

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ GREENPAK DIALOG SEMICONDUCTOR У ЯКОСТІ ЛАБОРАТОРНОЇ БАЗИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПРИСТРОЇВ НА ПЛІС**

проф., д.т.н. Семенець В.В., доц., к.т.н. Свид І.В.,  
доц., к.т.н. Зубков О.В., доц., к.т.н. Воргуль О.В., ас. Чумак В.С.  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра мікропроцесорних технологій і систем,  
e-mail: iryna.svyd@nure.ua

**Abstract.** Peculiarities of modern higher technical education in the conditions of rapid flow of new scientific and technical solutions within the framework of industrial revolutions are considered. It is shown that the cooperation of higher education institutions and leading industry companies allows in modern conditions to provide training of highly qualified specialists. The substantiation of expediency of application of GreenPAK Dialog Semiconductor as a laboratory base on technical educational components for designing of devices on FPGA is given.

**Вступ.** Сучасна вища технічна освіта базується на стрімкому розвитку індустріальних революцій та вимагає від закладів вищої освіти (ЗВО) відповідного кадрового, матеріально-технічного, інформаційного і методичного забезпечення. На поточний момент забезпечення ЗВО належного рівня матеріально технічної бази можливе тільки за підтримки виробничих, науково-виробничих та промислових структур. Така співпраця дозволить ЗВО готувати фахівців на високому науково-технічному рівні, підприємствам отримати кваліфіковані кадри з необхідними навиками [1-3].

На кафедрі мікропроцесорних технологій і систем (МТС) Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ) ведеться фундаментальна підготовка фахівців в області проектування пристроїв на мікроконтролерах і програмованих логічних інтегральних схемах (ПЛІС) [1-4]. У співпраці з фірмою Dialog Semiconductor кафедрою МТС ведеться робота по розробці лабораторного практикуму на основі інтегральних мікросхем GreenPAK Dialog Semiconductor з використанням програмного забезпечення (ПЗ) GreenPAK Designer.

Інтегральні мікросхеми GreenPAK від Dialog Semiconductor – це сімейство конфігуруємих інтегральних мікросхем зі змішаними сигналами (СМІС), які забезпечують мініатюрні та персоналізовані рішення поширених проблем, з якими стикаються розробники схем системного рівня. GreenPAK надає засоби для значного зменшення розміру друкованої плати, вартості специфікації та часу розробки. Вмотивований розробник зможе використовувати GreenPAK практично в більшості галузей. Враховуючи широкий спектр вирішуваних практичних задач за допомогою

GreenPAK, доцільно запроваджувати це рішення у розбудові лабораторних практикумів з проектування пристроїв на програмованих логічних інтегральних схемах. Програмне забезпечення GreenPAK Designer має повністю графічний процес проектування, не вимагає мови програмування чи компілятора, та має відкриту ліцензію щодо поширення [9].

**Основна частина.** По кафедрі МТС викладається освітня компонента «Проектування пристроїв на мікроконтролерах і програмованих логічних інтегральних схемах» модуль «ПЛІС» [4-8]. З огляду на можливості інтегральних схем GreenPAK Dialog Semiconductor, наявність програматора та програмне забезпечення GreenPAK Designer з відкритою ліцензією, – це дуже приваблива пропозиція для застосування у освітньому процесі для розвитку лабораторної бази.

Інтегральні мікросхеми GreenPAK™ – це економічно ефективний програмований пристрій енергонезалежної пам'яті, який дає можливість інтегрувати багато системних функцій, мінімізуючи кількість компонентів, простір на платі та енергоспоживання. Використовуючи програмне забезпечення GreenPAK Designer від Dialog та GreenPAK Development Kit, дизайнери можуть створити та запрограмувати власну схему за лічені хвилини [9-12].

GreenPAK надає наступні переваги перед дискретним дизайном:

- менша площа на друкованій платі - пластикові корпуси розміром всього 1,0 x 1,2 мм;

- менша кількість компонентів / менша вартість – типова реалізація GreenPAK дозволяє заощадити від десяти до тридцяти компонентів на кожен екземпляр;

- вища надійність – менша кількість між'єднань на друкованих платах підвищує надійність;

- прискорений дизайн – за допомогою повного циклу проектування з GreenPAK Designer;

- знижена потужність – використання компонентів з низьким енергоспоживанням та функції сну;

- безпека дизайну – значно ускладнює зворотне проектування, шляхом відключення зворотного зчитування конфігурації енергонезалежної пам'яті, що дозволяє приховати деталі дизайну;

- протестовані рішення – кожна IC GreenPAK тестується, тоді як дискретна схема не тестується перед остаточним тестом рівня плати.

GreenPAK може забезпечувати унікальні підмножини функцій [10]:

- подвійне живлення GreenPAK – гнучкий інтерфейс двох незалежних областей напруги;

- GreenPAK з перемикачами навантаження – конфігурація GreenPAK з одночасним керуванням перемикачами живлення високого струму приводу;

- GreenPAK з асинхронним кінцевим автоматом – дозволяє розробляти власні конструкції кінцевого автомата;
- GreenPAK з регуляторами з малою просадкою напруги;
- GreenPAK з внутрішньосистемним програмуванням;
- високовольтні GreenPAK – переваги комбінованої логіки змішаного сигналу та функціональності високовольтного мосту H-моста.
- автомобільні GreenPAKs – інтеграція багатьох системних функцій в одній інтегральній мікросхемі, яка відповідає стандарту АЕС-Q100;
- аналогові GreenPAK – створення унікальних аналогових схем в поєднанні з налаштовуємою логікою GreenPAK.

На рис. 1 наведено зовнішній вигляд плати програматора та інтегральних схем. На рис. 2 наведено зовнішній вигляд плати програматора з представленням наявної периферії.

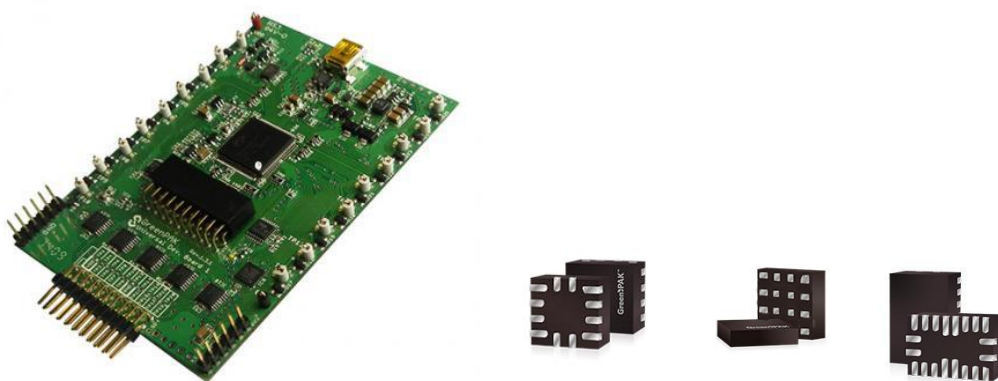


Рис. 1 – Зовнішній вигляд плати програматора та інтегральних схем

Блок живлення (Power Supply). Основним джерелом живлення GreenPAK Advanced Development Board є лінія живлення USB. Плата розробки може видавати напругу від 0 до 5,5 В. Для забезпечення цього діапазону потужності Плата розвитку оснащена підвищуваним перетворювачем. Генератор сигналів з буферизованим виходом керує шиною живлення чіпа GreenPAK.

USB-зв'язок (USB Communication). Плата має комунікаційний інтерфейс USB, який використовує роз'єм USB mini-B. Цей інтерфейс забезпечує зв'язок із програмним інструментом керування та подає живлення до платформи.

З'єднання GND (GND Connections). Є 6 контактів GND на лівій стороні, 6 контактів і 1 контакт на правій стороні. Їх можна використовувати для заземлення контрольного заземлення обладнання (осцилограф, мультиметра тощо) або для підключення зовнішньої тестової схеми заземлення.

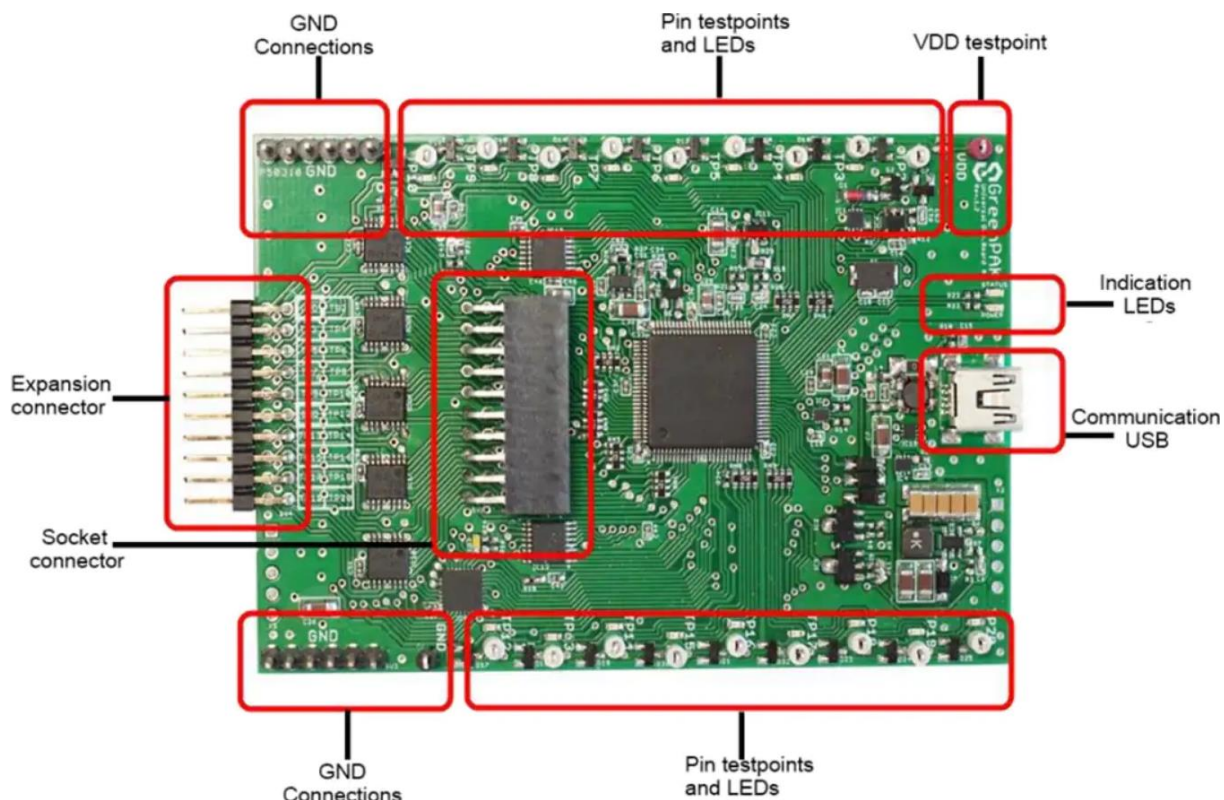


Рис. 2 – Плата програматора з представленням наявної периферії

**Pin Test Points.** Кожен контакт мікросхеми GreenPAK, включаючи VDD, має власну контрольну точку спостереження. Ці тестові точки призначені лише для спостереження. Для підключення зовнішнього джерела сигналу використовуйте програмно керований роз'єм розширення.

**Світлодіоди (LEDs).** Усі контакти, крім контакту 2, можна підключити до буферизованих світлодіодів. Ця опція дозволяє візуалізувати цифрові рівні на штифтах мікросхеми. Є два режими вибору:

- буферизований світлодіод (з високим входним опором);
- інвертований буферизований світлодіод (з високим входним опором).

**Роз'єм (Socket Connector).** Додаткову плату розробки GreenPAK слід використовувати зі змінною платою роз'ємів. Його головне призначення — підключити мікросхему GreenPAK до плати програматора. Легко використовувати запрограмований чіп у зовнішніх ланцюгах або вимірювати споживаний струм реалізуємому проєкті.

**Роз'єм розширення (Expansion Connector).** Цей порт був розроблений для підключення GreenPAK Advanced Development Board до зовнішніх схем і подачі зовнішнього живлення, джерел сигналу та навантаження. Його можна використовувати для застосування чіпа GreenPAK у вашому індивідуальному дизайні з мінімальною кількістю додаткових інструментів.

GreenPAK Designer – це повнофункціональне інтегроване середовище розробки (IDE), яке реалізує повний цикл наскрізного проектування, що включає етапи: створення вихідних описів проекту, синтезу, моделювання, розміщення і трасування на кристалі, конфігурації кристалів і внутрікристального апаратного налаштування. Це надає прямий доступ до всіх функцій пристрою GreenPAK і повний контроль над параметрами маршрутизації та конфігурації. GreenPAK Designer має інтегрований інструмент програмування, який дозволяє запрограмувати налаштований дизайн у вашому чіпі GreenPAK. За допомогою цього інструменту також можна прочитати вже запрограмований чіп та експортувати його дані до конструктора. Конструктор згенерує проект, який має ту ж конфігурацію, що і чіп. GreenPAK Designer призначений для роботи в середовищі операційних систем (ОС): Windows 7/8.1/10, MAC OS X (v10.8 or higher), Ubuntu 18.04 (32, 64-bit), Debian 11 (32, 64-bit) [11, 12].

Цифрові блоки є основними функціональними компонентами будь-якого GreenPAK. Вони включають: Look-Up Table (LUT); D Flip-Flop (DFF) / Latch; Counter / Delay (CNT/DLY); I2C (many devices); SPI (select devices); Pattern Generator (PGEN); Pipe Delay; Programmable delay (PDLY); Filter / Edge Detector (рис. 3) [9-12].

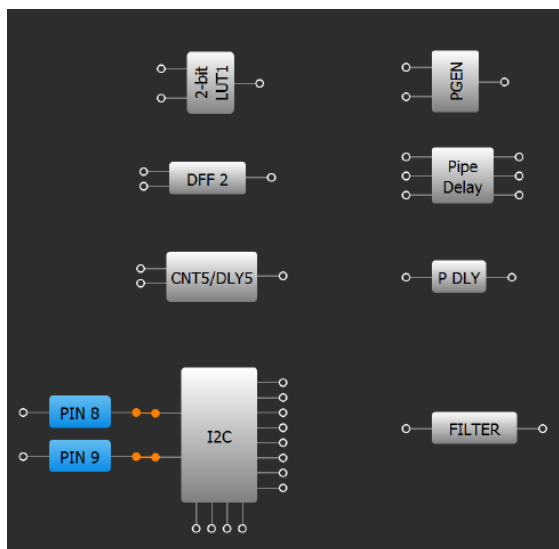


Рис. 3 – Цифрові блоки

Багато компонентів у GreenPAK Designer можна налаштувати як один із кількох типів блоків. На це вказує назва цифрового блока: наприклад, 2-бітовий LUT0/DFF/LATCH0 може бути, як видно з назви, LUT, DFF або Latch. Вибір типу блоку налаштовується за допомогою параметра «Тип» у вікні «Властивості».

Майже кожен GreenPAK оснащений двома або більше аналоговими компараторами [ACMPs], кожен з яких має два джерела входу; IN+ і IN-.



Джерело вхідного сигналу для кожного налаштовується у вікні «Властивості».

Входи/виходи в GreenPAK дуже гнучкі. Можливості введення/виведення варіюються від вивода до вивода та від деталі до деталі, тому перед вибором конкретного GreenPAK необхідно узгодити конструкцію з необхідною конфігурацією виводів. Виходи можна налаштувати як двотактні або з відкритим стоком у конфігурації NMOS чи PMOS. Коефіцієнт масштабування, наприклад, 2x, вказує, що вихідна потужність подвоєна. Крім того, на вихідних контактах доступні варіанти резисторів, що підтягують і знижують 10 кОм, 100 кОм і 1 МОм. а кож доступні кілька варіантів входу, такі як: цифровий вхід, цифровий вхід із тригером Шмітта, цифровий вхід низької напруги та аналоговий вхід. Аналоговий вхід використовується як вхід АСМР.

Інтерфейс користувача GreenPAK наведено на рис. 4.

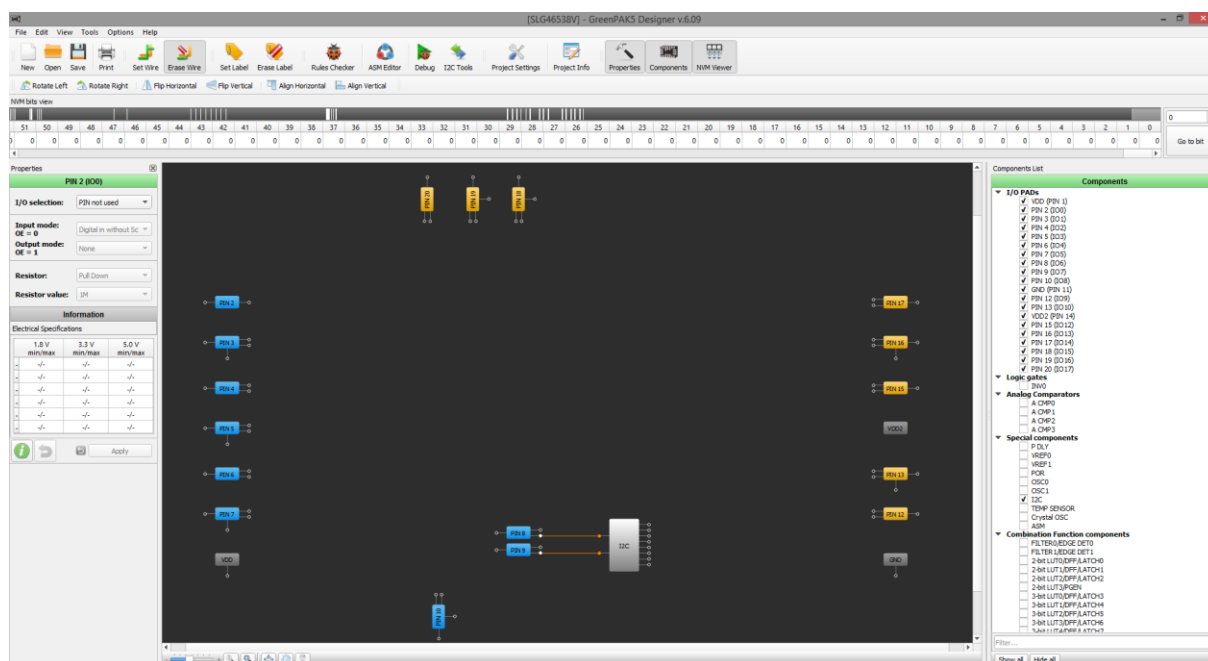


Рис. 4 – Інтерфейс користувача GreenPAK

Наведений опис GreenPAK Dialog Semiconductor, GreenPAK Designer та GreenPAK Development Kit демонструє повноцінні можливості провадження існуючого на кафедрі МТС лабораторного практикуму з освітньої компоненти «Проектування пристроїв на мікроконтролерах і програмованих логічних інтегральних схемах» модуль «ПЛІС» [1]. І також дозволи реалізувати нові лабораторні роботи та проводити роботу студентський гуртків. GreenPAK Designer дозволить студентам навчатися повноцінно у дистанційному режимі при підтримці дистанційних лабораторій кафедри МТС [6, 7].

**Висновки.** Використання закладами вищої освіти у освітньому процесі вищої технічної освіти сучасного матеріально-технічного, інформаційного, методичного забезпечення при відповідному рівні підготовки науково-педагогічних працівників і учбово-допоміжного персоналу дозволяє забезпечити підготовку висококваліфікованого й затребуваного на ринку праці фахівця. Виконання таких вимог можливе тільки за консолідованої співпраці провідних галузевих підприємств і компаній з закладами вищої освіти.

Компанія Dialog Semiconductor є провідним світовим виробником, що створює високоінтегровані інтегральні схеми GreenPAK зі змішаними сигналами, оптимізовані для персональних портативних, низькоенергетичних бездротових, світлодіодних твердотільних освітлювальних приладів та автомобільних додатків. Компанія Dialog Semiconductor приймає активну участь у підтримці та розбудові вищої освіти щодо надання якісної технічної освіти. На прикладі лабораторних практикумів кафедри мікропроцесорних технологій і систем Харківського національного університету радіоелектроніки продемонстровано доцільність застосування GreenPAK Dialog Semiconductor у якості лабораторної бази на технічних освітніх компонентах.

#### **Список використаних джерел.**

1. Методика розробки та впровадження освітньої компоненти щодо проектування пристроїв / В. В. Семенець, І. В. Свид, О. В. Зубков, О. В. Воргуль // Збірник матеріалів II форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» до 90-річчя ХНУРЕ. – Харків, ХНУРЕ. – 2020. – С. 40–44.

2. В.В. Семенець, В.Г. Кобзєв, В.О. Філатов. Компоненти інформаційної системи моніторингу якості освіти у Харківському національному університеті радіоелектроніки. // Матеріали 7-ї Міжн. наук.-техн. конф. Інформаційні системи та технології (ICT-2018), 10-15 вересня 2018 р., Харків-Коблеве. – Х. : ХНУРЕ, 2018. – С. 51-54.

3. Свид І. В. Регіональний центр STEM-освіти технічного розвитку молоді / І. В. Свид, В. С. Чумак, Н. В. Бойко // Сучасна освіта – доступність, якість, визнання: збірник наукових праць XII міжнародної науково-методичної конференції, 11–13 листопада 2020 року, м. Краматорськ – Краматорськ : ДДМА. – 2020. – С. 151–152.

4. I. Svyd, O. Vorgul, V. Semenets, O. Zubkov, V. Chumak, N. Boiko. Special Features of the Educational Component “Design of Devices on Microcontrollers and FPGA”. // II International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA), Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 55-57. doi: 10.35598/mcfpga.2020.017

5. O. Vorgul, I. Svyd, O. Zubkov, V. Semenets. Teaching microcontrollers and FPGAs in Quarantine from Coronavirus: Challenges and Prospects. // II International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA), Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 14-17. doi: 10.35598/mcfpga.2020.005

6. Методичні та технічні аспекти реалізації онлайн лабораторії з проектування пристроїв / В. В. Семенець, І. В. Свид, О. В. Зубков, О. В. Воргуль, Н. В. Бойко, В. С. Чумак. // Збірник матеріалів II форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» до 90-річчя ХНУРЕ. – Харків, ХНУРЕ, 2020. – С. 45-48.

7. Методика разработки и внедрение технической онлайн лаборатории в учебный процесс / В. В. Семенец, И. В. Свид, О. В. Зубков, А. В. Воргуль // Engineering education: challenges and developments : материалы X Междунар. науч.-метод. конф. (Республика Беларусь, Минск, 26 ноября 2020 года). – Минск : БГУИР, 2020. – С. 238–242.

8. Особенности разработки и внедрения образовательной компоненты технической направленности / В. В. Семенец, И. В. Свид, О. В. Зубков, А. В. Воргуль // Engineering education: challenges and developments : материалы X Междунар. науч.-метод. конф. (Республика Беларусь, Минск, 26 ноября 2020 года). – Минск : БГУИР. – 2020. – С. 242–247.

9. Dialog Semiconductor. [Access mode]: <https://www.dialog-semiconductor.com/>.

10. GreenPAK Programmable Mixed Signal Matrix. [Access mode]: <https://www.dialog-semiconductor.com/products>.

11. GreenPAK Cookbook. [Access mode]: <https://www.dialog-semiconductor.com/greenpak-cookbook>.

12. GreenPAK Designer User Guide. [Access mode]: [https://www.dialog-semiconductor.com/sites/default/files/2021-07/GreenPAK\\_Designer\\_User\\_Guide.pdf](https://www.dialog-semiconductor.com/sites/default/files/2021-07/GreenPAK_Designer_User_Guide.pdf).