

Zespół Autorski:

dr inż. Zbigniew Jaworski, dr inż. Elżbieta Piwowarska

**Scalone Systemy Cyfrowe VLSI (SSCV)
Digital VLSI Systems**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): *2*

Minimalny numer semestru: *2*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:

wymagania wstępne: znajomość języka programowania C/C++, języka opisu sprzętu

Verilog lub VHDL, znajomość zagadnień syntezy logicznej

zalecane przedmioty: Systemy cyfrowe i komputerowe (SCK), Projektowanie systemów scalonych w technice VLSI (PSSV)

Limit liczby studentów: *24*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: Celem przedmiotu jest przedstawienie metod projektowania i weryfikacji systemów cyfrowych realizowanych w postaci mikroelektronicznych układów scalonych.

Prezentowane są zagadnienia z zakresu organizacji i architektury zintegrowanych systemów cyfrowych. Przedstawiane są metody projektowania wykorzystujące syntezę behawioralną (HLS) oraz języki opisu systemu (SystemC, SystemVerilog). Omawiane są metody weryfikacji formalnej i funkcjonalnej dużych systemów cyfrowych (systemy asercji PSL/SystemVerilog, metodyka UVM), zagadnienia syntezy logicznej uwzględniające generację testów oraz zarządzanie poborem mocy.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne: Zajęcia laboratoryjne i projektowe są realizowane w laboratoriach Zakładu Metod Projektowania w Mikroelektronice IMiO, w których zainstalowane jest profesjonalne oprogramowanie CAD oraz biblioteki umożliwiające realizację projektów w przemysłowych technologiach. Wynikiem zaliczenia przedmiotu będzie znajomość zagadnień projektowania dużych systemów cyfrowych VLSI realizowanych we współczesnych procesach nanometrowych oraz umiejętność posługiwania się profesjonalnymi narzędziami EDA.

Opis wykładu:

Mikroelektroniczne systemy cyfrowe – przegląd: system zintegrowany (*System-on-Chip*): przykłady architektur, w tym układy wielordzeniowe i wieloprocesorowe. Układy rekonfigurowalne. Bloki IP. Komunikacja: magistrale, sieć zintegrowana (*Network-on-Chip*). Układy wejścia/wyjścia.

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

Metody modelowania systemów i ich wykorzystanie w projektowaniu: języki opisu systemu (SystemC, SystemVerilog) ich wykorzystanie: specyfikacja, synteza, weryfikacja, synteza wysokiego poziomu (*high level synthesis*). Przejście od algorytmu do sprzętowej implementacji: harmonogramowanie (*scheduling*), wybór mikroarchitektury systemu. Problemy projektowania sprzętowo-programowego. Ograniczenia i możliwości syntezy.

Problemy realizacji segmentu danych: Metody reprezentacji liczb: liczby całkowite, liczby rzeczywiste. Standard IEEE 754, pakiety VHDL fixed i float. Synteza struktury fizycznej.

Problemy projektowania dużych systemów jednocukrowych: Dystrybucja sygnałów zegarowych. Szacowanie poboru mocy dynamicznej i zarządzanie poborem mocy (bramkowanie zegara i adaptacyjne sterowanie częstotliwością taktowania, itp.). Techniki minimalizacji poboru mocy statycznej, adaptacyjne sterowanie napięciem zasilania i polaryzacją podłoża itp. Rozprowadzanie masy i zasilania.

Weryfikacja i testowanie: metody weryfikacji na różnych poziomach abstrakcji, weryfikacja formalna, narzędzia do weryfikacji formalnej. Zarys problemów testowania i projektowania systemów łatwo testowalnych: strategie zwiększające testowalność, techniki projektowania zorientowanego na testowanie DFT: ścieżka krawędziowa, układy samotestowalne. Standardy IEEE.

Bezpieczeństwo systemów VLSI. Projektowanie i weryfikacja systemów wykorzystujących bloki IP. Zabezpieczanie bloków IP. Kompromisy projektowe wynikające z konfliktów pomiędzy wymaganiami dotyczącymi funkcjonalności, bezpieczeństwa, weryfikowalności i testowalności.

Laboratorium: Zajęcia laboratoryjne będą polegać na wykonywaniu zadań indywidualnie przydzielanych każdemu studentowi, które ilustrują główne zagadnienia poruszane na wykładzie: modelowanie systemów z wykorzystaniem języka opisu sprzętu, synteza behawioralna, synteza logiczna, weryfikacja formalna i funkcjonalna.

Projekt: W ramach zajęć projektowych wykonywane są zadania wyrabiające umiejętności implementacji systemów, na podstawie wiedzy uzyskanej na wykładach. W ramach pracy zespołowej studenci wykonują projekt prostego systemu cyfrowego. Tematy projektów będą nawiązywać do przykładowych praktycznych zastosowań

Egzamin: *tak*

Literatura:

1. W.Wolf, "Modern VLSI Design, IP-based Design", Prentice Hall 2008.
2. B.Wong, A.Mital, Y.Cao, G.Starr, „Nano-CMOS Circuits And Physical Design”, A John Wiley & Sons, 2005.
3. R.Aitken, A.Gibbons, K.Shi, M.Keating, D.Flynn, „Low Power Methodology Manual For System-on-Chip Design”, Springer 2008.
4. D.C. Black, J.Donovan, B.Bunton, A.Keist, “SystemC: From the Ground Up”, Springer 2010.
5. C.Eisner, D.Fisman, “A Practical Introduction to PSL”, Springer 2006.
6. S.Bhunia, S. Ray, S-K. Sandip, S.Sur-Kolay, "Fundamentals of IP and SoC Security", Springer 2017.
7. 1666-2011 IEEE Standard for Standard SystemC Language Reference Manual.
8. 1800.2-2020 IEEE Standard for Universal Verification Methodology Language Reference Manual (UVM).
9. 1850-2010 IEEE Standard for Property Specification Language (PSL).
10. 1800-2017 IEEE Standard for SystemVerilog-Unified Hardware Design, Specification and Verification Language.

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

Oprogramowanie: Laboratorium będzie prowadzone przy wykorzystaniu profesjonalnego oprogramowania firm Cadence, Mentor Graphics i Synopsys. Wyposażenie to będzie dostępne w laboratoriach Zakładu Metod Projektowania w Mikroelektronice IMiO.

Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P	
2	-	1	1	(60)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych – 55 godz., w tym*
 - *obecność na wykładach 30 godz.,*
 - *obecność na ćwiczeniach audytoryjnych 0 godz.,*
 - *obecność na laboratorium 15 godz.,*
 - *udział w konsultacjach 10 godz.*
2. *praca własna studenta – 55 godz., w tym*
 - *przygotowanie do ćwiczeń 0 godz.,*
 - *przygotowanie do laboratoriów 15 godz.,*
 - *przygotowanie do egzaminu 5 godz.,*
 - *wykonywania zadań projektowych 30 godz.,*
 - *przygotowanie sprawozdań 5 godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 110 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2,0 pkt ECTS, co odpowiada 55 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 2,0 pkt ECTS, co odpowiada 15 godz. ćwiczeń laboratoryjnych i 30 godz. zadań projektowych oraz 10 godzin konsultacji.

Efekty kształcenia/uczenia się:

(tabelę wypełniamy wyszukując najbliższe efekty wykazane w pliku <https://www.bip.pw.edu.pl/var/pw/storage/original/application/bd44a5022df461a12fbc406ce776042f.pdf>)

Efekty kształcenia/uczenia się	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
student, który zaliczył przedmiot:			

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

WIEDZA			
<p>W04 Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami jednego z trzech następujących zakresów: - systemy komputerowego wspomaganie diagnostyki medycznej, - techniki tomograficzne stosowane w diagnostyce obrazowej i metody rekonstrukcji obrazów, - diagnostyczne techniki medycyny nuklearnej Lub - projektowanie złożonych układów scalonych, - nanoelektronika lub fotonika zintegrowana, - technika laserowa i optoelektronika półprzewodnikowa lub komunikacja optycznej lub mikrofalowej, - technologia obrazu lub fotowoltaiki, - materiały i nanotechnologie, - charakteryzacja i diagnostyka materiałów i struktur nanoelektronicznych i nanofotonicznych lub - projektowanie systemów i mikrosystemów elektronicznych, - projektowanie systemów wbudowanych i sprzętowych rozwiązań Internetu Rzeczy, - modelowanie i optymalizacja układów analogowych, cyfrowych i mieszanych.</p>	Wykład/laboratorium	Projekt/egzamin	III.P7S_WG P7U_W
<p>W06 Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich należących do jednego z trzech następujących zakresów: - aparatura elektromedyczna (EKG, EEG itd.) - systemy komputerowego wspomaganie diagnostyki medycznej, - techniki tomograficzne stosowane w diagnostyce obrazowej i metody rekonstrukcji obrazów, - diagnostyczne techniki medycyny nuklearnej lub - analiza, projektowanie, modelowanie, charakteryzacja i wytwarzanie zaawansowanych struktur mikroelektroniki i fotoniki oraz analiza i charakteryzacja materiałów mikroelektroniki i fotoniki, - analiza i projektowanie złożonych układów scalonych, - technika laserowa i optoelektronika półprzewodnikowa lub analiza i projektowanie złożonych systemów komunikacji optycznej lub mikrofalowej, - technologia obrazu lub analiza i projektowanie złożonych systemów fotowoltaicznych lub - systemy elektroniczne, w tym systemy wbudowane, mikro i nanosystemy, - układy analogowe impulsowe i wielkiej częstotliwości.</p>	Wykład/laboratorium	Projekt/egzamin	III.P7S_WG P7U_W
UMIĘJĘTNOŚCI			
<p>U01 Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej</p>	Laboratorium	Projekt	I.P7S_UK P7U_U
U08	Laboratorium	Projekt	III.P7S_UW.o

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

<p>Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych należące do jednego z trzech następujących zakresów: - projektowanie algorytmów detekcji i diagnozy symptomów patologii, - projektowanie aparatury medycznej, - kontrola jakości aparatury diagnostycznej stosowanej w medycynie lub - analiza, projektowanie, modelowanie, charakteryzacja i wytwarzanie zaawansowanych struktur mikroelektroniki i fotoniki oraz analiza i charakteryzacja materiałów mikroelektroniki i fotoniki, - analiza i projektowanie złożonych układów scalonych, - analiza, modelowanie, charakteryzacja i projektowanie laserów i optoelektronicznych przyrządów półprzewodnikowych lub analiza i projektowanie złożonych systemów komunikacji optycznej lub mikrofalowej, - technologia obrazu lub analiza i projektowanie złożonych systemów fotowoltaicznych lub - modelowanie, analiza i projektowanie obiektów technicznych w tym: układów analogowych, impulsowych, systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej.</p>			P7U_U
<p>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</p>			
<p>K01 Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.</p>	Laboratorium/projekt	Laboratorium/projekt	I.P7S_KO P7U_K