

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2022/2023

Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej

Kierunek studiów: Informatyka w Inżynierii Komputerowej

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: IwIK

Stopień studiów: I

Specjalności: bez specjalności

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                                       |
|-----------------------------------------|---------------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Systemy wbudowane                     |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Embedded Systems                      |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WIEiK INFOR_W_INZ_KOMP oIS PK20 22/23 |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty kierunkowe                 |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 5.00                                  |
| SEMESTRY                                | 5                                     |

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁADY | ĆWICZENIA | LABORATORIA | LABORATORIA<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKTY |   |
|---------|---------|-----------|-------------|---------------------------------|----------|---|
| 5       | 25      | 0         | 30          | 0                               | 10       | 0 |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Poznanie podstawowych architektur jedno- i wielo-procesorowych systemów wbudowanych.

**Cel 2** Poznanie zasad tworzenia oprogramowania dla systemów wbudowanych.

**Cel 3** Poznanie możliwości systemów operacyjnych stosowanych w systemach wbudowanych.

**Cel 4** Poznanie metod specyfikacji funkcji na poziomie systemowym oraz zasad modelowania systemów wbudowanych.

**Cel 5** Poznanie cech procesorów stosowanych w systemach wbudowanych.

**Cel 6** Poznanie metod projektowania systemów wbudowanych, wspomaganych narzędziami komputerowymi.

**Cel 7** Nabycie umiejętności projektowania systemów wbudowanych implementowanych w technice SOPC.

**Cel 8** Nabycie umiejętności modelowania systemów w środowisku SystemC.

## 4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Znajomość techniki cyfrowej.

2 Znajomość architektur systemów komputerowych.

3 Umiejętność programowania w języku C.

4 Podstawowa znajomość systemów operacyjnych.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Znajomość topologii połączeń stosowanych w architekturach współczesnych systemów wbudowanych.

**EK2 Umiejętności** Umiejętność zaprojektowania architektury systemu wbudowanego dla zadanej specyfikacji na poziomie systemowym.

**EK3 Wiedza** Znajomość zasad projektowania oprogramowania systemu wbudowanego z wykorzystaniem systemów operacyjnych.

**EK4 Umiejętności** Umiejętność implementacji w języku C programu wbudowanego realizującego zadane funkcje w czasie rzeczywistym

**EK5 Wiedza** Znajomość zasad tworzenia specyfikacji funkcji na poziomie systemowym.

**EK6 Umiejętności** Umiejętność tworzenia modeli systemów wbudowanych w środowisku SystemC.

**EK7 Wiedza** Znajomość możliwości procesorów stosowanych w systemach wbudowanych.

**EK8 Umiejętności** Umiejętność projektowania i implementacji w technice SOPC systemów wbudowanych realizujących zadane funkcje.

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁADY   |                                                                                                                                                                              |                  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                       | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Wprowadzenie do tematyki projektowania systemów wbudowanych: cele i metody projektowania, narzędzia wspomagające projektowanie, techniki implementacji systemów wbudowanych. | 2                |
| <b>W2</b> | Architektury systemów wbudowanych. Architektury oparte o magistrale. Crossbar. Topologie mesh. Sieci jednoukładowe.                                                          | 2                |

| WYKŁADY   |                                                                                                                                                                                                   |                  |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                            | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W3</b> | Synteza oprogramowania dla systemów wbudowanych. Systemy operacyjne stosowane w systemach wbudowanych. Metody szeregowania zadań dla systemów czasu rzeczywistego.                                | 4                |
| <b>W4</b> | Metody specyfikacji funkcji na poziomie systemowym. Modele obliczeniowe. Metody komunikacji i synchronizacji pomiędzy procesami. Środowisko SystemC. Modelowanie na poziomie transakcji.          | 9                |
| <b>W5</b> | Kosynteza systemów wbudowanych. Podział zadań pomiędzy sprzęt a oprogramowanie. Kosynteza systemów rozproszonych. Wykorzystanie modułów IP. Synteza oprogramowania i synteza modułów sprzętowych. | 5                |
| <b>W6</b> | Procesory stosowane w systemach wbudowanych. Procesory ARM. Procesory DSP. Procesory wielordzeniowe. Procesory graficzne.                                                                         | 2                |
| <b>W7</b> | Przykłady projektowania systemów wbudowanych. Kierunki rozwoju architektur i metodyki projektowania systemów wbudowanych.                                                                         | 1                |

| LABORATORIA |                                                                                                                                                    |                  |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP          | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                             | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>L1</b>   | Zapoznanie się ze środowiskiem projektowania systemów wbudowanych implementowanych z wykorzystaniem platform systemowych FPGA (systemy typu SOPC). | 2                |
| <b>L2</b>   | Implementacja systemów wbudowanych z obsługą prostych modułów wejścia/wyjścia.                                                                     | 2                |
| <b>L3</b>   | Implementacja wbudowanych programów realizujących funkcje czasu rzeczywistego. Obsługa sprzętowego licznika czasu oraz zegara systemowego.         | 4                |
| <b>L4</b>   | Implementacja funkcji czasu rzeczywistego z wykorzystaniem przerwań.                                                                               | 2                |
| <b>L5</b>   | Implementacja oprogramowania wbudowanego w środowisku systemu operacyjnego MicroC/OSII.                                                            | 4                |
| <b>L6</b>   | Implementacja sprzętowo-programowa wybranych funkcji systemu wbudowanego.                                                                          | 4                |
| <b>L7</b>   | Implementacja wieloprocessorowego systemu wbudowanego.                                                                                             | 4                |
| <b>L8</b>   | Podstawy modelowania systemów wbudowanych w środowisku SystemC.                                                                                    | 4                |
| <b>L9</b>   | Integracja systemu wbudowanego z wybranymi sensorami i aktuatorami.                                                                                | 4                |

| PROJEKTY  |                                                                   |                  |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BŁOKÓW TEMATYCZNYCH            | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>P1</b> | Zamodelowanie systemu wbudowanego w oparciu o bibliotekę SystemC. | 10               |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Wykłady

**N2** Ćwiczenia laboratoryjne

**N3** Prezentacje multimedialne

**N4** Konsultacje

**N5** Praca w grupach

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI                                                                                 | ŚREDNIA LICZBA GODZIN<br>NA ZREALIZOWANIE<br>AKTYWNOŚCI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>                                     |                                                         |
| Godziny wynikające z planu studiów                                                               | 65                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 4                                                       |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 6                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 40                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 10                                                      |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 24                                                      |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>149</b>                                              |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 5.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

**OCENA FORMUJĄCA**

**F1** Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**F2** Kolokwium

**OCENA PODSUMOWUJĄCA****P1** Egzamin pisemny**P2** Średnia ważona ocen formujących**WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU****W1** zaliczenie każdego ćwiczenia laboratoryjnego na ocenę minimum 3.0**W2** egzamin**OCENA AKTYWNOŚCI BEZ UDZIAŁU NAUCZYCIELA****B1** realizacja projektu**KRYTERIA OCENY**

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                                                                                                                         |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Brak wiedzy o podstawowych topologiach systemów wbudowanych.                                                                            |
| NA OCENĘ 3.0        | Znajomość głównych cech topologii: magistrala, crossbar, mesh i NoC.                                                                    |
| NA OCENĘ 3.5        | Znajomość wad i zalet wybranych typów architektur.                                                                                      |
| NA OCENĘ 4.0        | Znajomość wad i zalet wszystkich typów architektur.                                                                                     |
| NA OCENĘ 4.5        | Znajomość wad i zalet poszczególnych architektur NoC.                                                                                   |
| NA OCENĘ 5.0        | Znajomość wad i zalet poszczególnych architektur NoC, oraz kryteriów wyboru elementów wykonawczych w sieciach NoC.                      |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 2.0        | Brak umiejętności zaprojektowania dowolnej architektury systemu wbudowanego wyspecyfikowanego w formie grafu zadań.                     |
| NA OCENĘ 3.0        | Umiejętność zaprojektowania architektury ze wspólną magistralą dla prostego systemu wbudowanego wyspecyfikowanego w formie grafu zadań. |
| NA OCENĘ 3.5        | Umiejętność zaprojektowania wybranej architektury regularnej dla prostego systemu wbudowanego wyspecyfikowanego w formie grafu zadań.   |
| NA OCENĘ 4.0        | Umiejętność zaprojektowania architektury regularnej NoC dla prostego systemu wbudowanego wyspecyfikowanego w formie grafu zadań.        |
| NA OCENĘ 4.5        | Umiejętność zaprojektowania architektury regularnej NoC dla złożonego systemu wbudowanego wyspecyfikowanego w formie grafu zadań.       |
| NA OCENĘ 5.0        | Umiejętność zaprojektowania architektury dedykowanej NoC dla złożonego systemu wbudowanego wyspecyfikowanego w formie grafu zadań.      |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 2.0        | Nieznajomość podstawowych problemów projektowania oprogramowania wbudowanego.                                                           |

|                     |                                                                                                                                                                                    |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 3.0        | Znajomość metod szeregowania zadań w oprogramowaniu wbudowanym czasu rzeczywistego.                                                                                                |
| NA OCENĘ 3.5        | Znajomość podstawowych cech systemów operacyjnych przeznaczonych dla systemów wbudowanych.                                                                                         |
| NA OCENĘ 4.0        | Znajomość zaawansowanych cech systemów operacyjnych przeznaczonych dla systemów wbudowanych.                                                                                       |
| NA OCENĘ 4.5        | Znajomość możliwości i wymagań popularnych systemów operacyjnych stosowanych w systemach wbudowanych.                                                                              |
| NA OCENĘ 5.0        | Znajomość możliwości i wymagań popularnych systemów operacyjnych czasu rzeczywistego stosowanych w systemach wbudowanych (na przykładzie uC-OSII lub uC-OSIII).                    |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                                                                                                    |
| NA OCENĘ 2.0        | Brak umiejętności implementacji w języku C prostej funkcji czasu rzeczywistego.                                                                                                    |
| NA OCENĘ 3.0        | Umiejętność implementacji w języku C prostych funkcji czasu rzeczywistego z wykorzystaniem timera lub zegara systemowego.                                                          |
| NA OCENĘ 3.5        | Umiejętność implementacji w języku C funkcji systemu wbudowanego w formie współbieżnych procesów.                                                                                  |
| NA OCENĘ 4.0        | Umiejętność implementacji w języku C funkcji systemu wbudowanego w formie współbieżnych procesów z wykorzystaniem elementarnych metod synchronizacji.                              |
| NA OCENĘ 4.5        | Umiejętność implementacji w języku C funkcji systemu wbudowanego w formie komunikujących się współbieżnych procesów oraz programów obsługi przerwań.                               |
| NA OCENĘ 5.0        | Umiejętność implementacji w języku C funkcji systemu wbudowanego w formie komunikujących się współbieżnych procesów oraz programów obsługi przerwań w systemie wieloprocessorowym. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 |                                                                                                                                                                                    |
| NA OCENĘ 2.0        | Brak wiedzy o podstawowych cechach modeli obliczeniowych stosowanych w modelowaniu na poziomie systemowym.                                                                         |
| NA OCENĘ 3.0        | Znajomość metod modelowania czasu oraz metod specyfikacji komunikacji i synchronizacji pomiędzy procesami w modelach systemów wbudowanych.                                         |
| NA OCENĘ 3.5        | Znajomość podstawowych elementów konstrukcji systemów wbudowanych w SystemC (jak procesy, metody), podobieństw i różnic pomiędzy nimi.                                             |
| NA OCENĘ 4.0        | Znajomość podstawowych zasad modelowania systemów wbudowanych w SystemC.                                                                                                           |
| NA OCENĘ 4.5        | Znajomość standardowych metod komunikacji i synchronizacji pomiędzy procesami w SystemC.                                                                                           |
| NA OCENĘ 5.0        | Znajomość zaawansowanych metod komunikacji i synchronizacji pomiędzy procesami w SystemC.                                                                                          |

| EFEKT KSZTAŁCENIA 6 |                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Brak umiejętności tworzenia specyfikacji systemowej w SystemC .                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 3.0        | Umiejętność utworzenia specyfikacji funkcjonalnej złożonej z co najmniej 2 procesów komunikujących się poprzez sygnały.                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 3.5        | Umiejętność utworzenia specyfikacji funkcji złożonej z co najmniej 2 procesów wykorzystującej co najmniej 2 metody synchronizacji procesów.                                                                                             |
| NA OCENĘ 4.0        | Umiejętność utworzenia specyfikacji funkcji złożonej z co najmniej 2 procesów wykorzystującej co najmniej 2 metody synchronizacji procesów z wykorzystaniem kanałów komunikacyjnych dostarczanych przez bibliotekę SystemC.             |
| NA OCENĘ 4.5        | Umiejętność wykorzystania kolejki FIFO do przechowywania komunikatów przesyłanych pomiędzy komunikującymi się modułami.                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 5.0        | Umiejętność implementacji w SystemC własnych kanałów komunikacyjnych.                                                                                                                                                                   |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 7 |                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 2.0        | Brak znajomości podstawowych cech procesorów stosowanych w systemach wbudowanych.                                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 3.0        | Znajomość podstawowych cech procesorów RISC na przykładzie ARM.                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 3.5        | Znajomość wybranych cech wielordzeniowych procesorów wbudowanych.                                                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 4.0        | Znajomość wszystkich cech wielordzeniowych procesorów wbudowanych.                                                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 4.5        | Znajomość wybranych cech zaawansowanych cech procesorów wbudowanych.                                                                                                                                                                    |
| NA OCENĘ 5.0        | Znajomość zaawansowanych cech procesorów wbudowanych związanych z bezpieczeństwem, minimalizacją kodu, minimalizacją poboru mocy, itp.                                                                                                  |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 8 |                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 2.0        | Brak umiejętności utworzenia systemu wbudowanego w technice SOPC z wykorzystaniem środowiska projektowego.                                                                                                                              |
| NA OCENĘ 3.0        | Umiejętność utworzenia prostego systemu wbudowanego i implementacja systemu w technice SOPC.                                                                                                                                            |
| NA OCENĘ 3.5        | Umiejętność utworzenia systemu wbudowanego z wykorzystaniem systemu operacyjnego czasu rzeczywistego na przykładzie (uC-OSII) i implementacja systemu w technice SOPC.                                                                  |
| NA OCENĘ 4.0        | Umiejętność utworzenia systemu wbudowanego z wykorzystaniem systemu operacyjnego czasu rzeczywistego na przykładzie (uC-OSII) wykorzystującego dodatkowe elementy peryferyjne układów FPGA-SoC i implementacja systemu w technice SOPC. |
| NA OCENĘ 4.5        | Umiejętność utworzenia wieloprocessorowego systemu wbudowanego z implementacją w technice SOPC.                                                                                                                                         |

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 5.0 | Umiejętność utworzenia wieloprocessorowego systemu wbudowanego z implementacją w technice SOPC, z wykorzystaniem systemu operacyjnego czasu rzeczywistego (uC-OSII) oraz systemu jednozadaniowego, wykorzystującego dodatkowe elementy peryferyjne układów FPGA-SoC. |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|---------------|
| EK1               | K_W19                                                                          | Cel 1           | W1 W2             | N1 N3 N4              | F2 P1         |
| EK2               | K_U20                                                                          | Cel 1 Cel 7     | W1 W2 L1 L7       | N1 N2 N4 N5           | F1 P1 P2      |
| EK3               | K_W19                                                                          | Cel 2 Cel 3     | W3 W5             | N1 N3 N4              | F2 P1         |
| EK4               | K_W21 K_U20                                                                    | Cel 2 Cel 3     | W3 L2 L3 L4 L5    | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 P2         |
| EK5               | K_W19 K_W21                                                                    | Cel 4           | W4                | N1 N3 N4              | F2 P1         |
| EK6               | K_U01 K_U20                                                                    | Cel 4 Cel 8     | W4 L8             | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 P1 P2      |
| EK7               | K_W19 K_W21                                                                    | Cel 5           | W6                | N1 N3                 | F2 P1         |
| EK8               | K_U20                                                                          | Cel 7           | W5 W7 L6 L7       | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 F2 P1 P2   |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Wayne Wolf — *High-Performance Embedded Computing*, USA, MA, 2007, Elsevier
- [2] | Accellera Systems Initiative. — *SystemC Analog/Mixed-Signal Users Guide*, [www.systemc.org](http://www.systemc.org), 2020, IEEE
- [3] | Jean J. Labrosse — *C/OS-II User Manual*, USA, Weston, 2015, Micrium Inc.
- [3] | Jean J. Labrosse — *C/OS-II User Manual*, USA, Weston, 2015, Micrium Inc.

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | Intel — *Embedded Design Handbook*, [www.intel.com](http://www.intel.com), 2021, Intel
- [2] | Jean J. Labrosse — *C/OS-II User Manual. The Real-Time Kernel, User's Manual*, USA, Weston, 2015, Micrium Inc.

- [2] | **Jean J. Labrosse** — *uC/OS-II User Manual. The Real-Time Kernel, User's Manual*, USA, Weston, 2015, Micrium Inc.

## LITERATURA DODATKOWA

- [1] | **Tammy Noergaard** — *Embedded Systems Architecture A Comprehensive Guide for Engineers and Programmers*, USA, Massachusetts, Waltham, 2013, Elsevier Inc.
- [1] | **Tammy Noergaard** — *Embedded Systems Architecture A Comprehensive Guide for Engineers and Programmers*, USA, Massachusetts, Waltham, 2013, Elsevier Inc.
- [2] | **David C. Black, Jack Donovan, Bill Bunton, Anna Keist** — *SystemC: From the Ground Up, Second Edition*, USA, Texas, Austin, 2022, Springer
- [2] | **David C. Black, Jack Donovan, Bill Bunton, Anna Keist** — *SystemC: From the Ground Up, Second Edition*, USA, Texas, Austin, 2010, Springer

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

mgr inż. Dariusz Dorota (kontakt: ddorota@pk.edu.pl)

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

2 mgr inż. Dariusz Dorota (kontakt: ddorota@pk.edu.pl)

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....