

## Nauczanie podstaw elektroniki w trybach zdalnym i hybrydowym

**Streszczenie.** W artykule zaprezentowano kurs Podstawy Elektroniki opracowany dla kierunku Automatyka i Robotyka oraz sposób jego realizacji w trybach nauczania zdalnym i hybrydowym. Opisano zmiany wprowadzone przez autorów w ramach wykładów i laboratoriów, a także wykorzystane narzędzia wspomagające pracę zdalną. Dodatkowo zestawiono kilkuletnie wyniki ocen przedmiotu ze strony studentów i rezultaty egzaminacyjne, porównując trzy tryby nauczania: stacjonarny, zdalny i hybrydowy. Wyniki wskazują, że odpowiednia adaptacja i wykorzystanie nowoczesnych możliwości narzędzi wspomagających naukę samodzielną przynoszą pozytywne efekty, a nauczanie zdalne nie musi oznaczać pogorszenia efektów uczenia się.

**Abstract.** The article presents the Fundamentals of Electronics course for the field of Automation and Robotics and the method of its implementation in remote and hybrid modes of teaching. The changes introduced by the authors in the lectures and laboratories were described, as well as the tools used to support remote work. In addition, several years of course evaluation results by students and examination results were compiled, comparing three teaching modes: full-time, remote and hybrid. The results show that the appropriate adaptation and use of modern possibilities of tools supporting individual learning bring good results, and distance learning does not have to mean deterioration of learning outcomes. (**Teaching the basics of electronics in remote and hybrid modes**).

**Słowa kluczowe:** podstawy elektroniki, automatyka, robotyka, studia inżynierskie, nauczanie zdalne.

**Keywords:** basics of electronics, automatics, robotics, engineering studies, remote learning.

### Wstęp

Konieczność ograniczania możliwości rozprzestrzeniania się koronawirusa SARS-CoV-2, który dotarł do Polski w marcu 2020 roku wymusiła wprowadzenie przez rządzących wielu ograniczeń. Jednym z nich było przejście systemu edukacji w tryb nauczania zdalnego. Podjęta decyzja o zmianie formy nauczania na zdalną, a w kolejnym roku akademickim na hybrydową była istotnym utrudnieniem, ale stała się także okazją do wykorzystania nowych form i technik przekazywania wiedzy.

Wszystkie znane autorom uczelnie w Polsce przygotowały wykładowcom odpowiednie narzędzia wspomagające nauczanie zdalne. Dzięki obserwowanemu w skali globalnej od około dekady przyspieszonemu rozwojowi i popularyzacji narzędzi do nauczania zdalnego, nie wymagało to samodzielnej budowy mechanizmów do tego typu nauki [1, 2]. Na Politechnice Poznańskiej, gdzie pracują autorzy, wprowadzono system ekursy bazujący na platformie Moodle, umożliwiający prezentację materiałów dydaktycznych i przeprowadzanie testów, połączony z dwiema platformami telekonferencyjnymi: emeeting (bazującej na projekcie BigBlueButton) i Zoom [3].

Podczas gdy zmiana formy zajęć wykładowych jest relatywnie prosta, realizacja zajęć praktycznych i laboratoryjnych jest dużo trudniejsza. Rozwiązania prezentowane w literaturze wskazują jednak, że możliwa jest efektywna realizacja tego typu zajęć [1, 4]. Jednym z rozwiązań jest zdalna prezentacja studentom ćwiczeń laboratoryjnych, wykonywanych przez prowadzącego. To podejście eliminuje jednak samodzielną, praktyczną część działań studentów, pogarszając rezultaty uczenia się. Innym rozwiązaniem jest taka modyfikacja zajęć praktycznych, aby możliwe było ich samodzielne wykonanie przez studentów w warunkach domowych.

Autorzy, na przykładzie kursu Podstaw elektroniki dla studentów pierwszego stopnia Automatyki i Robotyki Politechniki Poznańskiej, opisanego w [5], prezentują adaptację sposobu przekazywania treści przy zmianie trybu stacjonarnego na tryby zdalny i hybrydowy bez utraty elementów praktycznych nauczania.

W artykule opisano zmiany wprowadzone przez autorów w wykładach i laboratoriach z podstaw elektroniki, a także wykorzystane narzędzia wspomagające pracę zdalną. Dodatkowo zestawiono kilkuletnie wyniki ocen przedmiotu ze strony studentów, rezultaty egzaminacyjne oraz formę

prowadzenia zajęć, porównując trzy tryby nauczania: stacjonarny, zdalny i hybrydowy.

### Wykłady

W trybie stacjonarnym wykłady były prowadzone przy użyciu rzutnika multimedialnego a do omówienia zagadnień trudniejszych wykorzystywano tradycyjną tablicę. Wielu dydaktyków, w tym autorzy, zauważają u studentów przesycenie formą elektroniczną (przezroczą) i dużo większe skupienie uwagi na treściach powstających na żywo, np. rysowanych schematach, czy zadaniach rozwiązywanych na tablicy mimo ich uboższej formy graficznej. Taka prezentacja treści, powiązana z wywoływaniem myślowym, inspiruje studentów do śledzenia toku rozumowania, a także do robienia notatek, co poprawia przyswajanie wiedzy.

Autorzy na wykładach starali się, w miarę możliwości, prezentować treści w formie problemowej, tj. zdefiniowania problemu, a następnie przedstawienia jego rozwiązania. Studenci w ankietach chwaliłi ten sposób przekazywania wiedzy, jako nie tylko łatwiejszy do zrozumienia i zapamiętania, ale także sugerujący praktyczny wymiar treści. Niektóre z problemów stawały się dodatkowo punktowymi zadaniami domowymi, które studenci chętnie rozwiązywali, samodzielnie pozyskując wiedzę wymaganą do ich rozwiązania.

Wszystkie powyższe formy zachowano przy przejściu w tryb nauczania zdalnego. Jak wspomniano we wstępie, przy odpowiednim wspomaganie za pomocą komputerowych narzędzi telekonferencyjnych, zmiana formy zajęć wykładowych jest relatywnie prosta. Możliwe jest zarówno prezentowanie przezroczy, jak i rysowanie na wirtualnej tablicy, np. za pomocą tabletu. Cenna jest interakcja ze studentami, np. zadawanie pytań i odbieranie odpowiedzi za pomocą wbudowanej funkcji chat lub z wykorzystaniem kanału audio.

Dodatkowo, wykłady zdalne można w prosty sposób rejestrować. Daje to okazję studentom do ich ponownego (a nawet wielokrotnego) odtworzenia w dowolnym czasie, np. w przypadku nieobecności na zajęciach lub w sytuacjach lepszego skupienia się. Badania socjologiczne pokazują, że dwukrotne odsłuchanie wykładu z wyższą szybkością (np. 1,5x lub 2x), w odstępie tygodnia daje lepsze rezultaty uczenia niż jednokrotne odsłuchanie wykładu bez zmiany szybkości [6].

Zdalne prowadzenie wykładów utrudnia jednak uzyskiwanie zwrotnej informacji niewerbalnej, która możliwa była do odczytania przy kontakcie bezpośrednim ze studentami. Przykładowo, trudno jest stwierdzić, czy studenci słuchają, czy nie zajmują się innymi zajęciami, czy nie są już znużeni, czy może rozproszeni. W takich przypadkach warto, choć na chwilę zmienić formę lub treść wypowiedzi (np. przez interesujący przykład lub anegdotę, nawet luźno związaną z tematem). Jednak przy braku informacji zwrotnej trudno jest reagować we właściwy sposób.

### Laboratoria

W celu zwiększenia efektywności nauczania wiedza przekazywana na wykładach wymaga ugruntowania poprzez zajęcia praktyczne (laboratoryjne) [7]). Realizacja zajęć w trybie zdalnym w tym zakresie stanowi pewne wyzwanie. Autorzy dokonali adaptacji kursu przygotowanego do nauczania stacjonarnego [5], podzielonego pierwotnie na dwa wątki (symulacyjny i praktyczny, do zajęć zdalnych i hybrydowych poprzez zmianę głównie części praktycznej.

Program części symulacyjnej pozostał bez zmian. Jego realizacja wymagała tylko wymiany oprogramowania: z symulatora na licencji płatnej na darmowy, dostępny dla studentów w warunkach domowych. Wybrano ceniony wśród elektroników symulator LTspice [8]. W tej części zadaniem studentów była analiza układów elektronicznych, na podstawie opracowanych instrukcji laboratoryjnych, zawierających wstęp teoretyczny i szczegółowo opisany przebieg ćwiczenia. Przygotowanie do zajęć było sprawdzane poprzez test na platformie Moodle zawierający trzy do pięciu pytań dotyczących omawianych zagadnień.

Ćwiczenia praktyczne z wykorzystaniem rzeczywistych elementów elektronicznych, niemożliwe do wykonania w laboratorium w trybie zdalnym, zostały zastąpione dwoma projektami wykonywanymi samodzielnie przez studentów, jedynie ze zdalnym nadzorem prowadzącego. Zapewniły one zapoznanie się studentów z podstawowymi elementami i układami elektronicznymi w warunkach pracy zdalnej.

W przypadku zajęć realizowanych w trybie hybrydowym, studenci wykonywali dodatkowo dwa ćwiczenia wprowadzające z wykorzystaniem modułu edukacyjnego ELVIS II i oprogramowania firmy National Instruments [9].

Zajęcia realizowane były w formie dwóch projektów układów elektronicznych o zróżnicowanej trudności. Realizacja każdego z układów odbywała się w zespołach 2-3 osobowych i podzielona była na 3 spotkania zgodnie z opisem w Tabeli 1. Istotnym aspektem realizacji każdego układu było:

- zaprezentowanie przez studenta wykonanych obliczeń poszczególnych elementów układu
- przygotowanie i przeprowadzenie symulacji układu
- samodzielne zaopatrzenie się w elementy elektroniczne konieczne do realizacji układu
- zmontowanie układu na płycie prototypowej, rozwiązanie problemu zasilania układu
- uruchomienie układu
- przedstawienie pomiarów rzeczywistego obwodu potwierdzających zgodność układu z założeniami projektowymi i symulacjami.

Przy realizacji pierwszego projektu zadaniem studentów było zaproponowanie układu (schematu) realizującego wybrane zadania, obliczenie wartości elementów elektronicznych, przeprowadzenie symulacji działania układu, a następnie zbudowanie go na płycie prototypowej, uruchomienie i dokonanie wybranych pomiarów. Poruszane w projektach zagadnienia przedstawiono w Tabelach 2 i 3.

Pierwszy cykl projektów dotyczył układów wykorzystujących diody i tranzystory (wykonywany po wcześniejszym, teoretycznym zapoznaniu się z tą tematyką). Listę propozycji układów prezentowanych przez prowadzącego oraz zagadnień, których dotyczą, przedstawiono w Tabeli 2. Ponadto, studenci mieli możliwość zaproponowania własnych układów lub, po odpowiednim uzasadnieniu, dokonania modyfikacji układów przedstawionych przez prowadzącego. Każdy zespół realizował jeden z układów, a opracowywane tematy nie mogły się powtarzać w jednej grupie studenckiej. Ze względu na niewielką liczbę wymaganych elementów elektronicznych oraz szeroką dostępność przykładów realizacji tematów z pierwszego cyklu w literaturze (por. Tabela 2) zadaniem studentów było samodzielne opracowanie schematów wybranego przez siebie układu.

Drugi cykl projektów to układy ze wzmacniaczem operacyjnym. Ze względu na większą złożoność tych układów ich schematy były przygotowane przez prowadzącego. Studenci mieli możliwość ich rozbudowy i modyfikacji. Listę propozycji układów ze wzmacniaczem operacyjnym przedstawia Tabela 3.

Warto zwrócić uwagę, że choć współcześnie otoczeni jesteśmy urządzeniami elektronicznymi, dla wielu studentów projekty stanowiły okazję do poznania wybranych elementów elektronicznych. Zgromadzenie wymaganych do realizacji projektów elementów wymagało ich doboru i zakupu (w sklepie stacjonarnym lub wysyłkowym), co dla wielu studentów okazało się pewnym wyzwaniem. Projekty nie były rozbudowane, koszt części wraz z płytą stykową, prostym zasilaczem i miernikiem nie przekraczały stu złotych. Autorzy zastanawiali się nad możliwością wypożyczania elementów elektronicznych, ale rozwiązanie to wyeliminowałoby dydaktyczny aspekt związany z samodzielnym szukaniem, doбором i zakupem części. W relacjach studentów często pojawiał się problem uszkodzenia elementów, co potwierdza znane wśród elektroników powiedzenie "dopóki nie spalisz diody/tranzystora/układu scalonego, nie nauczysz się". Dodatkowo, można mieć nadzieję, że pozostałe po projektach urządzenia i elementy będą inspiracją do dalszego samodzielnego zgłębiania wiedzy i umiejętności praktycznych w ramach projektów kół naukowych, prac dyplomowych, czy też samodzielnymi inicjatywami studenckimi.

### Narzędzia wspomagające

W celu efektywnej realizacji części zajęć zdalnych w tematyce podstaw elektroniki można wykorzystać darmowe oprogramowanie komputerowe do symulacji obwodów elektronicznych. Spośród szerokiej oferty dostępnych programów wykorzystywano następujące symulatory:

- Symulator LTspice (z rodziny symulatorów Spice), wspierany przez firmę Analog Devices [8].
- Symulator Falstad działający online, prezentujący działanie podstawowych układów elektronicznych w sposób graficzny (animowany przepływ prądu), ułatwiający zrozumienie idei ich działania [10].

Symulatory obwodów elektronicznych pozwalają na szybką weryfikację wielu układów elektronicznych lub ich modyfikację bez konieczności ich budowania, dlatego stanowią cenne narzędzie w trakcie nauki podstaw elektroniki.

Podczas realizacji zajęć zdalnych możliwości weryfikacji pracy studentów są ograniczone. Ponadto istnieją obawy o poziom motywacji studentów do pracy. W celu zaktywizowania studentów można wykorzystać wiele nowoczesnych narzędzi, które ułatwiają im zrozumienie

treści oraz dodają element pozytywnej rywalizacji. Do urozmaicenia zajęć wykorzystano następujące narzędzia:

- lekcje na platformie Moodle, które zawierały wyjaśnienia zagadnień omawianych na laboratoriach wraz z praktycznymi przykładami oraz pytaniami kontrolnymi sprawdzającymi przyswojenie treści
- testy na platformie Moodle, za pomocą których realizowane były tzw. „wejściówki”, czyli krótkie sprawdziany weryfikujące przygotowanie do zajęć; z wykorzystaniem tego narzędzia możliwe było efektywne sprawdzenie wiedzy za pomocą pytań otwartych oraz zamkniętych
- nagrania zajęć zdalnych; możliwość ponownego odsłuchania i obejrzenia zajęć była często wykorzystywana przez studentów podczas powtórek; dodatkowo studenci nieobecni mieli ułatwione przyswojenie materiału
- platformy edukacyjne Kahoot oraz Quizizz, pozwalające na generowanie quizów wielokrotnego wyboru, do których można uzyskać dostęp za pośrednictwem przeglądarki internetowej lub aplikacji Kahoot działającej w środowisku Android (smartfony).

### Efekty uczenia się

W Polskiej Ramie Kwalifikacji (PRK), w opisach kierunku kształcenia, a także poszczególnych modułów

dydaktycznych, przygotowuje się spis efektów uczenia się prowadzących do uzyskania kompetencji inżynierskich PRK na poziomie 6 (studia pierwszego stopnia, w tym przypadku inżynierskie). Weryfikacja uzyskania efektów uczenia się przeprowadzana jest za pomocą kolokwium, egzaminów przedmiotowych, a także wybiórczo, podczas egzaminów dyplomowych. Autorzy dokonali porównania zajęć z podstaw elektroniki prowadzonych w trybie stacjonarnym, zdalnym i hybrydowym. Autorzy zdają sobie sprawę z wad tego porównania, np. zmienna grupa testowa, różne warunki uczenia i weryfikacji efektów, czynniki zewnętrzne. Niemniej jednak, porównanie to może nieść informacje pozwalające na doskonalenie przebiegu kształcenia, mimo okoliczności utrudniających jego prowadzenie.

W Tabeli 4 przedstawiono podsumowanie wyników oceny studentów (ankiety) i uzyskanych ocen z egzaminu. Ocenę z egzaminu wydają się być najbardziej miarodajną oceną uzyskanych efektów uczenia się w całym przedmiocie. We wszystkich porównanych rocznikach egzamin składał się z 4 zadań problemowo-obliczeniowych obejmujących wybrane zagadnienia podstaw elektroniki. Pomiędzy rocznikami zadania miały zbliżony stopień trudności. Ponadto kładziono w nich zdecydowanie większy nacisk na rozumienie zagadnień niż na pamięciowe opanowanie materiału.

Tabela 1. Laboratoria z przedmiotu Podstawy elektroniki – wątek praktyczny

L.p.	Tryb nauki	Temat	Poruszane zagadnienia		
1	hybrydowy	Złącze p-n (ćwiczenie realizowane stacjonarnie)	Badanie wybranych elementów półprzewodnikowych: diody prostownicze, diody Zenera, diody elektroluminescencyjne (LED), wyznaczenie charakterystyk oraz podstawowych parametrów (m.in. napięcia progowego, rezystancji dynamicznych)		
2	hybrydowy	Tranzystor bipolarny (ćwiczenie realizowane stacjonarnie)	Pomiar charakterystyk tranzystora bipolarnego w układzie wspólnego emitera, wyznaczenie parametrów macierzowych $h$		
3	zdalny i hybrydowy	Projekt diodowo-tranzystorowy	Prezentacja i omówienie przez prowadzącego propozycji układów elektronicznych	Prezentacja przez studenta wykonanych obliczeń i symulacji działania układu	Prezentacja przez studenta zbudowanego i przetestowanego układu elektronicznego.
4	zdalny i hybrydowy	Projekt z wykorzystaniem wzmacniacza operacyjnego			

Tabela 2. Propozycje tematów projektów z obszaru układów diodowo-tranzystorowych

L.p.	Temat	Punkt pracy tranzystora	Układy diodowe, dioda Zenera	Układy RC	Tranzystor jako klucz	tranzystor jako wzmacniacz	Czujniki i przetworniki
1	Układ opóźniający z przełącznikiem		x	x	x		x
2	Czujnik zmierzchu / oświetlenia		x		x		x
3	Multiwibrator astablony		x	x	x		
4	Wskaźnik napięcia na diodach świecących		x		x		
5	Układ alarmowy na bazie kontaktronu		x		x		x
6	Zdalny włącznik sterowany pilotem RTV		x		x		x
7	Zasilacz LED – źródło prądowe	x	x			x	
8	Przerzutnik RS		x		x		
9	Stabilizator napięcia	x	x			x	
10	Półmostek, mostek H		x		x		

Tabela 3. Propozycje projektów układów ze wzmacniaczem operacyjnym

L.p.	Temat	Wzmacniacz	Układ liniowy	Układ nieliniowy	Sprzężenie zwrotne	Diody
1	Stabilizator liniowy ze sprzężeniem zwrotnym		x		x	x
2	Generator sygnału sinusoidalnego (audio)			x	x	
3	Detektor wartości szczytowej			x	x	
4	Detektor pola magnetycznego	x		x	x	x
5	Idealny prostownik (pełnokresowy)			x	x	x
6	Korektor barwy	x		x	x	
7	Wzmacniacz mikrofonowy	x	x		x	
8	Wskaźnik wysterowania		x			x
9	Stabilizator temperatury do szafki RTV	x	x		x	
10	Sygnalizator rozładowania akumulatora		x			x
11	Modulator PWM (tester serwo mechanizmu)			x		

Tabela 4. Podsumowanie ocen z wykładu

rok akademicki	2018/ 2019	2019/ 2020	2020/ 2021	2021/ 2022
tryb nauczania	stacj.	stacj.	zdalny	hybr.
ocena z ankiet studentów	4,53	4,60	4,56	4,70
liczba ankiet	71	49	155	90
średnia ocena z egz.(1)	2,42	2,75	3,53	3,43
liczba zdających	101	115	181	180
forma egzaminu	stacj.	stacj.	zdalny	zdalny

Uwagi: (1) - ocena z pierwszego terminu

W ten sposób wiedza i umiejętności zdobyte na laboratoriach ułatwiały rozwiązanie zagadnień egzaminacyjnych.

Analizując wyniki ankiet widać niewielką tendencję wzrostową w ocenie przedmiotu, potwierdzającą wkład w udoskonalanie formy przekazu treści. Z kolei średnia ocena z egzaminu wyraźnie zależy, przede wszystkim, od formy egzaminu. Podczas egzaminu zdalnego, mimo starań egzaminatorów (zróżnicowanie treści zadań w podgrupach, wymóg uruchomienia kamer przez studentów), studenci mieli więcej niedozwolonych możliwości konsultacji, wymiany informacji i pozyskiwania rozwiązań z internetu. Wydaje się jednak, że wyższe oceny z egzaminu wynikają także z lepszego opanowania materiału przez studentów, co było widać w wielu pracach egzaminacyjnych.

## Wnioski

Kurs przedmiotu Podstawy Elektroniki na kierunku Automatyka i Robotyka prowadzony jest przez autorów od 5 lat podlega ciągłym modyfikacjom. Konieczna podczas pandemii koronawirusa zmiana formy nauczania na zdalną, a następnie hybrydową była nie tyle utrudnieniem, co okazją do wykorzystania nowych form przekazywania wiedzy.

Analiza efektów uczenia się i ocen przedmiotu wystawionych przez studentów w ankietach (w tym także komentarzy) wskazuje, że formy prowadzenia zajęć: zdalna i hybrydowa nie zmniejszyły jakości uczenia. Prowadzący (autorzy) starali się, adaptując do koniecznych zmian, pomóc studentom w zdobyciu wiedzy. Warto tu zaznaczyć duże zaangażowanie samych studentów, starających się zmierzyć z nową, wyjątkową sytuacją. To również ich starania dały pozytywne efekty nauczania.

Analizując rozwiązania zadań egzaminacyjnych w kolejnych latach autorzy dostrzegli pewne braki w rozumieniu działania układów przez studentów. Pierwszą próbą rozwiązania tego problemu były zadania domowe w formie zadań ćwiczeniowych do samodzielnego rozwiązania po laboratoriach i wybranych wykładach. Propozycja ta spotkała się z pozytywnym przyjęciem przez studentów.

Analizując laboratoria pod względem dydaktycznym, podział nauki na część laboratoryjną (praktyczną) oraz symulacyjną okazał się dobrym rozwiązaniem.

Studenci ochoczo podeszli do realizacji praktycznych układów elektronicznych w formie zdalnej. Propozycje tematów prostych projektów przygotowanych przez prowadzących pozwoliły im na łatwiejsze zrozumienie działania podstawowych elementów i układów elektronicznych. Ponadto podsunęły przykładowe zastosowania budowanych układów. Samodzielna ich realizacja, a także poczucie, że możliwe jest ich

zastosowanie w praktyce zawodowej i życiu codziennym ugruntowała wiedzę studentów, wsparła ich wiarę we własne możliwości, a także wskazała bardzo praktyczny wymiar nauczania.

Wciąż jednak pozostaje kilka elementów do udoskonalenia. Główny problem, jaki zgłaszali studenci w trakcie realizacji kursu podstaw elektroniki to szeroki zakres materiału do opanowania. Pewną trudność na początku semestru stanowiła nieznajomość obsługi płyty prototypowej oraz narzędzi firmy National Instruments. Jednak w trakcie kolejnych zajęć studenci operowali nimi coraz pewniej. Zdobyte doświadczenie bez wątpienia przyda im się w pracy zawodowej.

Pracę przygotowano częściowo w ramach subwencji badawczej 0211/SBAD/2022 a częściowo w projekcie EU Horizon 2020 SMART4ALL nr 872614.

**Autorzy:** dr inż. Paweł Pawłowski, Politechnika Poznańska, Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki, Instytut Automatyki i Robotyki, Zakład Układów Elektronicznych i Przetwarzania Sygnałów, ul. Jana Pawła II 24, 60-965 Poznań, E-mail: [pawel.pawlowski@put.poznan.pl](mailto:pawel.pawlowski@put.poznan.pl); prof. dr hab. inż. Adam Dąbrowski, Politechnika Poznańska, Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki, Instytut Automatyki i Robotyki, Zakład Układów Elektronicznych i Przetwarzania Sygnałów, ul. Jana Pawła II 24, 60-965 Poznań, E-mail: [adam.dabrowski@put.poznan.pl](mailto:adam.dabrowski@put.poznan.pl); mgr inż. Agnieszka Stankiewicz, Politechnika Poznańska, Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki, Instytut Automatyki i Robotyki, Zakład Układów Elektronicznych i Przetwarzania Sygnałów, ul. Jana Pawła II 24, 60-965 Poznań, E-mail: [agnieszka.stankiewicz@put.poznan.pl](mailto:agnieszka.stankiewicz@put.poznan.pl); mgr inż. Karol Piniarski, Politechnika Poznańska, Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki, Instytut Automatyki i Robotyki, Zakład Układów Elektronicznych i Przetwarzania Sygnałów, ul. Jana Pawła II 24, 60-965 Poznań, E-mail: [karol.piniarski@put.poznan.pl](mailto:karol.piniarski@put.poznan.pl).

## LITERATURA

- [1] W. Machowski, P. Dziurdzia, J. Kołodziej, J. Stępień, „Kształcenie w zakresie podstaw elektroniki wspomagane technikami e-learningowymi” Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, Nr 48, 2016
- [2] F. G. Loro, A. Macho, E. Sancristobal, M. R. Artacho, G. Díaz; and M. Castro, "Remote laboratories for electronics and new steps in learning process integration," 2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2016, pp. 112-117, doi: 10.1109/REV.2016.7444449.
- [3] BigBlueButton, Open Source Virtual Classroom Software, <https://bigbluebutton.org>, 2022 [e4] C. Viegas, A. Pavani, N. Lima, et al. "Impact of a remote lab on teaching practices and student learning", Computers & Education, Vol. 126, 2018, pp. 201-216, doi: 10.1016/j.compedu.2018.07.012.
- [4] C. Viegas, A. Pavani, N. Lima, et al. "Impact of a remote lab on teaching practices and student learning", Computers & Education, Vol. 126, 2018, pp. 201-216, doi: 10.1016/j.compedu.2018.07.012.
- [5] P. Pawłowski, A. Dąbrowski, A. Stankiewicz, K. Piniarski, Kurs Podstaw elektroniki dla studentów kierunku Automatyka i Robotyka, Przegląd Elektrotechniczny, vol. 84, no. 8, pp. 67-70, DOI: 10.15199/48.2018.08.18, 2018.
- [6] D. H. Murphy, K. M. Hoover, K. Agadzhanaya, J. C. Kuehn, A. D. Castel, Learning in double time: The effect of lecture video speed on immediate and delayed comprehension. Applied Cognitive Psychology, 36( 1), 69– 82 (2022). <https://doi.org/10.1002/acp.3899>
- [7] S. Lipiński, A. Maciąg, „Synergia metod dydaktycznych w nauczaniu elektroniki”, Edukacja – Technika – Informatyka, Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego, nr 2(24) 2018, pp. 325-330.
- [8] LTspice, Analog Devices, <https://www.analog.com/en/de-sign-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>
- [9] National Instruments, NI ELVIS II, Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite, 2018
- [10] Circuit Simulator Applet - Falstad, <http://www.falstad.com/circuit/>