Жүйелерді FPGA негізінде жобалау

Дәріс 3: Цифрлық жобалаудың негіздері

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

Дәрістің мақсаты:

Цифрлық жүйелерді жобалаудың негізгі теориялық принциптерін түсіндіру, екілік логика мен санау жүйелерінің ерекшеліктерін қарастыру, логикалық функцияларды сипаттау әдістерін меңгерту және комбинациялық және тізбектей жұмыс істейтін цифрлық схемалардың айырмашылығын түсіндіру.

Міндеттері: Екілік логика мен санау жүйелерін түсіну, негізгі логикалық операцияларды және ақиқаттық кестелерін қарастыру, Буль алгебрасын қолдану, комбинациялық және тізбектей схемаларды ажырату және олардың FPGA жобалауындағы рөлін түсіну.

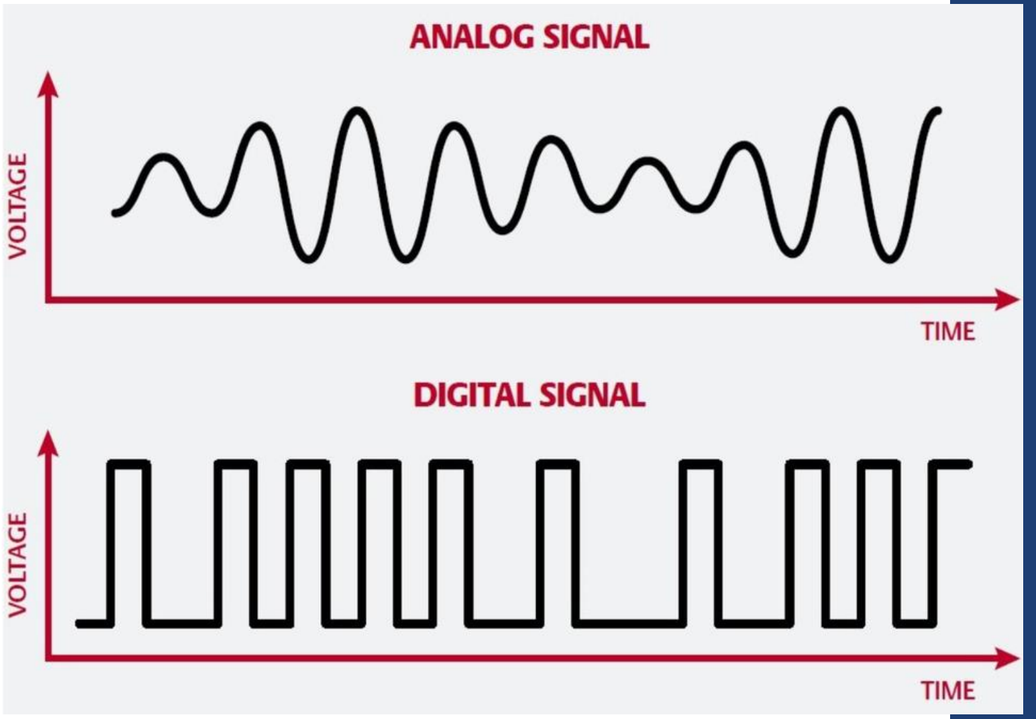
Цифрлық сигналдар және цифрлық жүйелер

Цифрлық жобалау – цифрлық ақпаратты өңдейтін электрондық құрылғылардың логикалық және функционалдық құрылымын әзірлеу процесі.

Сигналдар **аналогтық** және **цифрлық** болып бөлінеді.

Аналогтық сигнал уақыт бойынша және мәні бойынша үздіксіз өзгеруі мүмкін.

Цифрлық сигнал дискретті деңгейлер арқылы беріледі. Ең кең таралған жағдайда екі логикалық деңгей қолданылады: 0 және 1



Санау жүйелері және екілік кодтау

Цифрлық техникада бірнеше санау жүйесі қолданылады:

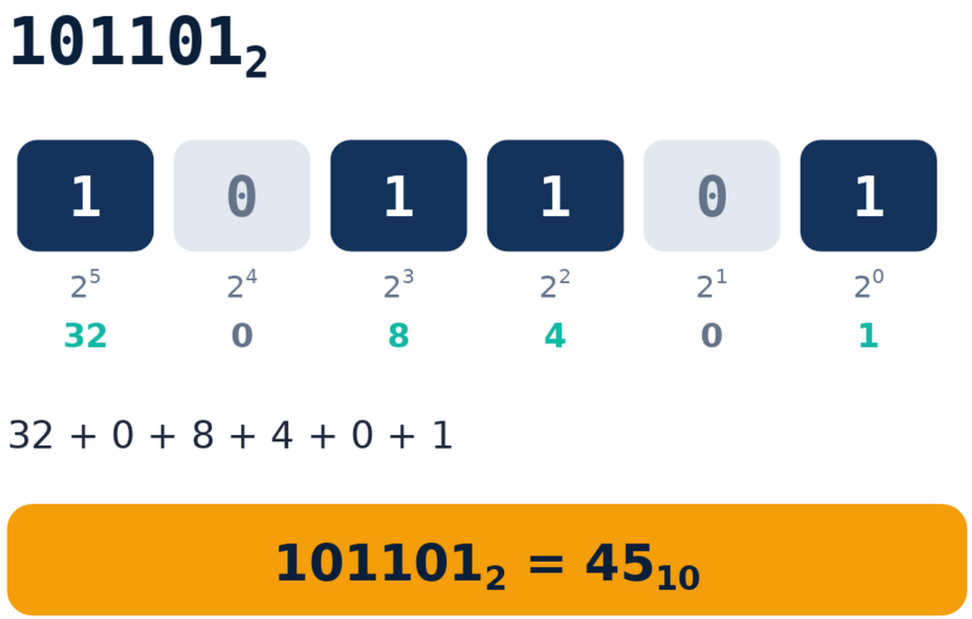
Ондық — негізі 10
0–9

Екілік — негізі 2
0, 1

Сегіздік — негізі 8
0–7

Он алтылық — негізі 16
0–9 және A–F

Екілік жүйе цифрлық электроникада негізгі орын алады, себебі логикалық күйлер **0 және 1** арқылы беріледі.



Екілік және он алтылық кодтау

Екілік санның әрбір разряды 2 санының дәрежесіне сәйкес келеді.

Мысалы:
$101101_2 = 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 45_{10}$

Он алтылық жүйеде бір цифр 4 битке сәйкес келеді.

Мысалы:
$1010_2 = A_{16}$
$1111_2 = F_{16}$

Сондықтан hexadecimal формат ұзын екілік кодтарды ықшам көрсету үшін ыңғайлы.

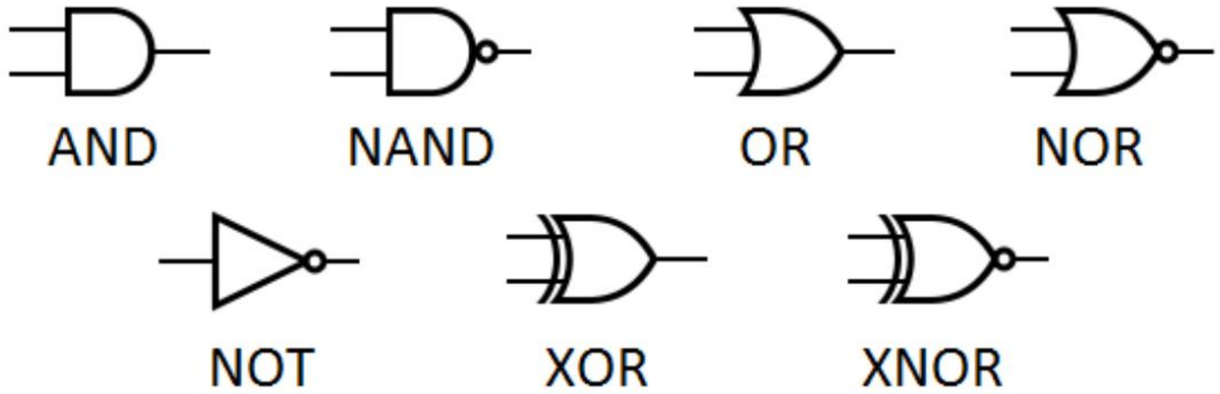
Негізгі логикалық операциялар

Цифрлық схемалардың жұмысы логикалық операциялар арқылы сипатталады.

- NOT — кіріс сигналын терістейді.
- AND — барлық кірістер 1 болғанда ғана 1 береді.
- OR — кемінде бір кіріс 1 болғанда 1 береді.
- XOR — кірістер әртүрлі болғанда 1 береді.

Сонымен қатар:

- NAND = NOT(AND)
- NOR = NOT(OR)
- XNOR = NOT(XOR)



Ақиқаттық кестесі

Ақиқаттық кесте логикалық функцияның барлық мүмкін кіріс комбинациялары мен сәйкес шығыс мәндерін көрсетеді.

Егер кіріс саны n болса, комбинациялардың жалпы саны:

$$N = 2^n$$

Мысалы:
2 кіріс → **4 комбинация**
3 кіріс → **8 комбинация**
4 кіріс → **16 комбинация**

A	B	AND	OR	XOR
0	0	0	0	0
0	1	0	1	1
1	0	0	1	1

Буль алгебрасы

Буль алгебрасы цифрлық логиканы математикалық түрде сипаттауға мүмкіндік береді.

Негізгі заңдардың мысалдары:

$A + 0 = A$

$A \cdot 1 = A$

$A + A = A$

$A \cdot A = A$

$A + \neg A = 1$

$A \cdot \neg A = 0$

Буль алгебрасы логикалық өрнектерді талдауға, түрлендіруге және кейбір жағдайларда ықшамдауға мүмкіндік береді.

Де Морган заңдары

Логикалық өрнектерді түрлендірудің маңызды ережелері:
¬(A · B) = ¬A + ¬B
¬(A + B) = ¬A · ¬B

Бұл заңдар:
логикалық өрнектерді түрлендіруде;
NAND және NOR құрылымдарын талдауда;
логикалық схемаларды ықшамдауда
қолданылады.

Күрделі логикалық функцияларды минимизациялау үшін Карно карталары сияқты әдістер де пайдаланылуы мүмкін.

Комбинациялық және тізбектей схемалар

Цифрлық схемалар жұмыс принципіне қарай екі негізгі топқа бөлінеді.

1. **Комбинациялық схема**
   Шығыс тек ағымдағы кірістердің мәндеріне тәуелді.

   Мысалдар:
   MUX, Decoder, Encoder, Comparator, Adder

1. **Тізбектей схема**
   Шығыс ағымдағы кірістермен қатар сақталған алдыңғы күйге де тәуелді.

   Мысалдар:
   Register, Counter, State Machine

Негізгі цифрлық функционалдық блоктар

Күрделі цифрлық жүйелерді құру кезінде дайын функционалдық блоктар кеңінен пайдаланылады.

MUX — бірнеше кірістің бірін таңдайды.

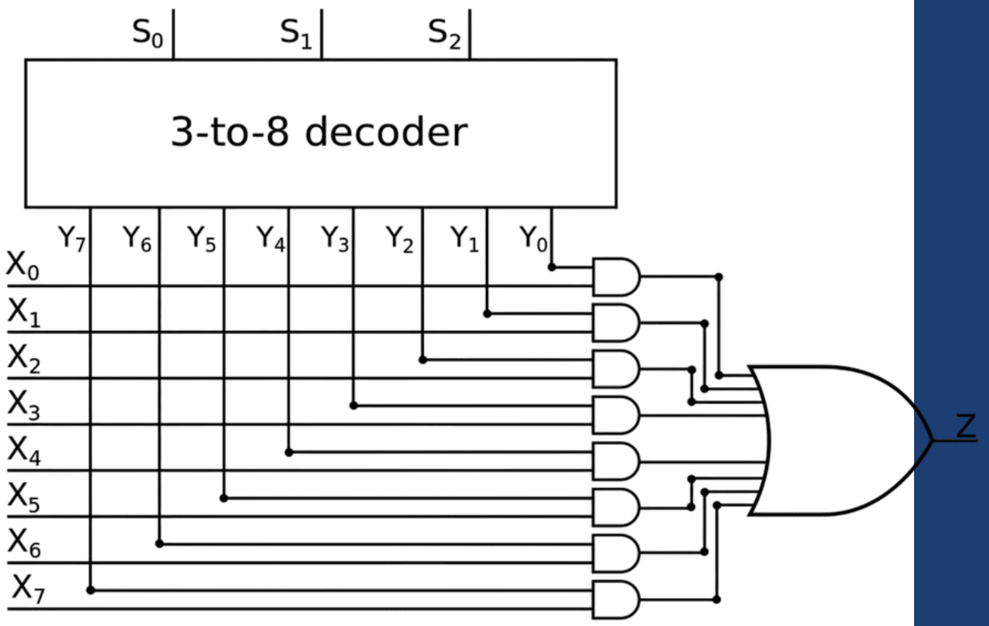
Decoder — кіріс кодын сәйкес шығыс комбинациясына түрлендіреді.

Encoder — белсенді кірісті екілік кодқа түрлендіреді.

Adder — екілік сандарды қосады.

Register — бірнеше бит ақпаратты сақтайды.

Counter — тактілік оқиғаларды санап, күйін өзгертеді.



Қорытынды

Цифрлық жобалаудың негізгі теориялық негіздері FPGA жүйелерін әзірлеу үшін қажет.

Негізгі тізбек:
Екілік логика → Логикалық функция → Цифрлық схема → FPGA

Буль алгебрасы мен truth table логикалық функцияларды сипаттауға және тексеруге мүмкіндік береді. Комбинациялық және тізбектей схемалар FPGA жүйелерінің негізгі құрылымдық бөліктерін құрайды.

Білімді бекітуге арналған сұрақтар

1.Цифрлық сигналдың аналогтық сигналдан негізгі айырмашылығы қандай?
2.Логикалық 0 және 1 нақты кернеулермен әрқашан бірмәнді сәйкес келе ме?
3.Екілік санау жүйесінің негізі неге 2-ге тең?
4.101101_2 саны ондық жүйеде қандай мән береді?
5.Бір он алтылық цифр неше битке сәйкес келеді?
6.AND, OR, NOT және XOR операцияларының айырмашылығы қандай?
7.Ақиқаттық кестесі не үшін қолданылады?
8.Кіріс саны n болғанда мүмкін комбинациялар саны қалай анықталады?
9.Буль алгебрасының негізгі заңдары қандай?
10. Де Морган заңдарын жазыңыз және олардың маңызын түсіндіріңіз.
11. Комбинациялық және тізбектей схемалардың негізгі айырмашылығы қандай?
12. Мультиплексордың қызметі қандай?
13. Декодер мен кодердің айырмашылығы неде?
14. Регистр мен санауыш қандай цифрлық функцияларды орындайды?
15. Цифрлық логика негіздерін білу FPGA жобалау үшін неге қажет?

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. Mano M. M., Ciletti M. D. Digital Design. Pearson.

5. Roth C. H., Kinney L. L. Fundamentals of Logic Design. Cengage Learning.

6. Tocci R. J., Widmer N. S., Moss G. L. Digital Systems: Principles and Applications. Pearson.

7. AMD. Vivado Design Suite Documentation. AMD Documentation.

8. Intel. FPGA Documentation and Digital Design Resources. Intel Documentation.