.

### **Laboratorium testowania układów cyfrowych (s. P-028 w budynku dawnego WEiT PP oraz oprogramowanie zainstalowane na klastrze komputerowym)**

Laboratorium testowania układów cyfrowych powstało z wykorzystaniem oprogramowania udostępnionego przez firmę Mentor Graphics Corporation (obecnie Mentor, a Siemens Business). Jest to pakiet narzędzi komercyjnych (DFTAdvisor, FastScan, TestKompress, YieldAsist, Tessent MemoryBIST) używanych do tworzenia testów produkcyjnych, syntezy (Leonardo Spectrum) oraz symulacji logicznej (ModelSim) układów cyfrowych wielkiej skali integracji. Oprogramowanie jest uruchomione na wydziałowym klastrze obliczeniowym. Pracę zdalną umożliwia terminal graficzny, który można uruchomić na komputerze z dostępem do sieci wydziałowej. Stwarza to możliwość wykonywania dodatkowych ćwiczeń i eksperymentów również poza zajęciami. Materiały wykorzystywane w laboratorium (instrukcje, slajdy, układy testowe) zostały przygotowane we współpracy z firmą Mentor Graphics w ramach Higher Education Program. W trakcie 10 ćwiczeń, podzielonych na trzy moduły, studenci poznają proces tworzenia wektorów testowych, projektowania sprzętu testującego, kompresji danych testowych oraz diagnostyki uszkodzeń. Część pierwsza prezentuje podstawowe algorytmy generowania testów, symulacji uszkodzeń, usuwania redundancji oraz wstawiania punktów testowych. W części drugiej ćwiczenia obejmują projektowanie układów łatwo-testowalnych z kompresją danych testowych i autotestem. Część trzecia jest poświęcona wykrywaniu i lokalizacji uszkodzeń w pamięciach półprzewodnikowych. Studenci poszerzają również swoje umiejętności związane z projektowaniem układów cyfrowych z wykorzystaniem języka opisu sprzętu (Verilog), symulacją układów cyfrowych, pracą z narzędziami konsolowymi oraz obsługą systemu Linux.

### **Laboratorium mikroprocesorów (s. P-004 w budynku dawnego WEiT)**

Laboratorium mikroprocesorów należy do podstawowych laboratoriów dydaktycznych kierunku EiT i jest wykorzystywane również na kierunku *Teleinformatyka* do zajęć laboratoryjnych w ramach przedmiotu o tej samej nazwie. Zajęcia mają charakter indywidualny, tzn. każdy student pracuje samodzielnie z zestawem mikroprocesorowym. W laboratorium znajduje się 16 stanowisk z komputerem PC (w większości z dwoma monitorami) oraz dwoma dydaktycznymi zestawami z mikrokontrolerem. Ćwiczenia dotyczą programowania zarówno procesora 8051 w języku assembler, jak i 32-bitowego mikrokontrolera z rodziny Cortex M4. Do dyspozycji studentów jest 16 dydaktycznych zestawów „EasyMxPRO™v7 for STELLARIS® ARM®” z mikrokontrolerem TM4C123GH6PGE. Celem zajęć laboratoryjnych jest opa-

nowanie praktycznej umiejętności programowania nowoczesnych 8- i 32-bitowych układów mikroprocesorowych.

Laboratorium mikroprocesorów jest też wykorzystywane przy nauczaniu przedmiotów związanym z programowaniem urządzeń mobilnych na kierunku EiT oraz kierunku *Teleinformatyka* z przedmiotu obieralnego *Programowanie terminali mobilnych*, gdzie studenci zdobywają umiejętności programowania nowoczesnych smartfonów i tabletów. Laboratorium z *Programowania terminali mobilnych* jest oferowane w dwóch wersjach: z wykorzystaniem systemu operacyjnego Android oraz systemu iOS. Zajęcia te są realizowane z wykorzystaniem dostępnego oprogramowania symulującego działanie urządzeń, a także wybranych smartfonów z systemem Android i iOS dostępnych w laboratorium. Środowisko programistyczne wykorzystywane w celu programowania urządzeń mobilnych z systemem Android to Android Studio, a z systemem iOS – Xcode. W celu umożliwienia prowadzenia programowania smartfonów Apple, zakupiono 7 komputerów stacjonarnych Apple.

Laboratorium jest bardzo przestronne, umożliwiając i ułatwiając tym samym pracę osobom z niepełnosprawnościami.

#### **Laboratorium sieci bezprzewodowych (s. P-223 w budynku dawnego WEiT PP)**

Laboratorium sieci bezprzewodowych należy do podstawowych laboratoriów dydaktycznych kierunków EiT oraz *Teleinformatyka*. Zajęcia trwają przez jeden semestr. Celem zajęć jest opanowanie przez studentów praktycznej umiejętności posługiwania się nowoczesnymi urządzeniami wykorzystywanymi do budowy bezprzewodowych sieci komputerowych. Wyposażenie laboratorium stanowi 10 stanowisk ze stacjonarnymi komputerami PC oraz kilka komputerów przenośnych. Każdy komputer ma wbudowaną lub wymienną kartę WLAN. Wykorzystywane urządzenia sieciowe WLAN to: punkty dostępowe, routery dostępowe, mosty, kontrolery sieci bezprzewodowej oraz adaptery sieciowe w różnych formatach. Obok urządzeń sieci bezprzewodowych w laboratorium wykorzystuje się również liczne elementy strukturalne sieci przewodowych jak: przełączniki zarządzane i niezarządzane oraz routery przewodowe. W trakcie zajęć wykorzystywane są urządzenia różnych producentów jak: Cisco, Huawei, Linksys, TPlink, Dlink. Laboratorium dysponuje również specjalizowanym analizatorem widma radiowego oraz oprogramowaniem do analizy pakietów sieci WLAN i nadzorowania ruchu w sieci WLAN. Przedmiotem ćwiczeń jest projektowanie i praktyczne uruchamianie różnorodnych struktur sieci bezprzewodowej oraz obserwacja i analiza własności specyficznych dla sieci WLAN.

#### **Laboratorium radiokomunikacji (s. P-019 w budynku dawnego WEiT PP)**

W laboratorium znajduje się 15 stanowisk dydaktycznych, wyposażonych w komputery PC z monitorami LCD. Są one wykorzystywane podczas ćwiczeń laboratoryjnych z przedmiotów prowadzonych na specjalności (profilu dyplomowania) *Radiokomunikacja*, przede wszystkim z wykorzystaniem pakietów *Matlab/Simulink*, *GnuRadio*, *EDX Signal Pro*. Zlokalizowano tam również eksperymentalne sieci komórkowe 2G (3 stacje bazowe GSM oraz sterownik stacji bazowych) oraz 4G (1 stacja bazowa LTE), wykorzystywane do celów dydaktycznych. Oprócz tego dostępny jest również zestaw pomiarowy do przeprowadzania testów sieci komórkowych (tzw. *drive tests*), wypożyczony nieodpłatnie przez firmę Systemics PAB Sp. z o. o. W drugiej części laboratorium (o charakterze naukowo-dydaktycznym) umieszczono aparaturę pomiarową, przeznaczoną do pomiarów radiokomunikacyjnych, m.in. generatory sygnałowe (*Rohde&Schwarz*, *Tektronix*), analizatory widma (*Rohde&Schwarz*, *Agilent*, *Anritsu*), testery radiokomunikacyjne (*Rohde&Schwarz*), oscyloskopy cyfrowe (*Agilent*, *Tektronix*) oraz komputer PC, przeznaczony do sterowania stanowiskiem pomiarowym. Wyposażenie uzupełniają moduły radia programowalnego USRP N210 (10 szt.) oraz *USRP B210* (6 szt.) a także moduły uruchomieniowe z procesorami

sygnałowymi firmy *Texas Instruments* (10 szt.). W laboratorium tym prowadzone są zajęcia laboratoryjne z przedmiotu „Projektowanie sieci komórkowych” z wykorzystaniem komercyjnego oprogramowania *EDX Signal Pro* oraz *WRAP*, „Systemy satelitarne i łączność kosmiczna” z wykorzystaniem środowiska *Matlab/Simulink*, pracownia problemowa poświęcona zagadnieniom związanym z radiem definiowanym programowo w oparciu o zestawy *USRP* i oprogramowanie *GnuRadio*. Stanowiska pomiarowe udostępniane są studentom w trakcie prowadzenia prac dyplomowych o charakterze laboratoryjno-praktycznym.

### **Laboratorium radiokomunikacji II (s. P-236 w budynku dawnego WEiT PP)**

Jest to laboratorium wykorzystywane przede wszystkim do prowadzenia prac naukowo-badawczych, jednak mogą z niego korzystać również studenci przygotowujący np. prace magisterskie czy też biorący udział w projektach naukowo-badawczych. Jego wyposażenie ukierunkowane jest na projektowanie, implementację oraz uruchamianie systemów realizowanych w technice radia definiowanego programowo (SDR). Do dyspozycji są tu zestawy uruchomieniowe PicoZed SDR (ADRV9361), moduły Xilinx ZC702/706 wraz z układami nadawczo-odbiorczymi (transceiverami) AD9361, łącznie 6 szt. urządzeń umożliwiających realizowanie zaawansowanych systemów łączności radiowej wieloantenowej (MIMO) z algorytmami implementowanymi na układach FPGA, zapewniających duże szybkości przetwarzania sygnałów. Do wyposażenia należy również 6 szt. komputerów PC o dużej wydajności, z zainstalowanym specjalistycznym oprogramowaniem do projektowania i symulacji systemów bezprzewodowych *Matlab-Simulink* firmy *Mathworks Inc.* (licencje akademickie i komercyjne) oraz syntezy układów programowalnych FPGA *Vivado* firmy *Xilinx* (licencje akademickie i komercyjne). Można korzystać również z oprogramowania firmy *MentorGraphics*, służącego do symulacji i weryfikacji układów FPGA, które podobnie jak oprogramowanie firmy *Xilinx* dostępne jest dzięki wieloletniemu uczestnictwu byłego WEiT PP w europejskim programie EUROPRACTICE.

### **Komputerowy klaster obliczeniowy (s. WE-219 w wieżowcu „bez zegara” w kampusie „Warta”)**

Klaster obliczeniowy zbudowany jest z 15-stu procesorów AMD Phenom II o sześciu rdzeniach i taktowaniu 3 GHz, 12-tu procesorów AMD FX-8320 o ośmiu rdzeniach i taktowaniu 3,5 GHz oraz 9-ciu procesorów AMD Ryzen 7 o ośmiu rdzeniach i taktowaniu 3 GHz. Na każdy procesor przypada co najmniej 8 GB pamięci RAM. Każdy z 258 rdzeni może być wykorzystany do obliczeń niezależnie od pozostałych. Klaster zbudowany jest z zastosowaniem linux-owego systemu operacyjnego CentOS. Do zarządzania węzłami klastra służy oprogramowanie *Perceus*, natomiast do zarządzania procesami oprogramowanie *SLURM*. Klaster umożliwia zarówno obliczenia sekwencyjne, tj. takie w których jeden proces wykorzystuje jeden rdzeń procesora, jak i obliczenia równoległe, tj. takie w których jeden proces może wykorzystywać wiele rdzeni jednocześnie. Klaster wykorzystywany jest do badania działania różnych algorytmów przetwarzania sygnałów w radiokomunikacji i do symulowania działania systemów telekomunikacyjnych. W przypadkach uzasadnionych złożonością symulacji komputerowych wykonywanych w trakcie realizacji prac dyplomowych, moc obliczeniowa klastra jest udostępniana dyplomantom.

### **Laboratoria w gestii Instytutu Sieci Teleinformatycznych**

#### **Laboratorium podstaw sieci komputerowych, informatyki i systemów operacyjnych (s. P-020 w budynku dawnego WEiT PP)**

Laboratorium to jest wyposażone w komputery klasy PC oraz przełączniki i routery firmy *Cisco Systems*. Ponadto laboratorium posiada dedykowany, niezależny od sieci Wydziału, system okablowania strukturalnego. Na kierunku EiT, w laboratorium realizowane są zajęcia z następujących przedmiotów:

PO w/z sieci komputerowych, Informatyka I oraz Informatyka II – zarówno na studiach stacjonarnych, jak i niestacjonarnych.

W ramach zajęć laboratoryjnych z Sieci komputerowych studenci mają możliwość zapoznania się zarówno z profesjonalnymi urządzeniami sieciowymi, jak i protokołami. W trakcie zajęć studenci łączą urządzenia zgodnie z zadaną mapą sieci, konfiguruje urządzenia (routery i/lub przełączniki), a następnie analizują działanie sieci za pomocą specjalizowanych narzędzi programowych (tj. Wireshark, czy NMAP), oraz funkcji dostępnych w systemach operacyjnych urządzeń sieciowych. Dzięki temu studenci mają okazję zapoznać się z zagadnieniami związanymi między innymi z budową sieci LAN, routingiem czy podstawami bezpieczeństwa sieci. Jeżeli zachodzi taka potrzeba, to wszystkie stanowiska komputerowe mogą być podłączone do Internetu. Warto podkreślić, że dedykowany system okablowania strukturalnego pozwala na budowę sieci o różnych topologiach.

Na zajęciach laboratoryjnych z przedmiotów Informatyka oraz Informatyka II wykorzystywane są komputery z zainstalowanym środowiskiem MS Visual Studio 10 (język C++). W trakcie zajęć, z przedmiotu Informatyka, studenci uczą się programować w języku C++. Po zapoznaniu się ze środowiskiem Visual Studio, studenci przygotowują własne programy, będące rozwiązaniem zadania postawionego przez prowadzącego zajęcia. Dzięki temu sprawdzają w praktyce zagadnienia związane między innymi z rodzajami zmiennych, pętlami, instrukcjami warunkowymi, tablicami, funkcjami, czy programowaniem obiektowym. W ramach przedmiotu Informatyka II w trakcie zajęć studenci uczą się programować w języku C#. Szczególny nacisk został położony na umiejętność pisanie aplikacji z interfejsem graficznym.

Z zasobów laboratorium korzystają również dyplomanci w czasie realizacji części praktycznej prac inżynierskich. W ostatnim czasie urządzenia laboratoryjne wykorzystano podczas przygotowania pracy „Analiza działania wybranych protokołów routingu na urządzeniach Juniper Networks” (Tomasz Krawczyk, studia I stopnia w języku angielskim, 2020).

Wypożyczenie laboratorium:

1. Przełącznik serii Catalyst 2950 firmy Cisco Systems – 6 szt.
2. Przełącznik serii Catalyst 3550 firmy Cisco Systems – 9 szt.
3. Router serii 2600XM firmy Cisco Systems – 12 szt.
4. Zapory sieciowe Juniper Networks SRX 240 – 10 szt.
5. Projektor – 1 szt.
6. Komputer klasy PC – 11 szt.
7. Dedykowany do laboratorium, niezależny od sieci Wydziału, system okablowania strukturalnego

#### **Laboratorium dydaktyczne zaawansowanych sieci komputerowych, laboratorium Akademii Huawei (s. P-020a w budynku dawnego WEiT PP)**

Laboratorium zaawansowanych sieci komputerowych wyposażone jest w liczne urządzenia sieciowe (kilkadziesiąt urządzeń w 3 pełnowymiarowych szafach). Są to przełączniki warstwy drugiej i trzeciej, routery, zapory sieciowe, kontrolery WLAN, punkty dostępowe, macierze dyskowe oraz serwery firmy Huawei. Ponadto laboratorium posiada dedykowany, niezależny od sieci Wydziału, system okablowania strukturalnego i wyposażone jest w 16 stanowisk komputerowych. W laboratorium prowadzone są następujące zajęcia dla studentów kierunku EiT: Computer Networks, Practical Design of Communications Networks, Internet of Things, Cybersecurity oraz Metody optymalizacji.

W ramach ćwiczeń laboratoryjnych z Computer Networks, studenci zapoznają się z podstawowymi programami do analizy i diagnostyki sieci komputerowych. Ćwiczenia obejmują zapoznanie się z zasadami działania protokołów ICMP, IP, DHCP, DNS, TCP, UDP i HTTP. Podczas zajęć wykrywane jest oprogramowanie typu Packet Sniffer (na przykład Wireshark).

W ramach przedmiotu Internet of Things w laboratorium odbywają się ćwiczenia wykorzystujące urządzenia Arduino i Raspberry Pi i programy napisane w języku Python. Ćwiczenia obejmują samodzielną budowę układów sygnalizacyjnych, lub sterujących z wykorzystaniem wyżej wymienionych urządzeń. Powstałe układy korzystają z programów napisane przez studentów w języku Python.

Ćwiczenia laboratoryjne do przedmiotu Practical Design of Communications Networks poświęcone są protokołom routingu i obejmują konfigurację ruterów Huawei do pracy z wybranymi protokołami routingu. W czasie ćwiczeń studenci dokładnie zapoznają się z działaniem protokołów RIP, OSPF (jedno i wieloobszarowy), IS-IS oraz BGP. Ćwiczenia obejmują również elementy związane ze wzajemną współpracą różnych protokołów routingu oraz zagadnienia adresacji IP w sieciach.

W ramach przedmiotu Cybersecurity studenci poznają między innymi zarządzanie zasobami systemu Windows, ustawianie praw dostępu do plików w systemie Linuks, zastosowanie programu Wireshark do obserwacji ruchu sieciowego, anatomie złośliwego oprogramowania, hakerskie narzędzia do szyfrowania i deszyfrowania danych oraz uczą się wykorzystywania danych protokołów DNS i HTTP do wykrywania włamań.

Podczas zajęć laboratoryjnych do Metod optymalizacji studenci korzystają z pakietów optymalizacyjnych dostępnych do sieciowej wersji programu Mathlab. W ramach ćwiczeń studenci poznają spektrum działania podstawowych wybranych grup metod optymalizacyjnych. Uczą się m.in. rozróżniania różnych wersji algorytmów wykorzystywanych przez funkcje programu Mathlab oraz określania obszarów zastosowania poszczególnych metod optymalizacyjnych.

Z zasobów laboratorium korzystają także studenci należący do Koła Naukowego ZAGUBIONY PAKIECIK (w trakcie rejestracji) oraz studenci przygotowujący prace inżynierskie oraz magisterskie. W ostatnim roku w laboratorium wykonano praktyczną część między innymi następujących pracy dyplomowych:

- „*Transmisja multimedialna w sieci zbudowanej z urządzeń Huawei*” (Jan Skrzynecki, Jakub Rumel, studia I stopnia, 2020),
- „*Projekt bezpiecznej sieci komputerowej dla firmy średniej wielkości*” (Maciej Krystek, studia I stopnia, 2020).

Wyposażenie laboratorium składa się m.in. z 28 przełączników warstw drugiej lub trzeciej, 10 ruterów, 6 zapór sieciowych, 4 kontrolerów sieci bezprzewodowych, 6 punktów dostępowych, 2 serwerów, 1 macierzy dyskowej. Katalogowa wartość urządzeń zgromadzonych w laboratorium jest rzędu 600 tys. złotych. Sprzęt laboratoryjny otrzymaliśmy w darze od firmy Huawei jako wyposażenie laboratorium Akademii Huawei.

Szczegółowy wykaz modeli i urządzeń stanowiących wyposażenie laboratorium:

1. Rack Server RH2288H V3 – 2szt.
2. Storage Systems OceanStor 5300 V3 – 1szt.
3. Switch for SAN OceanStor SNS2224 – 1szt.
4. Switch S6720-30C-EI-24S-AC – 6 szt
5. Switch S5720 – 9 szt.
6. Switch S5700S-28P – 5szt.
7. Switch S3700-28TP – 8szt.
8. Router AR2220 – 8szt.
9. Router AR1220V – 2szt.
10. Firewall USG6550E-AC – 2 szt.
11. Firewall USG2110 – 2szt.

12. Firewall USG6320– 2szt.
13. Access Controller AC6005 – 2szt.
14. Access Point AP7060DN – 4 szt.
15. Access Point AP6010DN-AGN – 2szt.
16. Projektor multimedialny (zamontowany na stałe – 1szt.
17. Komputer klasy PC – 16 szt.
18. Dedykowany do laboratorium, niezależny od sieci Wydziału, system okablowania strukturalnego.

**Laboratorium dydaktyczne sieci telekomunikacyjnych, telefonii internetowej i baz danych (s. P-024 w budynku dawnego WEiT PP)**

Wypożyczenie tego laboratorium obejmuje komputery PC, przełączniki ATM, model dydaktyczny analogowej centrali abonenckiej, centrale telefoniczne, telefony VoIP oraz serwer. W laboratorium realizowane są zajęcia z przedmiotów: PO w/z baz danych, Zarządzanie sieciami, Telefonologia internetowa, PO w/z sieci zintegrowanych, Sieci szerokopasmowe/Broadband networks, Sieci Optyczne i Internet Optyczny/Optical Networks, Communication Networks, Switching Systems, Sieci i systemy telekomunikacyjne oraz Sieciowe Systemy Operacyjne (jako przedmiot obieralny w wersji zorientowanej Aplikacyjnej lub Sprzętowo w wersji językowej polskiej i angielskiej) - zarówno na studiach stacjonarnych, jak i niestacjonarnych.

W ramach przedmiotu Bazy danych w laboratorium wykorzystywane są komputery, na których zainstalowane są systemy zarządzania bazami danych (Oracle, MySQL), aplikacje modelowania i optymalizacji baz danych oraz kompilatory języka C++ oraz C#. W trakcie zajęć laboratoryjnych studenci projektują i definiują bazy danych wykorzystując konsole systemów DBMS lub też za pomocą narzędzi modelowania danych (diagramy ERD). Przygotowane bazy danych stanowią źródło danych dla aplikacji bazodanowych pisanych w języku C++.

Na zajęciach z przedmiotu Zarządzanie sieciami studenci dokonują analizy wymiany wiadomości protokołu SNMP pomiędzy aplikacją zarządcy SNMP a agentami umieszczonymi w urządzeniach wchodzących w skład infrastruktury sieci komputerowej laboratorium oraz Wydziału Elektroniki i Telekomunikacji. Dzięki temu studenci mogą analizować działanie protokołu SNMP w rzeczywistym środowisku sieciowym. W ramach laboratoriów z tego przedmiotu przy wykorzystaniu zainstalowanych kompilatorów języka C++ i C# studenci przygotowują własnych zarządców SNMP i sprawdzają ich działanie w rzeczywistym środowisku sieciowym.

Na laboratoriach z Telefonii internetowej wykorzystywane są komputery, serwer, przełączniki sieciowe oraz sprzętowe telefony VoIP. Studenci konfiguruje klientów oraz serwery (dla standardów SIP oraz H.323), badają działanie usług oferowanych abonentom telefonii, jak również badają działanie protokołów obu standardów przy wykorzystaniu analizatorów protokołów sieciowych.

W ramach laboratoriów Sieci zintegrowanych studenci wykorzystują przełączniki ATM i komputery wyposażone w karty ATM do zapoznania się z zasadami działania sieci typu ATM. Ponadto wykorzystywana jest centrala telefoniczna Lucas Nulle, na której studenci mogą analizować sposoby zestawiania różnego rodzaju połączeń telefonicznych i świadczonych w nich funkcjonalności. Wykorzystywane są także testery/analizatory Tektronix 1205 pozwalające studentom badać i analizować rzeczywiste przebiegi wymiany wiadomości sygnalizacyjnych SS7 w różnych scenariuszach zestawiania połączeń między abonentami sieci telekomunikacyjnej. Na zajęciach przedstawiane są podstawy telefonii IP z wykorzystaniem serwera programowego oraz programowych jak i rzeczywistych telefonów IP (Yealink i Cisco). Najbardziej złożone ćwiczenie łączy zarówno zagadnienia dotyczące konfiguracji przełączników ATM i komputerów z kartami ATM, z konfiguracją routingu na routerach Cisco wykorzystujących Ethernet oraz zesta-

wianie w takiej sieci połączeń dla telefonii internetowej oraz transmisji danych (przesyłanie plików tekstowych czy multimedialnych). Studenci korzystają także z komputerów, na których zainstalowane są symulatory przedstawiające zasadę działania i budowę podstawowych typów komutatorów wykorzystywanych do budowy pól komutacyjnych.

Podczas laboratoriów z Sieci Szerokopasmowych/Broadband Networks studenci wykorzystują komputery wyposażone w karty ATM, na których zapoznają się z zasadami działania sieci typu ATM. Wykorzystywane są ponadto komputery, serwer VoIP, przełączniki sieciowe i sprzętowe telefony VoIP do przedstawienia podstaw działania telefonii internetowej dla standardów SIP i H.323. Wykorzystywane są także analizatory protokołów do badania wysyłanych i odbieranych informacji z każdego komputera.

W ramach Sieciowych Systemów Operacyjnych studenci poznają budowę różnych węzłów sieciowych oraz systemy operacyjne, pod kontrolą których pracują. Podstawą jest Linux, za jego pomocą łączą się ze sprzętowymi węzłami sieciowymi zlokalizowanymi w zdalnym laboratorium (sala 518, inny budynek) oraz wirtualnymi urządzeniami uruchamianymi na naszych zasobach i w serwerowniach AWS (firma Amazon), a także lokalnych dostawców usług chmurowych (Operator INEA, z którym mamy umowę partnerską). Studenci pracują z różnorodnymi urządzeniami takimi jak serwery HP, przełącznik i routery Cisco (w tym routery Cloud Service Router w wersji wirtualnej), Alcatel-Lucent 7750 Service Router SR1, routery, przełączniki i firewalle firm Juniper, Huawei oraz karty NetFPGA. Szerszy opis poszczególnych urządzeń jest przedstawiony w części opisującej laboratorium WE-518. Na przykładzie tych ostatnich studenci poznają budowę sterowników urządzeń sieciowych, a także mechanizmy i zalety programowalności sprzętu. Studenci uruchamiają też przykładowe serwery różnych protokołów z wykorzystaniem różnych języków programowania (http, php, ajax, bash, python), a także poznają elementy programowalności sieci komputerowych. Dzięki współpracy z INEA (wielkopolski dostawca Internetu), mamy dostęp do realnej tablicy protokołu BGP, co pozwala omawiać niektóre mechanizmy na realnych przykładach.

Z kolei na laboratorium Sieci Optyczne i Internet Optyczny/Optical Networks studenci wykorzystują komputery z zainstalowanym środowiskiem OMNeT++, w którym są tworzone nowe oraz wykorzystywane gotowe elementy odpowiadające rzeczywistym optycznym elementom stosowanym w sieciach optycznych. Studenci przeprowadzają ponadto analizę wymienianych informacji oraz sporządzają diagnozy statystyczne działania skonfigurowanej i zaprojektowanej przez siebie sieci optycznej.

Wyposażenie laboratorium:

1. Przełącznik Catalyst SG 300-28P 28-Port Gigabit PoEManaged Switch firmy Cisco Systems – 1 szt.
2. Dydaktyczny serwer VoIP - Call-EX NTT Tytan 112S20 firmy Datera – 1 szt.
3. Dydaktyczny zestaw urządzeń VoIP firmy Activis (elementy VD-Master i NetMaster) – 5 szt.
4. Zestaw bramek VoIP na kartach firm Digium, Junghans i Sangoma (łącza analogowe i cyfrowe (ISDN - 2B+D, E1)
5. Telefony VoIP firmy Yealink:
  - a. Yealink IP Video Phone VP-2009 – 2 szt
  - b. Yealink Enterprise IP Phone SIP-T28P – 2 szt
  - c. Yealink IP Phone SIP-T20P – 6 szt
6. Przełącznik ATM Fore Runner LE-155 firmy Fore Systems – 1 szt.
7. Przełącznik ATM Fore Runner ATX-1000 firmy Fore Systems – 1 szt.
8. Przełącznik Catalyst 2960 WS-C2960-48TT-L V04, 48x10/100 Switch firmy Cisco - 3 szt.
9. Przełącznik Catalyst 3750 48-Port PoEManaged Switch firmy Cisco – 1 szt.
10. Router 2800 Series CISCO2811 firmy Cisco – 6 szt.



11. Model dydaktyczny analogowej centrali abonenckiej firmy Lucas Nulle – 1 szt.
12. Centrala telefoniczna Varix 840 firmy DeTeWe – 1 szt.
13. Analizatory sygnalizacji DSS1 i SS7 - Tektronix 1205 – 2 szt.
14. Zestaw laboratoryjny oparty na komutatorze MO88 – 1 szt.
15. Oscyloskopy:
  - a. analogowy – Kikusui 100MHz Digital Oscilloscope COM 7101E – 1 szt.
  - b. cyfrowy – PicoScope 5000 – 1 szt.
16. Wieloportowy analizator logiczny Acute TL2136 200MHz – 1 szt.
17. Deweloperskie zestawy FPGA:
  - a. na bazie układu Xilinx – Virtex5 – ML505, ML555 (wykonane przez firmę Xilinx) – 5 szt.
  - b. na bazie układu Xilinx – Spartan 3E-1600 (wykonane przez firmę Xilinx) – 3 szt.
  - c. na bazie układu Xilinx - Spartan 3 (wykonane przez firmę Propox) – 6 szt.
18. Laboratoryjny Optyczny komutator 4 x 1x2 Thorlabs MCS412 – 1 szt.
19. Niezależne od sieci komputerowej Wydziału okablowanie strukturalne spinające laboratoryjne urządzenia sieciowe
20. Projektor multimedialny (zamontowany na stałe)

**Laboratorium dydaktyczne optymalizacji sieci telekomunikacyjnych, protokołów routingu i bezpieczeństwa w sieciach komputerowych i bezprzewodowych, INEALAB (s. WE-537 w wieżowcu „bez zegara” w kampusie „Warta”)**

Laboratorium wyposażone jest w przełączniki, routery, punkty dostępowe, zapory sieciowe i kontroler WLAN firmy Cisco Systems oraz komputery klasy PC. Ponadto zainstalowany jest również dedykowany do laboratorium, niezależny od sieci Wydziału, system okablowania strukturalnego. Prowadzone w laboratorium zajęcia obejmują (kierunek EiT): PO Optymalizacja sieci telekomunikacyjnych, Protokoły routingu, Bezpieczeństwo w sieciach komputerowych oraz Bezpieczeństwo w sieciach bezprzewodowych/Security in Communication Networks, odbywają się tu również laboratoria z PO Techniczne aspekty projektowania sieci lokalnych i rozległych.

W ramach ćwiczeń laboratoryjnych z PO Optymalizacja sieci telekomunikacyjnych, wykorzystywane są przełączniki, routery oraz punkty dostępowe. W pierwszej części zajęć studenci zapoznają się z metodami zapewnienia dużej niezawodności sieci przełączalnych tj. protokoły drzewa rozpinającego (MSTP) oraz protokoły niezawodnej bramy domyślnej (GLBP, VRRP i HSRP). Kolejną część ćwiczeń poświęcono jest mechanizmom zapewnienia jakości w sieciach pakietowych tj. NBAR, policy-map czy AutoQoS. W czasie zajęć wykorzystywane są również eksperymentalne wersje systemów operacyjnych ruterów z wbudowanymi generatorami ruchu.

Zajęcia laboratoryjne poświęcone protokołom routingu obejmują konfigurację przełączników warstwy trzeciej oraz ruterów do pracy z wybranymi protokołami routingu. W czasie ćwiczeń studenci dokładnie zapoznają się z działaniem protokołów RIP, EIGRP, OSPF (jedno i wieloobszarowy), IS-IS oraz BGP. Ćwiczenia obejmują również elementy związane ze wzajemną współpracą różnych protokołów routingu oraz zagadnienia adresacji IP w sieciach.

W ramach zajęć laboratoryjnych Bezpieczeństwo w sieciach komputerowych, wykorzystywane są przełączniki i routery dostępne w laboratorium. Studenci w praktyce sprawdzają techniki zabezpieczania urządzeń sieciowych, bezpiecznego zdalnego dostępu oraz technik wspomagających budowę bezpiecznej sieci komputerowej. Po połączeniu urządzeń w sieć (zgodnie ze scenariuszem ćwiczenia) i ich konfigura-

cji, studenci testują poprawność działania sprawdzanej techniki poprawiającej bezpieczeństwo sieci (np. oprogramowanie wireshark, nmap).

W trakcie zajęć laboratoryjnych Bezpieczeństwo w sieciach bezprzewodowych/Security in Communication Networks wykorzystywane są dostępne w laboratorium urządzenia umożliwiające budowę sieci bezprzewodowej. Studenci konfiguruje odpowiednie urządzenia, a następnie sprawdzają działanie skonfigurowanych sieci bezprzewodowych z punktu widzenia bezpieczeństwa. Testy są wykonywane przy pomocy oprogramowania zainstalowanego na komputerach (wireshark, nmap) lub narzędzi udostępnianych przez system operacyjny urządzeń sieciowych.

Laboratorium z Technicznych aspektów projektowania sieci lokalnych i rozległych pozwala studentom zapoznać się z protokołami wirtualnych sieci prywatnych. Ćwiczenia obejmują konfigurację tuneli GRE oraz IPsec. W ramach ćwiczeń studenci zapoznają się z wariantami konfiguracji tuneli oraz z realizacją sieci VPN w architekturze client-site oraz site-to-site.

Z zasobów laboratorium korzystają również studenci przygotowujący prace inżynierskie oraz magisterskie. W ostatnich latach w laboratorium wykonano praktyczną część między innymi następujących pracy dyplomowych:

- „Wykorzystanie urządzeń sieciowych Cisco i Huawei w tworzeniu architektury IPTV” (Mateusz Sługocki, Paweł Andruloniw, studia II stopnia, 2018),
- „Badania możliwości zapór sieciowych firm Cisco i Huawei w sieci laboratoryjnej” (Bartłomiej Błoński, studia I stopnia, 2019),
- „Konfiguracja VPN na routerach Cisco oraz zaporach sieciowych Cisco ASA” (Łukasz Świerczyński, studia I stopnia, 2020).

Wypożyczenie laboratorium:

1. Przełącznik Catalyst 2960 firmy Cisco Systems – 6 szt.
2. Przełącznik Catalyst 3560 firmy Cisco Systems – 6 szt.
3. Ruter 2801 firmy Cisco Systems – 3 szt.
4. Ruter 2811 firmy Cisco Systems – 5 szt.
5. Ruter 2911 firmy Cisco Systems – 4 szt.
6. Punkt dostępowy Aironet 1230 firmy Cisco Systems – 6 szt.
7. Punkt dostępowy Linksys WRT160N firmy Cisco Systems – 6 szt.
8. Kontroler WLAN 2106 firmy Cisco Systems – 1 szt.
9. Zapora sieciowa ASA 5505 firmy Cisco Systems – 4 szt.
10. Projektor Misubishi XL2 – 1 szt.
11. Komputer klasy PC wyposażony w 2 porty szeregowy – 9 szt.
12. Dedykowany do laboratorium, niezależny od sieci Wydziału, system okablowania strukturalnego.

#### **Laboratorium badawczo-naukowe zaawansowanych sieci komputerowych (s. WE-518 w wieżowcu „bez zegara” w kampusie „Warta”)**

Laboratorium badawczo-naukowe wykorzystywane jest do realizacji prac w ramach projektów i badań naukowych prowadzonych przez pracowników Instytutu, a przede wszystkim jako zdalne laboratorium, z którym łączą się studenci podczas zajęć i poza nimi na potrzeby prac kół naukowych oraz prac dyplomowych. Zgromadzono w nim kilkadziesiąt różnorodnych urządzeń sieciowych, w tym kilka wysoce specjalizowanych ruterów, platform deweloperskich i urządzeń pomiarowych o bardzo zaawansowanej funkcjonalności. Z uwagi na małe wymiary pomieszczenia i jego charakter, praca z urządzeniami znajdującymi się w tym laboratorium jest bardzo często realizowana z wykorzystaniem zdalnego dostępu. Pozwala to na efektywne współdzielenie zasobów, a także umożliwia korzystanie z laboratorium poza typowo-

wymi godzinami pracy. Obok bardzo bogatego zestawu urządzeń sieciowych, równie ważną cechą tego laboratorium jest bezpośrednie połączenie światłowodowe z węzłem optycznej sieci PIONIER (obsługiwany przez Poznańskie Centrum Superkomputerowo Sieciowe), co umożliwia zestawianie bardzo wydajnych połączeń z innymi podobnymi laboratoriami badawczo naukowymi w Europie i na całym świecie i prowadzenie wspólnych eksperymentów wymagających dużych zasobów.

Laboratorium posiada również światłowodowy dostęp do sieci wielopolskiego dostawcy Internetu – firmy INEA. Oba łącza mają przepustowość 1 Gb/s, ale warunki techniczne pozwalają podnieść ją do 10 Gb/s, co planujemy uczynić w najbliższym czasie. Laboratorium jest połączone bezpośrednim łączem logicznym warstwy drugiej o przepustowości 10 Gb/s z laboratoriami w budynku dawnego WEiT PP na Polance, co pozwala na efektywne wykorzystanie jego zasobów podczas zajęć ze studentami.

Z uwagi na głównie zdalny charakter pracy w tym laboratorium, jego topologia połączeń fizycznych jest względnie stała, lecz logicznie możliwa do modyfikacji (poprzez odpowiedni przydział VLANów). Wszystkie urządzenia są zdalnie dostępne w kilku sieciach IP. Główne elementy wyposażenia laboratorium są następujące.

**Ruter Juniper MX 240 3D** – jest to bardzo duży, modularnych ruter IP, z uwagi na zainstalowane moduły wykorzystujący głównie technikę Ethernetu, model z laboratorium jest wyposażony w 20 portów SPF o przepustowości 1Gbps oraz 2 porty o przepustowości 10Gbps. Rutery takie przeznaczone są do tworzenia szkieletu średnich i dużych sieci operatorskich, umożliwiają realizację wielu usług (w tym VPN, VPLS itp.), obsługują większość wykorzystywanych protokołów routingu (OSPF, BGP, IS-IS), działają zarówno w IPv4 jak i IPv6. Całkowita przepustowość tego modelu to 240Gbps, ruter posiada wiele rozwiązań własnościowych (modułu wewnętrznej wirtualizacji, skryptowy sposób zarządzania) oraz duże możliwości konfiguracji parametrów pracy. Jedną z jego głównych cech jest wysoce zaawansowana wirtualizacja, jest ona często wykorzystywana podczas eksperymentów, badań projektowych i naukowych oraz w procesie dydaktycznym, gdzie każdy ze studentów podczas zajęć otrzymuje zdalny dostęp do całego urządzenia oraz jednej, dedykowanej dla niego wewnętrznej maszyny wirtualnej, a z odpowiednio skonfigurowanych zasobów budowana jest wspólna sieć, na której demonstrowane i analizowane są różne mechanizmy.

**2 rutery Alcatel-Lucent SR1-7750** – są to przedstawiciele bardzo popularnej i szeroko wykorzystywanej przez operatorów linii rutery usługowych. Z ich wykorzystaniem badane są konfiguracje i wydajność mechanizmów współczesnych oraz prototypowych komputerowych sieci LAN/MAN/WAN. Posiadane egzemplarze wyposażone są w moduły z 10 portami SFP-1Gbps każdy. Są one włączone w sieć i są wykorzystywane zdalnie jako węzły sieci w procesie dydaktycznym.

**4 rutery firmy CISCO serii C2800 i 4 przełączniki firmy CISCO serii C2960/3560** – rutery i przełączniki te są przykładem bardzo popularnej rodziny, są szeroko wykorzystywane w różnego rodzaju sieciach. Z uwagi na popularność stanowią dobry punkt odniesienia dla badanych i opracowywanych rozwiązań. Z ich pomocą można demonstrować studentom nawet funkcjonalnie bardzo rozbudowane konfiguracje wykorzystujące różne techniki optymalizacji konfiguracji i wydajności oraz rozmaite mechanizmy wirtualizacji (sieci VLAN, VPN, VRF).

**3 serwery wirtualizacyjne firmy HP** – są to wysokowydajne serwery obliczeniowe, każdy z nich posiada 2 sześciordzeniowe procesory Xeon firmy Intel, 96 lub 144 GB pamięci RAM, 1 TB pamięci wewnętrznej, 6 portów ethernetowych o przepustowości 1 Gbps każdy. Taki zestaw parametrów sprawia, że serwery posiadają duże możliwości obliczeniowe i są wykorzystywane w rozbudowanych eksperymentach (głównie symulacyjnych). Na każdym z serwerów funkcjonuje jednocześnie kilkanaście lub kilkadziesiąt maszyn wirtualnych, (np. wirtualne rutery Cisco CSR100, wirtualne systemy Linux) - stanowią

one podstawę laboratoriów realizowanych zdalnie dla studentów. Wykorzystanie wirtualnych maszyn ułatwia zarządzanie przebiegiem zajęć oraz utrzymaniem sieci dydaktycznej począwszy od etapu jej przygotowania do zajęć, nadzoru podczas zajęć oraz zwalnianiu zasobów po zakończeniu zajęć.

**2 procesory sieciowe NP3 – EzAppliance** – urządzenia te to profesjonalnie wykonana przykładowa aplikacja procesora sieciowego. Każde z nich posiada 24 porty Ethernet-owe o przepustowości 1Gbps. Procesory takie są programowane z wykorzystaniem specjalistycznego środowiska oraz języka programowania opracowanego specjalnie dla tych procesorów. Ich głównym przeznaczeniem jest implementacja prototypowych protokołów i rozwiązań sieciowych, dzięki rozbudowanej funkcjonalności kontroli przetwarzania danych na wielu poziomach stanowią idealne narzędzie do badań naukowych.

**Analizator sieciowy Spirent Test Center** – generator i analizator ruchu sieci IP/Ethernet o bardzo dużej i rozbudowanej funkcjonalności w zakresie akwizycji i analizy danych. Dzięki odpowiedniemu oprogramowaniu oferuje możliwość testowania praktycznie wszystkich znanych protokołów sieciowych oraz pomiaru różnorodnych parametrów ruchu, w tym realnej osiąganego przepustowości oraz opóźnienia obliczanego na podstawie wskazań zegara GPS. Analizator ma również możliwość generowania testowego ruchu sieciowego o precyzyjne zadanych parametrach. Urządzenie jest wyposażone w 4 porty ethernetowe o przepustowości 1Gbps każdy. Warto dodać, że z uwagi na światowe uznanie producenta, urządzenie to stanowi niepodważalny punkt odniesienia w prowadzonych eksperymentach sieciowych, a pomiary nim wykonywane nie budzą wątpliwości. Urządzenie stanowi komplementarny sposób realizacji pomiarów w sieci, w stosunku do programowego, który również studenci poznają podczas zajęć.

**2 przełączniki Juniper EX 3200 (4 szt) oraz EX4200 (2szt)** – Są to przełączniki L2/L3 pracujące w warstwie dystrybucji, w naszym laboratorium, ze względu na ich wzorcową wydajność (każdy ma po 48 lub 24 porty o przepustowości 1Gbps i nieblokowaną matrycę komutacyjną oraz porty uplinkowe 10Gbps i porty statkujące), a przede wszystkim bardzo szeroką funkcjonalność, stanowią podstawę konfiguracji laboratorium. Do nich podłączone jest większość urządzeń w laboratorium, stanowią one elastyczną bazę, która umożliwia dynamiczne (w tym zdalnie wywoływane) zmiany topologii laboratorium. Na nich również odbywają wybrane ćwiczenia laboratoryjne (głównie związane z konfiguracją urządzeń Juniper oraz programowalnością sieci).

**Karty NetFPGA** – w tym laboratorium znajduje się również sieć węzłów zbudowanych z kart NetFPGA. Są to programowalne karty sieciowe, ich główne układy to układy FPGA, których funkcjonalność jest w pełni programowalna w języku opisu sprzętu - Verilog. W naszym laboratorium posiadamy 12 kart z interfejsami 1Gbps oraz 5 kart z interfejsami 10Gbps. Karty są umieszczone w komputerach PC, wraz z nimi stanowią bardzo elastyczną platformę badawczą, która umożliwia uruchamianie i badanie dowolnych mechanizmów. Bardzo ważną cechą kart NetFPGA jest możliwość w pełni sprzętowej implementacji badanych mechanizmów, czyli przetwarzanie danych może odbywać się wyłącznie w układzie FPGA, bez udziału procesora i systemu operacyjnego komputera. Umożliwia to osiągnięcie bardzo dużej i stabilnej wydajności przetwarzania danych.

Karty NetFPGA stanowią bardzo elastyczną bazę badawczą i dydaktyczną. Na jej podstawie rozwijana jest współpraca z twórcami tych kart (grupa naukowców inżynierów z University of Cambridge oraz Stanford University) i ze środowiskiem użytkowników. Jako efekt współpracy, w 2013 roku firma Xilinx podarowała Politechnice 5 kart NetFPGA 10Gbps, dzięki temu wspólnie z grupą instruktorów z University of Cambridge, mogliśmy przeprowadzić na Politechnice pięciodniowe warsztaty dla naszych studentów oraz gości z całego świata (więcej o warsztatach na stronie [netfpga.pl](http://netfpga.pl)).

Ponadto w laboratorium znajdują się typowe urządzenia umożliwiające jego sprawne funkcjonowanie: komputery PC, zasilacze UPS, serwery terminali oraz pomniejsze urządzenia sieciowe i pomiarowe.

W oparciu o zasoby tego laboratorium przeprowadzane są również liczne eksperymenty naukowe i techniczne, testowanie rozmaitych konfiguracji pod kątem współpracy protokołów, oprogramowania i urządzeń różnych producentów, badanie wydajności, a także analiza rozwiązań prototypowych. Prowadzone są głównie prace o charakterze dydaktycznym na potrzeby studentów kierunku EiT – sprzęt jest wykorzystywany do realizacji wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych (szczególnie na specjalności Sieci Komputerowe i Technologie Internetowe), wiele urządzeń z tego laboratorium jest wykorzystywanych do przeprowadzania badań i eksperymentów w ramach prac inżynierskich i magisterskich.

### **Laboratoria w gestii Instytutu Telekomunikacji Multimedialnej**

#### **Pracownia fotoniki i systemów światłowodowych (s. P-025/P-026 w budynku dawnego WEiT PP)**

Pracownia dysponuje najwyższej klasy aparaturą pomiarową zakupioną dzięki pozyskanym środkom z projektów TEMPUS, zrealizowanych projektów finansowanych przez Komitet Badań Naukowych i Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, z funduszy wypracowanych przez dawny WEiT PP, a wcześniej Instytut Elektroniki i Telekomunikacji oraz dzięki współpracy z prywatnymi firmami. Dostępna w pracowni aparatura umożliwia realizację szerokiego zakresu pomiarów optycznych w dziedzinie czasu oraz częstotliwości optycznych zarówno dla pasywnych, jak i aktywnych elementów i submodułów optycznych. Dostępne metody pomiarowe, w których wykorzystywany jest profesjonalny sprzęt metrologiczny obejmują między innymi:

- pomiar tłumienia i strat wtrąceniowych światłowodów i optycznych elementów skupionych,
- pomiar charakterystyk spektralnych elementów pasywnych i aktywnych,
- pomiar charakterystyk spektralnych źródeł i sygnałów optycznych,
- precyzyjny, wielokanałowy (do 250 kanałów) pomiar długości fal z pełną charakterystyką nośnych optycznych systemów światłowodowych DWDM,
- pomiar charakterystyk współczynnika odbicia,
- pomiar stanu polaryzacji światła i właściwości elementów optycznych zależnych od stanu polaryzacji światła (określenie parametrów macierzy Jones'a, pomiar PDL, PMD),
- badanie dyspersji polaryzacyjnej metodą interferometru Michelsona,
- badanie dyspersji chromatycznej,
- pomiar i badanie jakości sygnałów optycznych do częstotliwości 20 GHz.

Oprócz tego w laboratorium zrealizowano własne stanowiska pomiarowe służące między innymi do:

- określenia szerokości widmowej laserów metodą detekcji koherentnej,
- zautomatyzowanego, precyzyjnego pomiaru charakterystyk spektralnych elementów pasywnych,
- analizy spektralnej o wysokiej rozdzielczości.

#### **Wypożyczenie laboratorium:**

1. Analizator Cyfrowych Systemów Telekomunikacyjnych, Agilent 83480 DCA option 100, 83485 (kanał optyczny 20 GHz, kanał elektryczny 20 GHz),
2. Wielofalowy analizator kanałów optycznych (rozdzielczość 2-3 pm), Agilent, typ: 86120 C,
3. Laser przestrajalny HP/Agilent 8168F, 1450 – 1590nm,
4. Laser przestrajalny: SANTEC ECL 220, 2x,
5. Laser przestrajalny: Photonetics BT,
6. Precyzyjny tłumik optyczny HP 8156A,
7. Precyzyjny tłumik optyczny JDS Uniphase HA9 + komutator pomiarowy,
8. Przestrajalny filtr optyczny DWDM JDS Fitel TB9,
9. Wzmacniacz EDFA, Exfo: IQ 6100,

10. Moduł wzmacniacza EDFA, ADVA GmbH,
11. Przesuwnik akustooptyczny Brimrose 1500 MHz,
12. Przesuwnik akustooptyczny Brimrose 1000 MHz,
13. Kontroler laserów półprzewodnikowych: Newport 8000 (4 kanały),
14. Kontroler laserów półprzewodnikowych: ILX Lightwave 3900 LDC (4 kanały),
15. Analizator widma optycznego (600 – 1800 nm) Anritsu MS 9710,
16. Analizator widma Fabry-Perot, w konfiguracji przestrajalnego etalonu o finezji 300 i regulowanym FSR w zakresie od 30 – 300 GHz, układ zrealizowany w ramach projektu KBN nr: 3T11D 01427, „Wielofalowe źródło optyczne o stabilnych odstępach częstotliwości nośnych”,
17. Kompensator dyspersji chromatycznej, DK-40,
18. Sprzęgacz kierunkowy o regulowanym współczynniku sprzężenia, Newport,
19. Kamera podczerwieni, Hamamatsu C-2400,
20. Światłowodowe filtry optyczne (Bragga, cienkowarstwowe),
21. Precyzyjne zestawy justerskie, Newport,
22. Spawarka światłowodowa: Ericsson typ: FSU 995 FA,
23. Spawarka światłowodowa manualna: IŁ,
24. Analizator polaryzacji Agilent 8509 B,
25. Reflektometr optyczny: Anritsu, typ: MW9070A, s/n M17351,
26. Analizator dyspersji chromatycznej: GN Nettest, typ: FD440,
27. Analizator dyspersji polaryzacyjnej: GN Nettest, typ: PMD440,
28. Platforma pomiarowa Wandel Goltermann OMS-200, Analizator widma optycznego,
29. Platforma pomiarowa EXFO IQ 203,
  - IQ 6100 wzmacniacz EDFA,
  - IQ 2300 źródło EDFA,
  - IQ 3100 tłumik optyczny,
30. Platforma pomiarowa EXFO IQ 203,
  - IQ 9100 komutator optyczny,
  - IQ 1200 miernik mocy optycznej,
31. Platforma pomiarowa EXFO IQ 206,
  - IQ 5100 kontroler polaryzacji,
  - IQ 5100 kontroler polaryzacji,
  - IQ 5320 wielofalowy analizator kanałów optycznych, rozdzielczość 2 pm,
32. Platforma pomiarowa EXFO IQ 206,
  - IQ 2100 źródło DWDM,
  - IQ 1200 czterokanałowy miernik mocy optycznej,
  - IQ 3200 miernik odbić,
  - IQ 5100 kontroler polaryzacji,
  - IQ 3400 miernik PDL/OL,
33. O/E konwertery (DC – 1,2 GHz, 700-1800 nm) P6703B, Tektronix,
34. Konwerter O/E, DC-6 GHz, 1300/1550 nm, HP 83440B,
35. Szerokopasmowe światłowodowe źródło światła 400-1800 nm Anritsu MG 922,
36. Precyzyjny miernik mocy optycznej: Anritsu.

### **Laboratorium optotelekomunikacji (s. P-027 w budynku dawnego WEiT)**

Laboratorium to stanowi dla studentów pierwszy stopień wtajemniczenia w zagadnienia optycznej komunikacji. Ćwiczenia zaprojektowane w pracowni dedykowane są dla wszystkich studentów studiów stacjonarnych i niestacjonarnych pierwszego stopnia na kierunku EiT i umożliwiają poszerzenie wiedzy teoretycznej i nabranie doświadczenia w zakresie projektowania, budowy i eksploatacji światłowodowych systemów komunikacyjnych. Bazę sprzętową będącą na wyposażeniu laboratorium stanowią zestawy optyczne firmy Newport oraz Cobrabid; zestaw pomiarowy SVFO firmy Pirelli wyposażony w nadajniki i odbiorniki optyczne, sprzęgacze światłowodowe i demultipleksery; spawarkę światłowodową; reflektometr firmy Anritsu oraz mierniki mocy optycznej. Zestawy umożliwiają przeprowadzenie szeregu doświadczeń demonstrujących właściwości transmisyjne poszczególnych komponentów łącza optycznego.

Laboratorium oferuje wachlarz tematów ćwiczeniowych stanowiących dopełnienie treści wykładowych w zakresie przedmiotu *Optotelekomunikacja* takich jak: badanie propagacji modów światłowodowych, pomiar apertury numerycznej, pomiar strat w złączach optycznych, pomiar tłumienności metodą zastąpienia, pomiar parametrów sprzęgaczy światłowodowych, pomiar mocy optycznej diody LED w funkcji prądu, pomiar mocy optycznej diody laserowej w funkcji prądu, pomiar współczynnika multiplikacji diody lawinowej, spawanie włókien światłowodowych, pomiar reflektometryczny tłumienności torów światłowodowych, badanie nadajnika światłowodowego dla transmisji analogowej, badanie nadajnika światłowodowego dla transmisji cyfrowej, badanie odbiornika światłowodowego, analiza widma optycznego promieniowania laserów, łącze światłowodowe jedno-falowe – właściwości budżetu mocy, łącze światłowodowe jedno-falowe – właściwości pasmowe, łącze światłowodowe WDM – właściwości budżetu mocy, łącze światłowodowe WDM – właściwości pasmowe, testowanie łącza światłowodowego Fast Ethernet, testowanie łącza światłowodowego Gigabit Ethernet.

W laboratorium są realizowane prace dyplomowe inżynierskie oraz magisterskie o charakterze praktycznym, które często znajdują zastosowanie w kolejnych zestawach ćwiczeniowych poszerzając w ten sposób bazę doświadczalną dla kolejnych grup studenckich. Dzięki tym działaniom powstał układ (de)kodera Manchester na dedykowane szybkości transmisyjne oraz układ do pomiaru pasma optycznego toru metodą opartą na analizie odpowiedzi częstotliwościowej.

Przykładowe prace dyplomowe inżynierskie:

- Grzegorz Niski, Badanie optycznego łącza przemysłowego, 2018.
- Agnieszka Makuch, Użytkowy test łącza światłowodowego, 2019.

Kierunki rozwoju Laboratorium Optotelekomunikacji dążą do rozbudowy istniejącej bazy aparaturowej o nowe przyrządy lub wymianę starych, których posiadanie umożliwi prowadzenie bardziej zaawansowanych pomiarów systemów optycznych, do których zalicza się spektralne i pasmowe pomiary łączy optycznych. Dodatkowym celem działań rozwojowych jest możliwość budowania układów laboratoryjno-pomiarowych wykorzystujących współczesne łącza światłowodowe o zarazem większych przepływnościach jak i uniwersalnym sieciowym zastosowaniu.

Laboratorium znajduje się na parterze z dostępem bez przeszkód architektonicznych oraz w konfiguracji umeblowania niestwarczającej ograniczeń do poruszania się również dla osób na wózkach. Całe wyposażenie w laboratorium jest możliwe do wykorzystania na cele wykonywania przez studentów zadań wynikających z programu studiów w ramach pracy własnej.

### **Laboratorium cyfrowego przetwarzania sygnałów i programowania procesorów sygnałowych (s. P-028 w budynku dawnego WEiT)**

Laboratorium Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów i Programowania Procesorów Sygnałowych wyposażone jest w 15 zestawów uruchomieniowych Analog Devices EZ KIT-lite ADSP 21369 oraz 15 komputerów PC obsługujących te zestawy. Komputery te posiadają 4GB pamięci RAM, procesor Intel Core i7@2.93GHz i korzystają z systemu operacyjnego Windows 10. W rezerwie pozostają 2 sprawne zestawy EZ kit-lite ADSP 21160 oraz dwa zestawy stałoprzecinkowe ADSP 2190. Zestawy uruchomieniowe są również udostępniane studentom przygotowującym prace dyplomowe.

Laboratorium jest dostosowane do użytku przez osoby niepełnosprawne – wymagany sprzęt do pracy jest przygotowywany przed zajęciami przez prowadzącego, dzięki czemu nie ma potrzeby, by studenci samodzielnie szukali i podłączali sprzęt.

Laboratorium rozwija się poprzez okresowe unowocześnianie sprzętu lub oprogramowania wykorzystywanego podczas zajęć. Dodatkowo, odpowiadając na zainteresowania i uwagi studentów, wykonywane ćwiczenia laboratoryjne ewoluują, aby dostarczyć wymaganą wiedzę w bardziej przystępny i zrozumiały sposób.

### **Laboratorium podstaw telekomunikacji (s. P-132a w budynku dawnego WEiT PP)**

W sali są prowadzone zajęcia laboratoryjne z przedmiotu *Podstawy telekomunikacji*. Baza sprzętowa tej sali jest także udostępniana studentom przygotowującym prace inżynierskie oraz studentom działającym w Kole Naukowym Krótkofalowców SP3PET, którego opiekunem jest dr hab. inż. Mieczysław Jessa. W laboratorium znajduje się 6 (5+1 zapasowy) zestawów dydaktycznych opracowanych na byłym WEiT PP. Zestawy dydaktyczne ilustrują działanie modulacji analogowych AM, DSB, SSB, FM oraz pętli synchronizacji fazy. Każdy zestaw składa się z modułów, które można dowolnie kompletować, ilustrując za pomocą tego samego zestawu działanie modulatorów/demodulatorów AM, DSB, SSB, FM oraz pętli synchronizacji fazy. Do urządzeń wykorzystywanych w czasie zajęć należą: 5 oscyloskopów cyfrowych z funkcją FFT, 5 oscyloskopów analogowych, 6 zestawów uniwersalnych, każdy złożony z generatora, częstotściomierza zasilacza i miernika UIR, 8 generatorów sygnałowych, 5 mierników współczynnika zniekształceń sygnałowych oraz 6 generatorów sygnałowych zintegrowanych z częstotściomierzami.

W laboratorium nie ma przeszkód architektonicznych a konfiguracja umeblowania nie stwarza ograniczeń do poruszania również dla osób na wózkach. Całe wyposażenie w laboratorium jest możliwe do wykorzystania na cele wykonywania przez studentów zadań wynikających z programu studiów w ramach pracy własnej.

Przykłady prac dyplomowych realizowanych w laboratorium:

- Wojciech Gościński – „Nadajnik stereofoniczny UKF FM” 2015,
- Piotr Stołowski, Wiktor Woźniak – „Stacja pogoda z bezprzewodową transmisją danych”.

### **Laboratorium Układów Elektronicznych i Metrologii (s. WE-518x w wieżowcu „bez zegara” w kampusie „Warta”)**

W Laboratorium 518x (s. 518x w budynku PP, ul. Piotrowo 3A) prowadzone są następujące laboratoria: *Podstawy Techniki Pomiarowych, Metrologia, Sensory i Układy Pomiarowe, Podstawy Techniki Pomiarowych, Elektroniczne Przetworniki Sygnałów i Podstawy Elektroniki*.

Prezentowana nowoczesna baza dydaktyczna, służy do realizacji zajęć oraz działalności naukowej na kierunku EiT. Sala 518X jest umiejscowiona na V piętrze budynku przy ul. Piotrowo 3A. Budynek posiada 5 wind. Zarówno windy jak i poziome pochylnie wokół budynku niwelują bariery architektoniczne dla osób niepełnosprawnych. Aparatura i materiały dydaktyczne są również wykorzystywane w celu wykonywania przez studentów zadań wynikających z programu studiów w ramach pracy własnej.



Dodatkowe zajęcia w laboratorium: Ośmiotygodniowe szkolenie studentek kierunków Elektronika i Telekomunikacja w lutowaniu i montażu układów elektronicznych. Zwieńczeniem pracy jest występ studentek ze swoimi pracami na imprezie promocyjnej „Dziewczyny na Politechniki”. Pokaz „Laboratorium Zimna” – warsztatu popularnonaukowego, w ramach Programu Europejskiego „Noc Naukowców”. Dodatkowo przygotowywanie dyplomantów specjalności Elektroniczne Systemy Programowalne i Optoelektronika.

**Wypożyczenie laboratorium:**

- 6 oscyloskopów analogowych VOLTcraft VC 630-2.
- 7 oscyloskopów analogowych LG OS-9020.
- 7 generatorów funkcyjnych HAMEG.
- 2 generatory funkcyjne METEX MXG-9802A.
- 7 zasilaczy potrójnych HAMEG.
- 6 zasilaczy NDN.
- 12 dekad rezystancyjnych.
- 4 dekady pojemnościowe.
- 21 multimetrów cyfrowych.
- 5 multimetrów cyfrowych METEX MXD4660A.
- 3 oscyloskopy cyfrowe TDS1002,
- 3 oscyloskopy cyfrowe DSO3062A.
- 2 częstotściomierze cyfrowe Protec C3100.
- 6 autotransformatorów.
- 6 transformatorów separujących.
- 84 zestawy do ćwiczeń laboratoryjnych (12 typów po 7 sztuk).
- 4 zestawy do ćwiczeń z przetwornikiem a/c (2 typy po 2 sztuki).
- 6 zestawów do ćwiczeń laboratoryjnych (1 typ po 6 sztuk).
- Zestaw źródła prądowego z polem odczytowym.
- Zestaw przetwornika transformatorowego.
- Zestaw przetwornika różnicowego.
- Zestaw z detektorem fazoczułym.
- Zestaw ze wzmacniaczem prądowym sygnałów małej częstotliwości.
- Zestaw do badania: fotodiody, fototranzystora, fotorezystora, fotoogniwa, układu komparatora z histerezą i mostka niezrównoważonego.
- Stanowisko do zdejmowania charakterystyk fotoelementów.
- Stanowisko do generowania wymuszeń cieplnych: skok jednostkowy i skok prędkości w zakresie od 20 do 400 stopni Celsjusza.
- 4 lutownice kolbowe ELWIK z bezpiecznym zasilaniem 24V.
- 4 specjalizowane stanowiska typu BREAD BOARD ZY-208.
- Kamera termowizyjna FLIR TG164.
- Kamera termowizyjna Seek Thermal RQ-EAAX.
- Termometr precyzyjny GRESINGER GMH 3710.
- Termometr precyzyjny THERM 2283-2F.
- Stanowisko do badania Kamery termowizyjnej.

## Laboratoria wykorzystywane w procesie kształcenia na kierunku studiów EiT

- Termistory NTC, PTC.
- Czujniki rezystancyjne PT100, PT500 i PT100.
- Termopary typu J, K, N, S oraz B.
- Komórka do odtwarzania punktu potrójnego wody.
- Stanowisko do badania tensometrów.
- Stanowisko do badania prędkości obrotowej.
- Miernik natężenia pola EMF-827.
- Luksomierz Luxtron LX-105.
- Ogniwa fotowoltaiczne.
- Anemometr.
- Miernik rejestrator energii czynnej, biernej i  $\cos\phi$ .
- Multimetr cyfrowy Agilent 34401A.
- Generator funkcyjny cyfrowy Agilent 33220A.
- Specjalistyczna tablica z przewodami laboratoryjnymi różnych typów, zawierająca 194 przewody.

### **Laboratorium dydaktyczne Systemów Komputerowych i Układów Mikroprocesorowych (s. P-029 w budynku dawnego WEiT PP)**

W laboratorium tym odbywają się zajęcia z przedmiotów: „Komputerowe systemy pomiarowe”, „Sensory i układy pomiarowe”, „Rozproszone systemy pomiarowe”, „Struktury wbudowane”, „Komputerowe wspomaganie projektowania”, „Elektroniczne systemy sterowania/Rozproszone systemy pomiarowe”, „Komputerowe systemy kontrolno-pomiarowe”, „Systemy wbudowane”. Wyposażenie laboratorium obejmuje komputery PC, oprogramowanie specjalistyczne NI LabView i Circuit Design Suite, MELSOFT, AVR oraz różnego rodzaju przyrządy pomiarowe.

#### **Wyposażenie laboratorium:**

Komputery z dostępem do Internetu:

- komputery Intel Core i5 3.3 GHz – 10 szt.,
- komputery Intel Core2 Duo 2,53 GHz – 3 szt.

Oprogramowanie:

- systemy operacyjne zainstalowane na każdym komputerze: Windows 7, Windows 10,
- NI LabView 2017 – Profesional Development System,
- NI LabView Control and Embedded System Software,
- NI LabView Signal Processing and Communications Software,
- NI LabView Signal and Image Processing Software,
- NI LabView 2017 FPGA Module,
- NI LabView Dataloging and Supervisory Control Module,
- NI LabView Real-Time Module for Windows,
- Measurement Studio Enterprise Edition for Windows,
- NI Signal Express,
- VEE Pro for Windows, Release 7.51,
- Agilent IO Libraries Suite 15.0.
- Środowisko uruchomieniowe - program AVR Studio 4.0,
- NI Circuit Design Suite 10.0.1 (Multisim, Ultiboard),
- LTSpice XVII firmy Linear Technology,

## Laboratoria wykorzystywane w procesie kształcenia na kierunku studiów EiT

- TI FilterProDT v. 3.1,
- Tibbo TIDE 3.07.45,
- MELSOEF GXworks 3.

Przyrządy pomiarowe i inny sprzęt:

- oscyloskopy cyfrowe HP 54602B – 2 szt.,
- oscyloskopy analogowe Hameg HM 303-6 – 4 szt.,
- moduły pomiarowo-sterujące myRIO-1900 – 2 szt.,
- zestaw edukacyjny STK500 + mikroprocesor ATmega16 – 8 szt.,
- zasilacz uniwersalny AC/DC LEXTON LX G56 12V/1A – 8 szt.,
- generatory cyfrowe HP 33120A – 2 szt.,
- multimetry cyfrowe HP 34401A – 2 szt.,
- karty pomiarowe NI PCI-6221 – 2 szt.,
- karty pomiarowe NI USB-6008 – 2 szt.,
- karty pomiarowe NI USB-6009 – 2 szt.,
- karty interfejsu GPIB 82350B PCI – 6 szt.,
- karty pomiarowe : NI PCI-6024E – 2 szt.,
- przemysłowe sterowniki PLC Mitsubishi Electric FX5U32 – 6 szt.,
- interfejsy ethernetowe Tibbo EM1206 EV – 4 szt.,
- minikomputery Raspberry Pi typ B – 2 szt.
- dodatkowe wyposażenie: inteligentne czujniki cyfrowe (pirometryczne, temperatury, wilgotności, wysokości i ciśnienia) z interfejsem I2C, konwertery interfejsów USB/I2C, karta interfejsowa NI USB-8451, przemysłowy modem GPRS Enfora 1308, Aurel Development Kit Wireless ZigBee 2.4 GHz.

Od 2015 w laboratorium wprowadzono następujące nowe ćwiczenia:

- Przedmiot: Komputerowe systemy kontrolno-pomiarowe: Wirtualny miernik czasu reakcji, Akwizycja, przetwarzanie i generowanie sygnałów dźwiękowych, Regulator PID – regulacja temperatury, Interfejs I2C – pirometr i wysokościomierz baryczny, Sieciowy system pomiarowy – protokół DSTP.
- Przedmiot: Measurement systems: First program VI - the virtual dice, Basics of LabVIEW. The reaction time meter. Acquisition, processing and generating sound, Data acquisition card – DAQ Assistant, Data acquisition card, Signal acquisition and processing, PID regulator. Temperature control, Pressure altimeter. I2C interface, TCP/IP Communication in LabVIEW.
- Przedmiot: Elektroniczne systemy sterowania/Rozproszone systemy pomiarowe: Identyfikacja obiektów sterowania . Metody identyfikacji. Dobór sterownika i jego nastaw. Bezdotykowy pomiar temperatury – pirometr. Regulator PID – regulacja temperatury – układ fizyczny. Regulator PID – system do automatycznego pomiaru charakterystyk wyjściowych tranzystorów NPN – układ fizyczny. Programowanie modułu myRIO. Magistrala I2C. Wysokościomierz MPL3115A2. Programowanie modułu myRIO. Regulator PID – regulacja temperatury. Wykorzystanie wyświetlacza 7-segment i matrycy przycisków. Akwizycja i przetwarzanie sygnałów – NI DAQ (Data Acquisition Card), Sieciowy system pomiarowy – NI DSTP, Sieciowy system pomiarowy – TCP, UDP, Programowanie modułów Tibbo (konwersja interfejsów LAN/RS232), Bezprzewodowa transmisja ZigBee, Programowanie PLC 1 – realizacja funkcji logicznych – układy kombinacyjne, Programowanie PLC 2 – wykorzystanie zegarów – Timers, Programowanie PLC 3 – wykorzysta-

nie liczników – Counters, Programowanie PLC 4 – komunikacja pomiędzy sterownikami – RS 485, Programowanie PLC 5 – przykładowe aplikacje.

Zestawy mikroprocesorowe i aparatura pomiarowa dostępne w laboratorium P-029 są również wykorzystywane przez studentów kierunku EiT, jako zaplecze sprzętowe do uruchamiania/testowania układów w ramach realizowanych prac inżynierskich oraz magisterskich (prac których tematyka związana jest z koniecznością uruchamiania systemów mikroprocesorowych i pomiarowych wykorzystujących zasobów zestawów STK500 i modułów myRIO-1900).

Przykłady prac dyplomowych realizowanych w laboratorium P-029:

- System pomiarowy do mobilnego monitorowania jakości powietrza, M. Maćkowiak,
- Moduł akwizycji danych z odbiornikiem GPS/GLONASS, B. Walicki,
- Zastosowanie kontrolera NI myRIO do wprowadzania efektów dźwiękowych w czasie rzeczywistym, T. Niedziałkowski,
- Układ akwizycji danych z czujnikiem MEMS, W. Zieliński,
- Wyświetlacz multipleksowany LED do zestawu STK500, J. Kolasiński
- Moduł akwizycji danych pomiarowych do balonu stratosferycznego, K. Kowalski,
- Elektroniczny kompas cyfrowy, B. Gajewski,
- Elektroniczna „skrzynka” systemu e-caching, E. Wronka,
- Autonomiczna stacja do odbioru zdjęć pogodowych z satelitów NOAA, P. Drzciński,
- System do nadążnego śledzenia satelitów meteorologicznych NOAA, S. Antkowiak,
- Układ pomiarowy zasilany energią słoneczną w warunkach deficytu, M. Markiewicz.

#### **Laboratorium badawcze (s. P-120 w budynku dawnego WEiT PP)**

W laboratorium prowadzone są prace badawcze dotyczące: opracowania systemów pomiarowych do pomiarów nanozłączy formowanych w obszarze interfejsu metal-półprzewodnik, nowych metod charakteryzacji układów nanoelektronicznych, metod korekcji błędów występujących podczas pomiarów, wpływu zmian temperatury na parametry czasowe scalonych układów cyfrowych. Laboratorium jest także udostępniane studentom realizującym prace dyplomowe inżynierskie i magisterskie.

##### **Wypożyczenie laboratorium:**

Komputery z dostępem do Internetu:

- komputer PC AMD X6 1090T,
- komputery PC Intel Core2 Duo 2,53 GHz – 2 szt.

Oprogramowanie:

- systemy operacyjne Windows 7, Windows 10
- NI LabView 2015, LabVIEW 2017
- NI LabView Signal Processing and Communications Software,
- NI LabView Signal and Image Processing Software,
- NI LabView Dataloging and Supervisory Control Module,
- Measurement Studio Enterprise Edition for Windows,
- NI Signal Express,
- VEE Pro for Windows, Release 7.51,
- Agilent IO Libraries Suite 15.0.
- NI Circuit Design Suite 10.0.1 (Multisim, Ultiboard),
- LTSpice XVII firmy Linear Technology,

## Laboratoria wykorzystywane w procesie kształcenia na kierunku studiów EiT

- TI FilterProDT v. 3.1,
- Tibbo TIDE 3.07.45,
- MELSOEF GXworks 3.

Przyrządy pomiarowe i inny sprzęt:

- oscyloskop cyfrowy Agilent DSO 6054A,
- oscyloskop cyfrowy Agilent DSO-X 3024A,
- oscyloskop LeCroy 9310CM,
- oscyloskopy Tektronix TDS 1002B,
- oscyloskopy Tektronix TDS 210,
- generatory Agilent 33220A – 2 szt.,
- generator HP 33120A – 2 szt.,
- multimetr HP 34401A,
- Keithley 2701 Ethernet Multimeter/Data Acquisition System,
- Keithley 199 System DMM/Scanner,
- zasilacz programowany Hameg HM8143,
- zasilacz programowany Agilent E3631,
- karta pomiarowa NI DAQ 6024E,
- karta pomiarowa NI PCI-6111E,
- karta interfejsowa NI USB-8451,
- karty interfejsowe IEEE 488.2 – 3 szt.,
- przemysłowy system pomiarowo sterujący Compact Field Point CFP-2000,
- moduły pomiarowo-sterujące myRIO-1900 – 2 szt.,
- stół antywibracyjny z systemami do precyzyjnego pozycjonowania 3D,
- komora termiczna,
- Soldering&Desoldering Station NDN 988D,
- wiertarka do płytek drukowanych.

Aparatura pomiarowa dostępna w laboratorium P-120 jest również wykorzystywana przez studentów kierunku EiT, jako zaplecze sprzętowe do uruchamiania/testowania układów w ramach realizowanych prac inżynierskich oraz magisterskich. Podczas realizacji prac studenci wykorzystują także stację lutowniczą.

Przykłady prac dyplomowych realizowanych w laboratorium P-120:

- System bezprzewodowego sterowania urządzeniami domowymi, E. Wronka,
- Zestaw dydaktyczny do nauki programowania sterowników PLC, P. Romanowski, T. Rymarczyk.
- Kondycjoner sygnału z transmisją bezprzewodową, D. Dorawa.
- Aplikacja wspomagająca kierowcę dla urządzeń z systemem Android, P. Romanowski.
- Sterowane obciążenie prądowe do testowania źródeł zasilania, D. Bratkowki.
- Uniwersalny sterownik PID w oparciu o komputer Raspberry PI, M. Maćkowiak.

### **Laboratorium Fal i Anten (s. P-002 w budynku dawnego WEiT PP)**

W laboratorium prowadzone są zajęcia z następujących przedmiotów: Fale i Anteny, Electromagnetic Waves, Line-of-Sight Radio Systems, Kompatybilność Elektromagnetyczna, Układy i Systemy Mikrofalowe oraz Układy Radioelektroniczne.

Laboratorium jest nowoczesne, przeprowadzane są w nim badania naukowe dotyczące propagacji sygnałów radiowych (dr inż. Piotr Górniak) i wdrożeniowe w zakresie urządzeń radioelektronicznych do współczesnych systemów radiowych (dr inż. Jarosław Szóstka). Można w nim badać anteny, tory antenowe i mierzyć parametry transmisyjne i odbiciowe wzmacniaczy napięciowych i mocy oraz filtrów do 13 GHz. Studenci wykonują prace inżynierskie i magisterskie (praktyczne) w obszarze propagacji fal elektromagnetycznych, techniki antenowej, urządzeń radioelektronicznych i kompatybilności elektromagnetycznej. Wyposażenie laboratorium stanowi bazę dydaktyczną umożliwiającą prawidłowe kształcenie studentów w oparciu o sprzęt nie odbiegający parametrami i możliwościami od sprzętu używanego w praktyce w firmach i przez operatorów radiokomunikacyjnych (telefonii komórkowej).

Kompleksowość bazy – laboratorium pokrywa obszar związany z techniką antenową, propagacją fal radiowych, technikami mikrofalowymi, układami radioelektronicznymi i częściowo kompatybilnością elektromagnetyczną – generalnie warstwą fizyczną współczesnych systemów radiokomunikacyjnych.

Laboratorium nie utrudnia poruszania się osobom z niepełnosprawnością ruchową – brak progów, szerokie odstępy między stołami laboratoryjnymi umożliwiającymi wjazd wózka inwalidzkiego.

**Wypożyczenie laboratorium:**

- generatory sygnałowe SMH (2 GHz) i wektorowy SMBV 100A (3,2 GHz),
- reflektometr do pomiaru torów antenowych oraz analizy anten FSH3 wraz z oprogramowaniem, pełniący jednocześnie funkcję analizatora widma 3 GHz z wbudowanym generatorem w.cz.,
- analizator widma 1,8 GHz,
- analizator sieci ZVL na pasmo do 13,5 GHz,
- analizator sieci na pasmo 1 GHz,
- cyfrowy oscyloskop czasu rzeczywistego na pasmo do 3,5 GHz,
- oscyloskop próbkujący na pasmo do 50 GHz,
- falowody R100, generatory Gunna, zestaw dielektryków,
- zestaw elementów wykonanych w technice mikropaskowej, anteny tubowe, anteny panelowe, pomiarowe anteny logarytmiczno-periodyczne,
- polaryzatory fali, reflektory falowe i oscyloskopy analogowo-cyfrowe 200 MHz,
- zasilacze laboratoryjne, generatory funkcyjne i mierniki uniwersalne,
- system pomiarowy do badania jednoelementowych oraz złożonych anten liniowych na pasmo 1,2 GHz - 1,8 GHz,
- miernik mocy NRP do 18 GHz wraz z dedykowanymi sondami pomiarowymi,
- miernik pól elektromagnetycznych MEH do pomiarów BHP i ochrony środowiska,
- płytki PCB, środek do wytrawiania laminatu, elementy elektroniczne i stacje lutownicze.

Przykładowe prace dyplomowe zrealizowane z wykorzystaniem infrastruktury laboratorium:

- Paweł Kozak „Projekt i realizacja układu antenowego na pasmo mikrofalowe w technologii PCB” (01.2018).
- Paweł Kozak „Modelowanie i pomiary anten RFID” (09.2019).
- Adrianna Marek „Efekt termiczny wywołany przez pole elektromagnetyczne telefonów komórkowych” (09.2019).
- Paweł Andrulowniów „Termiczne i nietermiczne efekty oddziaływania telefonów komórkowych” (01.2017).
- Mateusz Kwasiborski „Wpływ rodzaju i ilości podgrzewanego materiału na promieniowanie elektromagnetyczne z kuchenek mikrofalowych” (01.2018).

- Adam Mrozicki „Regulowany stabilizator napięcia na zakres 0-10V” (01.2017).

**Laboratorium Technik Multimedialnych (s. P-119a oraz s. P-138 w budynku dawnego WEiT PP)**

**Sala P-119a**

W laboratorium prowadzone są następujące zajęcia: Wprowadzenie do Multimediów, Systemy Multimedialne, , Przetwarzanie Dźwięku i Mowy, Telewizja Cyfrowa, Systemy Wizyjne, Inżynieria Obrazu, Biometria i Nadzór Wizyjny, Zaawansowane Programowanie w Multimediami, Techniki i Systemy Multimedialne.

Laboratorium jest również używane przez studentów w trakcie pracy nad projektami zaliczeniowymi i pracami dyplomowymi. W laboratorium prowadzone są również prace badawcze. W trakcie pracy w laboratorium studenci mają kontakt z nowoczesnym oprogramowaniem i urządzeniami. Wykorzystywane oprogramowanie i sprzęt są zbliżone do tego, jakie używane są w zastosowaniach komercyjnych, przez co możliwe jest zapoznanie studentów z narzędziami wykorzystywanymi w ich późniejszej pracy zawodowej. Wyposażenie laboratorium umożliwia prezentację najnowszych trendów w dziedzinie multimediów, jak też pozwala na prowadzenie prac badawczych w warunkach podobnych do tych, jakie dostępne są w innych wiodących ośrodkach naukowych na świecie.

Laboratorium nie utrudnia poruszania się osobom z niepełnosprawnością ruchową – brak progów, szerokie odstępy między stołami laboratoryjnymi umożliwiającymi wjazd wózka inwalidzkiego.

**Wyposażenie laboratorium:**

- 16 stanowisk wyposażonych w wydajne komputery z nowoczesnymi kartami graficznymi i dźwiękowymi, z dostępem do Internetu,
- programy do nauki różnych funkcji przetwarzania obrazów,
- programy realizujące kompresję (wizji, obrazów, fonii),
- programy dydaktyczne do nauki kompresji,
- monitor autostereoskopowy,
- stereoskopowy monitor polaryzacyjny,
- projektor stereoskopowy z ekranem zachowującym polaryzację,
- okulary VR,
- unikalne systemy wielokamerowe do synchronicznej rejestracji wizji i fonii (do 36 kamer równoległych),
- kamera wszechkierunkowa,
- wydzielone zaciemnione pomieszczenie do profesjonalnej subiektywnej oceny jakości obrazów ze specjalistycznym monitorem wysokiej jakości,
- oświetlenie i tło dla systemu kluczenia kolorów,
- specjalistyczne oprogramowanie do edycji nieliniowej sekwencji wizyjnych,
- pakiet Matlab,
- kamery rejestrujące wizję o wysokiej rozdzielczości z nakładkami stereoskopowymi,
- drukarki zdjęć: 2 sztuki,
- aparaty fotograficzne dobrej jakości wraz z obiektywami i nakładkami stereoskopowymi: 2 sztuki,
- kamery termowizyjne wysokiej rozdzielczości wraz z oprogramowaniem,
- monitory telewizyjne, monitory 4K,

## Laboratoria wykorzystywane w procesie kształcenia na kierunku studiów EiT

- urządzenia biometryczne: 14 czytników linii papilarnych, specjalistyczne programy do analizy biometrycznej.
- stelaże do montażu sprzętu, trójnogi, profesjonalne systemy oświetleniowe,
- dydaktyczne dekodery telewizji cyfrowej,
- instalacja sygnału telewizyjnego,
- programowe analizatory strumienia DVB,
- urządzenie do automatycznej rejestracji pola światła: 1 sztuka.

Przykładowe prace zrealizowane z wykorzystaniem infrastruktury laboratorium w latach (2018-2020):

- Dipendra Kumar Singh - „Waste segregation based on thermal images.
- Radosław Wegner – „Aplikacja do obrazowania multimodalnego”.
- Kamil Pierzyński, Sebastian Szturny: „System prezentacji obrazu dookólnego”, 2019.
- Maciej Rek, Kacper Błaszczak: „System kalibracji stereoskopowych kamer dookólnych”, 2018.
- Michał Rzyp, Dawid Olejniczak: „Platforma eksperymentalna do badań nad stereoskopowym obrazem dookólnym”, 2018.

### **Sala 138**

W laboratorium realizowane są prace dyplomowe inżynierskie i magisterskie oraz badania dla rozpraw doktorskich. W laboratorium prowadzone są głównie prace badawcze. Laboratorium jest używane przez studentów w trakcie pracy nad projektami zaliczeniowymi i pracami dyplomowymi pod nadzorem prowadzących prace. Wyposażenie laboratorium pozwala na prowadzenie prac badawczych na poziomie światowym. Wyposażenie sprawia, że laboratorium przewyższa możliwościami laboratoria większości podobnych ośrodków badawczych na świecie.

Laboratorium nie utrudnia poruszania się osobom z niepełnosprawnością ruchową – brak progów, szerokie odstępy między stołami laboratoryjnymi umożliwiającymi wjazd wózka inwalidzkiego.

#### **Wyposażenie laboratorium:**

- system wielokamerowy kamer wysokiej rozdzielczości dla 9 kamer ustawionych liniowo,
- zestaw systemu wielowidokowego dla swobodnego ustawienia 9 kamer,
- zestaw systemu wielowidokowego do analizy pola światła, złożony z 36 kamer 4k,
- kamera rozdzielczości 4k z akcesoriami i wymiennymi obiektywami: 1 sztuka,
- klastr obliczeniowy złożony z komputerów dużej mocy obliczeniowej i serwerów,
- komputery wyposażone we framegrabery do współpracy z dwoma kamerami wysokiej rozdzielczości: 5 sztuk,
- kamery wysokiej rozdzielczości: 10 sztuk,
- telewizory i monitory wysokiej rozdzielczości: 4 sztuki,
- stanowiska komputerowe: 3 sztuki,
- analizator stanów logicznych wysokiej klasy: 1 sztuka,
- cyfrowy oscyloskop czterokanałowy wysokiej klasy: 1 sztuka.

Przykładowe prace zrealizowane z wykorzystaniem infrastruktury laboratorium w latach (2018-2020):

- Dawid Olejniczak, Michał Rzyp: „Synteza obrazu panoramicznego na podstawie danych pola światła”, 2019.
- Sebastian Chudy: „Programowy symulator monitora autostereoskopowego”, 2018.



- Maciej Jermalonek: „Kalibracja systemu wielokamerowego wspomagana czujnikami bezwładnościowymi”, 2017.
- Dominika Łosiewicz: „Synteza obrazu wszechkierunkowego”, 2018.

#### **Laboratorium Techniki Obwodów Drukowanych (s. P-013 w budynku dawnego WEiT PP)**

W laboratorium prowadzone są zajęcia z przedmiotu Projektowanie Układów Elektronicznych, a także służy ono do realizacji prac inżynierskich i magisterskich. W laboratorium prowadzone są głównie prace badawcze. Ze względu na bardzo bogate wyposażenie jest chętnie wykorzystywane przez studentów i pozwala na zapoznanie ich ze współczesną technologią projektowania, wykonywania i montażu układów elektronicznych od strony praktycznej. Wyposażenie laboratorium jest wystarczające do prowadzenia prac montażowych układów elektronicznych o dużym stopniu miniaturyzacji, wykorzystujących trudne w lutowaniu układy BGA i podobne. Pozwala to na samodzielne montowanie nawet złożonych układów wykorzystywanych w badaniach lub w pracach dyplomowych. Wyposażenie laboratorium nie ustępuje wyposażeniu mniejszych firm zajmujących się projektowaniem czy naprawą układów elektronicznych.

##### **Na wyposażenie laboratorium składa się:**

- komputer ze specjalistycznym oprogramowaniem CAD i CAM, z dostępem do Internetu: 1 sztuka,
- frezarka do płytek drukowanych z zestawem niezbędnych narzędzi i akcesoriów, umożliwiająca również wykonywanie sit do nakładania pasty lutowniczej: 1 sztuka,
- sprężarka powietrza: 1 sztuka,
- urządzenie do wykonywania metalizacji w płytkach drukowanych: 1 sztuka,
- zestaw urządzeń i materiałów do wykonywania płytek metodą fotochemiczną, w tym naświetlarka UV dużego formatu,
- lutownica grzałkowa wysokiej klasy: 1 sztuka,
- stacja lutownicza wykorzystująca promieniowanie podczerwone: 1 sztuka,
- stacja lutownicza na gorące powietrze wraz z podgrzewaczem i statywem oraz akcesoriami, umożliwiająca montaż układów BGA: 1 sztuka,
- piec do lutowania rozpliwowego: 1 sztuka,
- zestaw elementów do wykorzystania w projektach, materiały do lutowania: spoiwo lutownicze, pasty, topniki, substancje czyszczące, kulki BGA, akcesoria lutownicze,
- myjka ultradźwiękowa: 1 sztuka,
- wideomikroskop: 1 sztuka,
- lupa stacjonarna: 1 sztuka,
- multimetry wysokiej klasy: 2 sztuki,
- drukarki 3D wraz z oprogramowaniem i wyposażeniem: 2 sztuki.

Przykładowe prace zrealizowane z wykorzystaniem infrastruktury laboratorium w latach (2019-2020):

- Dominik Sucharski: Układ charakterografu podłączanego do komputera
- Wiktor Tasarek: Stanowisko pomiarowe – hamownia z elektronicznym układem zdalnego sterowania.

#### **Laboratorium Układów Elektronicznych (s. P-013 w budynku Wydziału)**

W laboratorium prowadzone są następujące zajęcia: Przyrządy Półprzewodnikowe, Analogowe Układy Elektroniczne, Projektowanie Układów Elektronicznych, Elektronika Powszechnego Użytku,

Układy Elektroniczne, Podstawy Elektroniki. Jest ono także używane przez studentów w trakcie pracy nad projektami zaliczeniowymi i pracami dyplomowymi. Dzięki bogatemu wyposażeniu w nowoczesne i liczne urządzenia, w laboratorium prowadzone są również prace badawcze. Wyposażenie laboratorium jest wystarczające do prezentacji zarówno podstawowych, jak i zaawansowanych zagadnień związanych z budową, projektowaniem i uruchamianiem urządzeń elektronicznych, nawet o dużym stopniu komplikacji. Laboratorium jest też wykorzystywane przez studentów w ramach ich samokształcenia.

Laboratorium umiejscowione jest na parterze budynku i nie utrudnia poruszania się osobom z niepełnosprawnością ruchową – brak progów, szerokie odstępy między stołami laboratoryjnymi umożliwiającymi wjazd wózka inwalidzkiego.

**Wyposażenie laboratorium stanowi:**

- 6 stanowisk, każde wyposażone w:
- oscyloskop cyfrowy,
- zasilacz trzykanałowy,
- generator programowalny,
- multimetr laboratoryjny,
- płytki stykowe,
- zestawy elementów do budowy badanych układów, zestaw kabli połączeniowych,
- miernik RLC: 1 sztuka,
- generatory sygnałowe: 2 sztuki,
- multimetry przenośne (w tym umożliwiające podłączenie do PC): 10 sztuk,
- standardowe lutownice grzałkowe z wymiennymi grotami: 8 sztuk,
- kamera termowizyjna: 1 sztuka,
- programator wielofunkcyjny: 1 sztuka,
- analizator widma: 1 sztuka,
- oscyloskopy analogowe: 4 sztuki,
- akcesoria pomiarowe.

Przykładowe prace zrealizowane z wykorzystaniem infrastruktury laboratorium w latach (2019-2020):

- Mariusz Woźniak: Nadajnik radiowy pracujący w zakresie częstotliwości UKF o mocy 10W.
- Przemysław Madej: Oprogramowanie komputerowe do współpracy z multimetrem GW Instek GDM-8341.

**Laboratorium Układów Programowalnych i Systemów Wbudowanych (s. P-204 w budynku Wydziału)**

W laboratorium prowadzone są następujące zajęcia: Programowalne Układy Cyfrowe, Systemy Wbudowane. W trakcie zajęć wykorzystywane są autorskie zestawy uruchomieniowe, stworzone specjalnie na potrzeby prowadzonych zajęć. Modułowa budowa zestawów pozwala na wykorzystanie ich nie tylko podczas zajęć, ale również do badań naukowych i prac rozwojowych, zarówno w prowadzonych przez pracowników badaniach, jak też w pracach dyplomowych studentów.

**Wyposażenie laboratorium stanowią:**

- 12 stanowisk komputerowych z systemem operacyjnym Windows,
- moduły uruchomieniowe układów elektronicznych z układami FPGA (Xilinx Spartan-6, Artix-7 oraz Lattice MachXO) wraz z zestawem modułów we/wy (HDMI, USB, czujniki medyczne, enkodery, itp),

## Laboratoria wykorzystywane w procesie kształcenia na kierunku studiów EiT

- moduły uruchomieniowe z układami AVR ATMEGA i ATXMEGA wraz z zestawami czujników (akcelerometry, żyroskopy, dalmierze ultradźwiękowe, czujniki medyczne, czytniki linii papilarnych, itp),
- oprogramowanie do programowania układów FPGA,
- oprogramowanie do programowania mikrokontrolerów,
- analizatory stanów logicznych USB: 5 sztuk.

Przykładowe prace zrealizowane z wykorzystaniem infrastruktury laboratorium:

- Hubert Żabiński – „Moduł sprzętowy FPGA dla akwizycji obrazu z kamer”,
- Marcin Brach – „Moduł sterownika kart pamięci SD/MMC dla układów FPGA”,
- Grzegorz Niski – „Algorytm i implementacja techniki zmiany płaszczyzny ostrości na układy FPGA”.