

INNOVATIVE METHODS FOR LEARNING DIGITAL LOGIC DESIGN: SHAPING THE FUTURE OF TECHNOLOGICAL EDUCATION²²

Assoc. Prof. Adriana Borodzhieva, PhD

Department of Telecommunications,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: 00359 82 888 734
E-mail: aborodzhieva@uni-ruse.bg

Abstract: Digital logic design constitutes a fundamental component of the modern technological industry, playing a pivotal role in the development of computer systems, mobile devices, and the Internet of Things (IoT). Within this context, this paper delves into the current challenges faced by educational institutions in teaching digital logic design and presents innovative methods to overcome these challenges. The paper analyzes contemporary trends in technological education and introduces innovative approaches to education in the field of digital logic design, such as interactive lessons, using virtual reality technology, using artificial intelligence (AI) in education, blended learning, 3D printing, use of the design-thinking process, project-based learning, inquiry-based learning, jigsaw, cloud computing teaching, flipped classroom, peer teaching, peer feedback, crossover teaching, personalized teaching, etc. The paper also examines the role of project-based learning and active learning methodologies in helping students apply their technical skills to real-world projects. Special attention is given to the integration of programmable logic devices (FPGAs) and simulation software tools into the educational process, enabling students to develop and test digital circuits in real time. The paper concludes that innovative educational methods are the key to effectively preparing students for future challenges in the field of digital logic design and the broader technological landscape.

Keywords: Digital Logic Design, Innovative Teaching Methods, Technological Education.

ВЪВЕДЕНИЕ

В днешно време много университетски преподаватели се стремят да дистанцират часовете си възможно най-много от сценария, при който студентите са в „скупен час“, гласовете на преподавателите отекват в ушите им, докато те се опитват да отворят очите си, за да се съсредоточат върху това, което преподавателите казват.

Сферата на образованието се развива толкова бързо, че е изключително важно за университетските преподаватели да бъдат „в крак с времето“, да открият различни подходи на преподаване и да се адаптират към по-съвременните образователни стратегии, давайки възможност на своите студенти да станат по-ангажирани в процеса на ученето.

В последните години се появило множество публикации, разглеждащи иновативните методи на преподаване, като в доклада са разгледани топ 15 (15 Innovative Teaching Methods with Guide and Examples, <https://ahaslides.com/blog/15-innovative-teaching-methods/>, 2023), (Puranik, S., 2020), (Sivarajah, R. T., Curci, N. E., Johnson, E. M., Lam, D. L., Lee, J. T., & Richardson, M. L., 2019) и приложението на някои от тях в курсовете по цифрова схемотехника за студентите от електро-специалностите в Русенски университет „Ангел Кънчев“. По-долу са изброени ТОП 15 на иновативните методи на преподаване (Фиг. 1):

- #1: Интерактивни уроци (interactive lessons);
- #2: Използване на технология за виртуална реалност (virtual reality technology);
- #3: Използване на изкуствен интелект в образованието (artificial intelligence, AI in education);
- #4: Смесено обучение (blended learning);
- #5: 3D печат (3D printing);
- #6: Прилагане на процеса на „мислене на дизайна“ (design-thinking process);
- #7: Обучение, базирано на проекти (project-based learning);

²² Докладът е представен на научната сесия на 27.10.2023 в секция „Комуникационна и компютърна техника“ с оригинално заглавие на български език: ИНОВАТИВНИ МЕТОДИ ЗА ОБУЧЕНИЕ ПО ЦИФРОВА СХЕМОТЕХНИКА: ОФОРМЯНЕ НА БЪДЕЩЕТО НА ТЕХНОЛОГИЧНОТО ОБРАЗОВАНИЕ

- #8: Обучение, базирано на запитване (inquiry-based learning);
 #9: Метод на мозайката (jigsaw);
 #10: Обучение по компютърни облаци (cloud computing teaching);
 #11: Обърната класна стая (flipped classroom);
 #12: Обучение от връстници (peer teaching);
 #13: Обратна връзка от връстници (peer feedback);
 #14: Кръстосано обучение (crossover teaching);
 #15: Персонализирано обучение (personalised teaching).



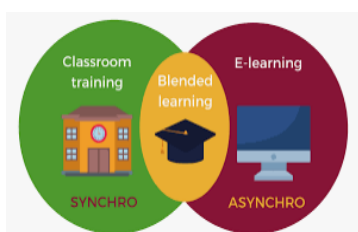
#1



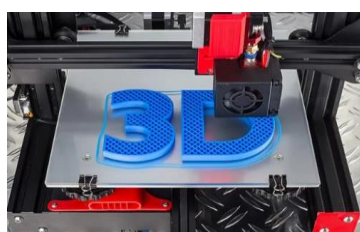
#2



#3



#4



#5



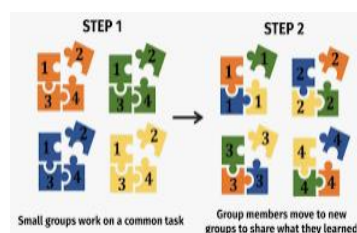
#6



#7



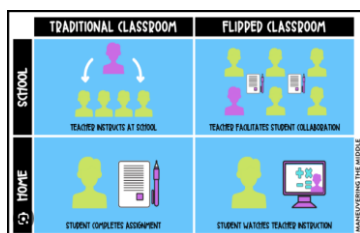
#8



#9



#10



#11



#12



#13



#14



#15

Фиг. 1. ТОП 15 на иновативните методи на преподаване

ИЗЛОЖЕНИЕ

Какво представляват иновативните методи на преподаване?

Иновативните методи на преподаване не се ограничават само до използването на най-новите технологии в класната стая или следването на последните образователни тенденции. Те представляват нови стратегии за преподаване и учене, които се фокусират върху използването на различни подходи, даващи приоритет на студентите. Тези иновативни подходи насърчават активното участие и взаимодействие между студентите и преподавателите по време на часовете. От студентите се изисква да работят повече, но по начин, който отговаря на техните нужди и подпомага по-бързия им напредък.

В противоположност на традиционното преподаване, което се фокусира върху предаването на информация на студентите, иновативните методи на преподаване проникват по-дълбоко в това, което студентите наистина усвояват от лекциите.

Защо иновативни методи на преподаване?

Светът е свидетел на преминаване от традиционните класни стаи към използването на онлайн и хибридно обучение. Въпреки това, взирането в екраните може да отвлече вниманието на студентите и да ги накара да правят други неща, вместо да се фокусират върху учебната материя. Не само студентите са отговорни за това, че не учат усърдно; преподавателите също имат отговорността да предоставят интересни и динамични уроци, които да поддържат интереса на студентите.

В новата образователна норма, много университетски преподаватели използват иновативни стратегии за преподаване, които да повишат интереса и ангажираността на студентите. Използването на цифрови програми помага да се достигне до съзнанието на студентите и да им се осигури по-добър достъп до учебните ресурси.

Според статистиката за САЩ, през 2021 г., 57 % от всички студенти в САЩ са имали достъп до цифрови инструменти; 75 % от училищата в САЩ са имали планове за преминаване към напълно виртуално обучение; образователните платформи представляват 40 % от използването на устройства от ученици; използването на приложения за дистанционно управление за образователни цели се е увеличило с 87 %; имало е 141 % увеличение в използването на приложения за сътрудничество; 80 % от училищата и университетите в САЩ са закупили или са имали намерение да закупят допълнителни технологични инструменти за обучаемите; към края на 2020 г. 98 % от университетите са предлагали онлайн курсове (<https://ahaslides.com/blog/15-innovative-teaching-methods/>, 2023).

Тази статистика ясно показва значителна промяна в методите на преподаване и учене. Затова от съществено значение е да се обърне внимание на тези факти и да не се изоставя със старомодни подходи към обучението, а да се преоценят образователните методи.

Предимства на иновативните методи на преподаване

1. Насърчават изследванията – иновативните подходи за обучение насърчават студентите да изследват и откриват нови неща и инструменти, като разширяват знанията си.

2. Подобряват уменията за решаване на проблеми и критичното мислене – творческите методи на преподаване позволяват на студентите да учат със свое собствено темпо и ги предизвикват да мислят критично и да намират нови решения, вместо да разчитат единствено на отговорите от учебника.

3. Избягват затрупването на студентите с много информация наведнъж – преподавателите, използващи иновативни подходи, разделят информацията на по-малки части, което улеснява студентите да усвояват и схващат основите по-бързо.

4. Насърчават развитието на меки умения – студентите използват по-сложни инструменти в клас, което им помага да научат нови умения и стимулира тяхната креативност. Освен това работата по индивидуални и групови проекти помага за развитието на умения за управление на времето, комуникация и сътрудничество.

5. Проверяват възприемането на материала от студентите – оценките и изпитите дават известна представа, но не улавят пълния обхват на капацитета за учене и знанията на студента. Иновативните методи на преподаване позволяват на преподавателите да наблюдават часовете по-ефективно и да идентифицират областите, в които студентите може да се затрудняват, което им позволява да намерят подходящи решения за проблема.

6. Подобряват самооценката – с ефективни образователни методи, студентите могат да оценят собственото си обучение, да идентифицират пропуски в знанията си и да разберат значението на придобиването на специфични умения, което може да повиши мотивацията им за учене.

7. Създават динамични и ангажиращи класни стаи – иновативните методи на преподаване внасят „вълнение“ в класната стая, насърчавайки студентите да участват активно, да говорят и да взаимодействат помежду си, което спомага за създаването на оживена учебна среда (15 Innovative Teaching Methods with Guide and Examples, <https://ahaslides.com/blog/15-innovative-teaching-methods/>, 2023).

ТОП 15 на иновативните методи на преподаване

1. Интерактивни уроци

„Еднопосочните“ уроци са традиционни и понякога изтощителни за преподавателите и студентите, така че е необходимо да се създаде среда, в която студентите се чувстват насърчени да говорят и да изразяват своите идеи.

Студентите могат да се присъединят към дейности в клас по много начини, не само като вдигнат ръце или бъдат извикани да отговорят. В наши дни могат да се намерят онлайн платформи, които помагат да се направят интерактивни дейности в класната стая, за да се спести време на преподавателя и да се накарат всички студенти да се присъединят (вместо само двама или трима). Например, игра на живо с викторини или с въртящи се колела, или чрез облаци от думи, анкети, брейнсторминг, и др. могат да накарат всички студенти да участват в тези вълнуващи дейности с помощта на някои онлайн платформи. Не само това, но студентите могат да въвеждат или избират отговори анонимно, вместо да вдигат ръце. Това ги прави по-уверени да се включат, да изразят мнението си и вече не се тревожат, че ще бъдат „грешни“ или съдени. Пример за такава платформа е AhaSlides.

2. Използване на технология за виртуална реалност

Чрез технологията за виртуална реалност студентите могат да влязат в един изцяло нов свят, като да седят в 3D кино или да играят VR игри, потапяйки се в различни пространства и взаимодействайки с „истински“ обекти, вместо да виждат нещата на плоски екрани.

3. Използване на AI в образованието

Изкуственият интелект (artificial intelligence, AI) е изненадващо широко разпространен метод в наши дни, подпомагайки много дейности, включително в образованието. Използването на AI, като например, управление на курса – LMS, откриване на плагиатство, автоматично точкуване и оценка, адаптивно обучение, аудио/визуални средства (продукти на AI), помага на преподавателите да намалят натоварването си, да персонализират курсовете и да обучават студентите по-ефективно.

4. Смесено обучение

Смесеното обучение е метод, който комбинира както традиционното обучение в клас, така и високотехнологичното онлайн обучение, давайки на преподавателите и студентите повече гъвкавост за създаване на ефективна учебна среда и персонализиране на учебния опит.

В задвижвания от технологиите свят е трудно да се пренебрегнат мощни инструменти като интернет или софтуер за електронно обучение, видеосреци за преподаватели и студенти, LMS за управление на курсове, онлайн сайтове за взаимодействие и игра и много приложения, обслужващи учебните цели. Дигиталните инструменти подпомагат преподавателите, за да направят уроците по-ангажиращи. Пример за инструмент за смесено

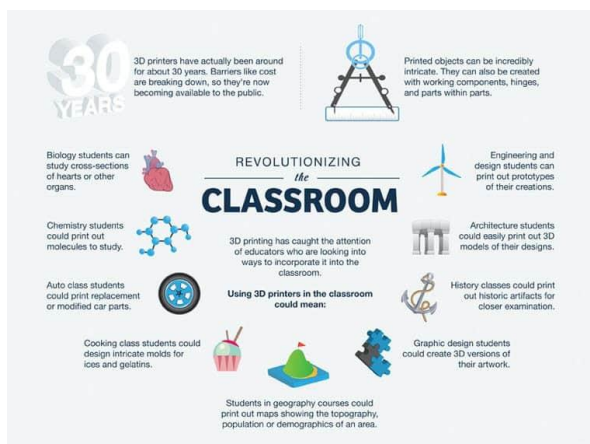
обучение е AhaSlides, който ангажира студентите лице в лице и във виртуални класни стаи, присъединявайки се към викторини, игри, мозъчна атака и много дейности в клас.

5. 3D принтиране

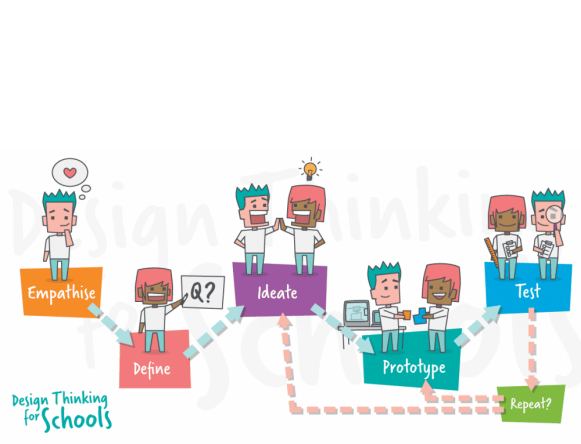
3D отпечатването (Фиг. 2) прави уроците по-забавни и дава на студентите практически опит и разбиране за реалния свят, „разпалвайки“ въображението им, за да научат по-добре нови неща. Този метод извежда ангажираността в класната стая на ново ниво, което учебниците никога не биха могли.

6. Използване на процеса на „мислене на дизайна“ (design-thinking process)

Това е базирана на решения стратегия за решаване на проблеми, сътрудничество и „разпалване“ на креативността на студентите (Фиг. 3). Има пет етапа, но е различен от другите методи, тъй като не е нужно да се следва ръководство или някакъв ред стъпка по стъпка. Това е нелинеен процес, така че може да се персонализира въз основа на преподавателските лекции и дейности.



Фиг. 2. Примери за 3D принтиране



Фиг. 3. Илюстрация на петте етапа в процеса на мислене на дизайна

Петте етапа са:

- Съпричастност – развива се съпричастност и се откриват нуждите от решения.
- Дефиниране – дефинират се проблемите и потенциала за справянето с тях.
- Идея – измислят се и се генерират нови, креативни идеи.
- Прототип – прави се чернова или извадка от решенията, за да се проучат идеите по-нататък.
- Тестване – тестват се решенията, оценяват се и се събира обратна връзка.

7. Проектно-базирано обучение

Всички студенти работят по проекти в края на учебния модул. Обучението, базирано на проекти (Project-based learning, PBL), също се върти около проекти, но позволява на студентите да решават проблеми от реалния свят и да измислят нови решения за по-дълъг период от време. PBL прави часовете по-забавни и ангажиращи, докато студентите учат ново съдържание и развиват умения като изследване, работа самостоятелно и с други, критично мислене и т.н. При този активен метод на обучение преподавателят работи като водач, а студентите поемат отговорността за своето учебно „пътуване“. Ученето по този начин може да доведе до по-добра ангажираност и разбиране, да разпали креативността на студентите и да насърчи ученето през целия живот.

8. Обучение, базирано на запитване

Обучението, базирано на запитване, също е вид активно учене, включващо обучение, базирано на проблеми. Вместо пасивно изнасяне на лекция, преподавателят (по-вероятно фасилитатор, а не лектор) започва урока, като задава въпроси, проблеми или сценарии.

След формулиране на въпросите от преподавателя, студентите трябва да проучат темата самостоятелно или с група (зависи от преподавателя), за да намерят отговори и

методи за решаване и да работят върху справянето с тези проблеми. Този метод помага на студентите да развият много умения за решаване на проблеми и изследователски умения.

9. Мозайката (или пъзел)

Пъзелът е обикновена игра, която всеки е играл поне веднъж в живота си. Методът на мозайката се състои в следното:

- Преподавателят разделя студентите на малки групи.
- Преподавателят задава на всяка група подтема или подкатегория на основната тема.
- Преподавателят инструктира студентите да проучат дадените подтеми и да развият своите идеи.
- Всяка група споделя своите открития, за да формира голяма „картина“, която е цялото знание по темата, което трябва да се знае.
- Преподавателят (по негов избор) организира сесия за обратна връзка за студентите, за да оценят и коментират работата на други групи.

Ако студентите имат опит достатъчно в работата в екип, преподавателят може да раздели темата на по-малки части от информация и по този начин може да зададе всяка част на студент и да го остави да работи индивидуално, преди да научи състудентите си какво е открил (научил).

10. Обучение по облачни изчисления

Терминът може да е странен, но самият метод е познат на повечето преподаватели. Методът има голям потенциал за всички университети и преподаватели, лесен е за използване и спестява разходи, защитава данните на преподавателя, позволява на студентите да имат достъп до часовете и материалите от хиляди километри и да учат от разстояние, и др. Методът е малко по-различен от онлайн обучението, тъй като не изисква взаимодействие между преподаватели и обучаеми, което означава, че студентите могат да учат по всяко време и навсякъде, където пожелаят, за да завършат курсовете. Пример е библиотеката за обучение по основи на облачните изчисления от Cloud Academy, за да се види как изглежда една базирана на облак платформа и как тя може да улесни процеса на преподаване (Фиг. 4).

11. Обърната класна стая

За по-вълнуващо и ефективно учебно изживяване образователният процес се „обръща“. Преди часовете студентите трябва да гледат видеоклипове, да четат материали или да изследват, за да имат някакво основно разбиране и знания. Часът в клас е посветен на правенето на така наречената „домашна работа“, която обикновено се прави след класа, както и на групови дискусии, дебати или други дейности, водени от студентите. Тази стратегия е съсредоточена около студентите и може да помогне на преподавателите да планират по-добре персонализирано обучение и да оценят представянето на студентите.

12. Обучение от връстници

Този метод е подобен на обсъдения в техниката на мозайката. Студентите разбират и овладяват знанията по-добре, когато могат да го обяснят ясно. Когато представят материала, те може да го научат наизуст предварително и да говорят на глас това, което си спомнят, но за да учат своите връстници, те трябва да разберат проблема напълно.

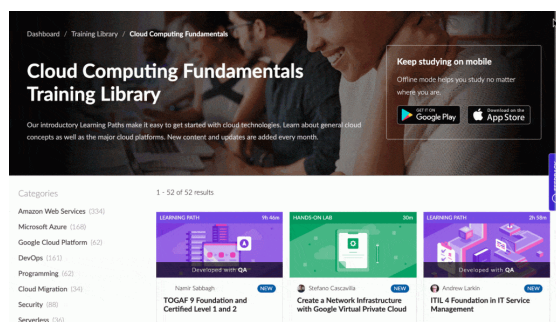
Студентите могат да поемат водеща роля в тази дейност, като изберат своята област на интерес в рамките на предмета. Предоставянето на този вид автономия на студентите им помага да развият чувство за собственост върху предмета и отговорността да го преподават правилно.

Даването на възможност на студентите да преподават на своите състуденти повишава тяхната увереност, насърчава независимото учене и подобрява презентационните умения.

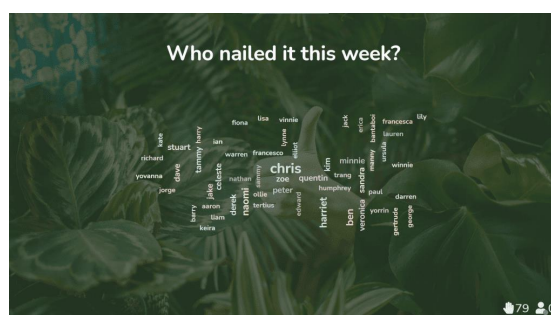
13. Обратна връзка от връстници

Иновативните подходи за преподаване са много повече от преподаване или учене в клас. Може да се приложат в много други области, като например време за обратна връзка

след урок. Предоставянето и получаването на конструктивна обратна връзка с „отворен ум“ и подходящи „обноски“ са основни умения, които студентите трябва да научат. Преподавателят трябва да помогне на своите студенти, като ги научи как да дават на състудентите си по-смислени коментари (като използване на рубрика за обратна връзка) и да превърне този процес в рутина. Инструментите за интерактивно анкетиране, особено тези с функции за облак на живо (Фиг. 5), улесняват извършването на бърза сесия за обратна връзка. След това преподавателят може също да помоли студентите да обяснят своите коментари или да отговорят на обратната връзка, която получават. При този метод преподавателят използва кратки, прости въпроси и остава студентите свободно да кажат какво мислят в изречения, няколко думи или дори емотикони.



Фиг. 4. Библиотека за обучение по основи на облачните изчисления от Cloud Academy



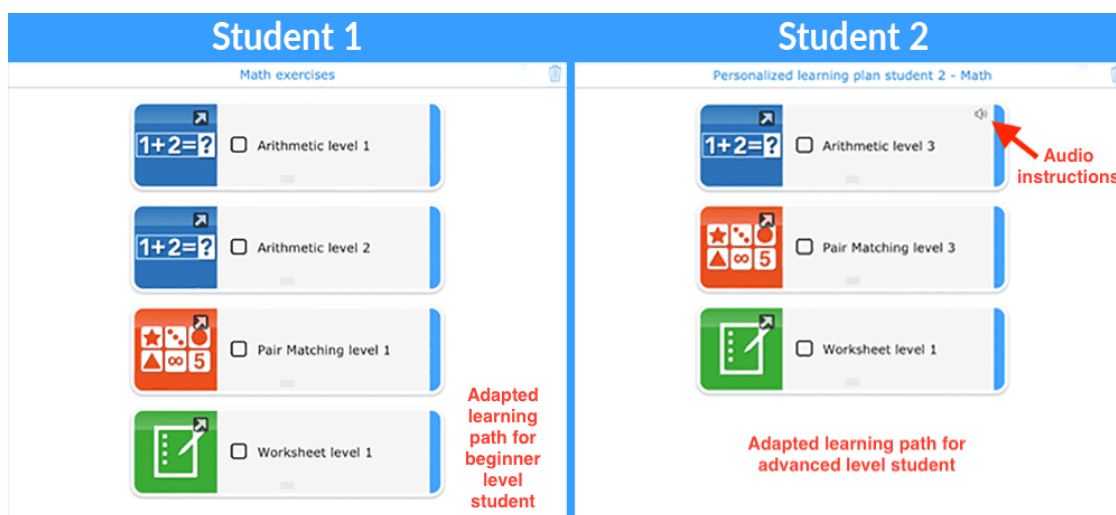
Фиг. 5. Инструменти за интерактивно анкетиране, с функции за облак на живо

14. Кръстосано обучение

Кръстосаното преподаване комбинира опита от ученето както в класната стая, така и на място навън. При този метод, концепциите се разглеждат в университета заедно, след което се организира посещение на определено място, където може да се демонстрира как тази концепция работи в реална среда. Би било още по-ефективно да се доразвие урока, като се организират дискусии или се възложи групова работа в клас след „пътуването“.

15. Персонализирано обучение

Докато една стратегия работи за някои студенти, тя може да не е толкова ефективна за друга група. Например, груповите дейности са страхотни за екстравертните, но могат да бъдат кошмар за интровертните студенти. Този метод адаптира учебния процес за всеки студент. Отделянето на повече време за планиране и подготовка помага на студентите да учат въз основа на своите интереси, нужди, силни и слаби страни, за да постигнат по-добри резултати. Обучителният път на всеки студент може да бъде различен, но крайната цел остава същата: да придобият знания, които подготвят този студент за бъдещия му живот. Някои цифрови инструменти помагат да се планира по-бързо и по-удобно, например, BookWidgets, улесняващ преподаването с използване на иновативни идеи в класната стая (Фиг. 6).



Фиг. 6. Изображение на два персонализирани учебни плана в BookWidgets

Тези 15 иновативни методи на преподаване правят уроците по-приятни и привлекателни за всички – и за студенти, и за лектори (15 Innovative Teaching Methods with Guide and Examples, <https://ahaslides.com/blog/15-innovative-teaching-methods/>, 2023).

ИЗПОЛЗВАНЕ НА ИНОВАТИВНИТЕ МЕТОДИ НА ПРЕПОДАВАНЕ В РУСЕНСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ ПРИ ИЗУЧАВАНЕ НА ДИСЦИПЛИНИТЕ, СВЪРЗАНИ С ПРОЕКТИРАНЕ НА ЦИФРОВИ СХЕМИ

Синтезът и анализът на цифрови схеми, респ. цифрови устройства, представлява основен компонент на съвременната технологична индустрия, играейки ключова роля в развитието на компютърни системи, мобилни устройства и Интернет на нещата (Internet of Things, IoT). В този контекст, този доклад се задълбочава в настоящите предизвикателства, пред които са изправени образователните институции при преподаването на цифровата схемотехника и представя иновативни методи за преодоляване на тези предизвикателства. Докладът анализира съвременните тенденции в технологичното образование и въвежда иновативни подходи към обучението в областта на цифровата схемотехника, като интерактивни уроци, използване на технология за виртуална реалност, използване на AI в образованието, смесено обучение, 3D принтиране, използване на процеса на мислене на дизайна, проектно-базирано обучение, обучение, базирано на запитвания, метод на мозайката, преподаване в облачни изчисления, обръната класна стая, обучение от връстници, обратна връзка от връстници, кръстосано преподаване, персонализирано преподаване и т.н. Докладът също така разглежда ролята на методологиите за обучение, базирано на проекти и активното обучение, помагачи на студентите да прилагат техническите си умения в проекти от реалния свят. Специално внимание се обръща на интегрирането на програмируеми логически устройства (Field Programmable Gate Arrays, FPGAs) и симулационни софтуерни инструменти в образователния процес, което позволява на студентите да разработват и тестват цифрови схеми в реално време. Докладът заключава, че иновативните образователни методи са ключът към ефективната подготовка на студентите за бъдещи предизвикателства в областта на цифровата схемотехника и по-широкия технологичен пейзаж.

През учебната 2017-2018 г. за първи път бе въведено използването на някои от иновативните методи на преподаване в Русенския университет при изучаване на дисциплините, свързани с проектирането на цифрови схеми – „Цифрова схемотехника“ за студентите от специалност „Компютърни системи и технологии“ със седмичен хорариум 2 ч лекции и 1 ч практически упражнения (четвърти семестър), „Импулсна и цифрова схемотехника“ за студентите от специалност „Електроника“ със седмичен хорариум 3 ч лекции и 3 ч практически упражнения (пети семестър), „Импулсни и цифрови устройства“ за студентите от специалности „Интернет и мобилни комуникации“ със седмичен хорариум 2 ч лекции и 2 ч практически упражнения (четвърти семестър), „Компютърно управление и автоматизация“ със седмичен хорариум 2 ч лекции и 2 ч практически упражнения (четвърти

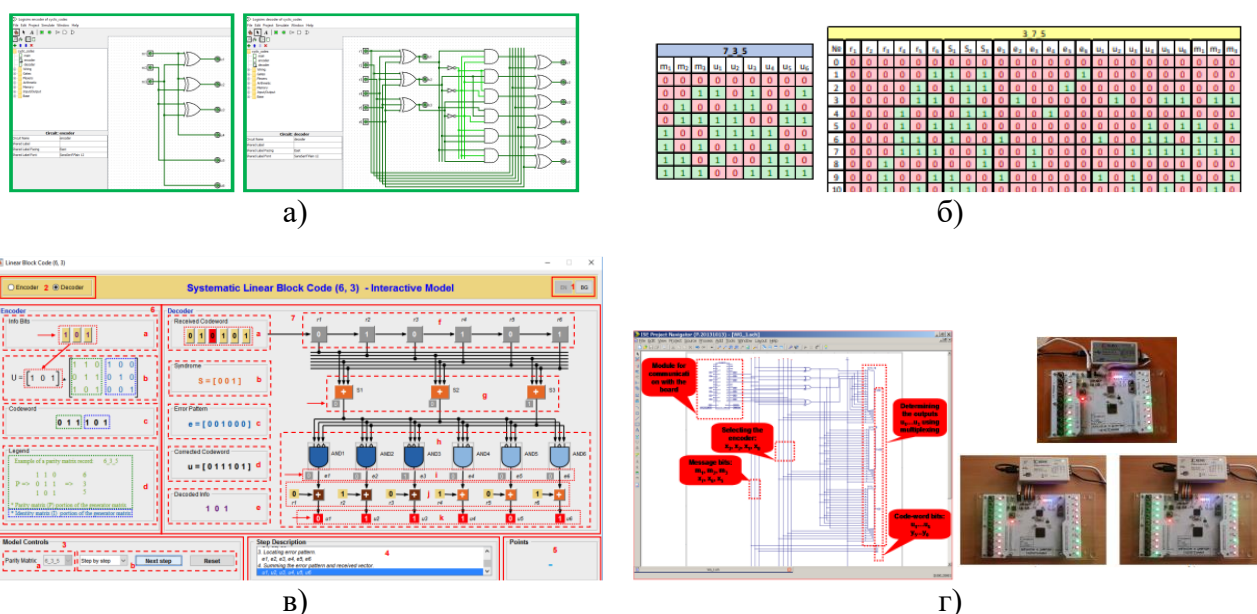
семестър) и „Информационни и комуникационни технологии“ със седмичен хорариум 2 ч лекции и 2 ч практически упражнения (втори семестър). В Таблица 1 са разгледани ТОП 15 на иновативните методи на преподаване и прилагането им в учебния процес до момента по дисциплините, свързани с проектиране на цифрови схеми, в Русенския университет.

През учебната 2017-2018 г. за първи път бе въведено проектно-базираното обучение в курса по „Цифрова схемотехника“, където студентите трябваше да проектират различни цифрови устройства, изучавани по дисциплината, например: 1) функционални възли от комбинационен тип, като кодови преобразуватели, шифратори, дешифратори, мулти-плексори, демултиплексори, полусуматори, пълни едноразрядни суматори и многоразрядни (двуразрядни) комбинационни суматори; 2) функционални възли от последователностен тип, като броячи, делители на честота, регистри, генератори на псевдослучайни числа и броячи на Johnson; 3) Цифрови устройства, прилагани в областта на телекомуникациите, които е предвидено да се изучават в други дисциплини от учебния план на специалностите, например кодери и декодери на линейни блокови кодове, кодери и декодери на код на Хеминг, конволюционни кодери, модули за шифриране и дешифриране в криptosистеми на базата на генератори на псевдослучайни числа и др.

Таблица 1. ТОП 15 на иновативните методи на преподаване и прилагането им в учебния процес до момента по цифрова схемотехника в Русенския университет

ТОП 15 на иновативните методи на преподаване	Използан ли е този метод до момента по дисциплините, свързани с проектиране на цифрови схеми
#1: Интерактивни уроци	ДА
#2: Използване на технология за виртуална реалност	ДА
#3: Използване на изкуствен интелект в образованието	ДА
#4: Смесено обучение	ДА
#5: 3D печат	НЕ
#6: Прилагане на процеса на „мислене на дизайна“	НЕ
#7: Обучение, базирано на проекти	ДА
#8: Обучение, базирано на запитване	ДА
#9: Метод на мозайката	ДА
#10: Обучение по компютърни облаци	НЕ
#11: Обърната класна стая	ДА
#12: Обучение от връстници	ДА
#13: Обратна връзка от връстници	ДА
#14: Кръстосано обучение	НЕ

Основен етап от разработването на проекта бе интегрирането на симулационни софтуерни инструменти в образователния процес (например, MS Excel, MATLAB, Logisim, Multisim, MicroCAP и др.) и програмируеми логически устройства (Field Programmable Gate Arrays, FPGAs), което позволява на студентите да разработват и тестват цифрови схеми в реално време. На Фиг. 7 е илюстрирано използването на симулационни софтуерни инструменти в образователния процес (например, Logisim, MS Excel, MATLAB и ISE Project Navigator) и лабораторен макет на базата на програмируеми логически устройства (Field Programmable Gate Arrays, FPGAs) за изучаване на една от темите – кодери и декодери на линейни блокови кодове. Темата е застъпена в детайли и в курса „Кодиране в телекомуникационните системи“, където се изучава същността на процесите на кодиране и декодиране, а не толкова реализацията на цифровите устройства с логически елементи.



Фиг. 7. Използване на симулационни софтуерни инструменти и FPGA-базирани лабораторни макети в образователния процес за изучаване на една от темите – кодери и декодери на линейни блокови кодове: а) Logisim; б) MS Excel; в) MATLAB; г) ISE Project Navigator и лабораторен макет

Повече подробности относно разработките от Фиг. 7 могат да бъдат намерени в (Borodzhieva, A., 2019) и в (Aliev, Y., Borodzhieva, A., Ivanova, G., 2018), като разработката от Фиг. 7 в доста сложна, не е „по силите“ на студентите в рамките на проектно-базираното обучение и е резултат от работата на докторанта Юксел Алиев по неговия дисертационен труд.

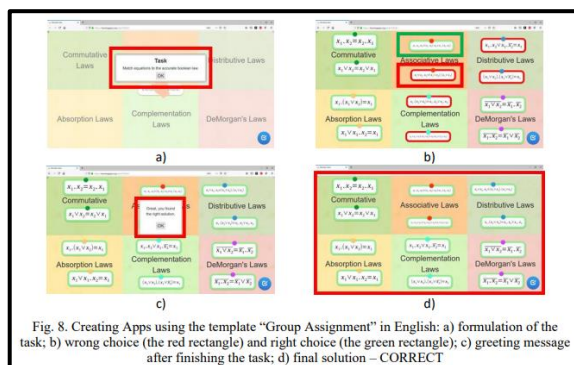
Проектно-базирано обучение и създаване на интерактивни уроци

В (Mazola Ortega, M. I., Wysowski, J., Borodzhieva, A., 2019) е описано приложението на проектно-базираното обучение и създаването на интерактивни уроци под формата на интерактивни упражнения с използване на платформата LearningApps. Еразмус студентите Martin Igancio Mazola Ortega от Университета в Малага (Испания) и Jakub Wysowski от Техническия университет в Краков (Полша), които бяха на обучение в Русенския университет през учебната 2019-2020 година и изучаваха дисциплината „Цифрова схемотехника“, разработиха по време на своето обучение множество интерактивни упражнения на базата на различни темплейти с платформата LearningApps на английски и

испански език (Фиг. 8), които и до днес подпомагат обучението на Еразмус студентите, мотивира ги и ги ангажира активно в учебния процес.

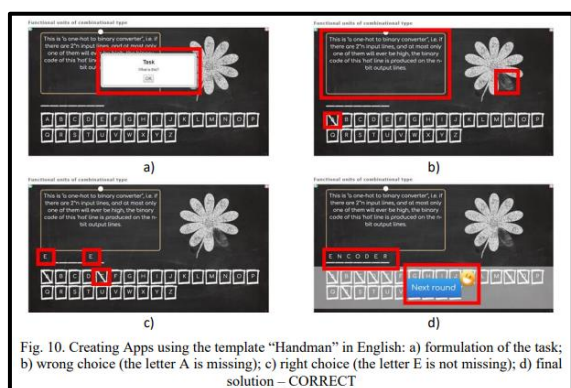
Създаване и използване на приложения с добавена реалност

За целите на обучението по дисциплината „Дигитрова схемотехника“ и сродните на нея са създадени множество приложения с добавена реалност. На Фиг. 9 е илюстрирано създаването и използването на приложение с добавена реалност (вместо виртуална реалност) върху една от изучаваните теми – темата за тригери. Повече детайли за задачите, които се решават от студентите, и приложенията, които те създават и използват за затвърждаване на знанията по темата за тригери могат да бъдат намерени в (Borodzhieva, A., Tsvetkova, I., Stoev, I., Zaharieva, S., 2020).

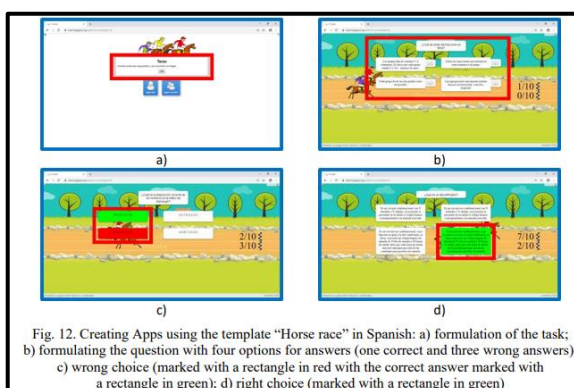


a)

b)



b)



г)

Фиг. 8. Проектно-базирано обучение и създаване на интерактивни уроци с платформата LearningApps на английски и испански език

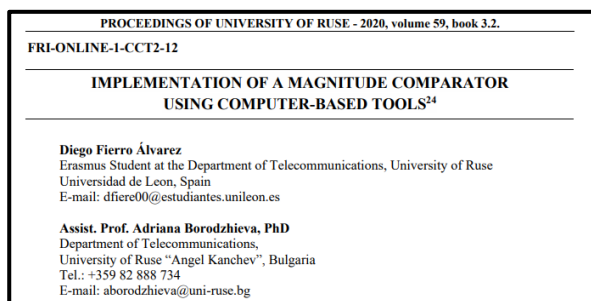


Фиг. 9. Проектно-базирано обучение и създаване и използване на приложение с добавена реалност върху темата за тригери

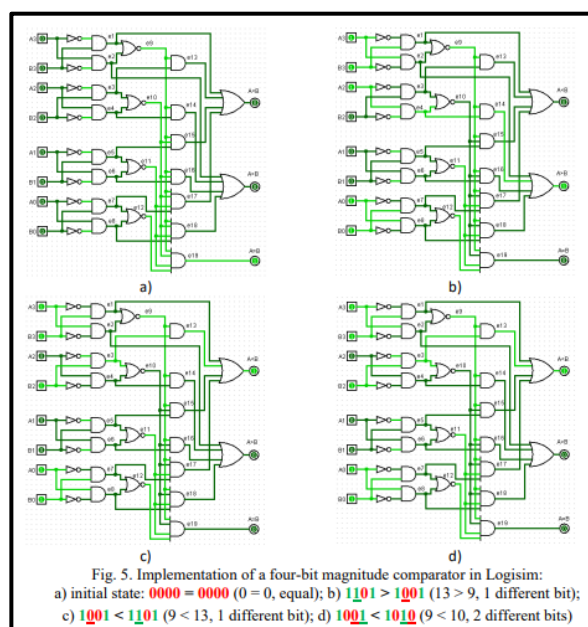
Проектно-базирано обучение и обърната класна стая

Поради твърде малкия хорариум на дисциплината „Цифрова схемотехника“ някои от темите са предвидени за самостоятелна подготовка от студентите, като те трябва предварително да се запознаят с теорията (прилагане на подхода на обърнатата класна стая), а впоследствие да решат някои практически задачи в час. Например, такива са темите за магнитудните компаратори, за аритметичните схеми като суматори и субтрактори (Borodzhieva, A., Stoev, I., Mutkov, V., 2019), и тяхната комбинация „суматори-субтрактори“ (Borodzhieva, A.N., Stoev, I.I., Tsvetkova, I.D., Zaharieva, S.L., & Mutkov, V.A., 2020), BCD суматори, преместващи регистри с линейна обратна връзка на Галоа (Borodzhieva, A.N., 2020) и др.

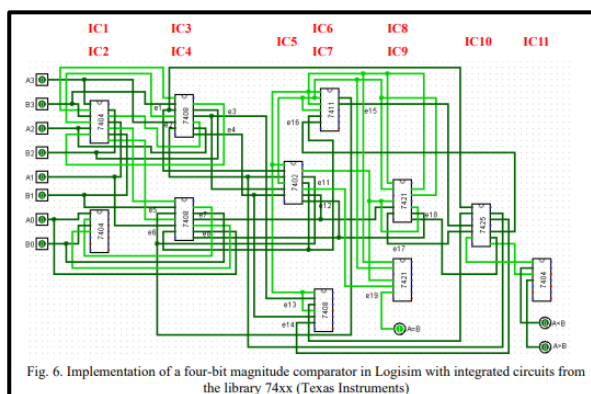
В (Fierro Álvarez, D., Borodzhieva, A., 2020) е описано приложението на проектно-базираното обучение и обърнатата класна стая за създаването на различни компютърно-базирани средства за изучаване на темата „Магнитудни компаратори“. Еразмус студентът Diego Fierro Álvarez от Университета в Леон (Испания), който беше на обучение в Русенския университет през учебната 2020-2021 година и изучава дисциплината „Цифрова схемотехника“, разработи по време на своето обучение множество компютърно-базирани инструменти за изучаване на принципа на действие на магнитудните компаратори (Фиг. 10), които и до днес подпомагат обучението на Еразмус студентите, мотивира ги и ги ангажира активно в учебния процес.



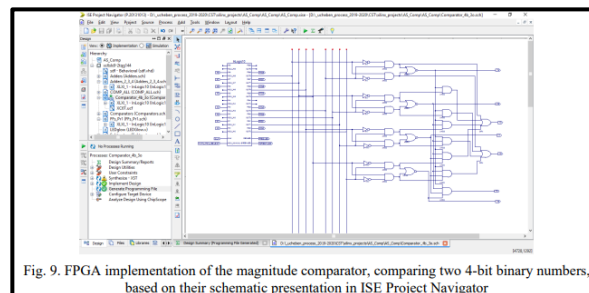
a)



б)



В)



г)

Table 2. Some examples when testing the magnitude comparator on the board

A_3	A_2	A_1	A_0	B_3	B_2	B_1	B_0	C_3	C_2	C_1	C_0	X	Y	Z
x8	x7	x6	x5	x4	x3	x2	x1	x0	y8	y7	y6	y4	y2	y0
1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1
1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0

Note: C_i - the output of the i -th NOR logic gate comparing the bits A_i and B_i



Fig. 10. Testing the magnitude comparator on the laboratory board
a) $1101 > 1001$ ($13 > 9$, 1 different bit); b) $1001 < 1101$ ($9 < 13$, 1 different bit);
c) $1001 < 1010$ ($9 < 10$, 2 different bits)

д)

Fig. 11. MS Excel-based application illustrating the principle of operation of the magnitude comparator comparing two 4-bit binary numbers

е)

Фиг. 10. Проектно-базирано обучение и обърната класна стая за създаване на компютърно-базирани средства за изучаване на темата за магнитудни компаратори

Според методиката за проектиране на магнитудни компаратори за сравняване на две четирибитови бинарни числа, представена в доклада (Фиг. 10 а), е изведена и обоснована структурната схема на устройството, която е построена в Logisim (Фиг. 10 б) и тествана за различни случаи: равни числа $A = B$ ($0 = 0$), $A > B$ ($13 > 9$), $A < B$ ($9 < 13$, при един различен бит в двоичното представяне на двете числа) и $A < B$ ($10 < 13$, при два различни бита в двоичното представяне на двете числа). Впоследствие схемата на компаратора е построена с интегрални схеми от библиотеката 74xx на Texas Instruments (Фиг. 10 в), които се изучават в курса. На следващ етап схемата на компаратора е построена в ISE Project Navigator (Фиг. 10 г), където се генерира bit файл за програмиране на създадения в Русенския университет FPGA-базиран лабораторен макет (Фиг. 10 д) – устройството е тествано за същите случаи: равни числа $A = B$ (за равенство е избрано $13 = 13$, вместо $0 = 0$), $A > B$ ($13 > 9$), $A < B$ ($9 < 13$, при един различен бит в двоичното представяне на двете числа) и $A < B$ ($10 < 13$, при два различни бита в двоичното представяне на двете числа). Резултатите от тестването са представени в табличен вид и са показани снимки на лабораторния макет при тестването (Фиг. 10 д). И накрая, разработено е приложение в MS Excel (Фиг. 10 е), което позволява нагледно представяне на процеса на сравняване на две четирибитови бинарни числа в табличен вид. С приложението са тествани същите случаи: равни числа $A = B$ (за равенство е избрано $13 = 13$, вместо $0 = 0$), $A > B$ ($13 > 9$), $A < B$ ($9 < 13$, при един различен бит в двоичното представяне на двете числа) и $A < B$ ($10 < 13$, при два различни бита в двоичното представяне на двете числа).

Разбира се, този подход е използван и в обучението на българските студенти, не само за Еразмус студентите, като се стимулират да участват в различни форуми, например в Студентската научна сесия, която се провежда в средата на месец май ежегодно в Русенския университет, където екипи успяват да демонстрират своите разработки (Фиг. 11).

Последната разработка (Фиг. 11 з), след кратка модификация, беше представена и на Международната научна конференция, 2023 XXXII International Scientific Conference Electronics (ET), в град Созопол. От Фиг. 12 се вижда, че дори вече е включена в IEEE Xplore Digital Library (Фиг. 12 а) и индексирана в Scopus (Фиг. 12 б), което е едно признание за работата на студентите и би могло да послужи за мотивирането и по-активното ангажиране на студентите през следващите години, както и мотивирането на преподавателите да сменят ежегодно условията на заданията за екипната работа, за да се предостави на студентите възможността да представят своите разработки на научни форуми.

Проучване на студентското мнение

Използвайки различни методи на обучение, студентите са по-ангажирани в процеса на обучение. Те се учат по-бързо и знанията им се запазват за по-дълго време. Със софтуерни упражнения, те могат да тестват решението си без никакви притеснения, че ще повредят

оборудването или притеснения за живота си. По време на изпълнението на проектите, студентите (Еразмус студенти и наши студенти от специалност „Компютърни системи и технологии“) проявиха засилен интерес към предмета, постигнаха по-добри резултати по време на текущия контрол и на изпита, и потвърдиха, че са научили повече.

Докладът представя анализа на данни от анкетно проучване сред студенти, проведено с 36 студенти, изучавали дисциплината, през летния семестър на академичната 2022-2023 г. и оценки на изпитите, за да се покаже до каква степен студентите са научили по-добре материала, използвайки подхода на учене чрез иновативни методи за преподаване и дали уменията за прилагане са се подобрили измеримо в резултат на този подход. Например, преди прилагането на този подход средният успех на студентите беше Добър 3,56, а след прилагането му средният успех беше повишен на Много добър 5,35.

Част от проведеното проучване след представяне на отчетите от проектно-базираното обучение е дадено на Фиг. 13. Въпрос с различни видове отговори е „От какви източници се подготвихте за работата по проекта?“. Студентите могат да избират повече от един отговор. Резултатът е представен на Фиг. 13 б. Част от въпросите, зададени на студентите, и техните отговори са представени в Таблица 2. Това показва, че темата е трудна за студентите, но с подходящи методи те могат да бъдат удовлетворени от резултатите си и да научават повече с интерес.

PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE - 2018, volume 57, book 3.4.
FRI-SSS-CCT-03
COMBINATIONAL CIRCUITS DESIGN USING LOGISIM 2.7.1 ¹⁴
Milotin Barakov – Student Faculty of Electrical Engineering, Electronics and Automation Department of Computer Systems and Technologies University of Ruse “Angel Kanchev” Phone: +358 87 79 90 817 E-mail: milotinbarakov@gmail.com
Assist. Prof. Adriana Borodzhieva, PhD Faculty of Electrical Engineering, Electronics and Automation Department of Telecommunications, University of Ruse “Angel Kanchev” Phone: +359 82 888 734 E-mail: aborodzhieva@uni-ruse.bg

a)

PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE - 2019, volume 58, book 3.4.
THU-SSS-CCT-13
SYNTHESIS AND ANALYSIS OF CRYPTOSYSTEMS BASED ON 8-BIT LINEAR FEEDBACK SHIFT REGISTERS IN LOGISIM ¹⁶
Denis Ahmed – Student Department of Computer Systems and Technologies, University of Ruse “Angel Kanchev” Phone: +359 897 206 077 E-mail: denis.ahmed98@gmail.com
Assist. Prof. Adriana Borodzhieva, PhD Department of Telecommunications University of Ruse “Angel Kanchev” Phone: +359 82 888 734 E-mail: aborodzhieva@uni-ruse.bg

б)

PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE - 2019, volume 58, book 3.4.
THU-SSS-CCT-14
SYNTHESIS AND IMPLEMENTATION OF A STREAM CIPHER CRYPTOSYSTEM BASED ON LINEAR FEEDBACK SHIFT REGISTERS WITH TTL INTEGRATED CIRCUITS FROM 74XX LIBRARY IN LOGISIM ¹⁷
Ventsislav Rusanov – Student Department of Computer Systems and Technologies, University of Ruse “Angel Kanchev” Phone: +359 895 32 16 59 E-mail: venciislav_98@abv.bg
Assist. Prof. Adriana Borodzhieva, PhD Department of Telecommunications University of Ruse “Angel Kanchev” Phone: +359 82 888 734 E-mail: aborodzhieva@uni-ruse.bg

в)

PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE - 2020, volume 59, book 3.3.
THU-ONLINE-SSS-CCT-07
IMPLEMENTATION OF CODE CONVERTERS OF DECIMAL DIGITS FROM BCD CODES TO SEVEN-SEGMENT DISPLAY CODE IN LOGISIM ¹⁷
David Dimitrov – Student Faculty of Electrical Engineering, Electronics and Automation Department of Computer Systems and Technologies University of Ruse “Angel Kanchev” Phone: +359 878 629 312 E-mail: nubrisss@abv.bg
Assist. Prof. Adriana Borodzhieva, PhD Faculty of Electrical Engineering, Electronics and Automation Department of Telecommunications University of Ruse “Angel Kanchev” Phone: +359 82 888 734 E-mail: aborodzhieva@uni-ruse.bg

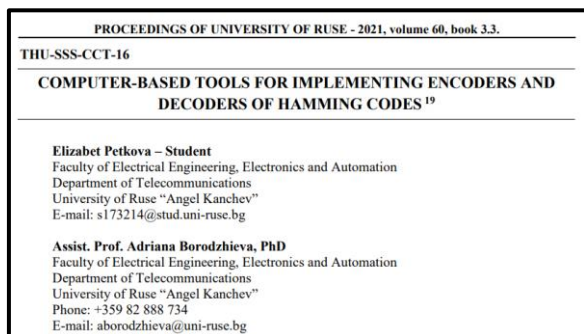
г)

PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE - 2021, volume 60, book 3.3.
THU-SSS-CCT-04
IMPLEMENTATION OF 2X2, 3X3, AND 4X4-BIT MULTIPLIERS WITH HALF-ADDERS AND FULL ADDERS IN LOGISIM ¹⁷
David Dimitrov – Student Faculty of Electrical Engineering, Electronics and Automation Department of Computer Systems and Technologies University of Ruse “Angel Kanchev” Phone: +359 878 629 312 E-mail: nubrisss@abv.bg
Assist. Prof. Adriana Borodzhieva, PhD Faculty of Electrical Engineering, Electronics and Automation Department of Telecommunications University of Ruse “Angel Kanchev” Phone: +359 82 888 734 E-mail: aborodzhieva@uni-ruse.bg

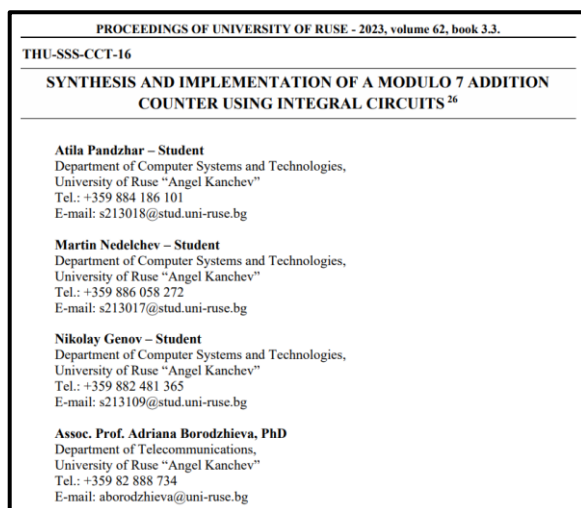
д)

PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE - 2021, volume 60, book 3.3.
THU-SSS-CCT-05
IMPLEMENTATION OF CONVOLUTIONAL ENCODERS IN LOGISIM ¹⁸
Viktor Velikov – Student Department of Computer Systems and Technologies University of Ruse “Angel Kanchev” E-mail: v.velikov00@abv.bg
Assist. Prof. Adriana Borodzhieva, PhD Department of Telecommunications University of Ruse “Angel Kanchev” Phone: +359 82 888 734 E-mail: aborodzhieva@uni-ruse.bg

е)

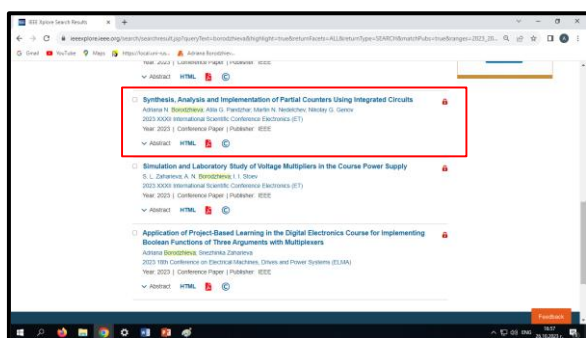


ж)

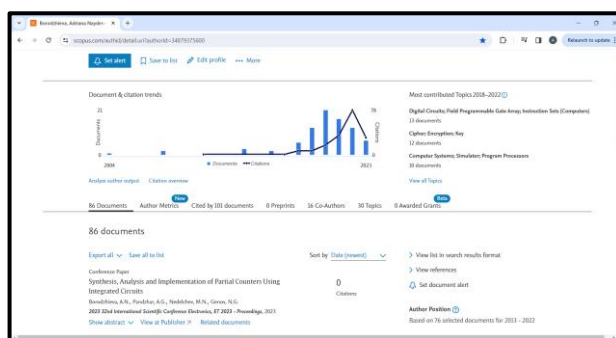


з)

Фиг. 11. Проектно-базирано обучение, прилагано за българските студенти и активно участие на Студентската научна сесия за демонстриране на студентските разработки



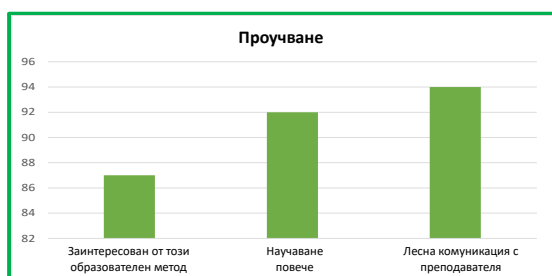
а)



б)

Фиг. 12. Видимост в световните бази от данни на резултатите от проектно-базираното обучение: а) IEEE Xplore Digital Library; б) индексирание в Scopus

Друг интересен въпрос беше „Как оценявате преподаването по дисциплината?“, като възможните отговори бяха: „остаряла (стара литература)“, „класическа (работи, но няма нищо по-интересно или специфично)“, „с активни и съвременни методи“ и „Не мога да реша“. Почти всеки студент маркира отговора „с активни и съвременни методи“.



а)



б)

Фиг. 13. Анкетно проучване, проведено сред студентите

Таблица 2. Въпроси и отговори в анкетното проучване с използване на 5-степенна скала на Likert

Въпрос?	Не	По-скоро не	По-скоро да	Да	Не мога да реша
Учебната програма на дисциплината правилно ли е формулирана?	2	4	15	13	2
Обяснението на лектора ясно и разбираемо е ли за студентите?	1	3	13	17	2
Можете ли да дадете висока оценка на ерудицията на преподавателя?	1	6	16	12	1
Получавахте ли помощ от преподавателя при разработването на индивидуалните задачи?	2	5	17	10	2
Знанията, получени по време на семестъра по дисциплината, помогнаха ли при разработването на проекта?	1	4	19	9	3

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проектирането на цифрови устройства се явява основен компонент на съвременната технологична индустрия, играейки ключова роля в развитието на компютърни системи, мобилни устройства и др. Докладът разглежда настоящите предизвикателства, пред които са изправени образователните институции при преподаването на цифровата схемотехника и представя иновативни методи за преодоляване на тези предизвикателства. Докладът също така разглежда ролята на методологиите за обучение, базирано на проекти и активното обучение, помагачи на студентите да прилагат техническите си умения в проекти от реалния свят. Специално внимание се обръща на интегрирането на програмируеми логически устройства и симулационни софтуерни инструменти в образователния процес, което позволява на студентите да разработват и тестват цифрови схеми в реално време. Докладът заключава, че иновативните образователни методи са ключът към ефективната подготовка на студентите за бъдещи предизвикателства в областта на цифровата схемотехника и по-широкия технологичен пейзаж.

Иновативните методи на обучение, използвани в учебния процес по дисциплината „Цифрова схемотехника“, помагат на студентите да подобрят разбирането си по изучаваните теми, да постигнат по-добри резултати по време на провеждания текущ контрол и на изпитната сесия, както и да развият полезни способности, важни за тяхното личностно израстване и бъдеща инженерна кариера.

Резултатите от анкетното проучване, проведено със студентите в края на семестъра, показват, че те са доволни от този вид обучение и определят преподаването по дисциплината с използване на активни и съвременни методи.

БЛАГОДАРНОСТИ

Тази публикация бе реализирана с подкрепата на Проект 2023 – ФЕЕА – 03, финансиран от Фонд „Научни изследвания“ на Русенски университет „Ангел Кънчев“.

REFERENCES

Aliev, Y., Borodzhieva, A., Ivanova, G. (2018). *Simulation Model of Systematic Linear Block Encoders and Decoders Using MATLAB for Training Purposes*. 10th Annual International Conference on Education and New Learning Technologies, Palma de Mallorca (Spain). 2 – 4 July 2018, EDULEARN18 Proceedings, pp. 1214 – 1222, ISBN: 978-84-09-02709-5.

Borodzhieva, A. (2019). *FPGA Implementation of Systematic Linear Block Encoders for Educational Purposes*. X National Conference with International Participation “Electronica 2019”, 16 – 17 May 2019, Sofia, Bulgaria, Conference Proceedings, pp. 1-4, ISBN: 978-1-7281-3622-6, DOI: 10.1109/ELECTRONICA.2019.8825652.

Borodzhieva, A.N. (2020). *Computer-Based Education for Teaching the Topic "Galois Linear Feedback Shift Registers"*. IEEE 26th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging, SITME 2020, pp. 291-294.

Borodzhieva, A., Stoev, I., Mutkov, V. (2019). *Active Learning Methods Applied in the Course "Digital Electronics" on the Topic "Arithmetic Circuits Using FPGA Design"*. 29th Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering, EAEEIE 2019, pp. 1-4.

Borodzhieva, A.N., Stoev, I.I., Tsvetkova, I.D., Zaharieva, S.L., & Mutkov, V.A. (2020). *Computer-Based Education in the Course "Digital Electronics" Teaching the Topic "Adders-Subtractors"*. 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2020 - Proceedings, pp. 705-710.

Borodzhieva, A., Tsvetkova, I., Stoev, I., Zaharieva, S. (2020). *Interactive Teaching Methods Used in the Course Digital Electronics*. 11th National Conference with International Participation "Electronica 2020", 23 – 24 July 2020, Sofia, Bulgaria, Conference Proceedings, pp. 1-4, Electronic ISBN: 978-1-7281-7531-7, CD: 978-1-7281-7530-0, Print on Demand (PoD) ISBN: 978-1-7281-7532-4, doi: 10.1109/ELECTRONICA50406.2020.9305131.

15 Innovative Teaching Methods with Guide and Examples (Best in 2023), URL: <https://ahaslides.com/blog/15-innovative-teaching-methods/> (Accessed on 30.08.2023)

Fierro Álvarez, D., Borodzhieva, A. (2020). *Implementation of a Magnitude Comparator Using Computer-Based Tools*. 59th Science Conference of Ruse University, Bulgaria, 2020, Proceedings of University of Ruse, Volume 59, book 3.2. Communication and Computer Technologies, Ruse, 12-13 November 2020, pp. 162-172, ISSN 1311-3321.

Mazola Ortega, M. I., Wysowski, J., Borodzhieva, A. (2019). *Designing an Interactive Multimedia Bilingual Application for the Course "Pulse and Digital Devices"*. 58th Science Conference of Ruse University, Bulgaria, 2019, Proceedings of University of Ruse, Volume 58, book 3.2. Communication Systems & Networks, Ruse, 24-26 October 2019, pp. 37-44, ISSN 1311-3321.

Puranik, S. (2020). *Innovative Teaching Methods in Higher Education*. BSSS Journal of Education, ISSN 2320-1258 (Print), Vol. IX, Issue-I, <https://doi.org/10.51767/je0907>.

Sivarajah, R. T., Curci, N. E., Johnson, E. M., Lam, D. L., Lee, J. T., & Richardson, M. L. (2019). *A Review of Innovative Teaching Methods*. Academic Radiology, Volume 26, Issue 1, January 2019, pp. 101-113.