Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ, УСТАНОВОК І КОМПЛЕКСІВ – 1

Методичні вказівки до виконання домашньої контрольної роботи
для студентів напряму підготовки 6.050702 "Електромеханіка",
спеціальності "Елекромеханічні системи автоматизації та електропривод"
денної форми навчання

Рекомендовано Методичною радою НТУУ «КПІ»

Київ
НТУУ “КПІ”
2016

Автоматизація технологічних процесів, установок і комплексів – 1: Методичні вказівки до виконання домашньої контрольної роботи для студентів денної форми навчання напряму підготовки 6.050702 "Електромеханіка", спеціальності "Електромеханічні системи автоматизації та електропривод" денної форми навчання/ Уклад. С.О. Бур'ян – К.: НТУУ "КПІ", 2016. – 62 с.

Гриф надано Методичною радою НТУУ «КПІ»

(Протокол № 6 від 24 лютого 2011 р.)

Навчальне видання

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ, УСТАНОВОК І КОМПЛЕКСІВ – 1

методичні вказівки до виконання домашньої контрольної роботи для студентів напряму підготовки 6.050702 "Електромеханіка", спеціальності "Електромеханічні системи автоматизації та електропривод" денної форми навчання

Укладачі Бур'ян Сергій Олександрович, к.т.н., доц.

Відповідальний редактор Островерхов М.Я., д.т.н., проф.

Рецензент Анпілогов М.Г., к.т.н., доц.

ВСТУП

Дисципліна "Автоматизація технологічних процесів, установок і комплексів" є однією із базових у професійній підготовці бакалаврів за спеціальністю "Електромеханічні системи автоматизації та електропривод". Вона є логічним продовженням таких спеціальних дисциплін як "Теорія автоматичного керування", "Теорія електропривода", "Елементи електромеханічних систем та електроприводів" та готує студентів до таких дисциплін як «Логічні програмовані контролери», «Спеціальні питання електроприводу» та ін.

Основна мета дисципліни – дати студентам грунтовні навички щодо розробки, проектування, дослідження та налагодження сучасних систем автоматизації. В результаті вивчення дисципліни студенти повинні набути міцних знань про загальні особливості побудови систем автоматизації, розробку схем промислової автоматики на безконтактних логічних елементах та логічних програмованих контролерах, цифрові системи автоматики, а також системи із застосуванням ЦОМ. Крім того, студенти повинні набути грунтовних навичок щодо розрахунку надійності систем промислової автоматики та оцінки техніко-економічної ефективності автоматизації, бути спроможними обґрунтувати вибір раціонального варіанту інженерного рішення на підставі техніко-економічного аналізу, знаходити резерви підвищення ефективності автоматизації, проводити об'єктивний аналіз властивостей електроприводів і систем автоматизації, давати оцінку їх переваг та недоліків, розробляти оптимальні схеми автоматизації, використовуючи сучасну елементну базу для поліпшення експлуатаційних характеристик схем автоматики.

В сучасних пристроях автоматики застосовуються найрізноманітніші технічні засоби – безконтактні логічні елементи, цифрові та аналогові мікросхеми малого, середнього та великого ступеню інтеграції, логічні програмовані контролери, мікропроцесорні пристрої, керуючі обчислювальні машини тощо. При розробці систем автоматизації використовуються методи теорії автоматичного керування. При цьому кінцевою виконавчою ланкою багатьох систем автоматизації є автоматизований електропривод. Тому успішне вивчення дисципліни “Автоматизація технологічних процесів, установок і комплексів” потребує добрих знань теорії електропривода, промислової електротехніки, в тому числі мікротехніки, теорії автоматичного керування і елементів автоматики

Домашня контрольна робота представлена в 45-х варіантах. Перша частина контрольної роботи складається з чотирьох задач, друга – з двох задач. Розв'язування задач слід супроводжувати необхідними поясненнями та схемами. Вимоги до оформлення домашньої контрольної роботи наведено у додатку А, зразок титульного листа наведено у додатку Б.

1. ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДО ПЕРШОЇ ЧАСТИНИ ДОМАШНЬОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Кожен студент розв'язує задачі відповідно до номера свого варіанту.

1.1. Перевірити справедливість наступних рівностей:

1. $ab + \bar{a}\bar{b} + bcd = ab + \bar{a}\bar{b} + \bar{a}cd$;
2. $ad + ab + \bar{a}c + \bar{b}cd = ad + ab + \bar{a}c$;
3. $\bar{a}\bar{c}d + \bar{a}dc + abd = \bar{a}d + bd$;
4. $a\bar{b} + b\bar{c} + \bar{a}c = \bar{a}b + \bar{b}c + a\bar{c}$;
5. $a + \bar{a}b + \bar{a}\bar{b}c + \bar{a}\bar{b}\bar{c}d = a + b + c + d$;
6. $a\bar{b} + \bar{c}\bar{d} + \bar{b}d = a\bar{b} + \bar{c}\bar{d} + \bar{a}\bar{b}d$;
7. $ab + c\bar{d} + bc = ab + c\bar{d} + bcd$;
8. $\bar{a}b + c\bar{d} + abd = \bar{a}b + c\bar{d} + bd$;
9. $b\bar{c}\bar{d} + cd + \bar{c}d = b\bar{c} + d$;
10. $a + \bar{a}\bar{b} + \bar{c}\bar{d} + c\bar{d} = a + \bar{b} + \bar{d}$;
11. $a\bar{b} + \bar{a}b + ac\bar{d} = a\bar{b} + \bar{a}b + bc\bar{d}$;
12. $cd + \bar{c}\bar{d} + ab\bar{d} + \bar{a}\bar{b}c = cd + \bar{c}\bar{d} + abc + \bar{a}\bar{b}\bar{d}$;
13. $c\bar{d} + \bar{c}d + \bar{a}bd + a\bar{b}c = c\bar{d} + \bar{c}d + \bar{a}bc + a\bar{b}d$;
14. $ab + \bar{a}\bar{b} + b\bar{c}\bar{d} = ab + \bar{a}\bar{b} + \bar{a}\bar{c}\bar{d}$;
15. $a\bar{b} + \bar{a}\bar{b} + ac\bar{d} + \bar{a}c\bar{d} = a\bar{b} + \bar{a}\bar{b} + bc\bar{d}$;
16. $ab + \bar{a}b + acd + \bar{a}cd = ab + \bar{a}b + \bar{b}cd$;
17. $a\bar{b}\bar{c} + \bar{a}\bar{b}\bar{c} + bc = \bar{b}\bar{c}\bar{d} + \bar{b}\bar{c}d + bc$;
18. $ab\bar{d} + \bar{a}\bar{c}\bar{d} + \bar{a}c\bar{d} = \bar{a}\bar{d} + b\bar{d}$;
19. $a\bar{b}c + bc\bar{d} + bcd = ac + bc$;
20. $abc + \bar{a}c\bar{d} + \bar{a}cd = \bar{a}\bar{b}c + bc\bar{d} + bcd$;
21. $ab + \bar{c}d + \bar{a}\bar{b}\bar{d} + \bar{a}\bar{b}\bar{c}d = ab + \bar{c}d + \bar{a}\bar{b}\bar{c}$;
22. $\bar{a}b + \bar{b}d + ab\bar{c} + abd = ab + \bar{a}b + cd + \bar{c}d$;
23. $cd + \bar{a}c\bar{d} + ac\bar{d} + a\bar{b}\bar{c} = cd + c\bar{d} + a\bar{b}\bar{d} + a\bar{b}d$;
24. $a\bar{b} + \bar{a}cd + acd + \bar{c}d = a\bar{b} + \bar{a}d + ad$;

25. $a\bar{b} + ab + \bar{a}\bar{b} + \bar{a}b\bar{c} = \bar{c}\bar{d} + \bar{c}d + \bar{b}c + abc$;

26. $ab + \bar{c}\bar{d} + \bar{a}bc\bar{d} + a\bar{b}\bar{c}d = (a + \bar{d})(b + \bar{c})$;

27. $(a\bar{b} + c)(a + \bar{b})c = (a + \bar{b})c$;

28. $ab + cd = (a + c)(a + d)(b + c)(b + d)$;

29. $(a + b)(\bar{a} + c) = ac + \bar{a}b$;

30. $\bar{a}\bar{b}\bar{d} + \bar{a}\bar{b}d + ab = (\bar{a} + b)(a + \bar{b})$;

31. $ab + c\bar{d} = (a + \bar{d})(b + \bar{d})(a + c)(b + c)$;

32. $a\bar{b} + \bar{c}\bar{d} = (a + \bar{d})(a + \bar{c})(\bar{b} + \bar{c})(\bar{b} + \bar{d})$;

33. $a\bar{b} + \bar{c}\bar{d} = (a + \bar{d})(a + \bar{c})(\bar{b} + \bar{c})(\bar{b} + \bar{d})$;

34. $\bar{a}\bar{b} + c\bar{d} = (\bar{a} + \bar{d})(\bar{b} + \bar{d})(\bar{b} + c)(\bar{a} + b + c)$;

35. $ab + \bar{c}\bar{d} = (a + \bar{d})(a + \bar{c})(b + \bar{c})(b + c + \bar{d})$;

36. $a\bar{b} + \bar{a}b + \bar{a}cd = (\bar{a} + \bar{b})(a + b + d)(a + b + c)$;

37. $\bar{b}\bar{d} + \bar{c}\bar{d} + b\bar{c} = (\bar{b} + \bar{c})(b + \bar{d})$;

38. $\bar{a}d + cd + \bar{b}c + \bar{a}b\bar{c} = (\bar{a} + c)(\bar{b} + \bar{c} + d)(b + c + d)$;

39. $\bar{a}\bar{b} + cd + \bar{b}d + \bar{a}\bar{d} = (\bar{a} + d)(\bar{b} + c + \bar{d})$;

40. $\bar{a}\bar{c} + cd + \bar{b}\bar{c} = (\bar{c} + d)(\bar{a} + \bar{b} + c)$;

41. $\bar{a}\bar{b} + \bar{c}\bar{d} + a\bar{d} + \bar{a}\bar{c} = (\bar{a} + \bar{d})(a + \bar{b} + \bar{c})$;

42. $acd + \bar{a}cd + \bar{c}\bar{d} = (\bar{c} + d)(c + \bar{d})$;

43. $ad + b\bar{c} = (a + b)(a + \bar{c})(\bar{c} + d)(b + d)$;

44. $a\bar{d} + bc + \bar{b}\bar{d} = (a + \bar{b} + c)(b + \bar{d})(c + \bar{d})$;

45. $abd + \bar{a}bd + c\bar{d} = (b + \bar{d})(c + d)$.

1.2. Мінімізувати логічні функції:

1. $f = ab + \bar{a}b\bar{c} + bc$;
2. $f = a\bar{b} + \bar{a}\bar{b}c + bc$;
3. $f = ab + abc + bc$
4. $f = a\bar{b} + \bar{a}\bar{b} + bc$
5. $f = \bar{a}b + \bar{a}\bar{b} + \bar{b}c$
6. $f = a\bar{b} + c + (a + \bar{b})c$;
7. $f = \bar{a}b + c + (a + \bar{b})c$;
8. $f = a\bar{b} + c + (\bar{a} + b)\bar{c}$;
9. $f = \bar{a}b + c + (\bar{a} + b)\bar{c}$;
10. $f = a\bar{b} + \bar{c} + (\bar{a} + \bar{b})\bar{c}$
11. $f = a + \bar{a}b + \bar{a}\bar{b}c + \bar{a}\bar{b}\bar{c}d$;
12. $f = a + \bar{a}b + \bar{a}\bar{b}c + \bar{a}\bar{b}cd$;
13. $f = a + \bar{a}b + \bar{a}\bar{b}c + \bar{a}bcd$;
14. $f = a + \bar{a}b + \bar{a}\bar{b}c + abcd$;
15. $f = a + \bar{a}b + \bar{a}b\bar{c} + a\bar{b}\bar{c}\bar{d}$;
16. $f = abd + a\bar{b} + a\bar{d} + abc$;
17. $f = abd + \bar{a}\bar{b} + a\bar{d} + abc$;
18. $f = a + abd + \bar{a}\bar{b} + ad + abc$;
19. $f = a + abd + a\bar{b} + ad + abc$;
20. $f = a + abd + \bar{a}b + ad + \bar{a}bc$;
21. $f = abd + \bar{a}\bar{b} + a\bar{d} + a\bar{b}d$;
22. $f = abd + \bar{a}\bar{b} + a\bar{d} + abd$;
23. $f = \bar{a}d + cd + \bar{b}c + \bar{a}b\bar{c}$;
24. $f = ad + cd + \bar{b}c + \bar{a}b\bar{c}$;
25. $f = ad + cd + \bar{b}c + \bar{a}\bar{b}\bar{c}$;
26. $f = ad + cd + bc + \bar{a}\bar{b}\bar{c}$;
27. $f = (a\bar{b} + c)(a + \bar{b})c$;
28. $f = (a\bar{b} + c)(\bar{a} + \bar{b})c$;
29. $f = (a\bar{b} + c)(\bar{a} + b)\bar{c}$;

30. $f = (a\bar{b} + c)(\bar{a} + \bar{b})\bar{c}$;

31. $f = (a + \bar{b})(b + \bar{c})(c + \bar{a})(abc + \bar{a}\bar{b}\bar{c})$;

32. $f = (a + b)(b + \bar{c})(c + \bar{a})(abc + \bar{a}\bar{b}\bar{c})$;

33. $f = (a + \bar{b})(b + c)(c + \bar{a})(abc + \bar{a}\bar{b}\bar{c})$;

34. $f = (a + \bar{b})(b + \bar{c})(c + a)(abc + \bar{a}\bar{b}\bar{c})$;

35. $f = ad + ab + \bar{a}c + \bar{b}cd$;

36. $f = ad + ab + ac + \bar{b}cd$;

37. $f = ad + ab + \bar{a}c + bcd$;

38. $f = ad + \bar{a}\bar{b} + \bar{a}c + bcd$;

39. $f = cd + \bar{b}\bar{d} + \bar{a}\bar{d}$;

40. $f = \bar{c}\bar{d} + \bar{b}\bar{d} + \bar{a}\bar{d}$;

41. $f = (a + b)(b + \bar{c} + d)(\bar{c} + \bar{d})$;

42. $f = (a + b)(b + \bar{c} + d)(c + d)$;

43. $f = ab\bar{c} + ab + bcd$;

44. $f = \bar{a}\bar{b}c + \bar{a}\bar{b} + bcd$;

45. $f = abc + ab + bcd$.

1.3. Мінімізувати логічні функції за допомогою карти Карно та записати мінімізовані логічні функції у вигляді диз'юнктивної нормальної форми та кон'юнктивної нормальної форми:

1. $f = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}e + \bar{a}\bar{b}cde + \bar{a}\bar{b}c\bar{d}e + \bar{a}b\bar{d} + bcd + acd + a\bar{b}\bar{d}$;
2. $f = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}\bar{e} + \bar{a}\bar{b}cd + \bar{a}\bar{b}c\bar{d} + \bar{a}b\bar{d} + bcd + ac\bar{d} + a\bar{b}\bar{d}$;
3. $f = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}\bar{e} + \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} + \bar{a}\bar{b}c\bar{d} + \bar{a}b\bar{d} + bcd + \bar{a}c\bar{d} + a\bar{b}\bar{d}$;
4. $f = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}\bar{e} + \bar{a}\bar{b}\bar{c}d + \bar{a}\bar{b}c\bar{d} + \bar{a}b\bar{d} + \bar{b}\bar{c}d + acd + a\bar{b}\bar{d}$;
5. $f = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}e + \bar{a}\bar{b}\bar{c}d + \bar{a}\bar{b}cd + \bar{a}b\bar{d} + b\bar{c}\bar{d} + a\bar{c}d + a\bar{b}d$;
6. $f = (a\bar{b} + c)(a + \bar{b})c + \bar{a}\bar{b}\bar{c}d + \bar{c}de$;
7. $f = (\bar{a}b + c)(\bar{a} + b)c + abcd + cde$;
8. $f = (a\bar{b} + c)(a + \bar{b})c + \bar{a}\bar{b}cd + c\bar{d}e$;
9. $f = (\bar{a}b + c)(\bar{a} + \bar{b})c + a\bar{b}\bar{c}d + c\bar{d}\bar{e}$;
10. $f = (a\bar{b} + c)(\bar{a} + b)c + a\bar{b}\bar{c}\bar{d} + \bar{c}de$;
11. $f = a + \bar{a}\bar{b} + \bar{a}\bar{b}c + \bar{a}\bar{b}\bar{c}d + \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}e$;

12. $f = a + \bar{a}b + \bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}\bar{b}cd + \bar{a}\bar{b}\bar{c}de$;

13. $f = a + \bar{a}b + \bar{a}\bar{b} + \bar{a}\bar{b}\bar{c}d + \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}\bar{e}$;

14. $f = \bar{a} + \bar{a}\bar{b} + abc + abcd + a\bar{b}c\bar{d}e$;

15. $f = \bar{a} + a\bar{b} + \bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}bc\bar{d} + a\bar{b}\bar{c}\bar{d}e$;

16. $f = \bar{a}de(\bar{b} + c) + \bar{a}\bar{d}(b + \bar{c}) + (\bar{b} + c)(b + \bar{c}) + abcde$;

17. $f = ade(b + c) + \bar{a}\bar{d}(\bar{b} + c) + (b + c)(\bar{b} + \bar{c}) + \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}\bar{e}$;

18. $f = \bar{a}de(\bar{b} + \bar{c}) + \bar{a}\bar{d}(\bar{b} + c) + (b + \bar{c})(\bar{b} + c) + \bar{a}\bar{b}cd\bar{e}$;

19. $f = \bar{a}\bar{d}\bar{e}(\bar{b} + c) + ad(b + \bar{c}) + (\bar{b} + c)(b + \bar{c}) + \bar{a}\bar{b}\bar{c}de$;

20. $f = a\bar{d}e(\bar{b} + \bar{c}) + ad(b + \bar{c}) + (b + \bar{c})(\bar{b} + c) + abcd\bar{e}$;

21. $f = ab + \bar{c}\bar{d} + \bar{a}bc\bar{d}e + \bar{a}\bar{b}cd\bar{e} + a\bar{b}cde$;

22. $f = \bar{a}\bar{b} + cd + abc\bar{d}\bar{e} + a\bar{b}\bar{c}d\bar{e} + a\bar{b}c\bar{d}e$;

23. $f = \bar{a}b + \bar{c}d + abcd\bar{e} + \bar{a}\bar{b}\bar{c}d\bar{e} + \bar{a}\bar{b}cd\bar{e}$;

24. $f = a\bar{b} + c\bar{d} + a\bar{b}cd\bar{e} + \bar{a}bc\bar{d}e + a\bar{b}c\bar{d}\bar{e}$;

25. $f = \bar{a}b\bar{c}\bar{d}\bar{e} + b\bar{c}\bar{d}e + a\bar{c}\bar{d} + \bar{a}\bar{c}d + \bar{a}\bar{b}c + ac\bar{d} + ab\bar{c}de$;

26. $f = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}\bar{e} + bcd + \bar{a}\bar{c}\bar{d} + \bar{a}\bar{c}d + \bar{a}\bar{b}\bar{c} + ac\bar{d} + ab\bar{c}d\bar{e}$;

27. $f = \bar{a}b\bar{c}\bar{d} + \bar{b}\bar{c}d + \bar{a}c\bar{d} + a\bar{c}\bar{d} + \bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}\bar{c}\bar{d} + ab\bar{c}d\bar{e}$;

28. $f = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} + \bar{a}b\bar{c}\bar{d} + a\bar{c}\bar{d}e + \bar{a}\bar{c}d + \bar{a}\bar{b}c + ac\bar{d}\bar{e} + ab\bar{c}d\bar{e}$;

29. $f = ad + ab + a\bar{c} + \bar{b}cd\bar{e} + abc\bar{d}\bar{e}$;

30. $f = a\bar{b} + ad + ac + a\bar{b}cde + abc\bar{d}\bar{e}$;

31. $f = ad + \bar{a}\bar{b} + ab\bar{c} + \bar{a}\bar{b}cde + ab\bar{c}\bar{d}\bar{e}$;

32. $f = \bar{a}\bar{d} + \bar{a}\bar{b} + ac + a\bar{b}cd\bar{e} + ab\bar{c}\bar{d}e$;

33. $f = (a + b + \bar{c} + \bar{d})(a + \bar{b} + c + \bar{d})(a + \bar{b} + \bar{c} + d + \bar{e})(a + \bar{b} + \bar{c} + \bar{d} + \bar{e})$;

34. $f = (\bar{a} + b + c + \bar{d})(\bar{a} + b + c + \bar{d})(\bar{a} + b + c + \bar{d} + e)(a + \bar{b} + \bar{c} + d + e)$;

35. $f = (a + \bar{b} + \bar{c} + d)(a + \bar{b} + c + d)(a + \bar{b} + c + d + \bar{e})(\bar{a} + b + c + d + \bar{e})$;

36. $f = (a + \bar{b} + c + \bar{d})(a + \bar{b} + \bar{c} + d)(a + b + \bar{c} + \bar{d} + e)(a + \bar{b} + c + \bar{d} + e)$;

37. $f = (a + \bar{b})(b + \bar{c})(c + \bar{a}) + abcde + \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{e}$;

38. $f = (\bar{a} + b)(\bar{b} + c)(\bar{c} + a) + \bar{a}\bar{b}\bar{c}de + \bar{a}\bar{b}cde$;

39. $f = (\bar{a} + \bar{b})(b + c)(\bar{c} + a) + abcd\bar{e} + \bar{a}\bar{e}$;

40. $f = (a + b)(\bar{b} + \bar{c})(\bar{c} + \bar{a}) + a\bar{b}\bar{c}de + \bar{b}e$;

41. $f = (a + b + \bar{c} + d)(\bar{a} + b + \bar{c} + \bar{e})(a + \bar{d})$;

42. $f=(\overline{a}+\overline{b}+c+d)(a+b+\overline{c}+c)(\overline{a}+\overline{d})$*;*

43. $f=(a+b+\overline{c}+\overline{d})(\overline{a}+\overline{b}+c+e)(a+d)$*;*

44. $f=(\overline{a}+b+c+\overline{d})(\overline{a}+\overline{b}+c+\overline{e})(a+\overline{d})$*;*

45. $f=(a+\overline{b}+c+d)(\overline{a}+\overline{b}+\overline{c}+e)(\overline{a}+d)$.

1.4. За даними умовами роботи виконати логічний синтез і скласти схему електричну принципову на інтегральних мікросхемах (для варіантів 1-25 на елементах І-НІ, для варіантів 26-45 на елементах АБО-НІ).*

1. Схема має чотири вхідних (a,b,c,d) і три вихідних сигнали (f_1,f_2,f_3). Сигнал $f_1=1$, якщо більшість вхідних сигналів дорівнює одиниці, сигнал $f_2=1$, якщо жоден з вхідних сигналів не дорівнює одиниці, сигнал $f_3=1$, якщо хоч один з вхідних сигналів дорівнює одиниці.

2. Схема перетворює трирозрядні двійкові числа в трирозрядний циклічний код (код Грея). Особливість циклічного коду полягає в тому, що кожне число в цьому коді відрізняється від сусіднього значенням цифри тільки в одному розряді. Співвідношення між двійковими числами і числами в коді Грея подано в таблиці 1.

3. Схема перетворює трирозрядний циклічний код (код Грея) в трирозрядні двійкові числа. Умови роботи схеми подано в таблиці 1, якщо вважати розряди циклічного коду вхідними сигналами, а розряди двійкового коду – вихідними.

***Варіанти 26-45 роблять задачі 1-20.**

Таблиця 1

Десяткові числа	Код					
	двійковий (вхідні сигнали)			циклічний (вихідні сигнали)		
	a_3	a_2	a_1	b_3	b_2	b_1
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1
2	0	1	0	0	1	1
3	0	1	1	0	1	0
4	1	0	0	1	1	0
5	1	0	1	1	1	1
6	1	1	0	1	0	1
7	1	1	1	1	0	0

4. Схема має чотири вхідних (a,b,c,d) і чотири вихідних (f_1, f_2, f_3, f_4) сигнали. Вхідні сигнали a,b являють собою число M в двійковому коді, сигнали c,d – число N. Вхідні сигнали f_1, f_2, f_3, f_4 повинні являти собою добуток MN в двійковому коді, причому f_1 – старший розряд, f_4 – молодший.

5. Схема виконує функції однорозрядного повного двійкового суматора, тобто має три вхідні (a,b,c) і два вихідні (S,P) сигнали. Вхідні сигнали: a,b – доданки, c – сигнал переносу з молодшого розряду; вихідні сигнали: S – сума, P – сигнал переносу в наступний розряд.

6. Схема виконує порівняння за величиною двох двійкових дворозрядних чисел $A = a_2a_1$ і $B = b_2b_1$ і має три вихідних сигнали f_1, f_2, f_3. Якщо $A > B$, то $f_1 = 1$, $f_2 = 0$, $f_3 = 0$; якщо $A < B$, то $f_1 = 0$, $f_2 = 1$, $f_3 = 0$; $A = B$, то $f_1 = 0$, $f_2 = 0$, $f_3 = 1$.

7. Схема виконує вибір "за більшістю" з чотирьох сигналів a,b,c,d. Значення сигналу на виході схеми зберігається із значенням більшості вхідних сигналів. Якщо два вхідних сигнали дорівнюють нулю, а два інших – одиниці, то вихідний сигнал дорівнює нулю.

8. Схема має три вхідні сигнали a,b,c і один вихідний f. Сигнал $f = 1$, якщо парне число вхідних сигналів дорівнює одиниці.

9. Схема має три вхідні сигнали a,b,c і один вихідний f. Сигнал $f=1$, якщо непарне число вхідних сигналів дорівнює одиниці (один або три).

10. Схема виконує функції двійково-десяткового дешифратора. Дешифратор має чотири входи, на які подаються сигнали розрядів двійкового числа, і десять виходів. При подачі на вхід комбінації сигналів, яка являє собою двійкове число, з'являється сигнал тільки на одному з виходів, номер якого відповідає двійковому числу на вході.

11. Схема виконує функції шифратора. Шифратор має дев'ять входів, кожен з яких відповідає номеру в десятковій системі числення, і чотири виходи. При подачі на один із входів одиничного сигналу, на виході з'являється двійковий код, який відповідає номеру входу.

12. Схема визначає різницю $A-B$ двох трирозрядних двійкових чисел $A=a_2a_1a_0$ і $B=b_2b_1b_0$, де a_2 та b_2 – старші розряди чисел A і B. Вихідний сигнал являє собою трирозрядне двійкове число $C=c_2c_1c_0$. Комбінації вхідних сигналів, що відповідають значенням $A<B$, на вхід не подаються.

13. Схема визначає суму $A+B$ двох трирозрядних двійкових чисел $A=a_2a_1a_0$ і $B=b_2b_1b_0$, де a_2 та b_2 – старші розряди чисел A і B. Вихідний сигнал являє собою чотирирозрядне двійкове число $C=c_4c_2c_1c_0$.

14. Схема має чотири вхідних (a,b,c,d) і два вихідних (f_1,f_2) сигнали. Сигнал $f_1=1$, якщо парна кількість вхідних сигналів дорівнює 1, сигнал $f_2=1$ – якщо непарна.

15. Схема має вісім вхідних сигналів і виконує перевірку на парність. Вихідний сигнал схеми дорівнює одиниці тільки у тому разі, якщо парна кількість вхідних сигналів дорівнює одиниці. Нуль вважати парним числом.

16. Схема має вісім вхідних сигналів і виконує перевірку на непарність. Вихідний сигнал схеми дорівнює одиниці тільки у тому разі, якщо непарна кількість вхідних сигналів дорівнює одиниці.

17. Схема має три вимикачі $SA1, SA2, SA3$ і чотири лампочки $HL1, HL2, HL3, HL4$. Лампочка $HL1$ повинна світитись тільки у тому разі коли замкнутий будь-який один вимикач; лампочка $HL2$ – якщо замкнуті будь-які

два вимикачі; лампочка $HL3$ – якщо замкнуті усі три вимикачі; лампочка $HL4$ – якщо замкнуті будь-які два або усі три вимикачі.

18. Схема має три вимикачі $SA1, SA2, SA3$ і три лампочки $HL1, HL2, HL3$. Лампочка $HL1$ повинна світитись тільки у тому разі коли замкнуті будь-які два вимикачі; лампочка $HL2$ – якщо замкнуті будь-які два вимикачі або усі три вимикачі; лампочка $HL3$ – якщо замкнуті будь-який один або усі три вимикачі.

19. Схема має три вимикачі $SA1, SA2, SA3$ і чотири лампочки $HL1, HL2, HL3, HL4$. Лампочка $HL1$ повинна світитись тільки у тому разі коли замкнуті усі три вимикачі; лампочка $HL2$ – якщо замкнутий будь-який один вимикач; лампочка $HL3$ – якщо замкнуті будь-які два вимикачі або усі три вимикачі; лампочка $HL4$ – якщо замкнуті будь-який один або будь-які два вимикачі.

20. Схема має три вимикачі $SA1, SA2, SA3$ і три лампочки $HL1, HL2, HL3$. Лампочка $HL1$ повинна світитись тільки у тому разі коли замкнуті будь-які два або усі три вимикачі; лампочка $HL2$ – якщо замкнутий будь-який один вимикач; лампочка $HL3$ – якщо замкнуті будь-який один або будь-які два вимикачі.

21. Схема має чотири вимикачі $SA1, SA2, SA3, SA4$ і чотири лампочки $HL1, HL2, HL3, HL4$. Лампочка $HL1$ повинна світитись тільки у тому разі коли замкнуті усі чотири вимикачі; лампочка $HL2$ – якщо замкнутий будь-який один вимикач; лампочка $HL3$ – якщо замкнуті будь-які два або усі чотири вимикачі; лампочка $HL4$ – якщо замкнуті вимикачі $SA1$ та $SA3$ або $SA2$ та $SA4$.

22. Схема має чотири вимикачі $SA1, SA2, SA3, SA4$ і чотири лампочки $HL1, HL2, HL3, HL4$. Лампочка $HL1$ повинна світитись тільки у тому разі коли замкнуті будь-які три вимикачі; лампочка $HL2$ – якщо замкнуті вимикачі $SA1$ та $SA2$ або $SA3$ та $SA4$; лампочка $HL3$ – якщо замкнутий будь-який один вимикач; лампочка $HL4$ – якщо замкнуті будь-які два або усі чотири вимикачі.

23. Схема має чотири вимикачі $SA1, SA2, SA3, SA4$ і чотири лампочки $HL1, HL2, HL3, HL4$. Лампочка $HL1$ повинна світитись тільки у тому разі коли

замкнуті будь-які два вимикачі; лампочка $HL2$ – якщо замкнуті будь-які три або усі чотири вимикачі; лампочка $HL3$ – якщо замкнуті вимикачі $SA1, SA2, SA3$ або $SA2, SA3, SA4$; лампочка $HL4$ – якщо замкнутий будь-який один вимикач.

24. Схема має десять вхідних сигналів і виконує перевірку на парність. Вихідний сигнал схеми дорівнює одиниці тільки у тому разі, якщо парна кількість вхідних сигналів дорівнює одиниці. Нуль вважати парним числом.

25. Схема має десять вхідних сигналів і виконує перевірку на непарність. Вихідний сигнал схеми дорівнює одиниці тільки у тому разі, якщо непарна кількість вхідних сигналів дорівнює одиниці.

2. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ТА МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПЕРШОЇ ЧАСТИНИ ДОМАШНЬОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

2.1. Логічні функції, закони алгебри логіки та правила мінімізації логічних виразів.

Логічними називаються змінні величини й функції від них, які можуть набувати тільки два значення. Ці значення звичайно позначаються 0 та 1. Значення логічної функції залежить від значень її аргументів. Якщо функція є функцією n аргументів, то її значення буде визначатися конкретним сполученням значень (набором або комбінацією) усіх n аргументів. Кожний аргумент може набувати два значення (0 або 1), тому можна скласти 2^n різних комбінацій значень аргументів. Наприклад, маємо функцію трьох аргументів $f(a,b,c)$. Три аргументи утворюють вісім комбінацій (наборів). Кожному набору відповідає певне значення функції, яке дорівнює 0 або 1. Таблиця, що містить набори значень аргументів та відповідні їм значення функції, називається таблицею істинності, або таблицею відповідності. Таблиця істинності – один з поширених способів завдання логічної функції. Наприклад, функція $f(a,b,c)$ задана таблицею відповідності, що має вигляд таблиці 2.

Таблиця 2

Аргумент			Функція $f(a,b,c)$
a	b	c	
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Основними логічними функціями є функції ***І, АБО, НІ***.

Функцією І (кон'юнкцією, логічним добутком) називається функція

$$y = abc...,$$

яка дорівнює 1 тільки в тому разі, якщо всі аргументи дорівнюють 1, і дорівнює 0, якщо хоч би один з аргументів дорівнює 0.

Функцією АБО (диз'юнкцією, логічною сумою) називається функція

$$y = a + b + c + \ldots,$$

яка дорівнює 0 тільки в тому разі, якщо всі аргументи дорівнюють 0, і дорівнює 1, якщо хоч би один з аргументів дорівнює 1.

Функцією НІ (інверсією, логічним запереченням) називається функція

$$y = \overline{a},$$

яка перетворюється в 1, якщо аргумент дорівнює 0, або в 0, якщо аргумент дорівнює 1.

У складних виразах, де водночас використовуються символи операцій кон'юнкції, диз'юнкції та інверсії, спочатку виконуються операції інверсії, потім кон'юнкції і в останню чергу – диз'юнкції. Для зміни порядку виконання операцій використовуються дужки. Операції в дужках виконуються в першу чергу.

Основні закони алгебри логіки, побудовані на застосуванні операцій *І*, *АБО*, *НІ*, зведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Номер формули	Математичний вираз	Назва закону
1	$0bc\ldots w=0$	Нульової безлічі
2	$1+a+b+c+\ldots+w=1$	Універсальної безлічі
3.а 3б	$\left.\begin{matrix} abc\ldots = bca = \ldots cba \\ a+b+c+\ldots = b+a+c+\ldots \end{matrix}\right\}$	Комутативний переставний
4.а 4.б	$\left.\begin{matrix} a(bc) = (ab)c = abc \\ a+(b+c) = (a+b)+c \end{matrix}\right\}$	Асоціативний (сполучний)
5.а 5.б	$\left.\begin{matrix} a(b+c) = ab+ac \\ a+bc = (a+b)(a+c) \end{matrix}\right\}$	Дистрибутивний (розподільний)
6.а 6.б	$\left.\begin{matrix} a\cdot a\cdot a\ldots a = a \\ a+a+a+\ldots+a = a \end{matrix}\right\}$	Повторення (тавтології)
7	$\overline{\overline{a}} = a$	Подвійної інверсії
8	$a\overline{a} = 0$	Логічного протиріччя
9	$a+\overline{a} = 1$	Виключеного третього
10.а 10.б	$\left.\begin{matrix} a(a+b)(a+c)\ldots(a+w) = a \\ a+ab+ac+\ldots+aw = a \end{matrix}\right\}$	Поглинання

11.а 11.б	$\left.\begin{array}{c} ab+a\overline{b}=a \\ (a+d)(a+\overline{d})=a \end{array}\right\}$	Склеювання
12.а 12.б	$\left.\begin{array}{l} ab+\overline{a}c+bc=ab+\overline{a}c \\ (a+b)(\overline{a}+c)(b+c)=(a+b)(\overline{a}+c) \end{array}\right\}$	Узагальненого склеювання
13.а 13.б	$\left.\begin{array}{l} \overline{a+b+c+...+w}=\overline{a}\,\overline{b}\,\overline{c}...\overline{w} \\ \overline{abc...w}=\overline{a}+\overline{b}+\overline{c}+...+\overline{w} \end{array}\right\}$	Де Моргана

Використовуючи ці закони, можна перетворювати та спрощувати логічні функції. При цьому слід мати на увазі, що всі перелічені закони лишаються справедливими, якщо окремі аргументи в них замінити будь-якими виразами. Наприклад, закон склеювання можна застосувати до виразів:

$$abcd+ab\overline{c}d=abd;$$
$$abcd+ab\overline{cd}=ab;$$
$$(a+b)(c+d)+(a+b)(\overline{c+d})=a+b.$$

Для визначення інверсії функції зручно використовувати узагальнення законів де Моргана, яке запропоновано Шенноном:

$$\overline{f}(a,b,c,...w,\cdot,+)=f(\overline{a},\overline{b},\overline{c},...,+,\cdot),$$

тобто для визначення інверсії функції достатньо замінити усі аргументи їх інверсіями, усі операції *І* операціями *АБО*, а операції А*БО* – операціями *І*. Наприклад, якщо

$$f=ab+\overline{c}d+\overline{a}d,$$

то $\overline{f}=(\overline{a}+\overline{b})(c+\overline{d})(a+\overline{d}),$

або якщо $f=(a+\overline{b})(\overline{c}+d)+\overline{b}\,\overline{d},$

то $\overline{f}=(\overline{a}\,b+c\overline{d})(b+d)$.

Для перетворення і спрощення логічних функцій використовуються також теореми розкладання:

$$f(a,b,c...,w)=af(1,b,c,...,w)+\overline{a}\,f(0,b,c,...,w); \quad (14)$$

$$f(a,b,c...,w)=\left[a+f(0,b,c,...,w)\right]\left[\overline{a}+f(1,b,c,...,w)\right] \quad (15)$$

Застосуємо формулу (14) для доведення закону узагальненого склеювання в формі (12.а), тобто для спрощення вихідного виразу:

$$ab+\overline{a}c+bc=a(1\cdot b+0\cdot c+bc)+\overline{a}(0\cdot b+1\cdot c+bc)$$
$$=a(b+bc)+\overline{a}(c+bc)=ab+\overline{a}c,$$

тому що $b+bc=b; c+bc=c$ на підставі закону поглинання (10.б).

Для спрощення логічних виразів зручно також застосовувати такі теореми:

$$af(a,\overline{a},b,c,...w)=af(1,0,b,c,...,w); \quad (16)$$

$$\overline{a}f(a,\overline{a},b,c,...w)=\overline{a}f(0,1,b,c,...,w); \quad (17)$$

$$a+f(a,\overline{a},b,c,...w)=a+f(0,1,b,c,...,w); \quad (18)$$

$$\overline{a}+f(a,\overline{a},b,c,...w)=\overline{a}+f(1,0,b,c,...,w). \quad (19)$$

Розглянемо приклади застосування перелічених законів і теорем алгебри логіки.

Приклад 1. Перевірити справедливість рівності

$$a\overline{b}+c+\overline{a}\ \overline{c}d+b\overline{c}d=c+a\overline{b}+d.$$

Для лівої частини виразу застосуємо теорему (18), тоді отримаємо

$$a\overline{b}+c+\overline{a}\ \overline{c}d+b\overline{c}d=a\overline{b}+c+\overline{a}\cdot 1\cdot d+b\cdot 1\cdot d=a\overline{b}+c+\overline{a}d+bd\,.$$

Використаємо дистрибутивний закон (5.а) і закон де Моргана (13.б)

$$a\overline{b}+c+\overline{a}d+bd=a\overline{b}+c+d(\overline{a}+b)=c+a\overline{b}+d\overline{a\overline{b}},$$

після цього застосуємо до двох останніх доданків рівносильність вигляду $a+\overline{a}b=a+b$, яка випливає з теореми (18), тоді остаточно отримаємо

$$c+a\overline{b}+d\,\overline{a\overline{b}}=c+a\overline{b}+d\,.$$

Одержаний вираз збігається з правою частиною вихідної рівності, отже справедливість рівності доведено.

Приклад 2. Перевірити справедливість рівності

$$\overline{a}\ \overline{d}+ad+bc\overline{d}=\overline{a}\ \overline{d}+ad+abc\,.$$

Ліва і права частини цього виразу відрізняються тільки членами $bc\overline{d}$ і abc. Тому доповнимо ці члени відсутньою змінною, помноживши член $bc\overline{d}$ на одиницю у вигляді $a+\overline{a}$, а член abc на одиницю у вигляді $d+\overline{d}$, тоді отримаємо

$$\bar{a}\;\bar{d} + ad + bc\bar{d}(a + \bar{a}) = \bar{a}\;\bar{d} + ad + abc(d + \bar{d}),$$

або після відкриття дужок

$$\bar{a}\;\bar{d} + ad + abc\bar{d} + \bar{a}bc\bar{d} = \bar{a}\;\bar{d} + ad + abcd + abc\bar{d}\,.$$

На підставі закону поглинання (10.б) $\bar{a}\;\bar{d} + \bar{a}bc\bar{d} = \bar{a}\;\bar{d}$ і $ad + abcd = ad$, тому остаточно отримаємо

$$\bar{a}\;\bar{d} + ad + abc\bar{d} = \bar{a}\;\bar{d} + ad + abc\bar{d}\,,$$

тобто ліва і права частини вихідного виразу перетворюються в однакові вирази.

Приклад 3. Перевірити справедливість рівності

$$\bar{a}\;\bar{d} + ad + bc\bar{d} = (a + \bar{d})(\bar{a} + c + d)(\bar{a} + b + d)\,.$$

Будемо перетворювати праву частину заданого виразу. Спочатку відкриємо дужки, враховуючи, що $a\bar{a} = 0$ i $aa = a$, тоді отримаємо

$$(a + \bar{d})(\bar{a} + c + d)(\bar{a} + b + d) == (ac + ad + \bar{a}\,\bar{d} + c\bar{d})(\bar{a} + b + d) =$$
$$= abc + acd + abd + ad + \bar{a}\,\bar{d} + \bar{a}b\bar{d} + \bar{a}c\bar{d} + bc\bar{d}.$$

Застосуємо закон поглинання для групи членів цього виразу:

$$ad + acd + abd = ad;$$
$$\bar{a}\,\bar{d} + \bar{a}b\bar{d} + \bar{a}c\bar{d} = \bar{a}\,\bar{d},$$

тоді отримаємо

$$ad + \bar{a}\,\bar{d} + abc + bc\bar{d}\,.$$

Помножимо член abc на одиницю у вигляді $d + \bar{d}$, тоді отримаємо

$$ad + \bar{a}\,\bar{d} + abc(d + \bar{d}) + bc\bar{d} = ad + \bar{a}\;\bar{d} + abcd + abc\bar{d} + bc\bar{d}.$$

Застосуємо закон поглинання для виразів

$$ad + abcd = ad;\, bc\bar{d} + abc\bar{d} = bc\bar{d},$$

тоді остаточно отримаємо

$$ad + \bar{a}\,\bar{d} + bc\bar{d},$$

тобто вираз, який збігається з лівою частиною вихідного виразу.

Приклад 4. Мінімізувати логічну функцію

$$f = d + \bar{d}ab + \bar{d}\bar{a}c + bc + abcd\ .$$

Застосуємо теорему (18) і подамо *f* у вигляді

$$f = d + ab + \bar{a}c + bc.$$

Використавши закон узагальненого склеювання (12.а), отримаємо

$$f = d + ab + \bar{a}c.$$

Приклад 5. Мінімізувати логічну функцію

$$f = (a + \bar{d})(\bar{b} + \bar{d})(a + \bar{d})\ .$$

Застосуємо закон повторення (6.а), відкриємо дужки та застосуємо закон поглинання (10.б), тоді отримаємо

Розглянемо тепер методику застосування карт Карно для мінімізації логічних функцій.

2.2. Мінімізація логічних виразів за допомогою карт Карно.

Карта Карно – один з графічних способів подання логічних функцій. Для функцій n змінних вона складається з 2^n клітинок, причому кожна клітинка відповідає певному набору змінних. Вигляд карт Карно для функцій 2,3,4,5 і 6-ти змінних зображений на рисунку 1. Вхідні змінні розміщуються з зовнішніх сторін карти проти її рядків або стовпців. Значення вхідної змінної стосується усіх клітинок у рядку або стовпці і дорівнює 1, якщо проти рядка або стовпця є дужка з позначенням цієї змінної. Для решти рядків і стовпців значення змінної дорівнює 0. У клітинках карти записується те значення функції, яке вона має при наборах вхідних змінних, що відповідають цим клітинкам.

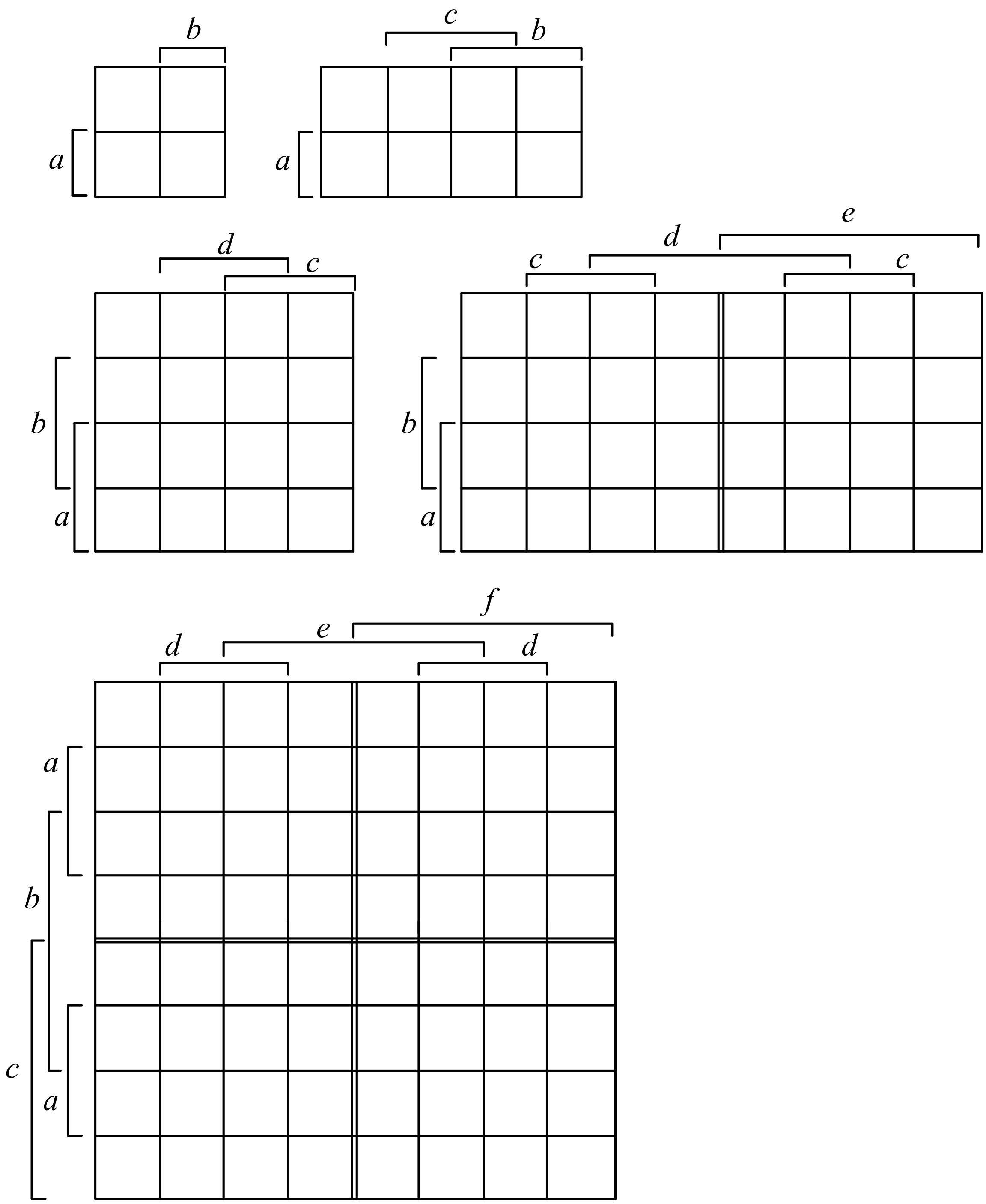


Рисунок 1 – Карти Карно для функцій двох, трьох, чотирьох, п’ятьох, шістьох змінних

Функцію, задану алгебричним виразом, можна подати у вигляді карти Карно. Для цього перед усім задану функцію треба подати в диз’юнктивній (ДНФ) або кон’юнктивній (КНФ) нормальній формі. Розглянемо, як складається карта Карно для функції

$$f_1 = abc + \overline{a}\,\overline{b} + bcd,$$

поданої в ДНФ. Задана функція є функцією чотирьох змінних. Карту Карно для неї зображено на рисунку 2,*а*. Кон'юнкції abc відповідають дві клітинки, для яких $a=1, b=1, c=1$ (це 11-та і 12-та клітинки), кон'юнкції $\bar{a}\,\bar{b}$ – чотири клітинки, для яких $a=0, b=0$ (1,2,3 і 4-та), кон'юнкції bcd – клітинки, для яких $b=1, c=1, d=1$ (7-ма і 11-та). Заповнивши ці клітинки одиницями, а решту нулями, отримаємо карту Карно, що зображує функцію f_1 (клітинки пронумеровано тільки для зручності пояснення процесу заповнення карти Карно).

Розглянемо тепер, як заповнюється карта Карно для функції, поданої у КНФ,

$$f_2 = (a+b)(b+\bar{c}+d)(\bar{c}+\bar{d}).$$

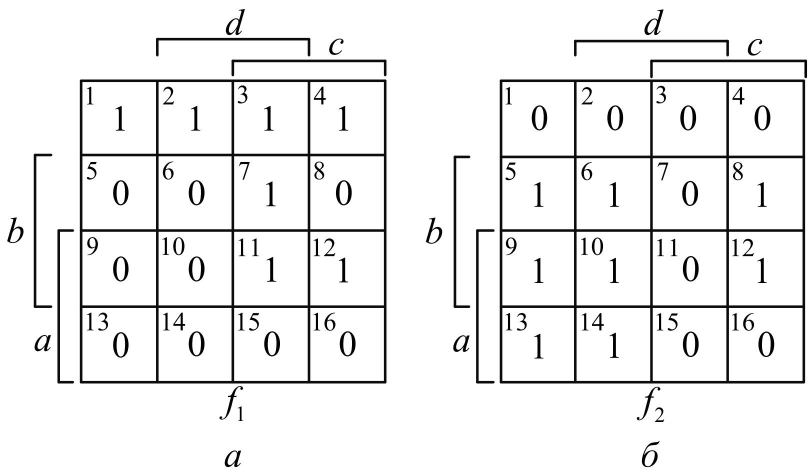


Рисунок 2

Диз'юнкції $a+b$ відповідає група клітинок, для яких $a+b$=0, тобто $a=0, b=0$ (1,2,3 і 4-та клітинки карти Карно на рисунку 2, б). Диз'юнкції $b+\bar{c}+d=0$ відповідають клітинки, для яких $b=0, c=1, d=0$, тобто 4 та 16-та. Диз'юнкції $\bar{c}+\bar{d}=0$ відповідає група клітинок, для яких $c=1, d=1$. Це 3,7,11 і 15-та клітинка. Заповнивши ці клітинки нулями, а решту – одиницями, отримаємо карту Карно, що зображує функцію f_2.

За допомогою карт Карно досить просто відшуковувати кон'юнкції або диз'юнкції, до яких можна застосувати закон склеювання (11.а) або (11.б) і таким чином мінімізувати логічну функцію. Вираз для клітинки з одиницею складається у вигляді кон'юнкції усіх змінних, причому, якщо змінна для цієї клітинки дорівнює одиниці, то вона записується без знака інверсії, а якщо дорівнює нулеві – із знаком інверсії. Наприклад, для клітинок 1 і 2 з одиницями (рисунок 2, *а*) ці вирази мають вигляд $\bar{a}\,\bar{b}\,\bar{c}\,\bar{d}$ *і* $\bar{a}\,\bar{b}\,\bar{c}d$. Вираз для клітинки з нулем записується у вигляді суми усіх змінних, причому, якщо змінна для цієї клітинки дорівнює нулеві, то вона записується без знака інверсії, а якщо дорівнює одиниці – із знаком інверсії. Наприклад, для клітинок 5 і 6 з нулями (рисунок 2, *а*) ці вирази мають вигляд:

$$a+\bar{b}+c+d,\ \ a+\bar{b}+c+\bar{d}.$$

Вирази для клітинок, що розміщуються поряд, відрізняються значенням тільки однієї змінної, тобто до них можна застосувати операцію склеювання, отже, для клітинок 1 і 2.

$$\bar{a}\,\bar{b}\,\bar{c}\,\bar{d}+\ \bar{a}\,\bar{b}\,\bar{c}d=\bar{a}\,\bar{b}\,\bar{c},$$

а для клітинок 5 і 6

$$(a+\bar{b}+c+d)(a+\bar{b}+c+\bar{d})=(a+\bar{b}+c)\,.$$

Будь-які клітинки, яким відповідають склеювані комбінації вхідних змінних, називаються сусідніми. Сусідніми є не тільки клітинки, що розміщені поряд одна одної у одному рядку або стовпці, але й клітинки у протилежних кінцях одного рядка або стовпця карти чотирьох змінних.

Для карти чотирьох змінних знаходити сусідні клітинки досить просто. Задача деякою мірою ускладнюється для карт п’ятьох, шістьох і більшої кількості змінних. Карту п’ятьох змінних можна подати у вигляді двох карт чотирьох змінних, карту шістьох змінних – у вигляді чотирьох карт чотирьох змінних тощо. Карти чотирьох змінних, що відрізняються значенням тільки однієї змінної, можна назвати сусідніми. Тоді сусідні карти будуть розміщуватися поряд одна одної або у протилежних кінцях одного рядка або стовпця з карт чотирьох змінних і, отже, сусідніми будуть клітинки, що є сусідніми у тієї ж самої карти чотирьох змінних, або клітинки у сусідніх картах, які розміщуються симетрично відносно ліній, що ділять карту великої кількості змінних на карти чотирьох змінних.

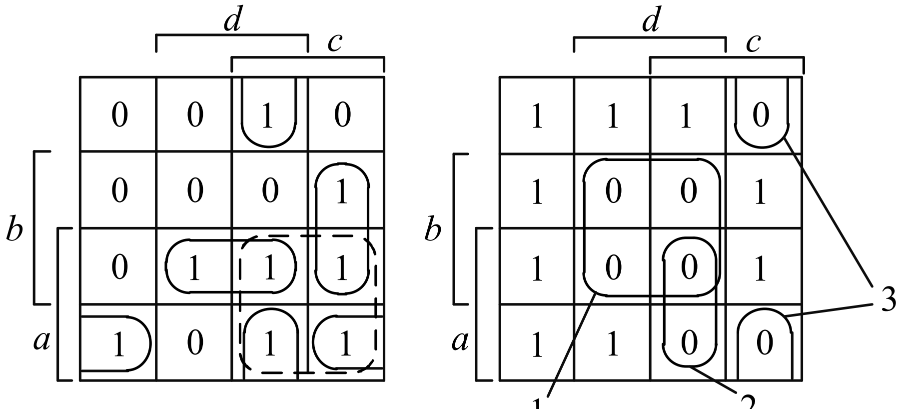
При використанні карт Карно для мінімізації логічних функцій необхідно побудувати карту для відповідної кількості змінних і нанести на неї задану функцію. Потім слід об’єднати сусідні клітинки з одиницями в контури, записати вирази для контурів і скласти їх диз’юнкцію.

Сусідні клітинки спочатку об’єднують в пари, потім четвірки з сусідніх пар, тобто пар, що відрізняються тільки однією змінною, після цього сусідні четвірки об’єднують у вісімки тощо. Чим більше клітинок об’єднано в контур, тим простіший вираз, що відповідає контуру. Тому слід прагнути того, щоб кожний контур мав якомога більше клітинок. При цьому деякі контури можуть частково перекриватися, тобто ті ж самі клітинки можуть одночасно входити у кілька контурів. У контур можна об’єднувати не будь-яку парну кількість клітинок, а тільки 2^n клітинок, тобто 2, 4, 8, 16 тощо. Крім того, необхідно уникати створення зайвих контурів, тобто контурів, усі клітинки яких вже належать до інших контурів. Для цього об’єднування слід починати з тих клітинок з одиницями, які можуть увійти тільки у один контур. Це положення ілюструється картою Карно на рисунку 3, *а*. Контур з чотирьох одиниць тут зайвий через те, що усі клітинки цього контуру вже увійшли до інших контурів.

Вираз для функції, яку задано картою Карно на рисунку 3, *а*, має вигляд:

$$a\overline{b}\,\overline{d} + \overline{b}cd + abd + bc\overline{d}$$

У контури можна об’єднувати клітинки не тільки з одиницями, а й з нулями. При цьому усі правила об’єднування залишаються попередніми, але функція записується у вигляді кон'юнкції диз'юнкцій, яким відповідають контури з нулями.



а *б*

Рисунок 3

Вираз для контуру з нулями записується у вигляді диз'юнкції інверсій координат контуру. Наприклад, об’єднавши клітинки з нулями в карті Карно на рисунку 3, *б*, отримаємо для першого контуру вираз $\bar{b} + \bar{d}$, для другого $\bar{a} + \bar{c} + \bar{d}$ та для третього $b + \bar{c} + d$. Функція у КНФ матиме вигляд:

$$(\bar{b} + \bar{d})(\bar{a} + \bar{c} + \bar{d})(b + \bar{c} + d).$$

Приклади мінімізації логічних функцій за допомогою карт Карно ілюструються рисунку 4, де показано способи об’єднання клітинок з одиницями в контури. У результаті виконаних об’єднань отримано такі мінімізовані вирази функцій:

$$f_1 = \bar{a}\bar{b}c + \bar{a}d + \bar{b}c + cd;$$
$$f_2 = \bar{c}\,\bar{d}\,\bar{e} + b\bar{c}\,d + \bar{a}\,\bar{b}\,\bar{e} + ac\bar{d}.$$

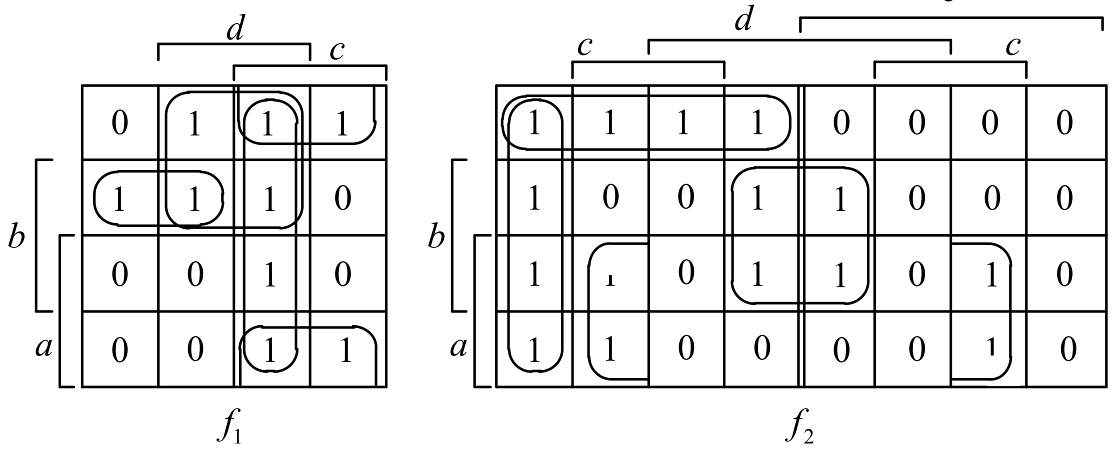


Рисунок 4

Розглянемо тепер приклади застосування карт Карно для розв'язання задач, подібних до завдань у домашній контрольній роботі.

Приклад 1. Мінімізувати логічну функцію

$$f_1 = (ab + c\bar{d})(a + bc) + abcd + \bar{a}b\bar{c}.$$

Розкриємо дужки і подамо вихідну функцію в диз'юнктивній нормальній формі (ДНФ)

$$f_1 = ab + abc + ac\bar{d} + bc\bar{d} + abcd + \bar{a}b\bar{c}.$$

Побудуємо карту Карно чотирьох змінних (рисунок 5, *а*) і запишемо одиниці в клітинки карти, що відповідають кожній кон'юнкції ДНФ. Клітинки з одиницями об'єднаємо в чотири контури (три контури по 4 клітинки і один контур з двох клітинок) так, як зображено на рисунок 5, *а*, і запишемо мінімізований вираз функції

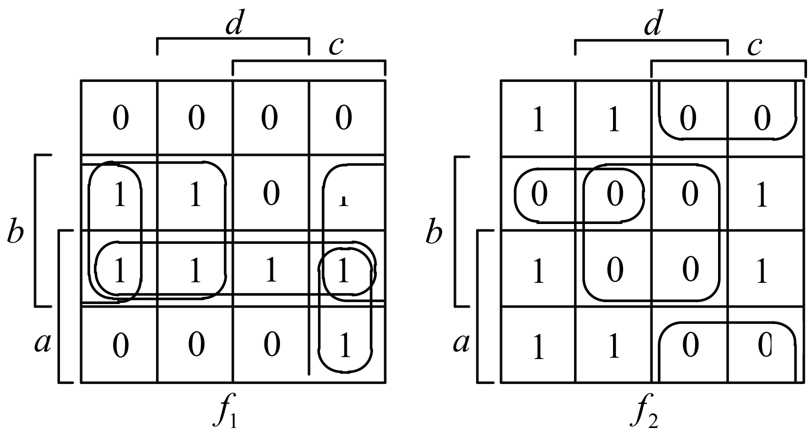
$$f_1 = b\bar{c} + ab + b\bar{d} + a\bar{c}\bar{d}.$$

Приклад 2. Мінімізувати логічну функцію

$$f_2 = (a + b + \bar{c} + \bar{d})(a + \bar{b} + c)(b + \bar{c} + d)(\bar{a} + \bar{c} + \bar{d})(\bar{b} + \bar{d}).$$

Функцію подано в кон’юнктивній нормальній формі (КНФ), тому, побудувавши карту Карно чотирьох змінних (рисунок 5, *б*), запишемо нулі в клітинки карти, що відповідають кожній диз'юнкції КНФ. Клітинки з нулями об'єднаємо в три контури так, як зображено на рисунок 5, *б*, і запишемо мінімізований вираз функції

$$f_2 = (\bar{b} + \bar{d})(b + \bar{c})(a + \bar{b} + c).$$



а *б*

Рисунок 5

Більш детально карти Карно та їх застосування для мінімізації логічних функцій розглянуто в [1,стор.53 – 59].

2.3. Синтез однотактних схем

Схема називається однотактною, якщо стан її виходів визначається тільки комбінацією значень вхідних сигналів і не залежить від послідовності їх надходження. Отже, робота однотактної схеми повністю описується таблицею істинності. Тому синтез однотактної схеми можна виконати у такому порядку:

1) За заданими умовами роботи складається таблиця істинності;

2) За таблицею істинності записуються логічні формули для вихідних змінних;

3) Якщо є можливість, записані функції мінімізуються.

При великій кількості вхідних змінних таблицею істинності користуватися незручно через те, що вона буде складатися з великої кількості рядків. У цьому разі умови роботи схеми зручно одразу перенести на карту Карно і застосувати цю карту для мінімізації функції.

Як приклад розглянемо синтез схеми, яка виявляє неприпустимі комбінації в двійково-десятковому коді 8421. Умова роботи схеми: схема має чотири входи і один вихід. На входи надходять сигнали 0 і 1, які є розрядами двійкового числа. Якщо це число менше або дорівнює 9, то вихідний сигнал схеми дорівнює нулю, якщо числа на вході більше 9, вихідний сигнал дорівнює одиниці.

За заданими умовами роботи складаємо таблицю істинності (таблиця 5), в якій прийнято, що a – старший, а d – молодший розряди вхідного двійкового числа.

Аналітичний вираз функції f, що задана таблицею істинності, визначається таким чином. Для кожного набору вхідних змінних при якому функція дорівнює одиниці, записуються так звані конституенти одиниці у вигляді кон'юнкції усіх змінних, причому, якщо змінна в наборі дорівнює одиниці, то вона записується без знаку інверсії, а якщо дорівнює нулеві – із знаком інверсії. В наведеному прикладі маємо шість конституент одиниці: $a\bar{b}c\bar{d}$, $a\bar{b}cd$, $ab\bar{c}\bar{d}$, $ab\bar{c}d$, $abc\bar{d}$, $abcd$. Вираз функції записується у вигляді суми цих конституент, тобто

$$f = a\bar{b}c\bar{d} + a\bar{b}cd + ab\bar{c}\,\bar{d} + ab\bar{c}d + abc\bar{d} + abcd.$$

Таблиця 5

Вхідні сигнали				Вихідний сигнал
a	*b*	*c*	*d*	*f*
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

Застосувавши закон склеювання, мінімізуємо записану функцію

$$f = a\bar{b}c + ab\bar{c} + abc = ac + ab.$$

Цю задачу можна розв’язати більш простим способом, якщо скласти карту Карно безпосередньо за умовою роботи схеми і застосувати цю карту для мінімізації функції. Карту Карно зображено на рисунку 8. Вираз функції має вигляд:

$$f = ab + ac.$$

У розглянутому прикладі кількість вхідних змінних була порівняно невеликою, тому умову роботи було зручно подавати у вигляді таблиці істинності або карти Карно. Задача суттєво ускладнюється при збільшенні кількості вхідних змінних. Наприклад, для восьми вхідних змінних таблиця істинності складатиметься з 256 рядків, а карта Карно стає досить громіздкою. Тому у багатьох випадках найбільш доцільним є розроблення функціональної схеми, тобто подання однієї складної схеми у вигляді сполучення окремих структурних елементів (функціональних вузлів або блоків), які мають невелику кількість вхідних сигналів.

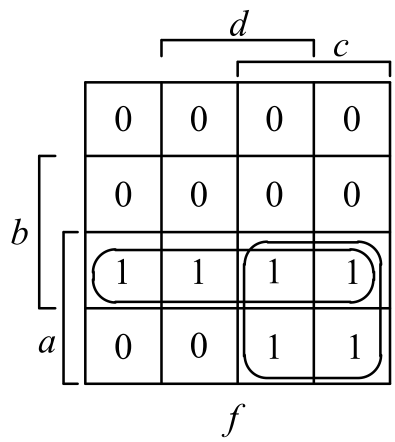


Рисунок 6

У багатьох практичних задачах зустрічаються так звані невикористані стани входів, тобто такі набори вхідних змінних, які при заданих умовах роботи ніколи не матимуть місця, наприклад, комбінації сигналів, які відповідають числам більше 9 у двійково-десятковому коді. У клітинках карти Карно, що відповідають невикористаним станом, проставляють риски. Клітинки з рисками при мінімізації функцій можна об’єднувати в контури з клітинками, що містять одиниці або нулі. Це дозволяє спростити синтезовану логічну функцію.

Іноді при синтезі однотактних схем не обов’язково складати повну таблицю істинності, а достатньо розглянути тільки ті комбінації вхідних сигналів, які мають місце у реальних умовах роботи.

Більш детально питання синтезу однотактних схем розглянуто в [1,стор.67–71].

При складанні схем за логічними функціями, одержаними в результаті синтезу, застосовуються умовні зображення логічних елементів на принципових схемах автоматики. Логічний елемент зображують у вигляді прямокутника, висота якого більша від ширини. Входи елемента показують ліворуч прямокутника, виходи – праворуч. Припустимо є й інша орієнтація – входи зображують зверху, виходи – знизу. Всередині прямокутника поміщають умовні позначення функції, яку реалізує елемент: функція *АБО* – **1** або ≥**1**; функція І – **&** або **И**; повторювач – **1**; рівнозначність – **=**; *ВИКЛЮЧАЮЧЕ АБО* – **=1**. Інверсні входи і виходи елемента позначаються кружечком.

Приклади умовних графічних зображень логічних елементів показані на рисунку 7, а схема електрична принципова на інтегральних мікросхемах, що реалізує функцію $f = ab + ac = \overline{\overline{ab + ac}} = \overline{\overline{ab} \cdot \overline{ac}}$ на рисунку 8.

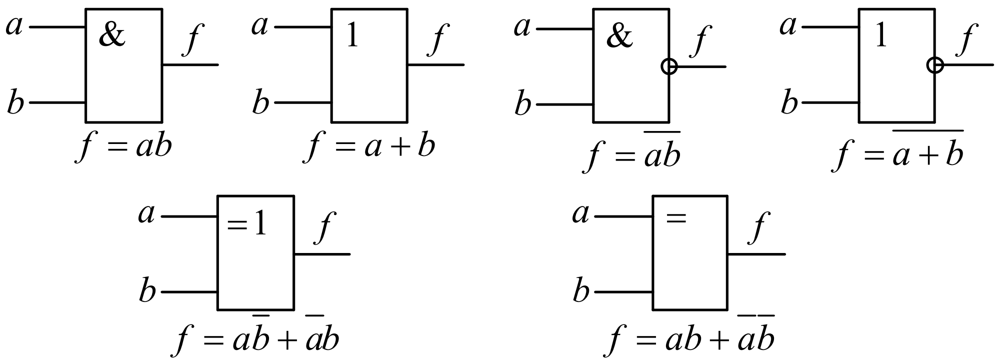


Рисунок 7 – Умовні графічні позначення логічних елементів

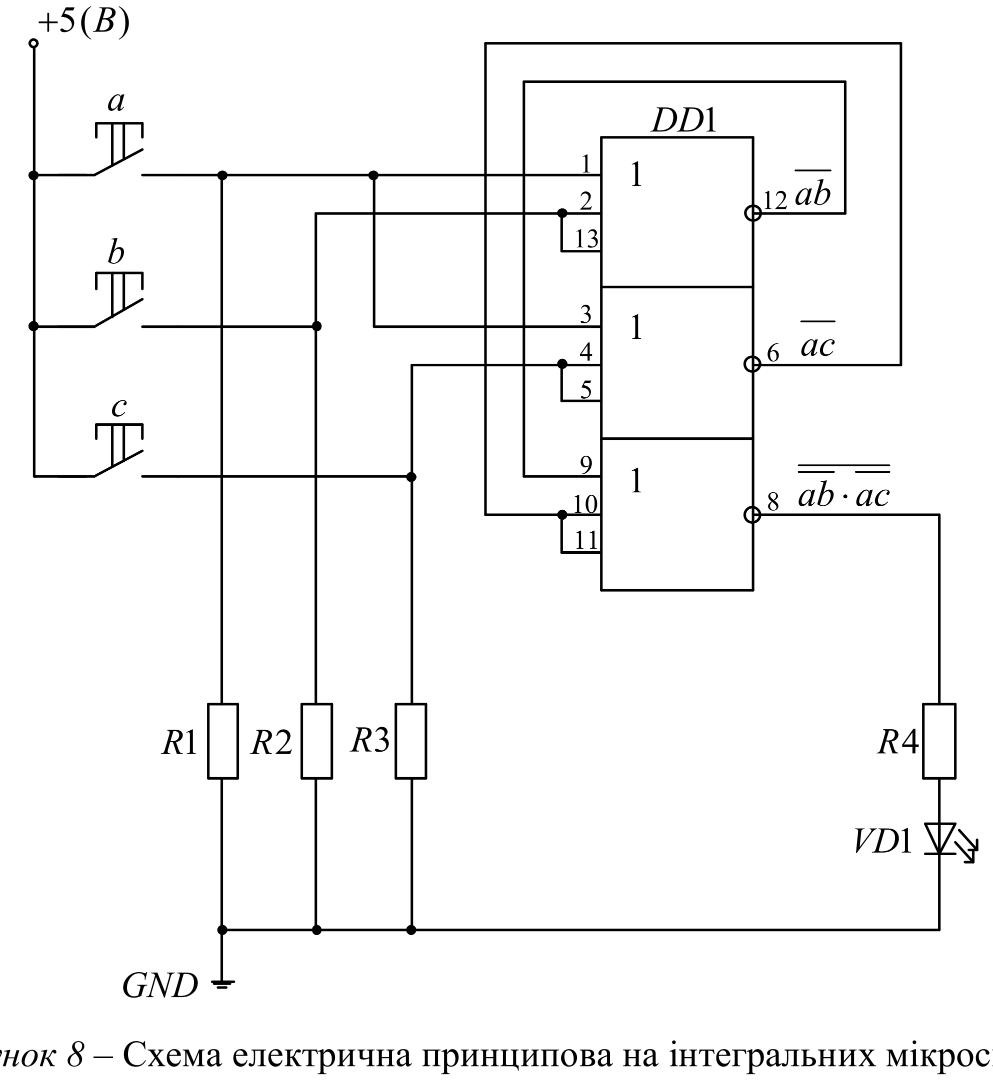


Рисунок 8 – Схема електрична принципова на інтегральних мікросхемах

Живлення елементу *DD1* +5 (*B*) та підводиться до виводу 14. Земля підводиться до виводу 7.

Перелік елементів наведено в таблиці 6.

Таблиця 6 – Перелік елементів

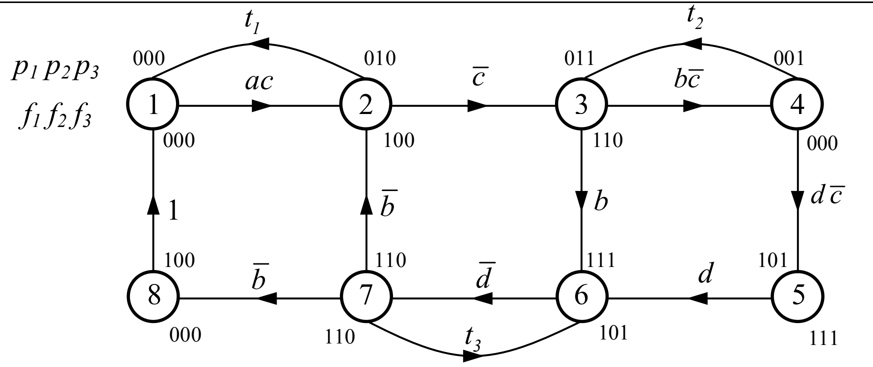
Позначення	*Найменування*	*Кіл.*	*Примітка*
	Діод		
*VD*1	LED D3-DEG30 RED	1	
	Кнопки		
a – *c*	Кнопка тактова двоконтактна	3	
	Мікросхеми		
*DD*1	SN74HC10	1	
	Резистори		
*R*1 – *R*3	МОН – 1 кОм	3	
*R*4	МОН – 800 Ом	1	

3. ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДО ДРУГОЇ ЧАСТИНИ ДОМАШНЬОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

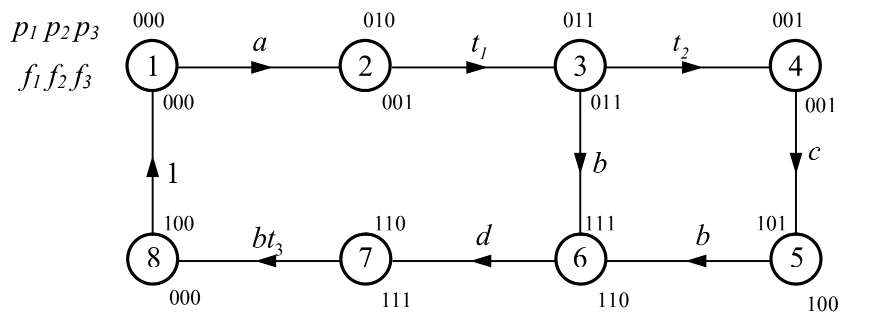
3.1. За заданим графопереходом, що описує умови роботи багатотактної схеми (a,b,c,d *– вхідні змінні,* f_1, f_2, f_3 *– вихідні змінні,* t_1,t_2,t_3 *– таймери,* p_1, p_2, p_3 *– проміжні змінні) виконати логічний синтез і скласти схему електричну принципову на інтегральних мікросхемах.*

1.	*b* $p_1 p_2 p_3$ 000 010 011 001 *a* $f_1 f_2 f_3$ 1 2 3 4 000 011 011 111 1 *b* 100 110 111 101 1 8 7 *b* 6 5 000 000 000 100
2.	$p_1 p_2 p_3$ 000 010 011 001 *a* $f_1 f_2 f_3$ 1 2 3 4 000 101 000 100 1 100 110 111 101 8 7 6 5 010 100 111 001
3.	$p_1 p_2 p_3$ 000 010 011 001 *a* $f_1 f_2 f_3$ 1 2 3 4 000 001 010 100 1 *b* 100 110 111 101 1 8 7 6 5 000 010 000 111
4.	*b* $p_1 p_2 p_3$ 000 010 011 001 *a* $f_1 f_2 f_3$ 1 2 3 4 000 011 011 111 1 *c* 100 110 111 101 8 7 6 5 000 000 000 100

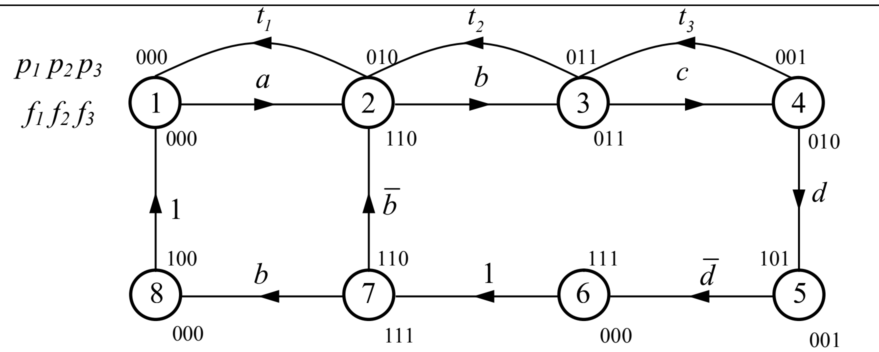
5.


$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
1 2 3 4 5 6 7 8
000 010 011 001
000 100 110 000
100 110 111 101
000 110 101 111
t_1 t_2 t_3
ac $\bar{c}$ $b\bar{c}$
1 $\bar{b}$ b $d\bar{c}$
$\bar{b}$ $\bar{d}$ d

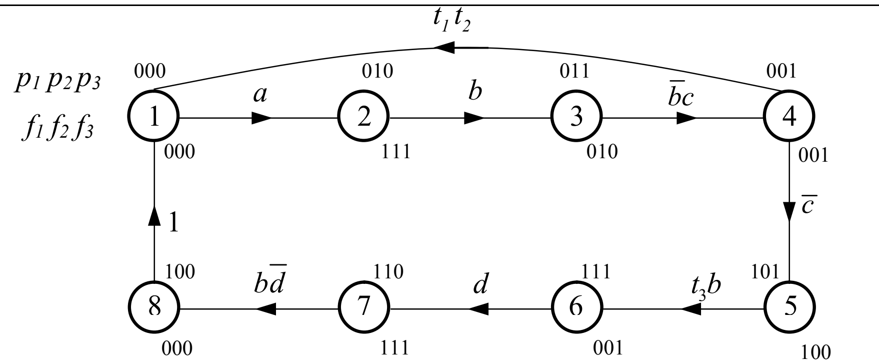
6.


$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
1 2 3 4 5 6 7 8
000 010 011 001
000 001 011 001
100 110 111 101
000 111 110 100
a t_1 t_2
1 b c
bt_3 d b

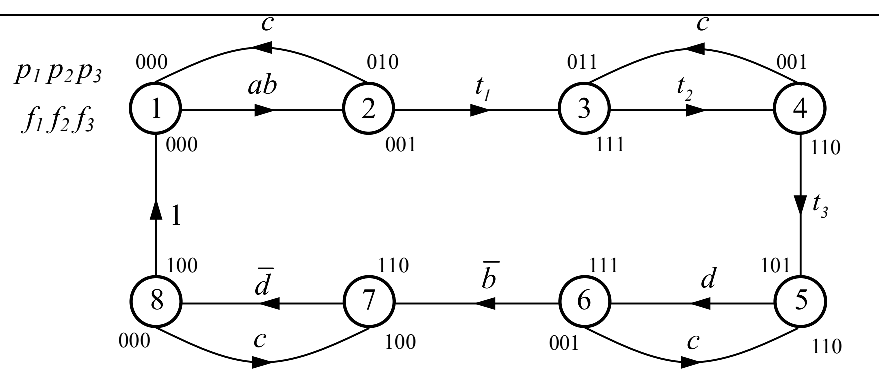
7.

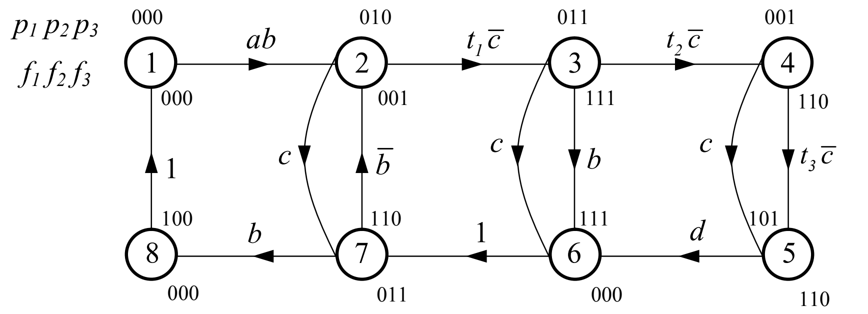
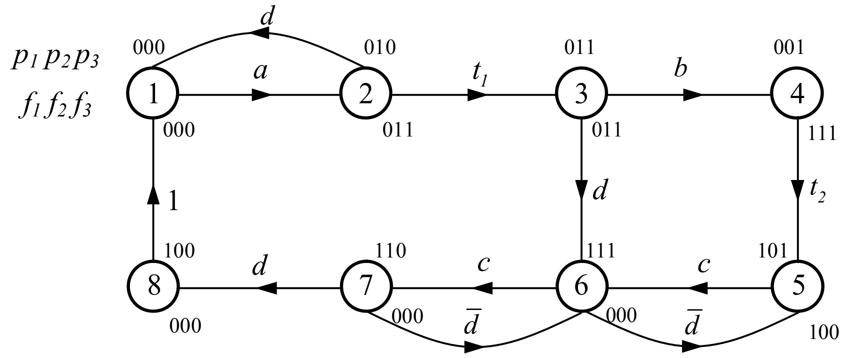
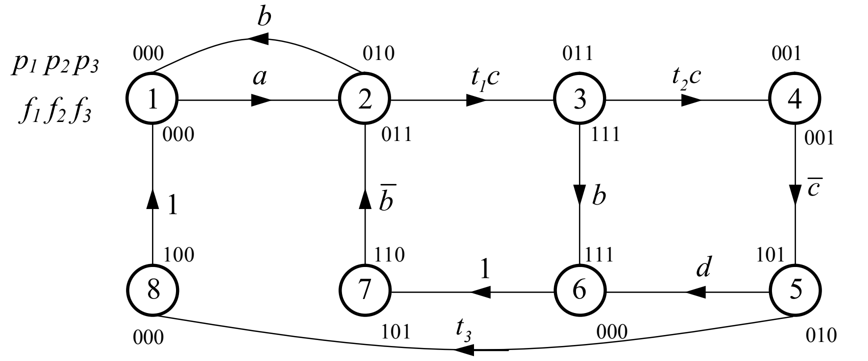
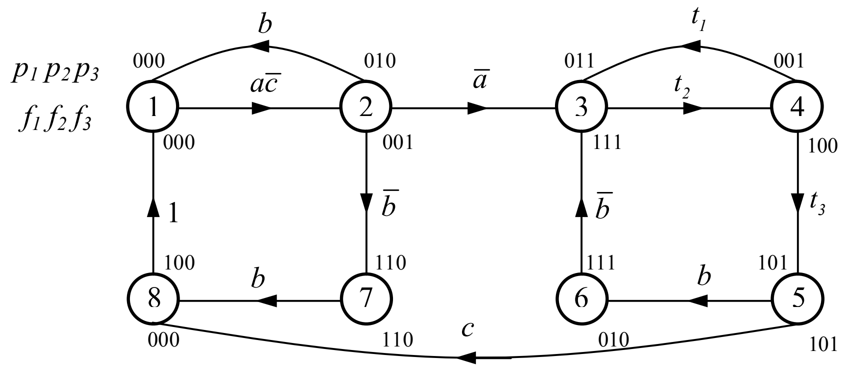
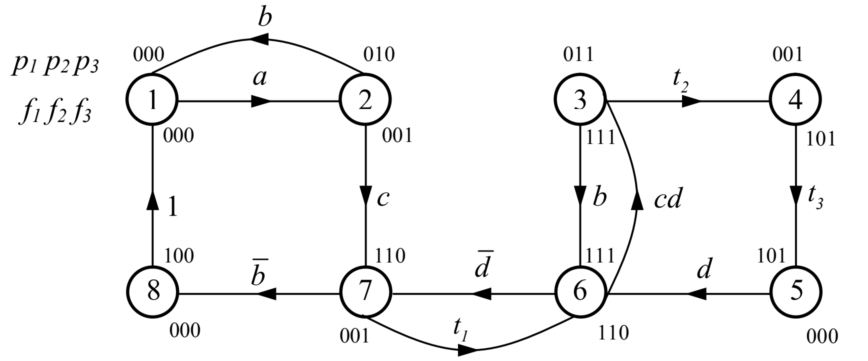

$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
1 2 3 4 5 6 7 8
000 010 011 001
000 110 011 010
100 110 111 101
000 111 000 001
t_1 t_2 t_3
a b c
1 $\bar{b}$ d
b 1 $\bar{d}$

8.


$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
1 2 3 4 5 6 7 8
000 010 011 001
000 111 010 001
100 110 111 101
000 111 001 100
$t_1 t_2$
a b $\bar{b}c$
1 $\bar{c}$
$b\bar{d}$ d $t_3 b$

9.


$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
1 2 3 4 5 6 7 8
000 010 011 001
000 001 111 110
100 110 111 101
000 100 001 110
c c
ab t_1 t_2
1 t_3
$\bar{d}$ $\bar{b}$ d
c c

10.	
11.	
12.	
13.	
14.	

$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
1 2 3 4 5 6 7 8
000 010 011 001 000 001 111 110 100 110 111 101 000 011 000 110
ab $t_1\bar{c}$ $t_2\bar{c}$ c $\bar{b}$ b $t_3\bar{c}$ d 1

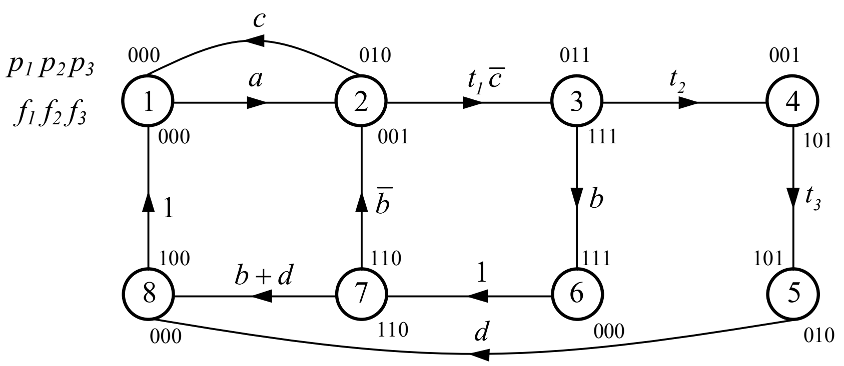
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
1 2 3 4 5 6 7 8
d a t_1 b t_2 c $\bar{d}$ 1

$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
1 2 3 4 5 6 7 8
b a t_1c t_2c $\bar{c}$ d 1 $\bar{b}$ t_3

$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
1 2 3 4 5 6 7 8
b $a\bar{c}$ $\bar{a}$ t_1 t_2 t_3 $\bar{b}$ c 1

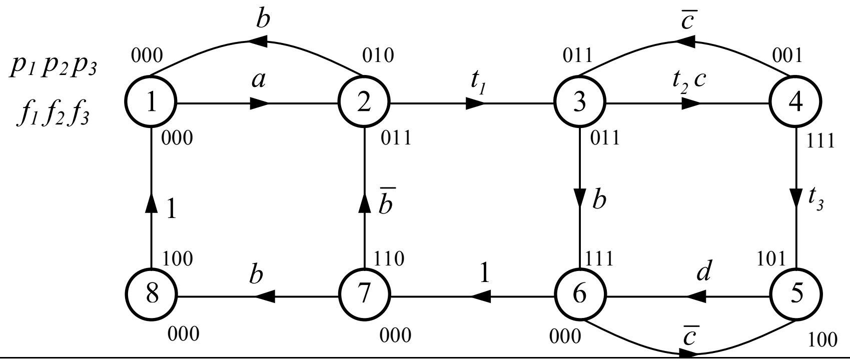
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
1 2 3 4 5 6 7 8
b a t_2 t_3 c cd d $\bar{d}$ $\bar{b}$ t_1 1

15.



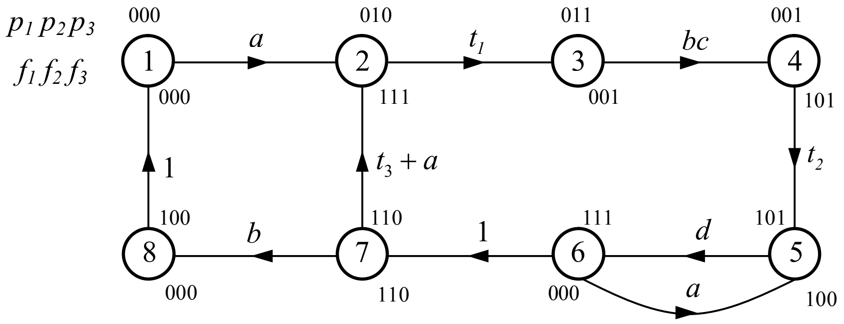
p1 p2 p3
f1 f2 f3
1 2 3 4 5 6 7 8
000 000 010 001 011 111 001 101 101 010 000 111 110 110 100 000
a c $t_1\bar{c}$ t_2 b t_3 1 $\bar{b}$ 1 b + d d

16



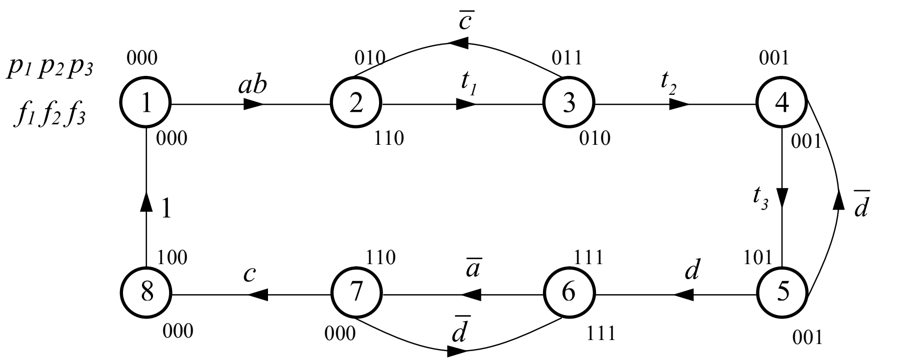
p1 p2 p3
f1 f2 f3
1 2 3 4 5 6 7 8
000 000 010 011 011 011 001 111 101 100 111 000 110 000 100 000
a b t_1 $t_2 c$ $\bar{c}$ b t_3 d $\bar{c}$ 1 $\bar{b}$ b 1

17.



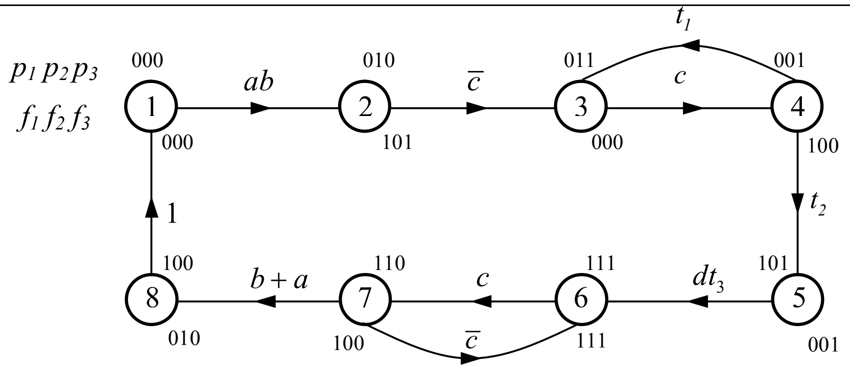
p1 p2 p3
f1 f2 f3
1 2 3 4 5 6 7 8
000 000 010 111 011 001 001 101 101 100 111 000 110 110 100 000
a t_1 bc t_2 d a 1 $t_3 + a$ b 1

18.



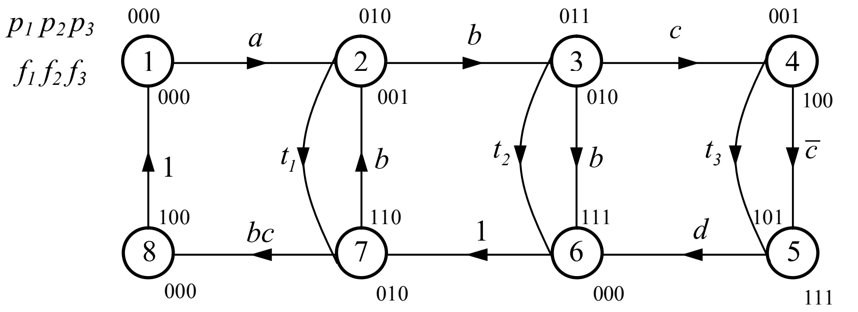
p1 p2 p3
f1 f2 f3
1 2 3 4 5 6 7 8
000 000 010 110 011 010 001 001 101 001 111 111 110 000 100 000
ab t_1 $\bar{c}$ t_2 t_3 $\bar{d}$ d $\bar{a}$ $\bar{d}$ c 1

19.

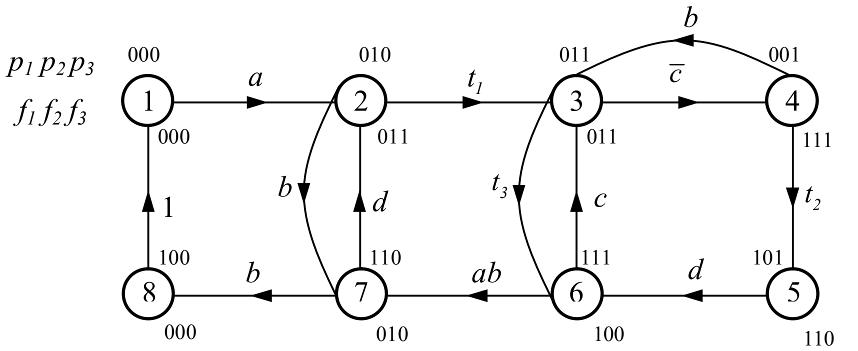


p1 p2 p3
f1 f2 f3
1 2 3 4 5 6 7 8
000 000 010 101 011 000 001 100 101 001 111 111 110 100 100 010
ab $\bar{c}$ c t_1 t_2 dt_3 c $\bar{c}$ b + a 1

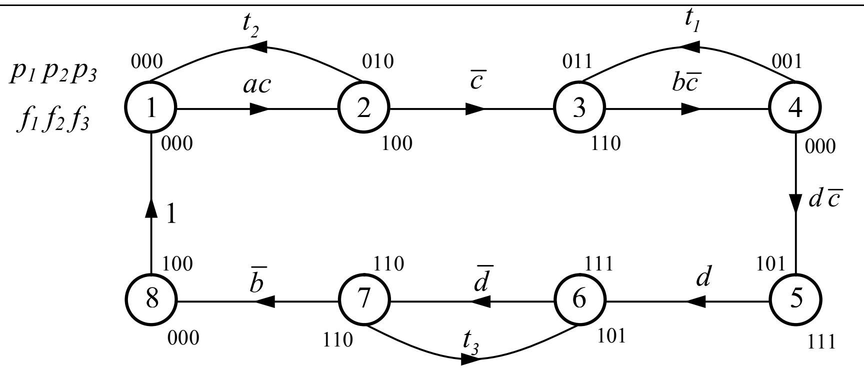
20.


$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
000 010 011 001
a b c
1 2 3 4
000 001 010 100
t_1 b t_2 b t_3 $\overline{c}$
1
100 110 111 101
bc 1 d
8 7 6 5
000 010 000 111

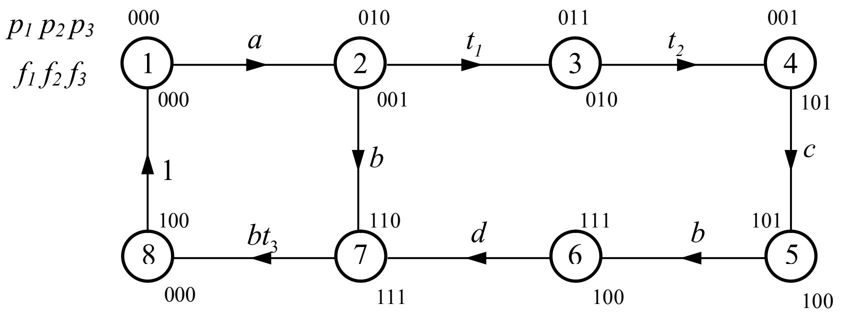
21.


b
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
000 010 011 001
a t_1 $\overline{c}$
1 2 3 4
000 011 011 111
b d t_3 c t_2
1
100 110 111 101
b ab d
8 7 6 5
000 010 100 110

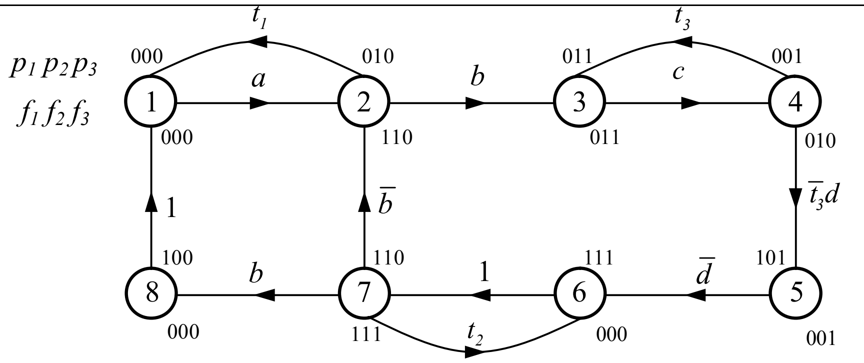
22.


t_2 t_1
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
000 010 011 001
ac $\overline{c}$ $b\overline{c}$
1 2 3 4
000 100 110 000
$d\overline{c}$
1
100 110 111 101
$\overline{b}$ $\overline{d}$ d
8 7 6 5
000 110 101 111
t_3

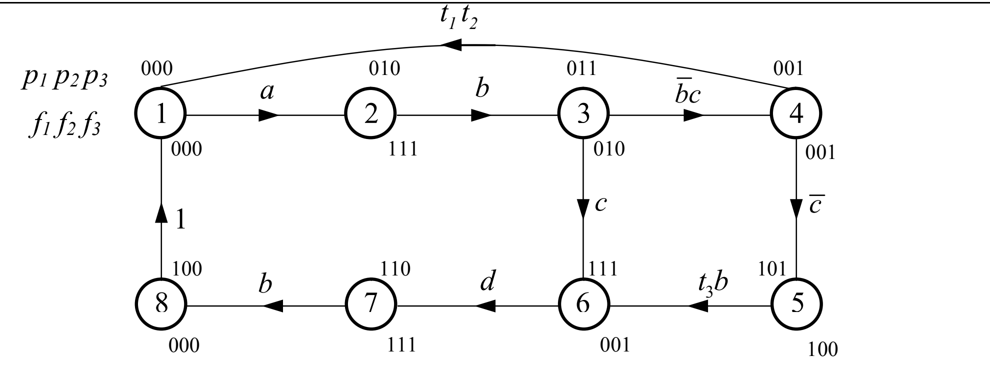
23.


$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
000 010 011 001
a t_1 t_2
1 2 3 4
000 001 010 101
b c
1
100 110 111 101
bt_3 d b
8 7 6 5
000 111 100 100

24.

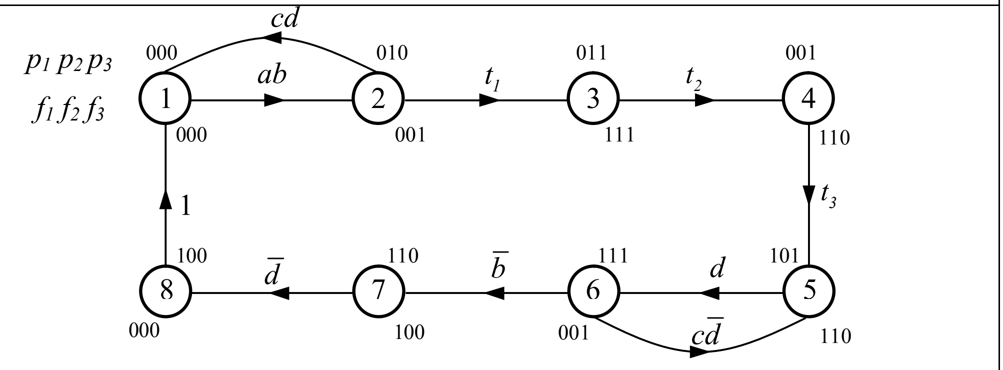

t_1 t_3
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
000 010 011 001
a b c
1 2 3 4
000 110 011 010
$\overline{b}$ $\overline{t_3}d$
1
100 110 111 101
b 1 $\overline{d}$
8 7 6 5
000 111 000 001
t_2

25.



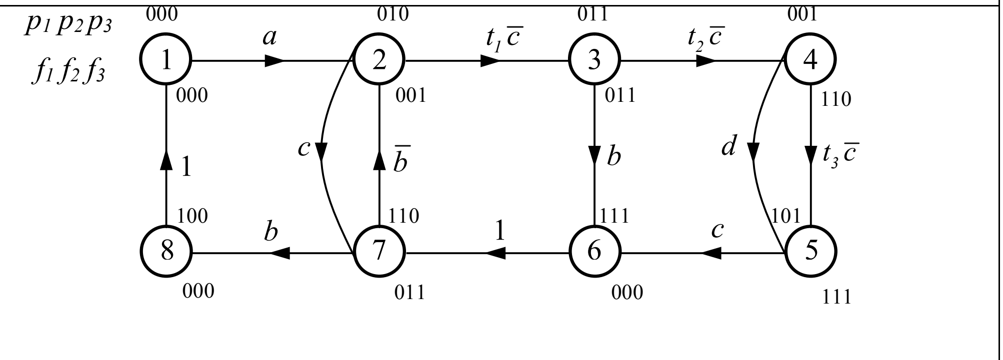
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
$t_1 t_2$
000 010 011 001
a b $\bar{b}c$
1 2 3 4
000 111 010 001
c $\bar{c}$
1
100 110 111 101
b d $t_3 b$
8 7 6 5
000 111 001 100

26.



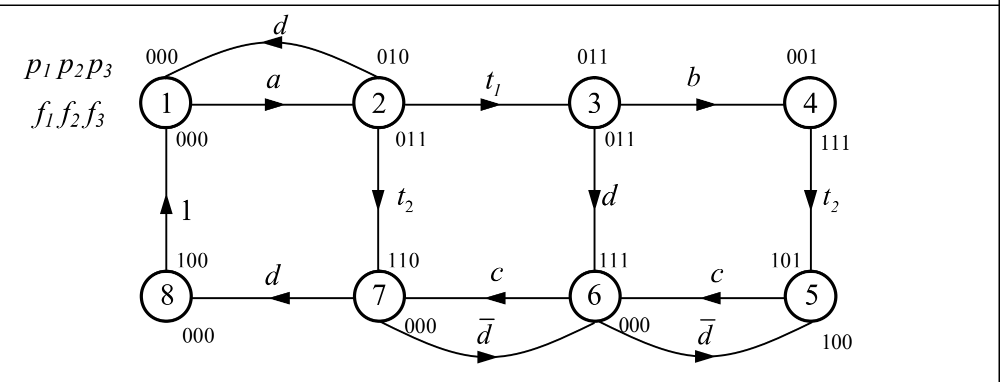
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
cd
000 010 011 001
ab t_1 t_2
1 2 3 4
000 001 111 110
t_3
1
100 110 111 101
$\bar{d}$ $\bar{b}$ d
8 7 6 5
000 100 001 $c\bar{d}$ 110

27.



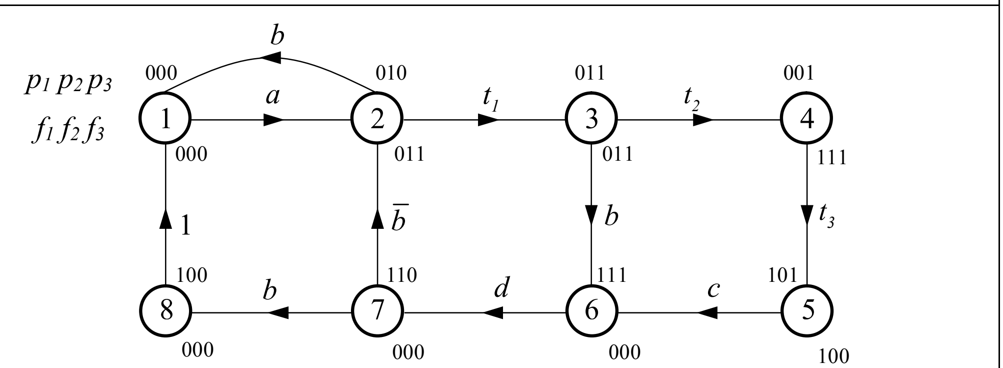
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
000 010 011 001
a $t_1\bar{c}$ $t_2\bar{c}$
1 2 3 4
000 001 011 110
1 c $\bar{b}$ b d $t_3\bar{c}$
100 110 111 101
b 1 c
8 7 6 5
000 011 000 111

28.



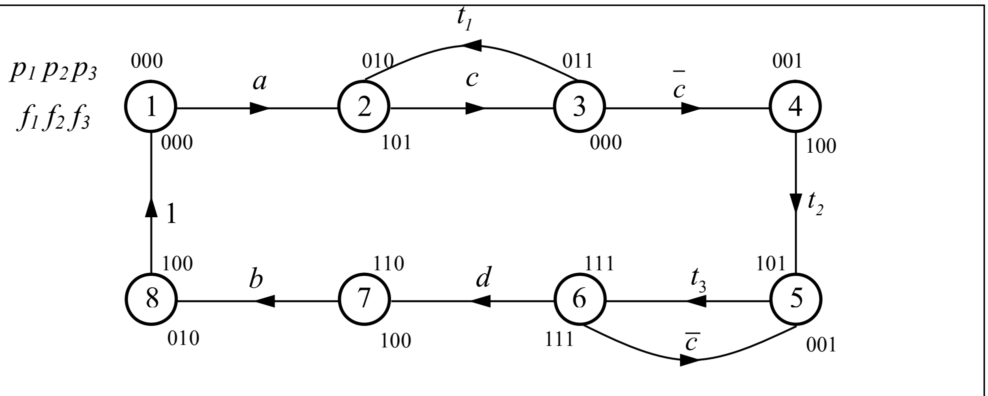
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
d
000 010 011 001
a t_1 b
1 2 3 4
000 011 011 111
1 t_2 d t_2
100 110 111 101
d c c
8 7 6 5
000 000 $\bar{d}$ 000 $\bar{d}$ 100

29.

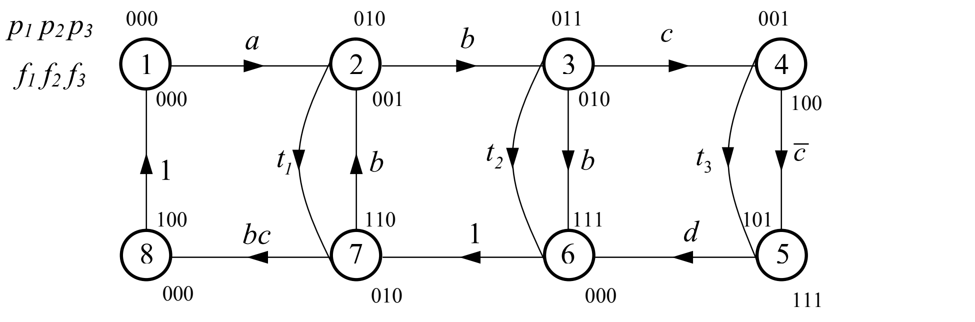


$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
b
000 010 011 001
a t_1 t_2
1 2 3 4
000 011 011 111
1 $\bar{b}$ b t_3
100 110 111 101
b d c
8 7 6 5
000 000 000 100

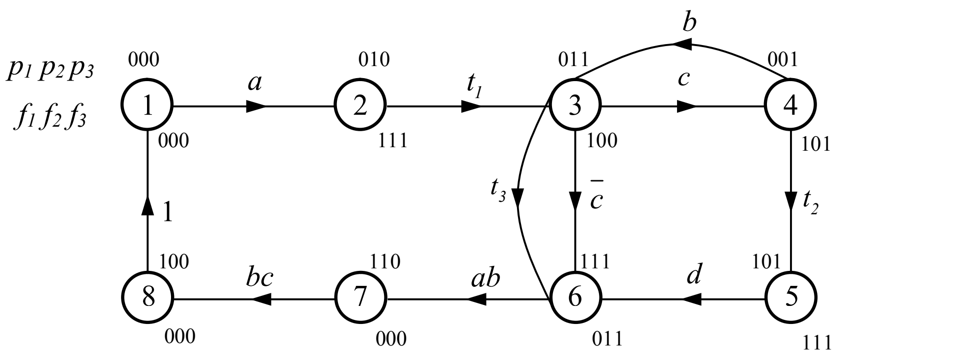
30.


$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
1 000 000
2 010 101
3 011 000
4 001 100
5 101 001
6 111 111
7 110 100
8 100 010
a
c
t_1
$\bar{c}$
t_2
t_3
$\bar{c}$
d
b
1

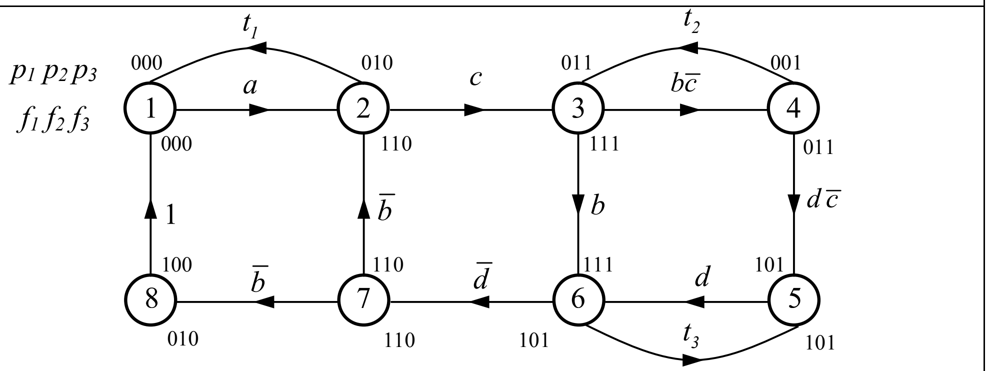
31.


$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
1 000 000
2 010 001
3 011 010
4 001 100
5 101 111
6 111 000
7 110 010
8 100 000
a
b
c
t_1
b
t_2
b
t_3
$\bar{c}$
d
1
bc
1

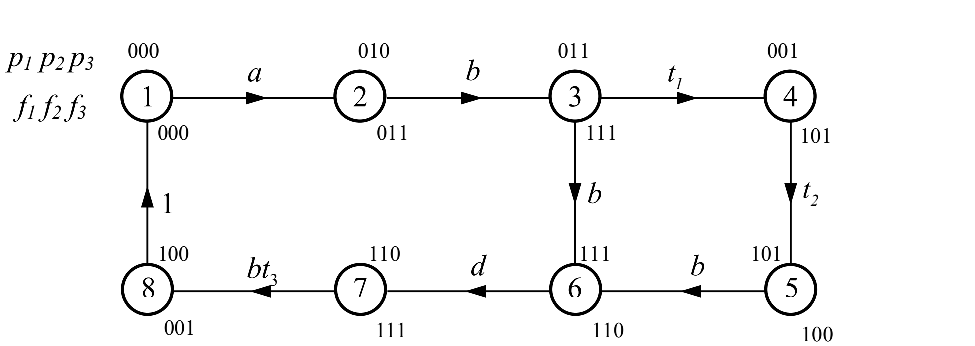
32.


$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
1 000 000
2 010 111
3 011 100
4 001 101
5 101 111
6 111 011
7 110 000
8 100 000
a
t_1
c
b
t_3
$\bar{c}$
t_2
d
ab
bc
1

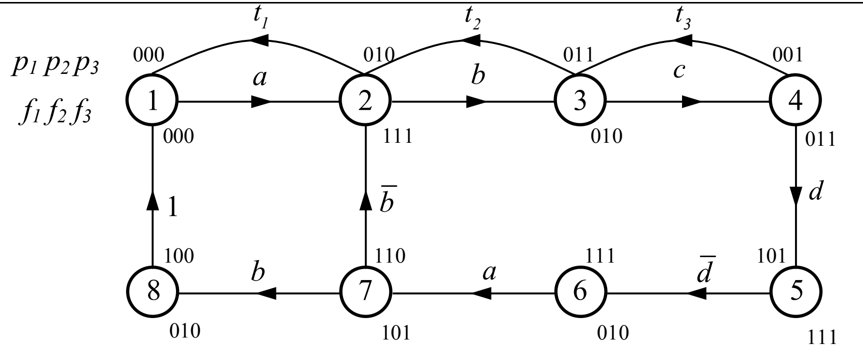
33.


$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
1 000 000
2 010 110
3 011 111
4 001 011
5 101 101
6 111 101
7 110 110
8 100 010
t_1
a
c
t_2
$b\bar{c}$
$\bar{b}$
b
$d\bar{c}$
d
t_3
$\bar{d}$
$\bar{b}$
1

34.

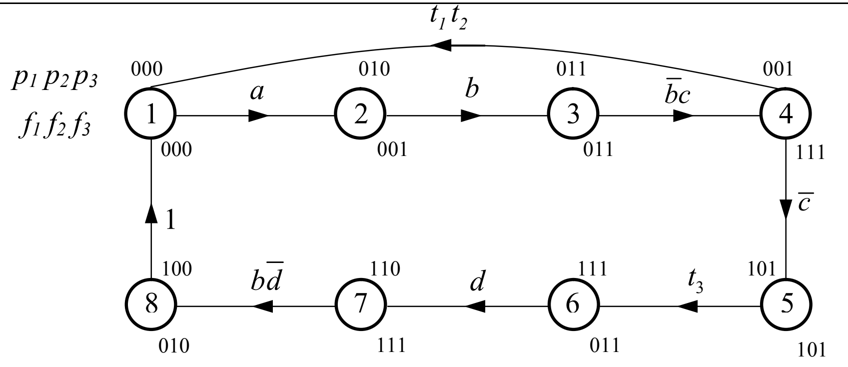

$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
1 000 000
2 010 011
3 011 111
4 001 101
5 101 100
6 111 110
7 110 111
8 100 001
a
b
t_1
b
t_2
b
d
bt_3
1

35.



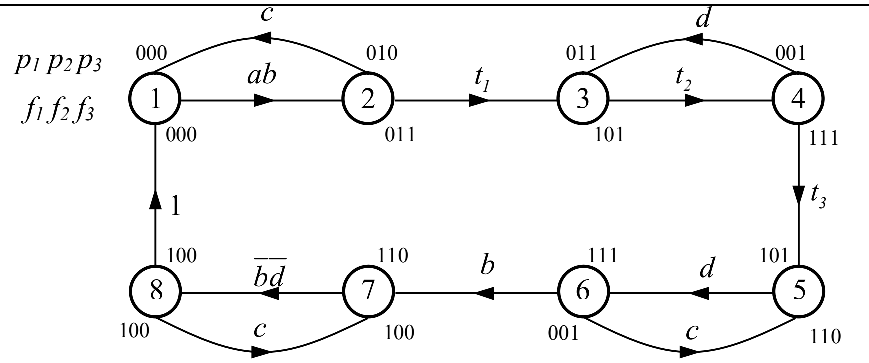
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
t_1 t_2 t_3
000 010 011 001
a b c
1 2 3 4
000 111 010 011
1 $\overline{b}$ d
100 110 111 101
b a $\overline{d}$
8 7 6 5
010 101 010 111

36.



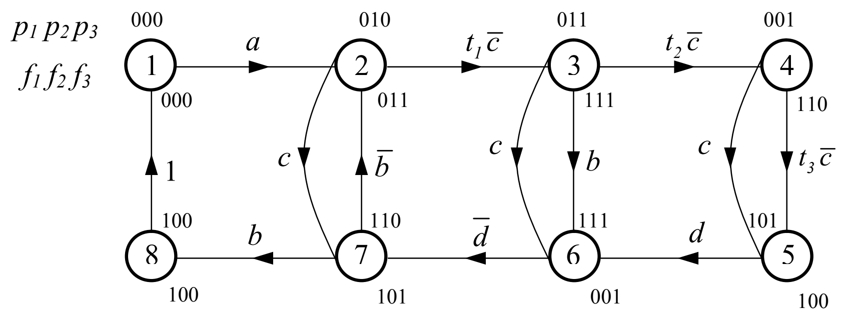
$t_1 t_2$
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
000 010 011 001
a b $\overline{b}c$
1 2 3 4
000 001 011 111
1 $\overline{c}$
100 110 111 101
$b\overline{d}$ d t_3
8 7 6 5
010 111 011 101

37.



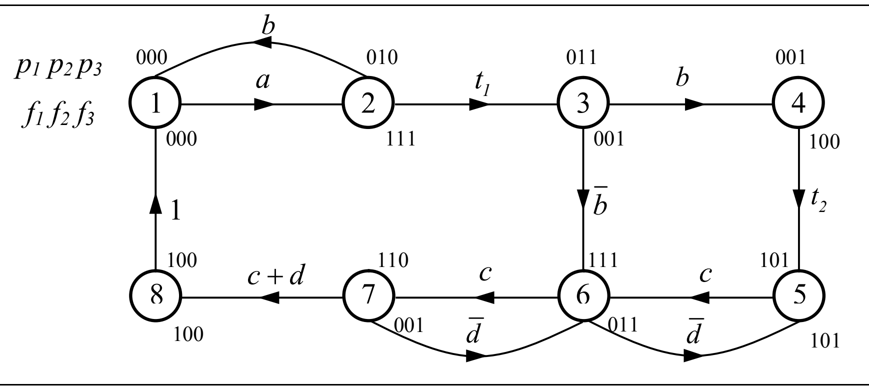
c d
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
000 010 011 001
ab t_1 t_2
1 2 3 4
000 011 101 111
1 t_3
100 110 111 101
$\overline{b}\overline{d}$ b d
8 7 6 5
100 c 100 001 c 110

38.



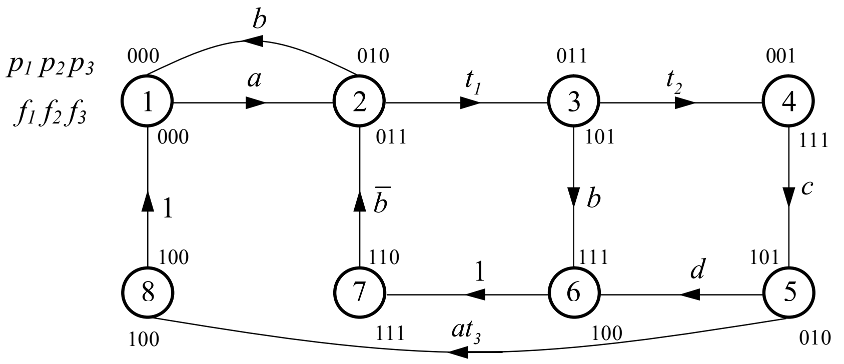
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
000 010 011 001
a $t_1\overline{c}$ $t_2\overline{c}$
1 2 3 4
000 011 111 110
1 c $\overline{b}$ c b c $t_3\overline{c}$
100 110 111 101
b $\overline{d}$ d
8 7 6 5
100 101 001 100

39.



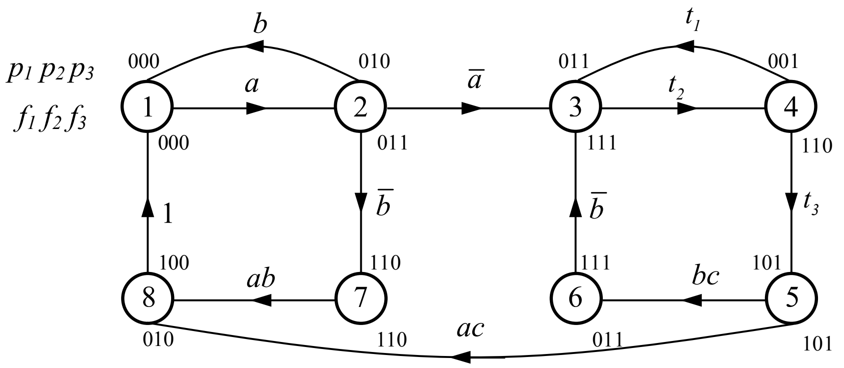
b
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
000 010 011 001
a t_1 b
1 2 3 4
000 111 001 100
1 $\overline{b}$ t_2
100 110 111 101
$c+d$ c c
8 7 6 5
100 001 $\overline{d}$ 011 $\overline{d}$ 101

40.



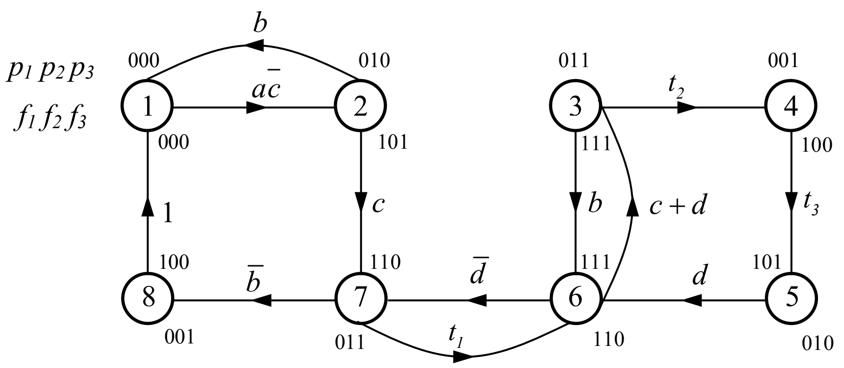
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
b
a
t_1
t_2
1
$\bar{b}$
b
c
1
d
at_3

41.



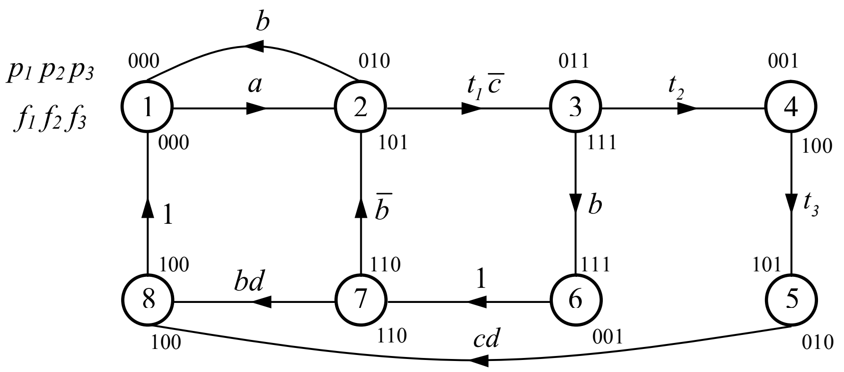
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
b
a
$\bar{a}$
t_1
t_2
1
$\bar{b}$
$\bar{b}$
t_3
ab
bc
ac

42.



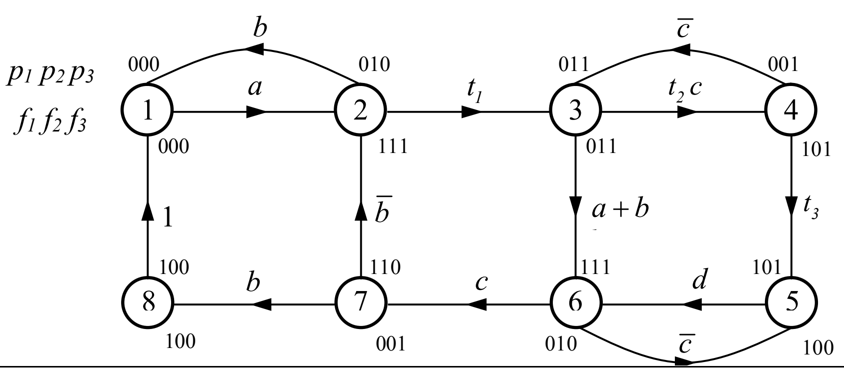
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
b
$a\bar{c}$
t_2
1
c
b
$c+d$
t_3
$\bar{b}$
$\bar{d}$
d
t_1

43.

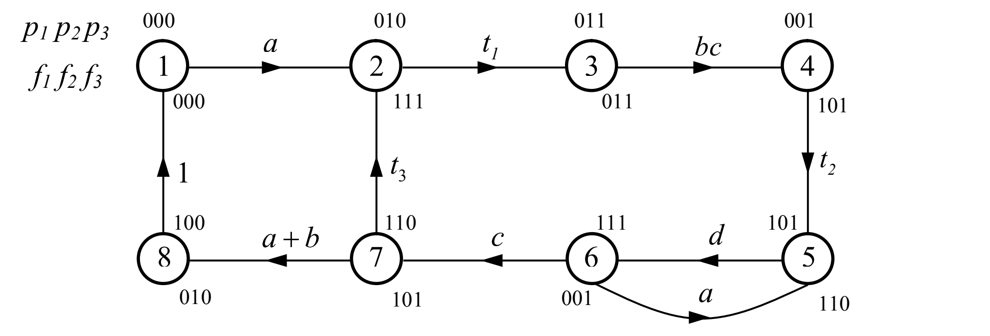


$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
b
a
$t_1 \bar{c}$
t_2
1
$\bar{b}$
b
t_3
bd
1
cd

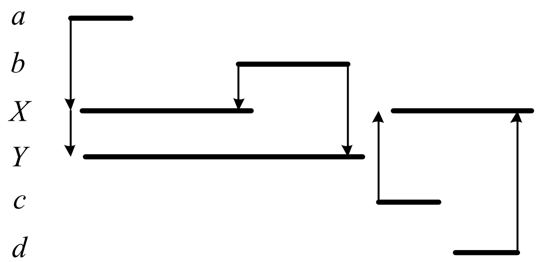
44.

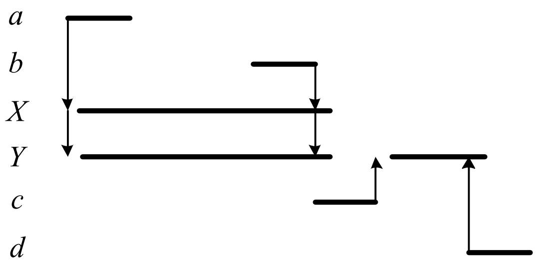


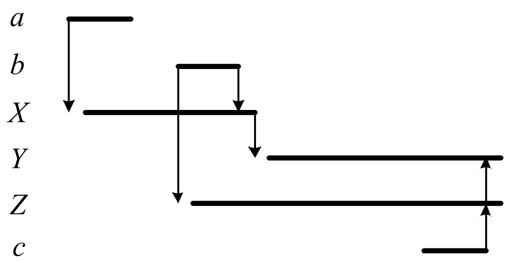
$p_1 p_2 p_3$
$f_1 f_2 f_3$
b
a
t_1
$\bar{c}$
$t_2 c$
1
$\bar{b}$
$a+b$
t_3
b
c
d
$\bar{c}$

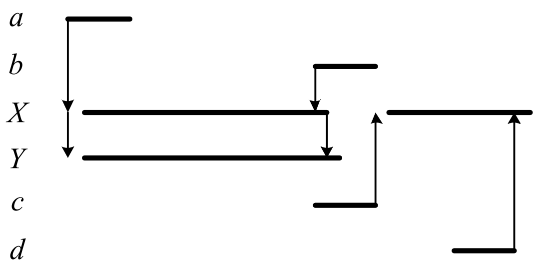
45.	

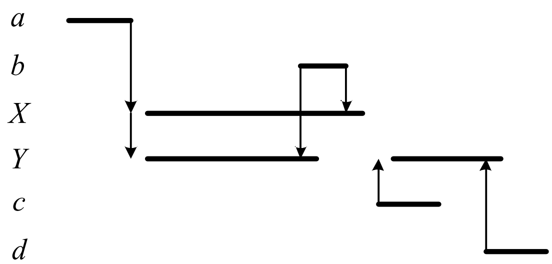
3.2. За заданою циклограмою, що описує умови роботи схеми (a,b,c,d – вхідні змінні, X,Y,Z – вихідні змінні) виконати логічний синтез і скласти схему електричну принципову на інтегральних мікросхемах.

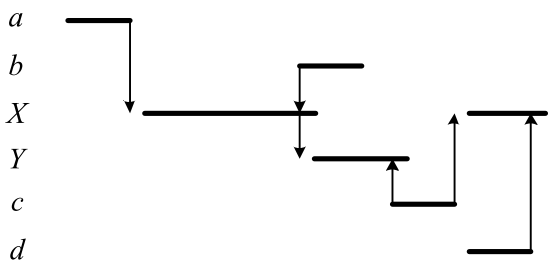
1


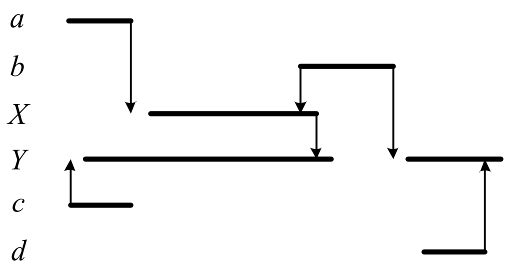
2


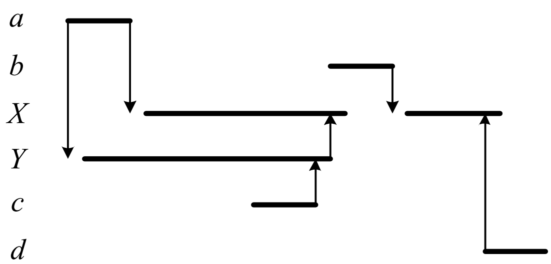
3


4


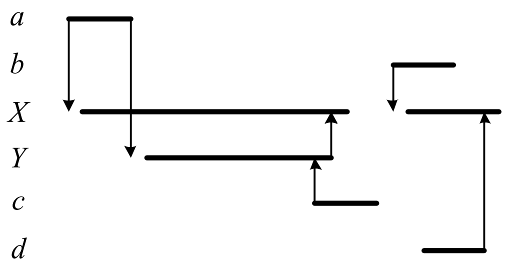
5


6


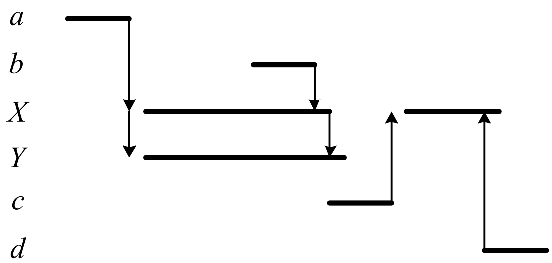
7


8


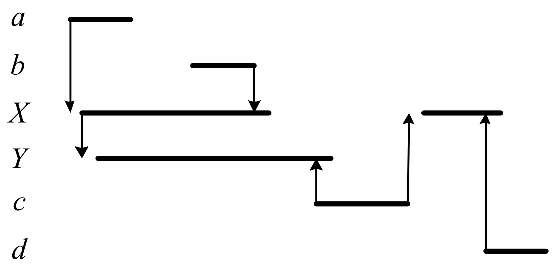
9



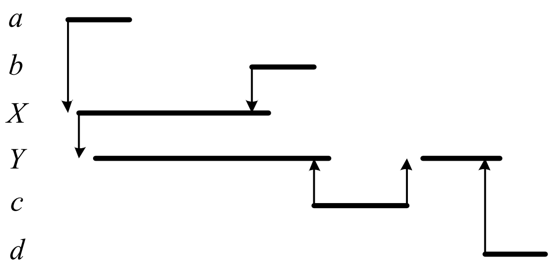
10



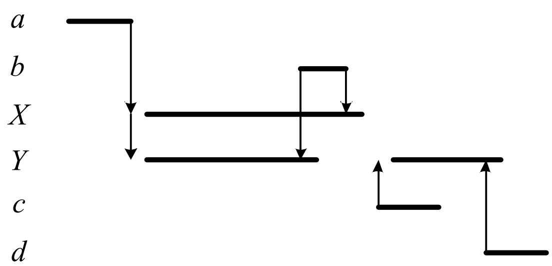
11



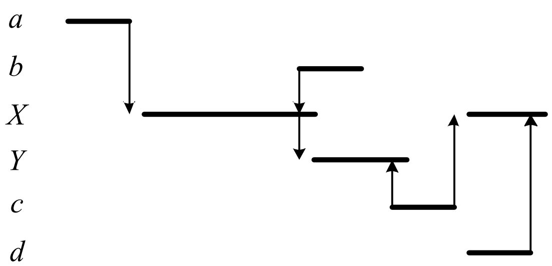
12



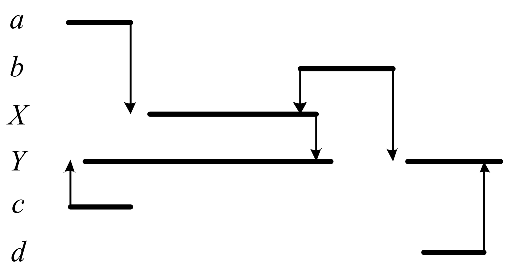
13



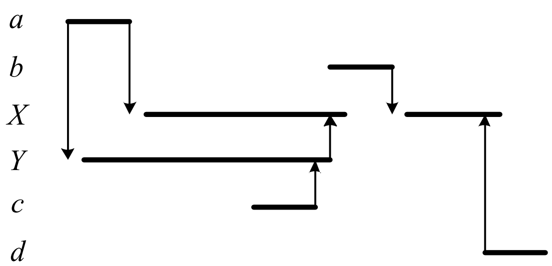
14



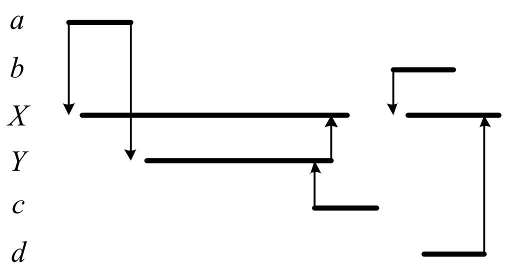
15



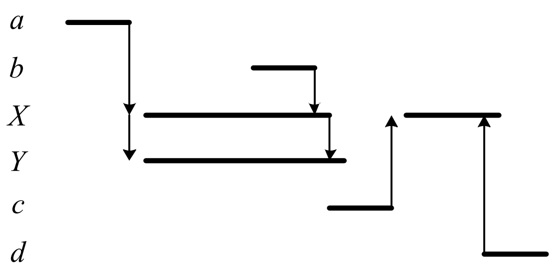
16



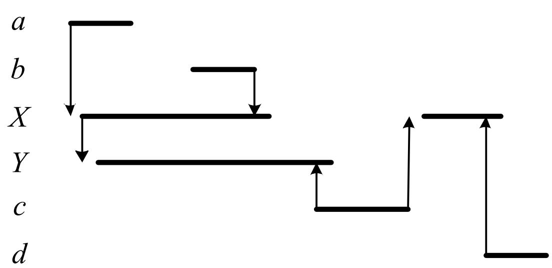
17



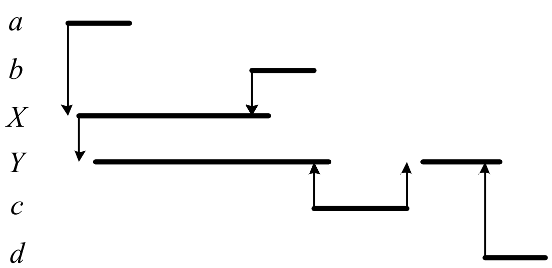
18

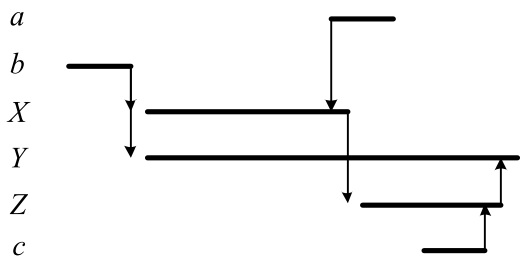


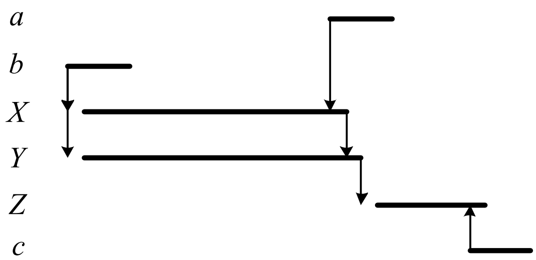
19

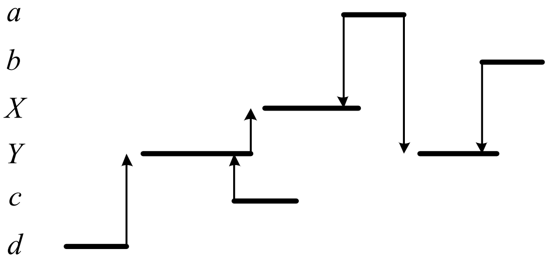


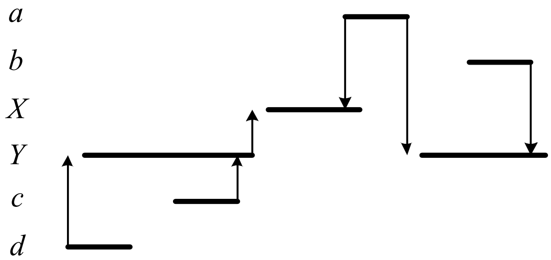
20

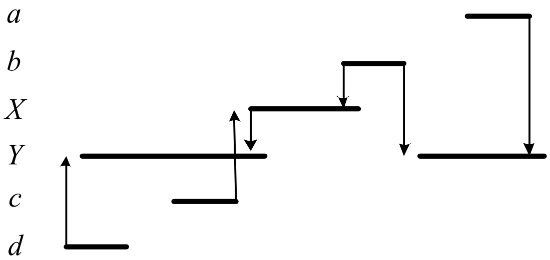


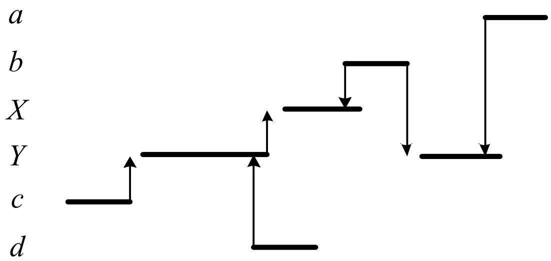
21


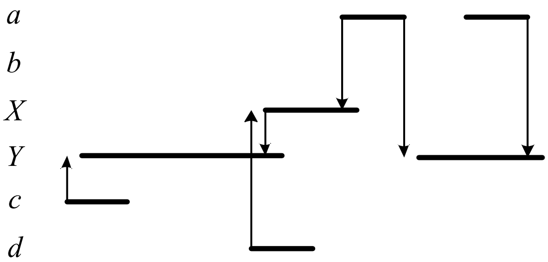
22


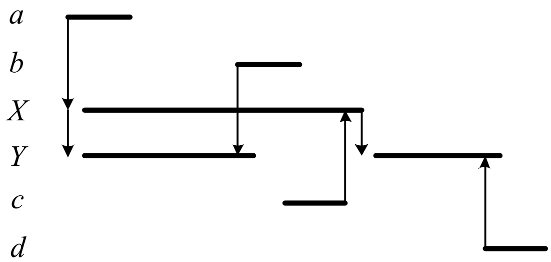
23


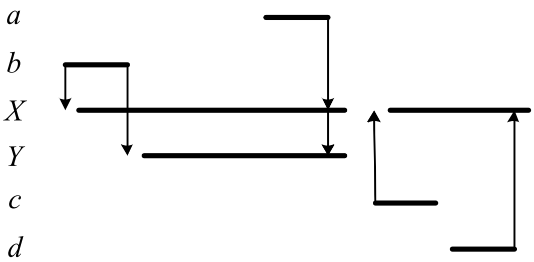
24


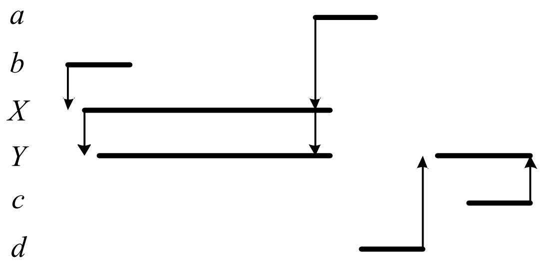
25


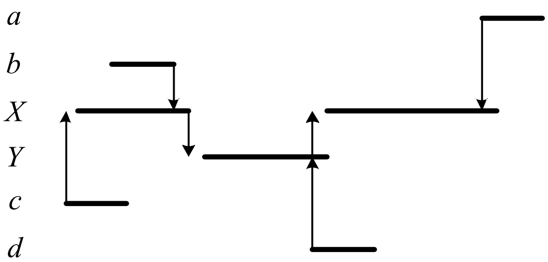
26


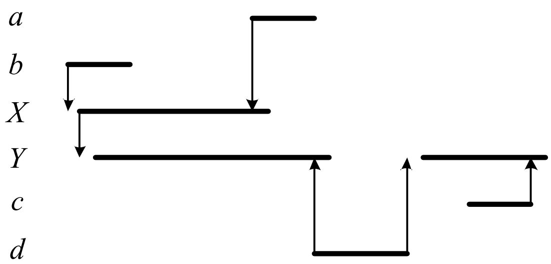
27


28


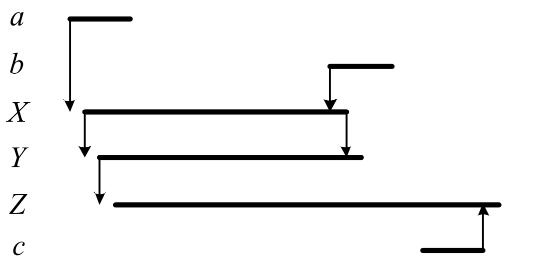
29


30


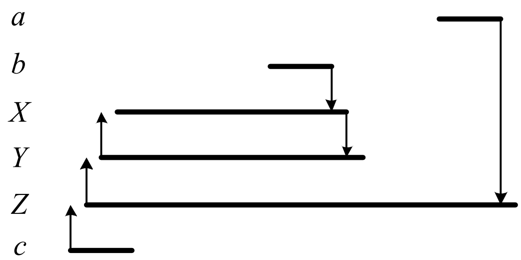
31


32


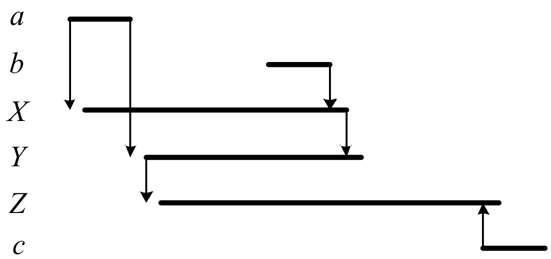
33



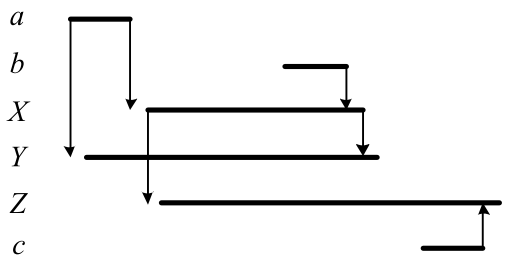
34



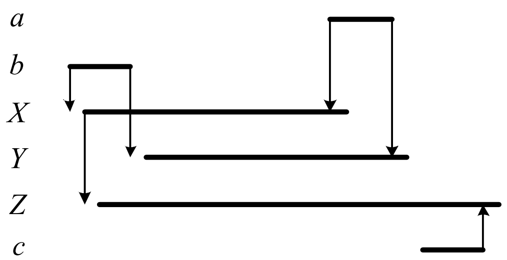
35



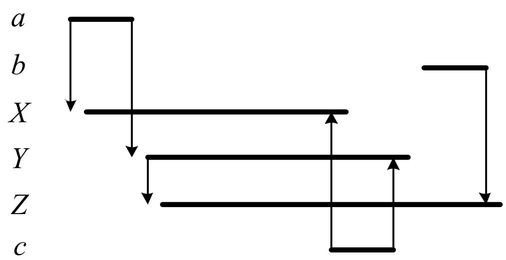
36



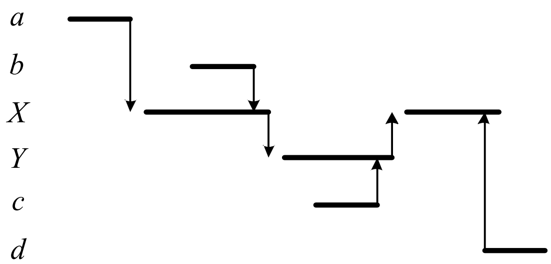
37



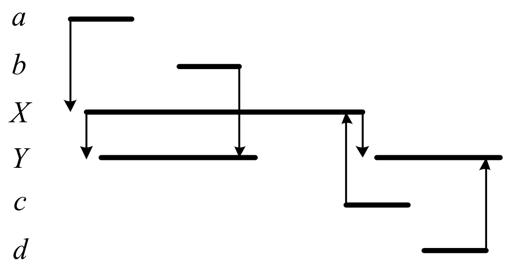
38



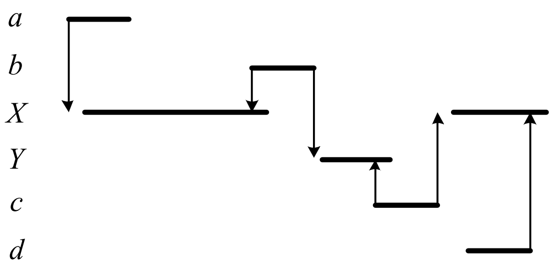
39



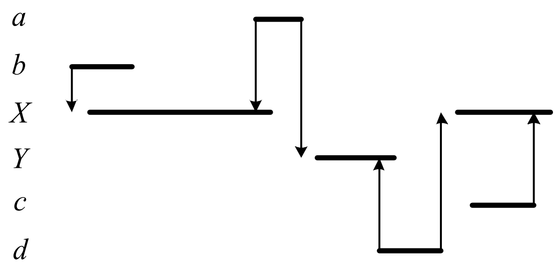
40



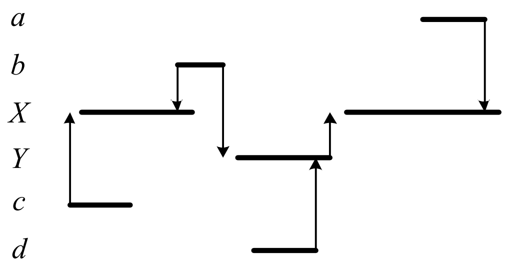
41



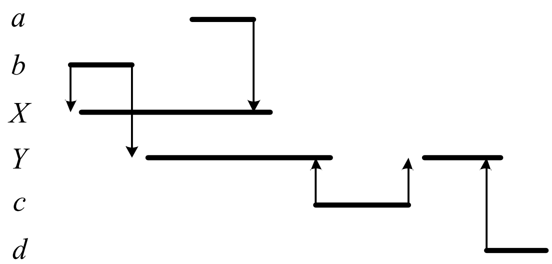
42



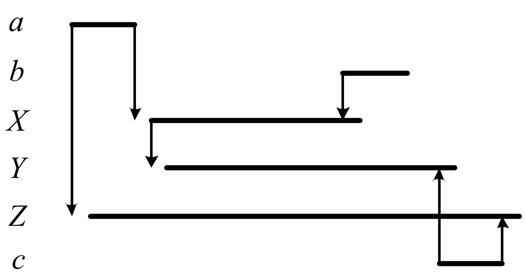
43



44



45



4. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ТА МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ДРУГОЇ ЧАСТИНИ ДОМАШНЬОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

4.1. Синтез асинхронних багатотактних схем методом RS-тригерів.

Для синтезу схеми на тригерах умови роботи схеми подаються у вигляді графу переходів. *Граф переходів* – це графічне зображення послідовності роботи багатотактної схеми. Елементами графу є *вершини* і *ребра.* Вершини відповідають станам схеми і позначаються кружками. Ребра – це лінії із стрілками, що з’єднують вершини і показують напрям переходу з одного стану схеми в інший.

Кількість вершин графа при синтезі асинхронних схем на RS – тригерах визначається з умови $2^n \geq S$, де S – кількість станів схеми; 2^n – кількість вершин графа; n – кількість тригерів. Вершини графа рекомендується розміщувати так, щоб при $n=2$ вони створювали конфігурацію 2 х 2, при $n=3$ – конфігурацію 4 х 2*,* а при $n=4$ – конфігурацію 4 х 4. Вигляд графа переходів при $n=3$ показано на рисунку 9.

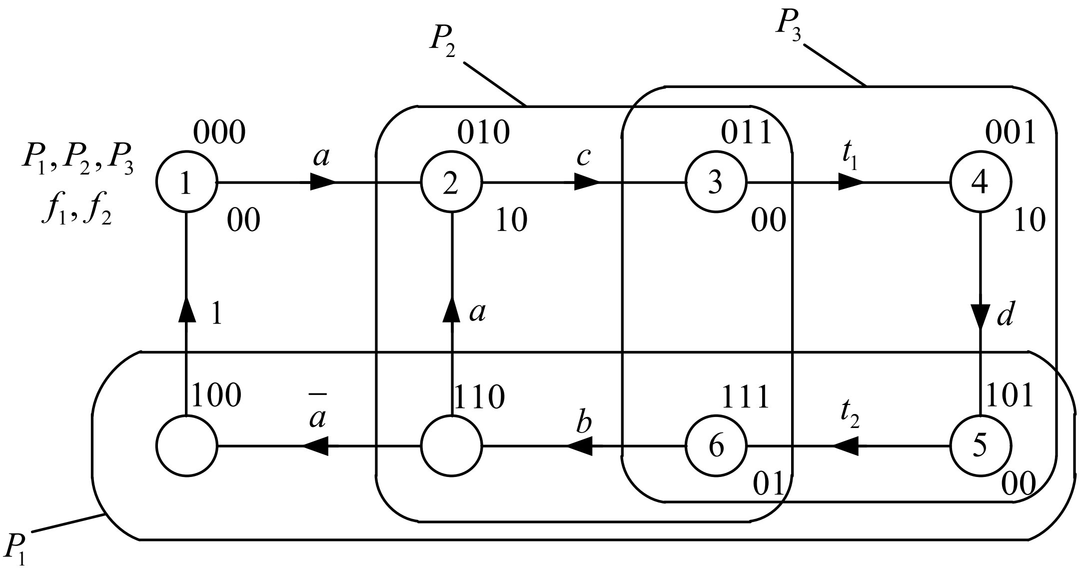


Рисунок 9 – Граф переходів для $n=3$

Вихідні сигнали тригерів виконують роль проміжних змінних, тому тригери та їх вихідні сигнали позначаються буквами $P_1, P_2, P_3 \ldots$ Ці позначення записують зверху ліворуч від графа.

Кожна вершина графа кодується набором значень вихідних сигналів тригерів. Коди вибираються так, щоб для сусідніх вершин вони відрізнялися значенням тільки однієї змінної. У вихідному стані схеми (стан очікування) звичайно приймають, що усі проміжні змінні дорівнюють нулеві. Значення проміжних змінних для кожної вершини записуються над кружками у тій черговості, в якій записані позначення тригерів.

Вершини, між якими повинні відбуватися переходи, з’єднують ребрами із стрілками. Над стрілками або праворуч від них, якщо ребра спрямовано вертикально, записують позначення вхідних сигналів, що спричинюють ці переходи.

При побудові схем на асинхронних *RS* – тригерах переходи можна робити тільки між сусідніми вершинами. Якщо ця умова не виконується, то необхідно передбачити так звані природні переходи (за рахунок подавання вхідного сигналу одиниця) через проміжні нестійкі стани.

Як приклад розглянемо графоперехід, що описує умови роботи багатотактної схеми (a,b,c,d – вхідні змінні, f_1,f_2,f_3 – вихідні змінні, t_1,t_2,t_3 – таймер, p_1,p_2,p_3 – проміжні змінні) та виконаємо логічний синтез схеми керування. Графоперехід зображено на рисунку 10.

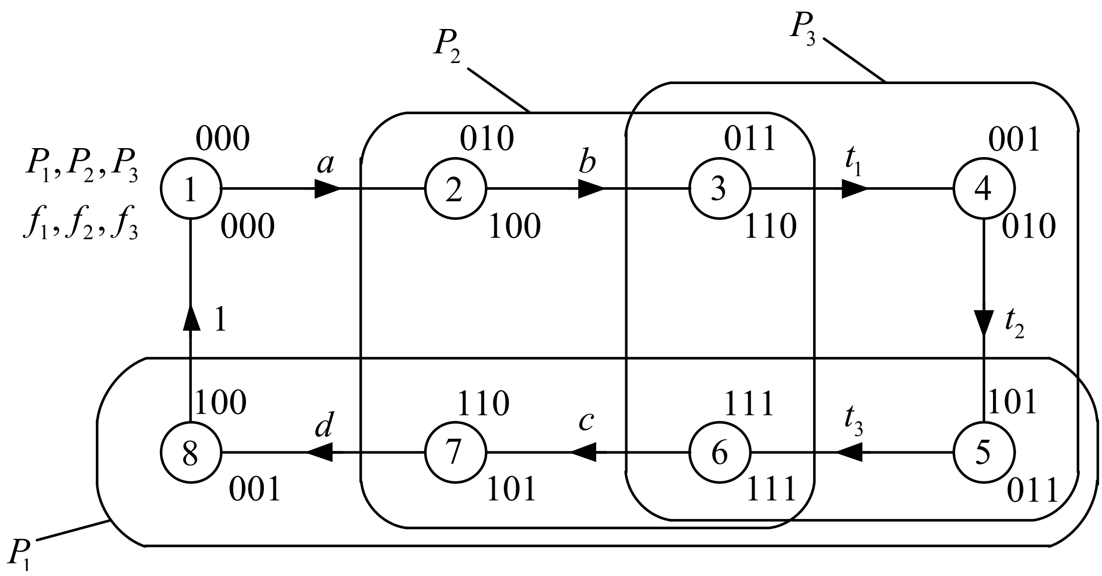


Рисунок 10 – Графоперехід за умовою задачі

Синтез схеми полягає у записі умов вмикання і скидання кожного тригера. Для цього охопили замкнутою лінією всі стани на графі переходів, в яких значення вихідного сигналу даного тригера дорівнює одиниці. Вхідні сигнали схеми, позначення яких стоять на ребрах, що заходять в одержану замкнуту область, встановлюють тригер в стан 1, а вхідні сигнали на ребрах, що виходять з цієї області, скидають тригер в стан 0.

Умови вмикання тригера S_{Pi} записані у вигляді добутку сигналу на ребрі, що заходить в область, і сигналів решти тригерів, стан яких не змінюється при переході, позначеному ребром.

Якщо в замкнуту область входить кілька ребер, то умова вмикання тригера записується у вигляді суми добутків відповідних сигналів, складених для кожного ребра.

Умова скидання тригера R_{Pi} записується аналогічно для кожного ребра, що виходить з даної області. Описану процедуру виконують для кожного тригера і визначають для них умови вмикання і скидання.

Застосувавши описану процедуру визначення умов вмикання і скидання тригерів, для графа переходів на рисунку 10, отримаємо.

Для тригера P_1:	Для тригера P_2:	Для тригера P_3:
$S_{P1} = t_2\overline{p}_2 p_3;$	$S_{P2} = a\overline{p}_1\overline{p}_3 + t_3 p_1 p_3;$	$S_{P3} = b\overline{p}_1 p_2;$
$R_{P1} = 1\overline{p}_2\overline{p}_3.$	$R_{P2} = t_1\overline{p}_1 p_3 + dp_1\overline{p}_3.$	$R_{P3} = cp_1 p_2.$

Формули для вихідних сигналів f_1, f_2, f_3 записуються як комбінаційні функції вихідних сигналів тригерів P_1, P_2, P_3.

Функція $f_1 = 1$ в станах 2, 3, 6 і 7:

$$f_1 = \overline{p}_1 p_2 \overline{p}_3 + \overline{p}_1 p_2 p_3 + p_1 p_2 p_3 + p_1 p_2 \overline{p}_3 = p_2.$$

Функція $f_2 = 1$ в станах 3, 4, 5 і 6:

$$f_2 = \overline{p}_1 p_2 p_3 + \overline{p}_1 \overline{p}_2 p_3 + p_1 \overline{p}_2 p_3 + p_1 p_2 p_3 = p_3.$$

Функція $f_3 = 1$ в станах 5, 6, 7 і 8:

$$f_3 = p_1 \overline{p}_2 p_3 + p_1 p_2 p_3 + p_1 p_2 \overline{p}_3 + p_1 \overline{p}_2 \overline{p}_3 = p_1.$$

Таймер T_1 вмикається у стані 3, таймер T_2 – у стані 4, а таймер T_3 – у стані 5, тому:

$$T_1 = \overline{p}_1 p_2 p_3; \quad T_2 = \overline{p}_1 \overline{p}_2 p_3; \quad T_3 = p_1 \overline{p}_2 p_3.$$

Схема електрична принципова на інтегральних мікросхемах зображена на рисунку 11.

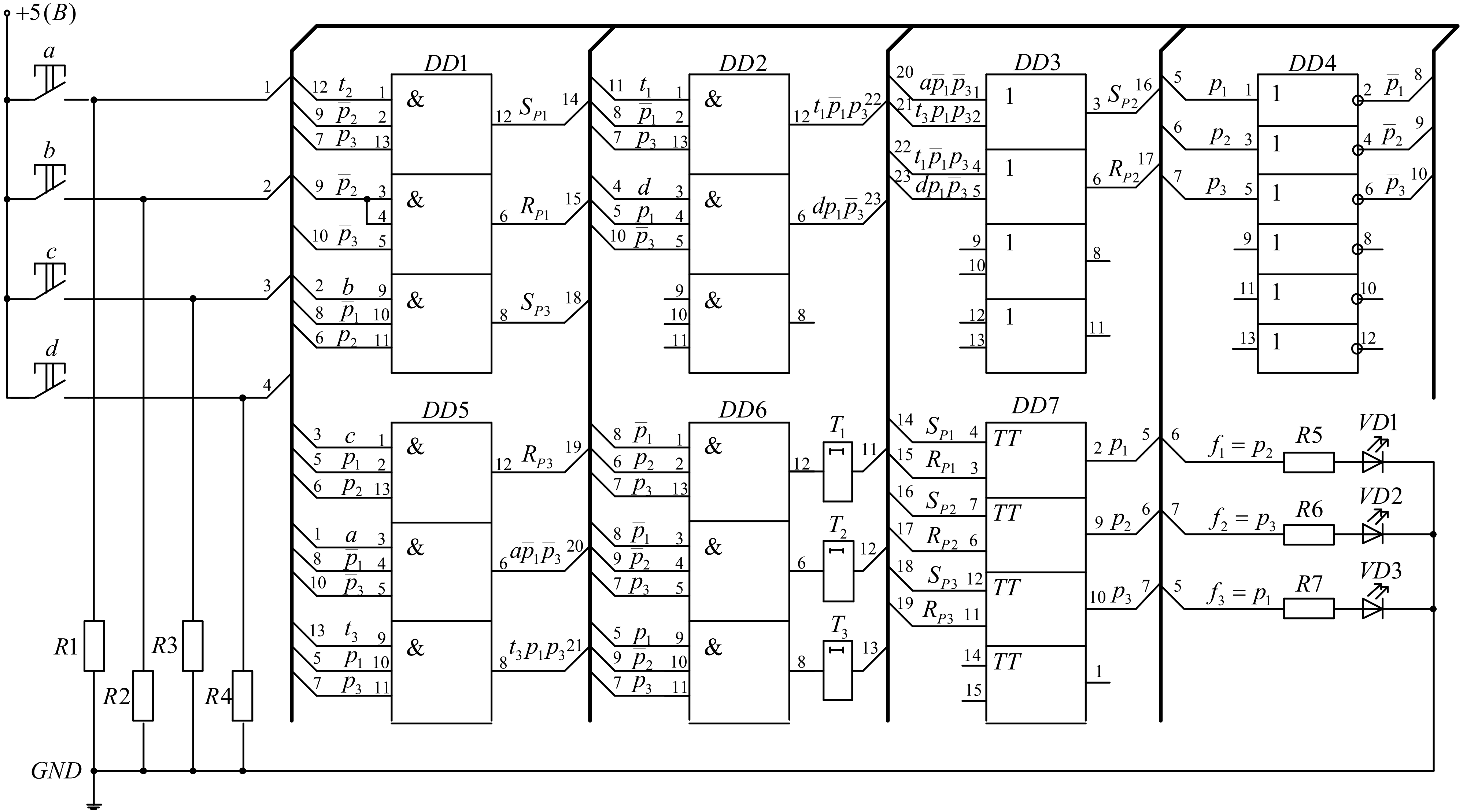


Рисунок 11 – Схема електрична принципова на інтегральних мікросхемах

Живлення елементів +5 (*В*): *DD*1 – *DD*6 підводиться до виводів 14, *DD*7 – до виводу 16. Земля для елементів *DD*1 – *DD*6 підводиться до виводів 7, а для елементу *DD*7 – до виводу 8.

Перелік елементів наведено в таблиці 7.

Таблиця 7 – Перелік елементів

Позначення	*Найменування*	*Кіл.*	*Примітка*
	Діод		
*VD*1 – *VD*3	LED D3-DEG30 RED	3	
	Кнопки		
a – d	Кнопка тактова двоконтактна	4	
	Мікросхеми		
*DD*1, *DD*2, *DD*5, *DD*6	SN74HC11	4	
*DD*3	SN74HC32	1	
*DD*4	SN74HC04	1	
*DD*7	К561ТР2	1	
	Таймери		
$T_1 – T_3$	Інтегральний таймер	3	
	Резистори		
*R*1 – *R*4	МОН – 1 кОм	4	
*R*5 – *R*7	МОН – 800 Ом	3	

4.2. Синтез багатотактних схем за допомогою циклограм.

Циклограма – це графічне зображення послідовності роботи окремих елементів схеми у часі. Роботу елемента і відповідну йому змінну (сигнал) зображують на циклограмі відрізком горизонтальної прямої. Позначення змінної або елемента розмішують ліворуч від відрізка. Товстою лінією зображують сигнали командних і виконавчих елементів, тонкою – додаткових проміжних, пунктиром – умовне вмикання елементів. Умовне вмикання елемента відповідає байдужому стану, за якого він не впливає на стан вихідних елементів схеми незалежно від того, ввімкнено цей елемент чи ні.

Черговість вмикання елементів визначається положенням лівих кінців відрізків, черговість вимикання – правих. Дія одного елемента на інший зображується на циклограмі стрілкою, що зазначає напрям дії. Наприклад, циклограма на рисунок 12 відповідає такій послідовності роботи елементів: спочатку надходить сигнал a, який діє на вихідний X і проміжний P елементи і вмикає їх (зникнення сигналу a не впливає на вихідний і проміжний елементи); потім надходить сигнал b, який діє на елемент P і вимикає його; після зникнення сигналу b вимикається елемент X і схема повертається у вихідний стан.

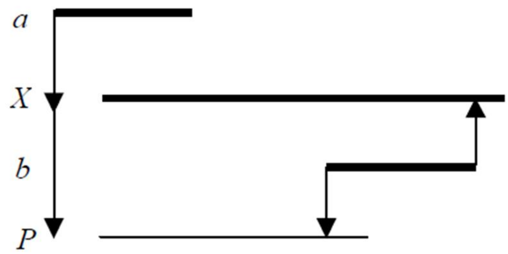


Рисунок 12 – Циклограма, що зображує дію сигналів a і b на вихідний елемент X

При синтезі схем на основі циклограм застосовуються такі поняття.

Такт – період часу, протягом якого в схемі не змінюються стани жодного з сигналів: командних (вхідних), проміжних, виконавчих (вихідних). Кожне змінювання стану будь-якого сигналу або кількох сигналів одночасно є початком нового такту.

Період умикання елемента – безперервний ряд тактів, протягом яких цей елемент перебуває у ввімкнутому стані. Період умикання елемента на циклограмі позначається відрізком прямої лінії.

Період вимикання елемента – безперервний ряд тактів, протягом яких елемент перебуває в вимкнутому стані. В періоді вимикання лінія на циклограмі відсутня.

Умикальний такт – такт, що передує періоду вмикання.

Вимикальнийй такт – такт, що передує періоду вимикання.

Умикальний період – відрізок часу, що складається з умикального такту і періоду вмикання без вимикального такту.

Вимикальний період – відрізок часу, що складається з вимикального такту і періоду вимикання без умикального такту. Це поняття вводиться при наявності кількох періодів вмикання.

Перелічені поняття ілюструє рисунок 13.

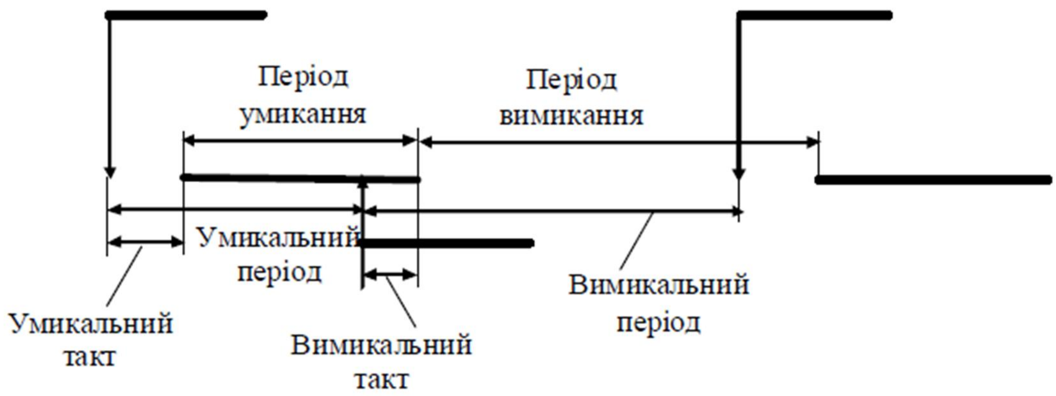


Рисунок 13 – Зображення на циклограмі основних тактів і періодів

Синтез схеми на основі циклограм виконують в такій послідовності.

1. Записують умову спрацьовування у вигляді формули f', до якої входить сигнал, змінювання стану якого визначає початок умикального такту. В умові спрацьовування він записується в тому стані, в якому він перебуває у вмикальному такті. Наприклад, для циклограми на рисунку 12 умова спрацьовування:

$$f' = a.$$

2. Виконують першу перевірку реалізованості циклограми. Її суть полягає у тому, що перевіряють, чи зберігається значення $f' = 1$ протягом усього вмикального періоду. Якщо ця умова виконується, то попередньо записана функція f' є остаточною і змінюванню не підлягає. Якщо ж функція f' змінює своє значення протягом умикального періоду, то звичайно вводиться самоблокування і умова спрацьовування записується у вигляді:

$$f' = a + x.$$

Для циклограми на рисунку 12 необхідно ввести самоблокування, через те, що умова спрацьовування $f'=a$ змінюється протягом умикального періоду елемента X.

3. Записують умову неспрацьовування у вигляді формули $\overline{f''}$, до якої входить сигнал елемента, що змінює свій стан на початку вимикального такту. Сигнал цього елемента записується у вигляді інверсії того стану, в якому він перебуває у вимикальному такті. Для циклограми на рисунку 12 умова неспрацьовування:

$$\overline{f''}=\overline{\overline{b}}=b.$$

4. Виконують другу перевірку реалізованості циклограми. При цьому перевіряють, чи зберігається значення $\overline{f''}=1$ протягом усього вмикального періоду. Якщо ця умова виконується, то попередньо записана функція $\overline{f''}$ є остаточною. Якщо ж функція $\overline{f''}$ змінює своє значення протягом умикального періоду, то необхідно ввести проміжний елемент *P,* який змінює свій стан протягом періоду вмикання вихідного елемента, але після того, як зміниться значення функції $\overline{f''}$, і залишається у цьому стані принаймні до кінця періоду вмикання вихідного елемента. Умова неспрацьовування при введенні проміжного елемента записується у вигляді інверсії кон'юнкції двох сигналів $\overline{f''}$ і p. Стани сигналів $\overline{f''}$ і p приймаються такими, які вони мають у вимикальному такті. Для циклограми на рисунку 12 друга перевірка не задовольняється, тому введена проміжна змінна P, лінію дії якої показано на рисунку. Після введення проміжної змінної умова неспрацьовування матиме вигляд:

$$\overline{f''}=\overline{\overline{b}\overline{p}}=b+p.$$

5. Записують попередню формулу вмикання елемента у вигляді добутку умов спрацьовування і неспрацьовування, отриманих після виконання перших двох перевірок. Для циклограми на рисунку 12:

$$X=f'\overline{f''}=(a+x)(b+p).$$

6. Виконують третю перевірку реалізованості циклограми. Для цього функцію $f'\overline{f''}$ треба подати в диз'юнктивній нормальній формі (ДНФ), розкривши дужки, і перевірити, чи не набуває значення одиниці у вимикаючому періоді будь-яка елементарна кон'юнкція в одержаній ДНФ. Якщо таких елементарних кон'юнкцій немає, то третя перевірка задовольняється і логічну формулу для вихідного елемента змінювати не треба. Якщо ж така кон'юнція є, то це спричиняє помилкове спрацьовування вихідного елемента. У цьому разі треба ввести проміжний елемент P, який мав би різні значення для комбінації сигналів, що відповідає цієї кон'юнції, у вмикальному та вимикальному періодах. Сигнал проміжного елемента додається у вигляді кон'юнкції до тієї елементарної кон'юнкції, яка дорівнює одиниці одночасно у вмикальному і вимикальному періодах. Стан цього елемента приймається таким, який він має у вмикальному періоді при комбінації сигналів, що відповідають розглядуваній кон'юнкції. Для циклограми на рисунку 12:

$$X = f'\overline{f''} = (a + x)(b + p) = ab + ap + xb + xp.$$

Третя перевірка задовольняється, тому що жодна з комбінацій сигналів не зустрічається у вимикаючому періоді елемента X. Тому формула є остаточною.

7. Складаються логічні формули для усіх проміжних елементів, введених при виконанні перевірок реалізованості циклограми, за такими ж самими правилами, як і для вихідних елементів. Наприклад, для циклограми на рисунку 12 введено один проміжний елемент P. Складемо для нього логічну формулу.

Умова спрацювання:

$$f_p' = a.$$

Умова неспрацювання:

$$\overline{f_p''} = \overline{b}.$$

Перша перевірка: значення $f_p' = 1$ не зберігається протягом усього вмикального періоду, тому застосовуємо самоблокування і записуємо умову спрацьовування у вигляді:

$$f_p' = a + p.$$

Друга перевірка задовольняється через те, що значення $\overline{f_p''} = 1$ зберігається протягом усього вмикального періоду елемента P.

Третя перевірка: записуємо функцію в ДНФ:

$$P = f_p'\overline{f_p''} = (a + p)\overline{b} = a\overline{b} + p\overline{b}.$$

Комбінації сигналів $a = 1,\ b = 0$ і $p = 1,\ b = 0$ не зустрічаються у вимикальному періоді елемента P, тому функція P не набуває значення одиниці у цьому періоді і третя перевірка задовольняється. Остаточна формула для елемента P має вигляд:

$$P = f_p'\overline{f_p''} = (a + p)\overline{b}.$$

Якщо елемент має кілька періодів умикання і вимикання, то умови спрацьовування і неспрацьовування складаються для кожного періоду і загальна формула записується у вигляді диз'юнкції кон'юнкцій умов спрацьовування і неспрацьовування для усіх періодів умикання, тобто:

$$X = f_1'\overline{f_1''} + f_2'\overline{f_2''} + ... + f_n'\overline{f_n''}.$$

Крім того, якщо при виконанні першої перевірки застосовується самоблокування, то слід виконати ще одну перевірку, тому що після першого вмикання елемент надалі може не вимикатися при появі умови неспрацьовування (утримуватися сигналами самоблокування інших періодів).

Схема електрична принципова на інтегральних мікросхемах зображена на рисунку 14.

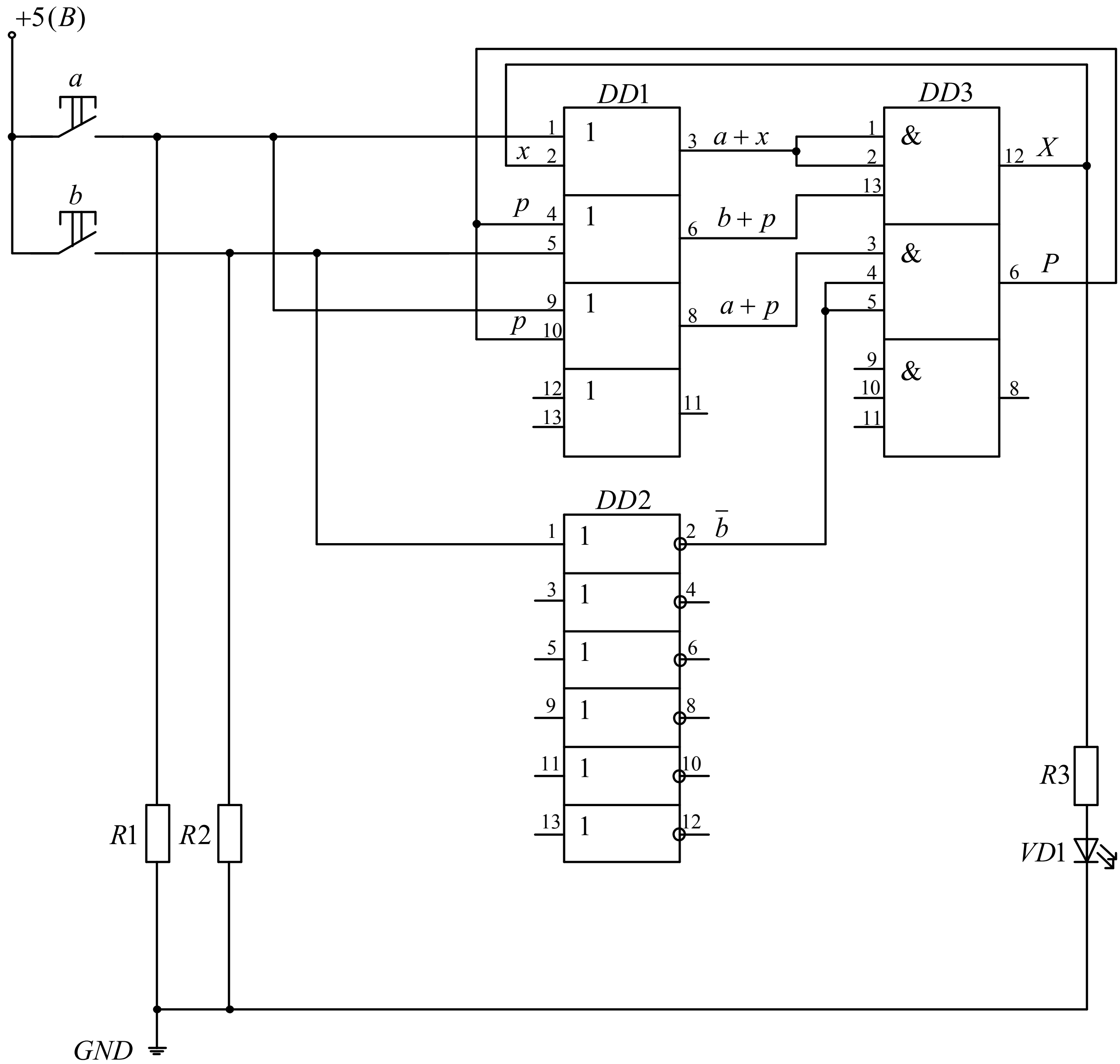


Рисунок 14 – Схема електрична принципова на інтегральних мікросхемах

Живлення елементів *DD1* – *DD3* +5 (*В*) та підводиться до виводів 14. Земля підводиться до виводів 7.

Перелік елементів наведено в таблиці 8.

Таблиця 8 – Перелік елементів

Позначення	*Найменування*	*Кіл.*	*Примітка*
	Діод		
*VD*1	LED D3-DEG30 RED	1	
	Кнопки		
a – *b*	Кнопка тактова двоконтактна	2	
	Мікросхеми		
*DD*1	SN74HC32	1	
*DD*2	SN74HC04	1	
*DD*2	SN74HC11	1	
	Резистори		
*R*1 – *R*2	МОН – 1 кОм	2	
*R*3	МОН – 800 Ом	1	

ЛІТЕРАТУРА

1. Попович Н.Г., Ковальчук А.В., Красовский Е.П. Автоматизация производственных процессов и установок.-К.:Выща шк., Головное изд-во, 1986.-311с.

2. Автоматизация типовых технологических процессов и установок. Учебник для вузов/ А.М.Корытин, Н.К.Петров, С.Н.Радимов, Н.К.Шапарев.-2-е изд. перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988.-432с.

3. Ковальчук О.В. Логічний синтез дискретних схем автоматики: навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 168 с. ISBN 978-966-622-294-0.

4. Попович М.Г., Гаврилюк В.А., Ковальчук О.В., Теряєв В.І. Елементи автоматизованого електропривода. Київ. НМК ВО, 1990.

5. Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни "Автоматизація процесів, установок і комплексів"/ Укладачі: Ковальчук О.В., Красовський Є.П., Восканян Г.Г., К.: КПІ, 1992.-44с.

6. Автоматизація технологічних процесів, установок і комплексів: Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» Електронний засіб навчального призначення. Укладачі Ковальчук О.В., Бур'ян С.О. НМУ № Е9/10-013. Київ: НТУУ «КПІ», 2009 – 87 с.

7. Автоматизація технологічних процесів установок і комплексів: Методичні вказівки до практичних занять і виконання розрахунково-графічної роботи для студентів напряму підготовки 6.050702 "Електромеханіка" спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» Електронний засіб навчального призначення. Укладачі Ковальчук О.В., Бур'ян С.О. НМУ № Е9/10-065. Київ: НТУУ «КПІ», 2010 – 78 с.

8. Хоуп Г. Проектирование цифровых вычислительных устройств на интегральных схемах.-М.: Мир, 1984.-400с.

9. Микропроцессорные средства производственных систем/ В.Н.Алексеев, А.М.Коновалов, В.Г.Колосов и др. – Л.: Машиностроение, 1988.-287с.

10. Элементы управления серии «Логика-Н»/В.Л.Рейзин, В.Е.Мандравин, А.И.Подаруев и др. М.: Энергоатомиздат, 1984.-176с.

11. Каталог схем по дисциплине «Элементы автоматизированного электропривода»/Сост. Теряев В.И., Ковальчук А.В., Киев: КПИ, 1989-71с.

12. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. 2-ге вид. перероблене і доп. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.

ДОДАТОК А

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ДОМАШНЬОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Домашня контрольна робота друкується на листах формату А4 і підшиваються у папку або скріплюються.

Робота складається з наступних елементів: **Титульний аркуш** (зразок наведено у додатку Б); **Зміст** (перелік усіх пунктів роботи з вказаними сторінками); **Завдання до домашньої контрольної роботи** (вказуються відповідно до свого варіанту); **Вступ** (формулюються актуальність курсу та основні цілі роботи); **Практична частина № 1** (розв’язок чотирьох задач з першої частини роботи з наведенням усіх проміжних розв’язків та необхідних пояснень); **Практична частина № 2** (аналогічно практичній частині №1); **Висновки** (результати роботи, можливості їх використання у сучасних технологічних процесах); **Список використаної літератури** (не менше 5-ти посилань).

Текст роботи повинен бути набраний за такими вимогами: **шрифт** – Times New Roman, розмір – 14; **інтервал** – 1,5; **відступ першої строки** – 1,25; **вирівнювання** – по ширині тексту. Кожен пункт повинен починатися з нової сторінки, назва пункту – жирним, 14 шрифт, всі прописні. Після назви необхідно зробити один відступ.

Рисунки необхідно вставляти за допомогою «Вставка→Объект→Рисунок Microsoft Word» та вирівнювати по центру. Розташовувати рисунки потрібно відразу після посилання на них з підписом та назвою, наприклад: Рисунок 1 – Карта Карно до прикладу.

Формули необхідно робити у редакторі MathType 5.2 і вище 14-м шрифтом.

Схеми електричні принципові та переліки елементів до них необхідно виконувати на окремих аркушах із штампом.

ДОДАТОК Б

ЗРАЗОК ТИТУЛЬНОГО АРКУШУ

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

ДОМАШНЯ КОНТРОЛЬНА РОБОТА

з кредитного модуля

«Автоматизація технологічних процесів, установок і комплексів - 1»

Варіант № 1

Виконав: студент 3-го курсу

групи ЕП-22

Варволік В.В.

Прийняв: к.т.н., доц. Бур’ян С.О.

Київ 2016

ЗМІСТ