



Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

5361 Методичні вказівки
до лабораторної роботи
на тему «Синтез комбінаційних схем
у функціональних базисах Шеффера та Пірса»
з дисциплін: **«Пристрої цифрової електроніки»,**
«Схемотехніка»,
«Схемотехніка телекомунікаційних систем»
для студентів спеціальностей:
171 «Електроніка», 172 «Телекомунікації та радіотехніка»,
153 «Мікро- та наносистемна техніка»
всіх форм навчання

Суми
Сумський державний університет
2022

Методичні вказівки до лабораторної роботи на тему «Синтез комбінаційних схем у функціональних базисах Шеффера та Пірса» / укладачі: Т. О. Протасова, О. В. Д'яченко. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 21 с.

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

СИНТЕЗ КОМБІНАЦІЙНИХ СХЕМ У ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БАЗИСАХ ШЕФФЕРА ТА ПРСА

Мета роботи – вивчити методику синтезу логічних функцій у заданому функціональному базисі та набути практичних навичок щодо побудови, налагодження та експериментального дослідження комбінаційних схем із застосуванням Multisim.

Методика синтезу логічних функцій у заданих функціональних базисах

1. Формулюється задача реалізації логічної функції в словесній формі.
2. Складається таблиця істинності.
3. Виконується мінімізація логічної функції.
4. Здійснюється перехід до заданого функціонального базису.
5. Будуються функціональна схема та часова діаграма роботи пристрою.

Приклад. Реалізувати мажоритарну функцію в булевому базисі на основі МДНФ.

Розв'язання:

Наведемо таблицю істинності мажоритарної функції:

№ пор.	x_1	x_2	x_3	F
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	0
3	0	1	1	1
4	1	0	0	0
5	1	0	1	1
6	1	1	0	1
7	1	1	1	1

Виконаємо мінімізацію логічної функції за одиницями, застосувавши діаграму Вейча.

У клітинках, що відповідають конститuentам одиниці, проставимо одиничні значення логічної функції. Виконаємо оптимальне їх об'єднання.

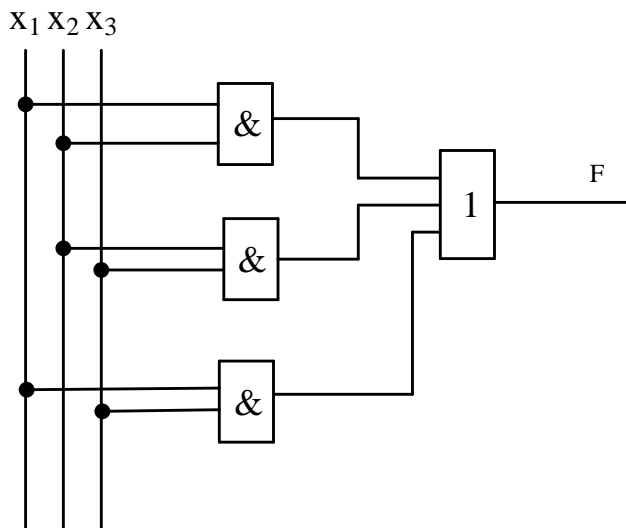
	x_2		\bar{x}_2	
x_1	1 6	1 7	1 5	4
\bar{x}_1	2	1 3	1	0
	\bar{x}_3	x_3	\bar{x}_3	

	x_2		\bar{x}_2	
x_1	1 6	1 7	5	4
\bar{x}_1	2	1 3	1	0
	\bar{x}_3	x_3	\bar{x}_3	

Запишемо мінімальну ДНФ, що має такий вигляд:

$$F = x_1x_2 \vee x_1x_3 \vee x_2x_3.$$

Будуємо схему в булевому базисі:



Приклад. Реалізувати функцію «виключне АБО» в булевому базисі на основі МКНФ.

Розв'язання:

Наведемо таблицю істинності функції «виключне АБО»:

№ пор.	x_1	x_2	x_3	F
0	0	0	0	0
1	0	0	1	1
2	0	1	0	1
3	0	1	1	0
4	1	0	0	1
5	1	0	1	0
6	1	1	0	0
7	1	1	1	0

Виконаємо мінімізацію логічної функції за нулями, застосувавши діаграму Вейча.

У клітинках, що відповідають конститuentам нулів, проставимо нульові значення логічної функції. Виконаємо оптимальне їх об'єднання.

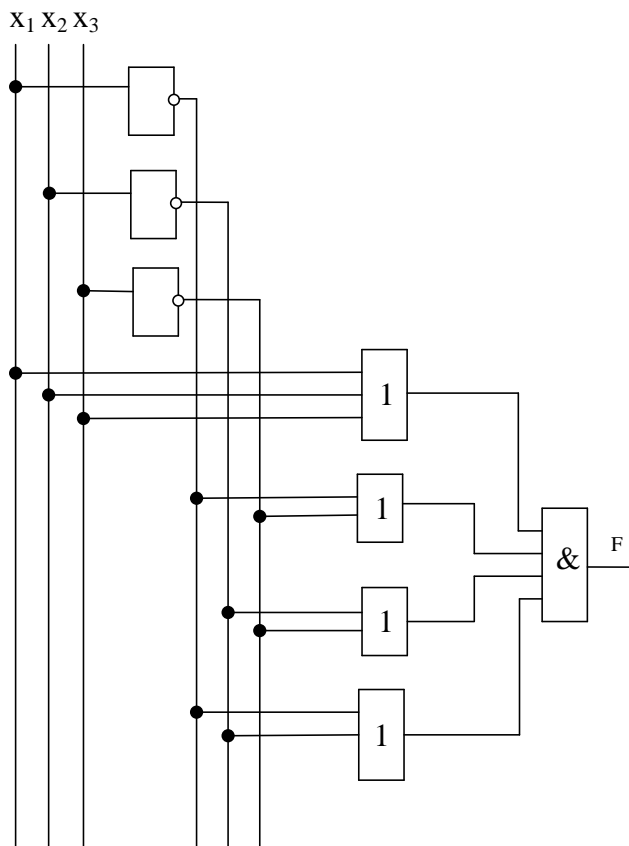
	x_2	\bar{x}_2	
x_1	1	0	2
\bar{x}_1	5	4	6
	\bar{x}_3	x_3	\bar{x}_3

	x_2	\bar{x}_2	
x_1	1	0	2
\bar{x}_1	5	4	6
	\bar{x}_3	x_3	\bar{x}_3

Запишемо мінімальну КНФ, яка має такий вигляд:

$$F = (x_1 \vee x_2 \vee x_3)(\overline{x_1} \vee \overline{x_3})(\overline{x_2} \vee \overline{x_3})(\overline{x_1} \vee \overline{x_2}).$$

Будуємо схему в булевому базисі:

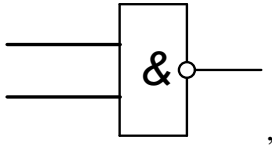


Приклад. Реалізувати таку логічну функцію в базисі Шеффера:

$$F = \bigvee_0^{15} (0,4,8,9,10,11,12,13,14)$$

Розв'язання:

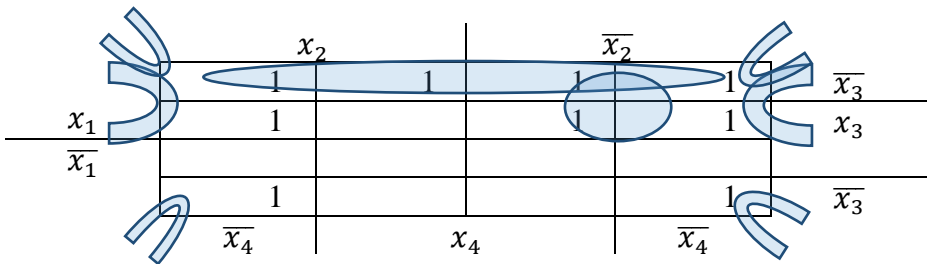
Базис Шеффера базується на елементах І-НІ:



що описуються такою таблицею істинності:

№ пор.	x_1	x_2	$F = x_1 \uparrow x_2$	$F = x_1 \wedge x_2$
0	0	0	1	0
1	0	1	1	0
2	1	0	1	0
3	1	1	0	1

Для того щоб реалізувати логічну функцію в базисі Шеффера, необхідно отримати мінімальну ДНФ, до якої послідовно застосувати закон подвійного заперечення, а далі до нижньої риски – правило де Моргана, розбиваючи її на фрагменти таким чином, щоб кон'юнкція збереглась, і над нею з'явилося заперечення.



Запишемо мінімальну ДНФ:

$$F = x_1 \bar{x}_3 \vee x_1 \bar{x}_2 \vee x_1 \bar{x}_4 \vee \bar{x}_3 \bar{x}_4$$

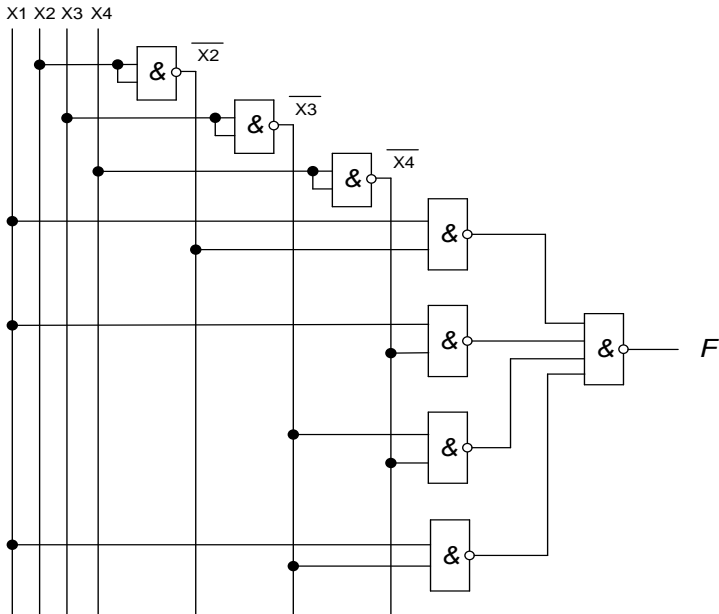
Застосуємо закон подвійного заперечення:

$$F = \overline{\overline{x_1 \bar{x}_3 \vee x_1 \bar{x}_2 \vee x_1 \bar{x}_4 \vee \bar{x}_3 \bar{x}_4}}$$

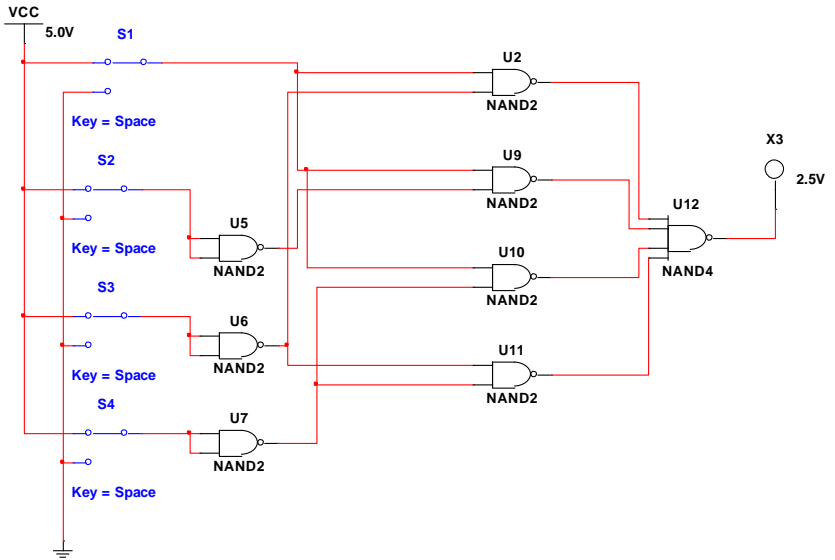
Опустимо нижню риску, застосувавши правило де Моргана:

$$= \overline{\overline{x_1 \bar{x}_3} \wedge \overline{x_1 \bar{x}_2} \wedge \overline{x_1 \bar{x}_4} \wedge \overline{\bar{x}_3 \bar{x}_4}}$$

За одержаною формулою побудуємо схему в базисі Шеффера:



Правильність функціонування схеми перевіримо застосувавши її імітацію в середовищі Multisim.

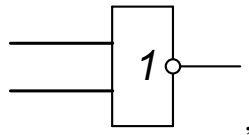


Приклад. Реалізувати таку логічну функцію в базисі Пірса:

$$F = \bigwedge_0^{15} (0, 1, 3, 5, 7, 8, 9, 12, 13)$$

Розв'язання:

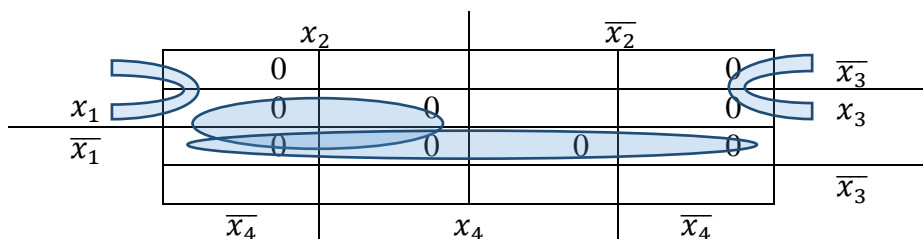
Базис Пірса базується на елементах АБО-НІ:



що описуються такою таблицею істинності:

№ пор.	x_1	x_2	$F = x_1 \downarrow x_2$	$F = x_1 \vee x_2$
0	0	0	1	0
1	0	1	0	1
2	1	0	0	1
3	1	1	0	1

Для того щоб реалізувати логічну функцію в базисі Пірса, необхідно отримати мінімальну КНФ, до якої послідовно застосувати закон подвійного заперечення, а далі до нижньої риски – правило де Моргана, розбиваючи її на фрагменти таким чином, щоб диз'юнкція збереглась, і над нею з'явилося заперечення.



Запишемо мінімальну КНФ:

$$F = (x_1 \vee \bar{x}_4)(\bar{x}_1 \vee x_3)(x_2 \vee x_3).$$

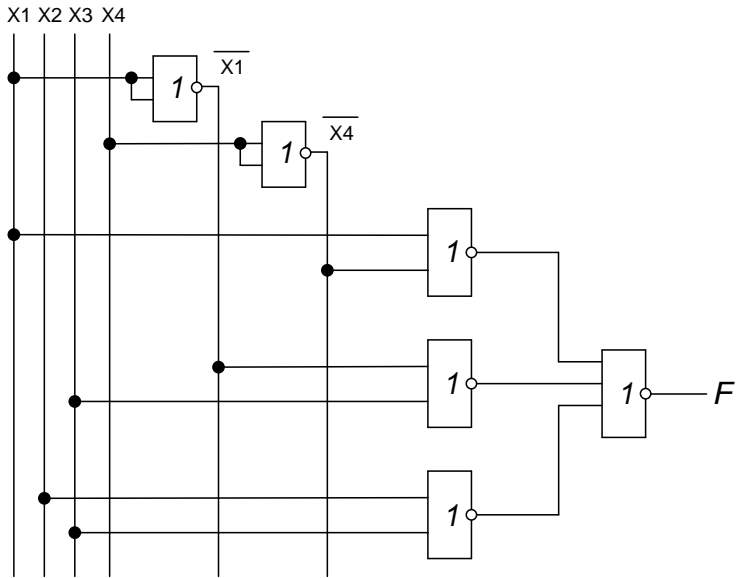
Застосуємо закон подвійного заперечення:

$$F = \overline{\overline{(x_1 \vee \bar{x}_4)(\bar{x}_1 \vee x_3)(x_2 \vee x_3)}} =$$

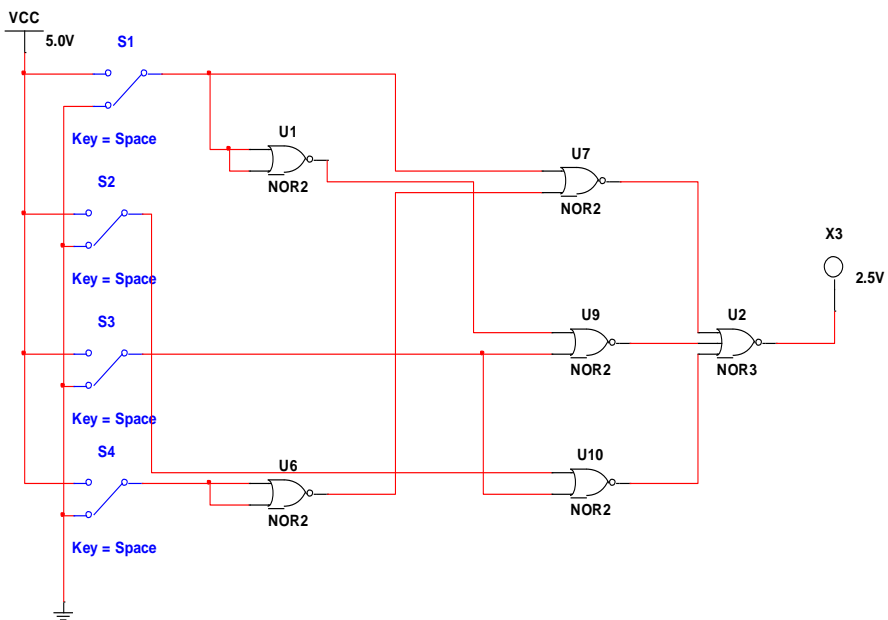
Застосуємо правило де Моргана:

$$= \overline{\overline{x_1 \vee \bar{x}_4} \vee \overline{\overline{\bar{x}_1 \vee x_3}} \vee \overline{\overline{x_2 \vee x_3}}}.$$

За одержаним виразом побудуємо схему в базисі Пірса:



Правильність функціонування схеми перевіримо застосувавши її імітацію в середовищі Multisim.



Завдання до лабораторної роботи

1. Провести синтез комбінаційної схеми з одним виходом для подальшої реалізації в базисах Шеффера та Пірса. Побудувати та дослідити одержані схеми в Multisim. Перевірити збіг вихідних сигналів схеми з необхідними значеннями заданої логічної функції. Подані функції набувають одиничних значень на таких наборах:

Таблиця 1

Номер вар.	F	Номер вар.	F
1	0, 1, 4, 10, 11, 12, 15	11	2, 7, 9, 10, 11, 14, 15
2	2, 3, 6, 8, 9, 13, 14	12	7, 8, 10, 11, 13, 14, 15
3	0,2,5,8,13,14,15	13	3,6,10,11,13,14,15
4	0,3,5,7,8,11,12	14	0,1,2,3,4,7,9, 15
5	2,3,5,6,10,12,13	15	1,3,6,7,10,11,15
6	0,1,3,5,6,7,11	16	3,6,7,9,10,11,15
7	2,3,4,7,8,9,12	17	2,3,5,7,11,14,15
8	1,4,5,9,10,11,12	18	2,3,5,7,10,11,15
9	0,3,6,7,8,10,12	19	3,5,6,7,10,11,15
10	6,9,10,11,12,14,15	20	1,2,3,7,11,12,15

2. Реалізувати неповністю визначену логічну функцію в базисах Шеффера та Пірса. Довизначити оптимальним чином, побудувати схему та проаналізувати її роботу за допомогою реалізації в Multisim. Перевірити правильність функціонування.

Таблиця 2

Варіант	Логічна функція
1	$F = \bigvee_0^{15} (4,5,8,10,15) + \sum_* (0,2,6,13)$
2	$F = \bigvee_0^{15} (4,5,7,11,15) + \sum_* (0,2,6,8,10,13)$
3	$F = \bigwedge_0^{15} (0,5,6,9,10) + \sum_* (3,4,7,13)$
4	$F = \bigvee_0^{15} (4,7,8,10,11,15) + \sum_* (0,1,6,12)$
5	$F = \bigvee_0^{15} (0,5,8,9,13) + \sum_* (2,4,7,10)$
6	$F = \bigwedge_0^{15} (0,1,5,6,8,9,10) + \sum_* (2,7,13)$
7	$F = \bigwedge_0^{15} (0,1,5,6,8,9,10) + \sum_* (3,4,15)$
8	$F = \bigwedge_0^{15} (0,1,2,7,9,12) + \sum_* (3,10,11)$
9	$F = \bigvee_0^{15} (1,4,5,8,10,13,14) + \sum_* (0,2,6)$

10	$F = \bigwedge_0^{15} (0,5,6,9,10) + \sum_* (3,4,7,13)$
11	$F = \bigwedge_0^{15} (0,1,2,8,9,12) + \sum_* (3,11)$
12	$F = \bigvee_0^{15} (4,5,7,11,15) + \sum_* (0,2,6,8,10,13)$
13	$F = \bigvee_0^{15} (4,6,7,10,15) + \sum_* (1,3,13)$
14	$F = \bigwedge_0^{15} (0,1,2,3,5,7,9,11,12) + \sum_* (10,14)$
15	$F = \bigvee_0^{15} (0,5,8,9,13) + \sum_* (2,4,7,10)$
16	$F = \bigvee_0^{15} (0,1,4,5,7,8,10,15) + \sum_* (3,11)$
17	$F = \bigwedge_0^{15} (0,5,6,9,10) + \sum_* (3,4,7,13)$
18	$F = \bigwedge_0^{15} (0,1,2,7,9,12) + \sum_* (3,10,11)$
19	$F = \bigvee_0^{15} (4,5,8,10,15) + \sum_* (0,2,6,13)$
20	$F = \bigwedge_0^{15} (0,5,6,9,10) + \sum_* (3,4,7,13)$

3. Провести синтез логічної функції, поданої у вигляді довільного логічного виразу, поновивши її на діаграмах Вейча, виконати мінімізацію та здійснити перехід до заданого функціонального базису. Побудувати комбінаційні схеми. Побудувати та дослідити одержані схеми в Multisim. Перевірити збіг вихідних сигналів схеми з необхідними значеннями заданої логічної функції.

Таблиця 3

Варіант	Логічна функція
1	$F = \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 x_4 \vee x_1 x_2 \vee x_1 x_3 \bar{x}_4 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_4$
2	$F = (\bar{x}_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3 \vee x_4)(x_1 \vee x_3)(x_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_4)(\bar{x}_2 \vee \bar{x}_3)$
3	$F = (\bar{x}_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3 \vee x_4)(x_1 \vee x_2)(x_1 \vee x_3 \vee \bar{x}_4)(\bar{x}_2 \vee \bar{x}_4)$
4	$F = x_1 \bar{x}_3 \bar{x}_4 \vee x_1 \bar{x}_3 x_4 \vee x_1 x_3 \bar{x}_4 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4$
5	$F = (\bar{x}_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3 \vee x_4)(x_2 \vee x_3)(x_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_4)(\bar{x}_1 \vee \bar{x}_4)$
6	$F = (x_1 \vee \bar{x}_3 \vee \bar{x}_4)(x_1 \vee \bar{x}_3 \vee x_4)(x_1 \vee x_3 \vee \bar{x}_4)(\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_3 \vee \bar{x}_4).$
7	$F = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \vee x_1 \bar{x}_2 x_4 \vee x_1 \bar{x}_2 x_3 \vee \bar{x}_2 x_3 x_4$

8	$F = \bar{x}_1x_2x_4 \vee x_1x_2x_3 \vee x_1x_3\bar{x}_4 \vee \bar{x}_2\bar{x}_4$
9	$F = (\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_3)(x_1 \vee \bar{x}_2 \vee x_4)(x_1 \vee \bar{x}_2 \vee x_3)(\bar{x}_2 \vee x_3 \vee x_4)$
10	$F = \bar{x}_1x_2\bar{x}_3x_4 \vee x_1x_2x_3 \vee x_1x_3\bar{x}_4 \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_4$
11	$F = \bar{x}_1x_2\bar{x}_3x_4 \vee x_1x_2 \vee x_1x_3\bar{x}_4 \vee \bar{x}_2\bar{x}_4$
12	$F = (\bar{x}_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3 \vee x_4)(x_1 \vee x_4)(x_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3)(\bar{x}_1 \vee \bar{x}_4)$
13	$F = (\bar{x}_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3 \vee x_4)(x_1 \vee x_2)(x_1 \vee x_3 \vee \bar{x}_4)(\bar{x}_2 \vee \bar{x}_4)$
14	$F = x_1\bar{x}_3\bar{x}_4 \vee x_1\bar{x}_3x_4 \vee x_1x_3\bar{x}_4 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4$
15	$F = (\bar{x}_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3 \vee x_4)(x_1 \vee x_2)(x_1 \vee x_3 \vee \bar{x}_4)(\bar{x}_2 \vee \bar{x}_4)$
16	$F = (x_1 \vee \bar{x}_3 \vee \bar{x}_4)(x_1 \vee x_4)(x_1 \vee x_3 \vee \bar{x}_4)(\bar{x}_3 \vee \bar{x}_4)$
17	$F = \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3 \vee x_1\bar{x}_2x_4 \vee x_1\bar{x}_2x_3 \vee \bar{x}_2x_3x_4$
18	$F = \bar{x}_1x_2\bar{x}_3x_4 \vee x_1x_2x_3 \vee x_1x_3\bar{x}_4 \vee \bar{x}_1\bar{x}_3$

19	$F = (\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_3)(x_1 \vee \bar{x}_2 \vee x_4)(x_1 \vee \bar{x}_2 \vee x_3)(\bar{x}_2 \vee x_3 \vee x_4)$
20	$F = \bar{x}_1 x_2 x_4 \vee x_1 x_2 x_3 \vee x_2 x_3 \bar{x}_4 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_4$

Звіт із лабораторної роботи повинен містити: назву, мету, докладне подання синтезу комбінаційних схем за кожним пунктом завдання, таблиці істинності, схемну реалізацію функцій. У висновку до лабораторної роботи потрібно навести результати аналізу правильності функціонування побудованих комбінаційних схем.

Список літератури

1. Борисенко О. А. Цифрова схемотехніка : підручник / О. А. Борисенко. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 200 с.
2. Борисенко О. А. Дискретна математика : підручник / О. А. Борисенко. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2019. – 255 с.
3. Схемотехніка : пристрої цифрової електроніки : електронний підручник : в 2 т. / В. М. Рябенський, В. Я. Жуйков, Ю. С. Ямненко, А. В. Заграничний. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 757 с.
4. Лорія М. Г. Цифрова схемотехніка : навч. посіб. / М. Г. Лорія, П. Й. Єлісеєв, О. Б. Целіщев. – Сєверодонецьк : Вид-во Східноукр. нац. ун-ту імені Володимира Даля, 2016. – 280 с.
5. Дичка І. А. Комп'ютерна логіка. Прикладна теорія цифрових автоматів: комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 121 «Інженерія програмного

- забезпечення», спеціалізації «Програмне забезпечення комп'ютерних та інформаційно-пошукових систем» / І. А. Дичка, В. П. Легеза, М. В. Онай ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 88 с.
6. Цифрова схемотехніка [Електронний ресурс] : підручник для студ. техн. вузів і коледжів [затв. М-вом освіти і науки України] / Л. Л. Верьовкін, М. В. Світанько, Є. М. Кісельов, С. Л. Хрипко ; ЗДІА. – Запоріжжя : ЗДІА, 2016. – 213 с.
 7. David Money Harris & Sarah L. Harris Digital Design and Computer Architecture. – 2nd Edition. – Morgan Kaufmann Publishers, 2013. – 712 p.
 8. Новацький А. О. Комп'ютерна електроніка : підручник для студ. спец. 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізації «Інтегровані інформаційні системи» / А. О. Новацький ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 468 с.
 9. Моделювання та аналіз цифрових схем : підручник / Є. З. Маланчук, В. В. Макаренко, В. М. Співак, Г. Г. Власюк, А. В. Рудик. – Рівне : НУВГП, 2018. – 463 с.

Електронне навчальне видання

Методичні вказівки

до лабораторної роботи

на тему «Синтез комбінаційних схем

у функціональних базисах Шеффера та Пірса»

з дисциплін: «**Пристрої цифрової електроніки**»,

«**Схемотехніка**»,

«**Схемотехніка телекомунікаційних систем**»

для студентів спеціальностей:

171 «Електроніка», 172 «Телекомунікації та радіотехніка»,

153 «Мікро- та наносистемна техніка»

всіх форм навчання

Відповідальний за випуск А. С. Опанасюк

Редактор С. М. Симоненко

Комп'ютерне верстання Т. О. Протасової

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 1,16. Обл.-вид. арк. 0,86.

Видавець і виготовлювач

Сумський державний університет,

вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.