Жүйелерді FPGA негізінде жобалау

Дәріс 1: FPGA және бағдарламаланатын логикаға кіріспе

ДӘРІСКЕР:PhD, доцент м.а.
Сқабылов Әлішер Әлиұлы

Дәрістің мақсаты:

FPGA технологиясы туралы жалпы түсінік қалыптастыру, бағдарламаланатын логиканың негізгі принциптерін түсіндіру, FPGA құрылғыларының цифрлық жүйелердегі рөлін анықтау және оларды басқа есептеу құрылғыларымен салыстыру.

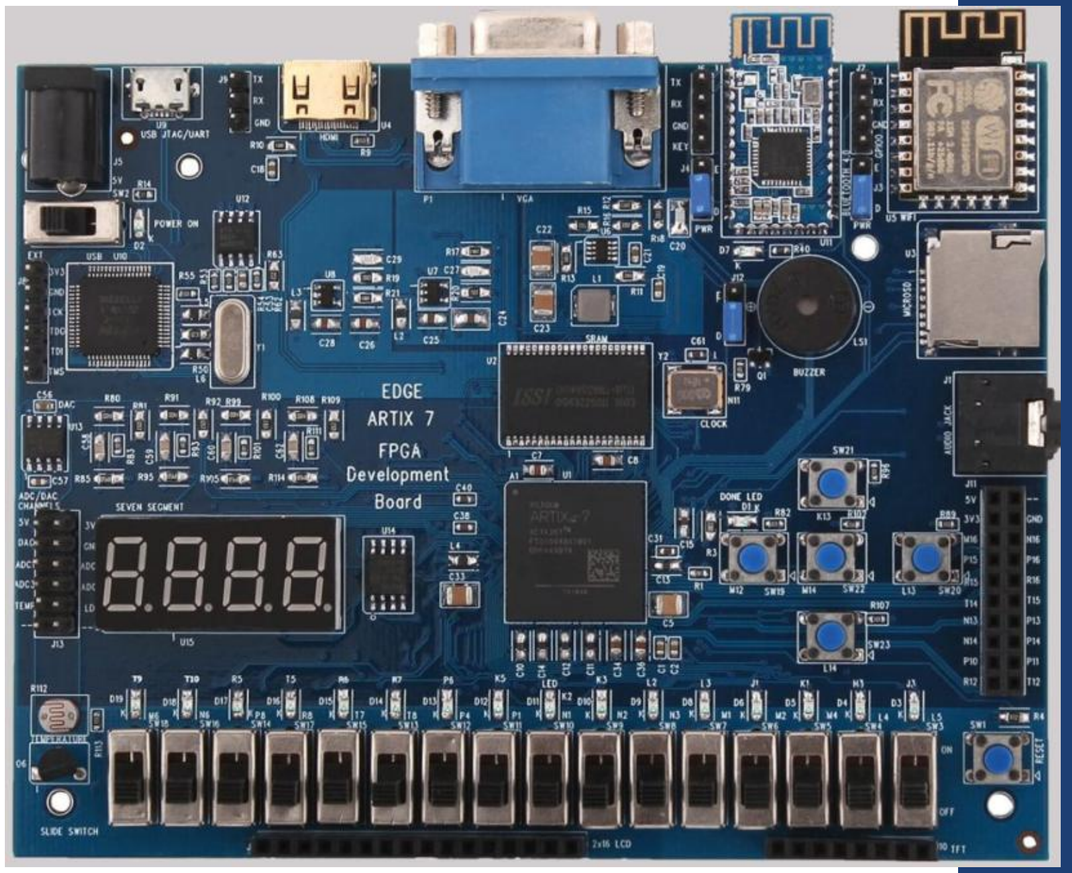
Міндеттері: FPGA ұғымын түсіну; бағдарламаланатын логиканың даму ерекшеліктерін қарастыру; PLD, CPLD және FPGA айырмашылықтарын анықтау; FPGA-ны микроконтроллер және ASIC-пен салыстыру; FPGA артықшылықтары мен кемшіліктерін және қолдану салаларын қарастыру.

FPGA дегеніміз не?

FPGA (Field-Programmable Gate Array) – пайдаланушының қажеттілігіне сәйкес конфигурацияланатын бағдарламаланатын цифрлық интегралдық схема.

FPGA өндірілген кезде оның нақты логикалық функциясы толық бекітілмейді. Арнайы жобалау құралдарының көмегімен пайдаланушы құрылғының конфигурациясын қалыптастырып, қажетті цифрлық схеманы FPGA ішіндегі ресурстарда іске асырады.

Бір FPGA құрылғысы әртүрлі жобалар үшін қайта конфигурациялануы мүмкін.



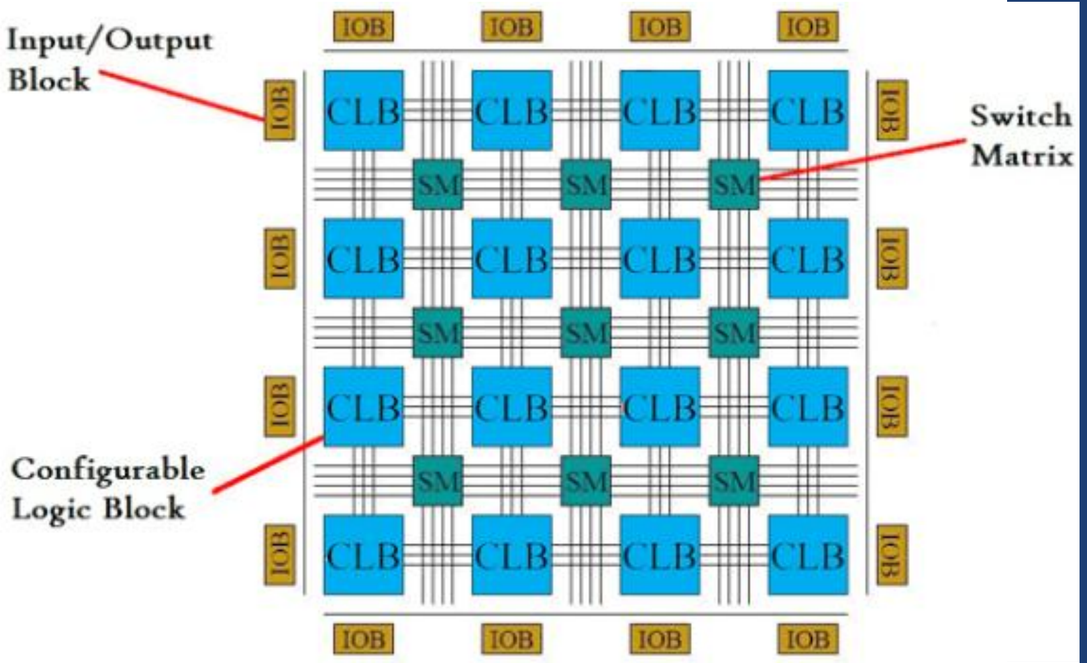
Бағдарламаланатын логика

Бағдарламаланатын логика логикалық функцияларды пайдаланушының қажеттілігіне сәйкес аппараттық құрылым түрінде іске асыруға мүмкіндік береді.

Бағдарламаланатын құрылғыға қажетті функцияны бір рет анықтап қана қоймай, оның конфигурациясын кейін өзгертуге болады.

FPGA көмегімен қарапайым логикалық функциялардан бастап күрделі цифрлық жүйелерге дейін жүзеге асырылады:
логикалық элементтер, санауыштар, регистрлер, таймерлер,

PWM генераторлары, байланыс интерфейстері, сигнал өңдеу құрылғылары және аппараттық жеделдеткіштер.



Бағдарламаланатын логиканың даму тарихы

Цифрлық электрониканың алғашқы кезеңінде құрылғылар көптеген жеке логикалық микросхемалардан құрастырылды. Бұл компоненттер санының өсуіне, схеманың күрделенуіне және өзгерістер енгізудің қиындауына әкелді.

Осы мәселелерді шешу үшін бағдарламаланатын логикалық құрылғылар пайда болды.

Олардың дамуын шартты түрде:

PROM → PLA → PAL → CPLD → FPGA

тізбегімен көрсетуге болады.

PLD, CPLD және FPGA

PLD (Programmable Logic Device) – бағдарламаланатын логикалық құрылғылардың жалпы атауы.

CPLD (Complex Programmable Logic Device) – бірнеше бағдарламаланатын логикалық блоктарды және олардың арасындағы байланыстарды біріктіретін құрылғы.

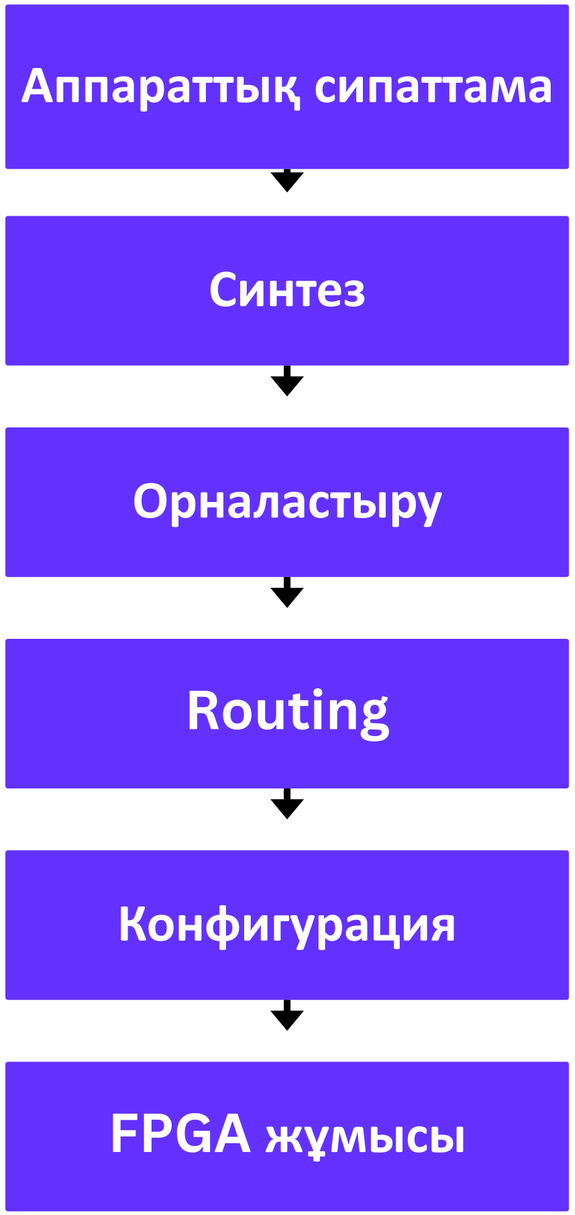
FPGA – көптеген бағдарламаланатын логикалық блоктардан, routing ресурстарынан және қосымша аппараттық ресурстардан тұратын күрделі құрылғы.

Қазіргі FPGA құрылғыларында **LUT, Flip-Flop, Block RAM, DSP, I/O** және **clock resources** сияқты ресурстар болуы мүмкін.

FPGA жұмыс істеу принципі

FPGA жұмысының негізгі принципі – пайдаланушы сипаттаған цифрлық функцияны FPGA ішіндегі конфигурацияланатын ресурстарға сәйкестендіру.

HDL немесе басқа жобалау құралдары арқылы берілген сипаттама логикалық құрылымға түрлендіріледі, содан кейін ол FPGA ресурстарына орналастырылады және қажетті байланыстар ұйымдастырылады.



FPGA, микроконтроллер және ASIC

	Микроконтроллер	**FPGA**
Негізгі принципі	Бағдарламаны орындау	Аппараттық логиканы конфигурац
Қайта бағдарламалау	Иә	Иә

FPGA-ның артықшылықтары

- **Икемділік**. Бір құрылғыны әртүрлі жобалар үшін қайта конфигурациялауға болады.
- **Параллель өңдеу**. Бірнеше логикалық операция бір уақытта орындалуы мүмкін.
- **Аппараттық жеделдету**. Белгілі алгоритмдер үшін арнайы аппараттық құрылым ұйымдастыруға болады.
- **Прототиптеу**. Жаңа цифрлық жүйелерді тез әзірлеп, тексеруге мүмкіндік береді.
- **Интеграция**. Бір FPGA ішінде логика, жады, DSP және басқа ресурстарды біріктіруге болады.

FPGA-ның кемшіліктері

FPGA технологиясының негізгі шектеулері:

- **Жобалау күрделілігі**. HDL, цифрлық логика, synthesis және timing принциптерін білу қажет.
- **Ресурстардың шектеулілігі**. LUT, Flip-Flop, RAM және DSP саны нақты құрылғыға байланысты.
- **Энергия тұтыну**. Кейбір қолданбаларда FPGA ASIC-пен салыстырғанда көбірек энергия тұтынуы мүмкін.
- **Бағасы**. Қарапайым микроконтроллерге қарағанда FPGA құрылғылары мен development boards қымбатырақ болуы мүмкін.
- **Уақыттық талаптар**. Жобада тек логикалық дұрыстық емес, timing талаптарының орындалуы да қамтамасыз етілуі керек. FPGA 1

FPGA қолдану салалары

FPGA технологиясы жоғары жылдамдықты және параллель өңдеу қажет болатын көптеген салаларда қолданылады.

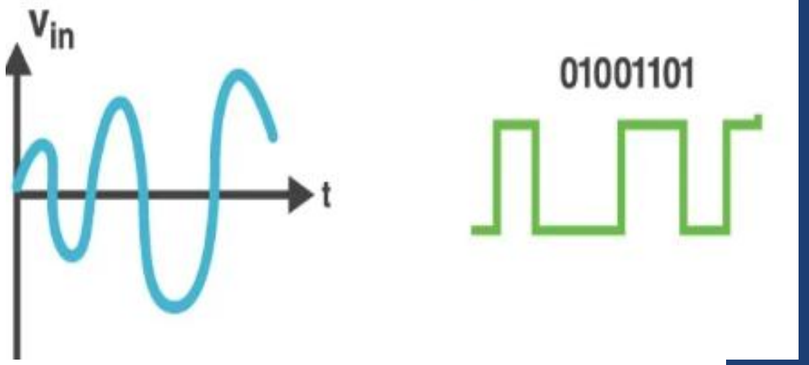
Телекоммуникация: сигналдарды өңдеу, кодтау, модуляция және деректер ағындарын өңдеу.

Радиотехника: цифрлық қабылдағыштар, таратқыштар және SDR жүйелері.

Цифрлық сигналдарды өңдеу: сүзгілер, FFT және басқа математикалық операциялар.

Робототехника және автоматтандыру: датчиктерді өңдеу және басқару жүйелері.





FPGA жобасын әзірлеудің жалпы кезеңдері

FPGA жобасын әзірлеу бірнеше өзара байланысты кезеңнен тұрады:

1. Талаптарды анықтау

Жүйенің функциясы мен негізгі техникалық талаптары белгіленеді.

2. Аппараттық сипаттама

Жүйе HDL арқылы сипатталады.

3. Синтез

HDL сипаттамасы FPGA ресурстарына сәйкестендірілген логикалық құрылымға түрлендіріледі.

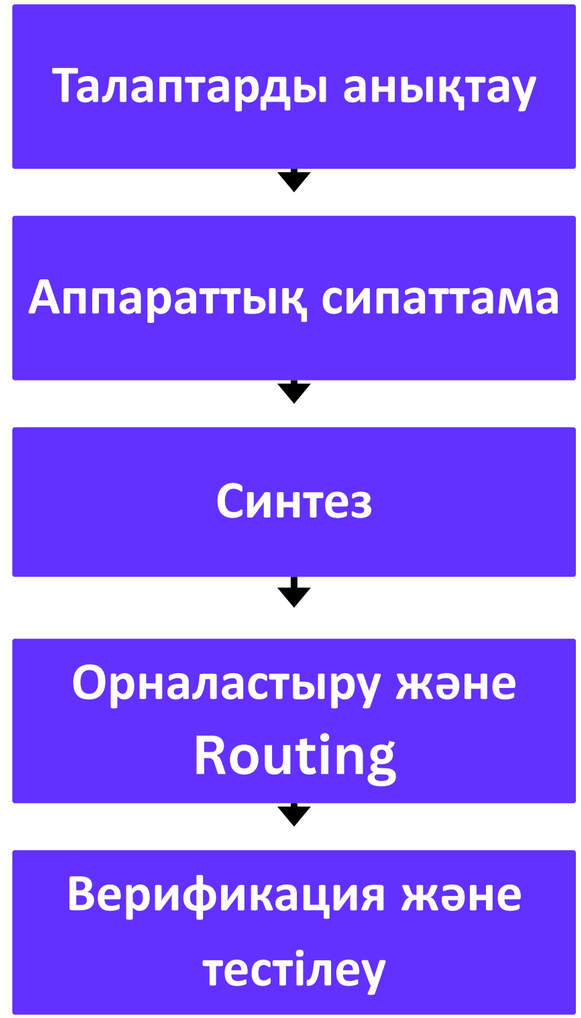
4. Орналастыру және Routing

Логикалық элементтер FPGA ішіндегі нақты ресурстарға орналастырылып, олардың арасындағы байланыстар ұйымдастырылады.

5. Верификация және тестілеу

Жоба simulation және нақты FPGA құрылғысында тексеріледі.

Бұл слайдта тек жалпы flow көрсетіледі — толық process кейінгі 9-дәрісте ашылады. FPGA 1



Қорытынды

FPGA – цифрлық жүйелерді аппараттық деңгейде жүзеге асыруға мүмкіндік беретін икемді бағдарламаланатын құрылғы.

Оның негізгі ерекшеліктері:
қайта конфигурациялану + параллель өңдеу + аппараттық икемділік.

FPGA жобасын толық іске асыру үшін цифрлық логиканы, HDL, схемаларды жобалауды, synchronization, memory/interfaces және design flow принциптерін біртұтас түрде қолдану қажет.

Білімді бекітуге арналған сұрақтар

1. FPGA дегеніміз не және оның толық атауы қалай жазылады?
2. Бағдарламаланатын логика дегеніміз не?
3. FPGA технологиясының негізгі ерекшелігі қандай?
4. PLD, CPLD және FPGA арасындағы айырмашылық қандай?
5. FPGA жұмыс істеу принципін түсіндіріңіз.
6. FPGA мен микроконтроллердің айырмашылығы неде?
7. FPGA мен ASIC технологияларының айырмашылығы қандай?
8. FPGA-ның негізгі артықшылықтарын атаңыз.
9. FPGA технологиясының қандай кемшіліктері бар?
10. FPGA қандай салаларда қолданылады?
11. FPGA-дағы параллель өңдеу дегеніміз не?
12. FPGA жобасын әзірлеудің негізгі кезеңдері қандай?
13. HDL дегеніміз не және ол не үшін қолданылады?
14. FPGA не үшін қайта конфигурацияланады?
15. FPGA технологиясы қандай жағдайларда микроконтроллерге қарағанда тиімді болуы мүмкін?

Әдебиеттер тізімі:

1.Brown S., Vranesic Z. Fundamentals of Digital Logic with Verilog Design. McGraw-Hill.

2.Harris D., Harris S. Digital Design and Computer Architecture. Morgan Kaufmann.

3.Wakerly J. F. Digital Design: Principles and Practices. Pearson.

4.Chu P. P. FPGA Prototyping by Verilog Examples: Xilinx Spartan-3 Version. Wiley.

5.Cavanagh J. Verilog HDL: Digital Design and Modeling. CRC Press.

6.AMD. Vivado Design Suite User Guides. AMD Documentation.

7.Intel. FPGA Device and Design Documentation. Intel Documentation.

8.Xilinx. 7 Series FPGAs Configurable Logic Block User Guide. Xilinx.