26. Пометун О. І. Дискусія українських педагогів навколо питань запровадження компетентнісного підходу в українській освіті / О. І. Пометун // Компетентнісний підхід у сучасній освіті : світовий досвід та українські перспективи : бібліотека з освітньої політики. – К. : К. І. С., 2004. – 112 с.

27. Равен Джон. Педагогическое тестирование : проблемы, заблуждения, перспективы / Джон Равен. – М. : Когито-центр, 1999. – 144 с.

28. Рамський Ю. С. Методична підготовка вчителя інформатики та розвиток його фахових компетентностей / Ю. С. Рамський, Н. Р. Балик ; НПУ ім. М. П. Драгоманова // Науковий часопис НПУ ім. М. П. Драгоманова. Серія № 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання : зб. наук. Праць – К. : НПУ імені М.П.Драгоманова, 2009. – № 14. – С. 34–37.

29. Суховірський О. В. Підготовка майбутнього вчителя початкової школи до використання інформаційних технологій : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / Суховірський Олег Васильович. – К. : Інститут педагогіки АПН України, 2005. – 303 с.

30. Указ Президента України „Про заходи щодо забезпечення пріоритетного розвитку освіти в Україні" : прийнятий 30.09.2010 р. ; № 926/2010.

31. Холодная М. А. Психология интеллекта : парадоксы исследования / М. А. Холодная. – СПб. : Питер, 2002. – 272 с. : ил. – (Серия „Мастера психологии").

32. Чошанов М. М. Професійно-педагогічні компетентності : сутність поняття / М. М. Чошанов // Науковий вісник Чернівецького ун-ту. Педагогіка та психологія. – 2003. – Вип. 273. – С. 43–49.

33. Шепель В. М. Человековедческие технологии : сущность и перспективы / В. М. Шепель // Мир образования – образование в мире. – 2001. – № 4. – С. 94–105.

34. Яшанов С. М. Теоретико-методичні засади системи інформатичної підготовки майбутніх учителів трудового навчання : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.04 / Яшанов Сергій Микитович ; НПУ ім. М. П. Драгоманова. – К., 2010. – 529 с.

35. Oxford Advanced Lerner's Dictionary of Current English. – 6-th edition. – Oxford University Press, 2000. – 1568 c.

36. Spector, J. Michael-de la Teja, Ileana. ERIC Clearinghouse on Information and Technology Syracuse NY. Competencies for Online Teaching. ERIC Digest. Competence, Competencies and Certification. 2001. – p. 1. – Режим доступу до журн. : http://www.ericdigests.org/2002-2/teaching.htm.

Твердохліб І.А.
Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

Навчання мінімізації булевих функцій як невід'ємна складова вивчення логічних основ інформатики

Як відомо, реформування шкільної та вищої освіти значною мірою пов'язується з підвищенням теоретичного рівня змісту навчання, а фундаментальна підготовка є однією з головних умов професійної освіти. Тому для досягнення поставлених цілей необхідною умовою є створення сприятливих умов для підготовки вчителів шкіл та викладачів вищих навчальних закладів, які мають необхідну теоретичну та практичну підготовку, володіють низкою професійних компетентностей, достатніх для виконання поставлених перед ними освітянських завдань.

Більшість інформатичних навчальних дисциплін у педагогічному університеті носять прикладний та практичний характер. Проте дуже важливим є сприяння фундаменталізації інформатичної освіти тому, що «…поглиблення прикладної та практичної спрямованості не може бути безмежним, оскільки неминуче натрапить на природні обмеження, породжені відсутністю або недостатністю фундаментальної бази» [4]. Слід зауважити, що в умовах широкого використання засобів сучасних інформаційно-комунікаційних технологій в навчальному процесі і фундаменталізації знань, інтенсифікації навчального процесу і спілкування вчителя і учнів, активізації пізнавальної діяльності учнів значно зростають вимоги до професійної підготовки вчителя, до обсягу його знань, культури мови, спілкування, поведінки. Вчитель повинен мати до певної міри універсальні, фундаментальні знання, щоб мати можливість ефективно, педагогічно доцільно і виважено використовувати засоби сучасних інформаційно-комунікаційних технологій в навчальному процесі, створювати для дітей умови для повного розкриття їхнього творчого потенціалу, нахилів і здібностей, задоволення запитів і навчально-пізнавальних потреб [3, с. 14].

Одним із шляхів фундаменталізації інформатичної освіти є вивчення майбутніми вчителями інформатики логічних основ інформатики, що сприяє формуванню належних знань, навичок та вмінь майбутніх вчителів, їх інформаційної культури та відповідних компетентностей, необхідних для проведення базових, профільних та факультативних курсів з інформатики. В змісті програми навчальної дисципліни «Логічні основи інформатики» [6] важливе місце займає вивчення методів мінімізації булевих функцій, оскільки це відіграє важливу роль в процесі становлення у студентів цілісної системи знань про методи проектування цифрових пристроїв, є важливою складовою змістової лінії логічних основ інформатики. В розробленому курсі на вивчення даної теми відводиться 20 годин, серед яких 4 години – лекційні заняття, 6 годин – лабораторні заняття, 10 годин відводиться на самостійну навчально-пізнавальну діяльність студентів, спрямовану на підготовку до лабораторних занять, вивчення питань, що виносяться на самостійне опрацювання, та виконання індивідуальних завдань.

Після вивчення даної теми студенти повинні *знати* такі поняття, як кон'юнктивна нормальна форма, диз'юнктивна нормальна форма, мінімізація логічної функції, карта Карно, діаграма Вейча, неповністю визначена булева функція, і *вміти*:

- називати мету мінімізації логічних функцій та її місце в процесі синтезу комбінаційних схем;
- виконувати мінімізацію булевих функцій, записаних у вигляді ДДНФ чи ДКНФ за методом безпосередніх перетворень;
- обирати раціональний метод мінімізації булевих функцій залежно від їх типу (метод Квайна, Квайна – Мак-Класкі, Блейка – Порецького тощо);
- виконувати мінімізацію булевих функцій за графічними методами (метод карт Карно, діаграм Вейча);
- мінімізовувати неповністю визначені булеві функції та системи булевих функцій.

На початку вивчення теми зі студентами слід провести актуалізацію опорних знань, необхідних для успішного оволодіння новим навчальним матеріалом. Варто згадати, що сьогодні розроблено універсальні форми подання булевих функцій, використання яких дає можливість одержати аналітичний вираз довільної функції алгебри логіки безпосередньо з таблиці істинності. Оскільки між множиною аналітичних описів і множиною схем, за допомогою яких реалізують цю функцію, є взаємно однозначна відповідність, то пошук канонічної форми запису є початковим етапом синтезу логічних схем. Як відомо, логічну функцію схеми, за допомогою якої реалізують заданий алгоритм перетворення сигналів, можна отримати безпосередньо з таблиці істинності, записавши досконалу диз'юнктивну (ДДНФ) чи досконалу кон'юнктивну нормальну форму (ДКНФ). Проте отримані таким шляхом форми подання логічних функцій майже завжди потрібно мінімізовувати.

Потрібно звернути увагу студентів на те, що метою мінімізації логічних функцій є зменшення вартості відповідної технічної реалізації та, відповідно, зменшення розмірів приладу, що синтезується, а критерій, відповідно до якого виконують мінімізацію, далеко не однозначний і залежить як від типу задачі, так і від рівня розвитку технології. Основними вимогами до задачі синтезу є: мінімальне число елементарних кон'юнкцій або диз'юнкцій у логічній формулі й однорідність використовуваних операцій. Окрім вимог мінімізації існує також ряд обмежень і умов на вибір елементної бази для синтезованого пристрою.

Під мінімізацією булевої функції розуміють процес пошуку найбільш простого запису даної функції у вигляді суперпозиції функцій, що складають яку-небудь фіксовану функціонально повну систему S булевих функцій. Найпростішим вважається подання, в якому міститься найменша кількість суперпозицій. В такому разі для пошуку мінімальної форми запису логічної функції достатньо організувати послідовне перебирання всіх функцій системи S, потім всіх парних суперпозицій, потрійних і т.д. до отримання булевої функції, що відповідає заданій [2]. Зрозуміло що на практиці користуватися таким алгоритмом мінімізації досить складно, тому для полегшення даного процесу розроблені математичні та графічні методи мінімізації. Задача мінімізації логічних функцій відіграє важливу роль в процесі синтезу комбінаційних схем цифрових пристроїв.

Перед початком вивчення методів мінімізації булевих функцій слід зупинитися на основних поняттях та термінах, що використовуються, частина з яких повинна була розглядатися в курсі математичної логіки.

Означення: Булева функція $g = g(x_1,...,x_n)$ називається імплікантою булевої функції $f = f(x_1,...,x_n)$, якщо на будь-якому наборі значень змінних $x_1,...,x_n$, на якому значення функції g рівне одиниці, значення функції f також рівне одиниці, тобто має виконуватися рівність $g(x_1,...,x_n) \vee f(x_1,...,x_n) \equiv f(x_1,...,x_n)$.

Іншими словами імпліканти булевої функції f – це елементарні кон'юнкції, які обов'язково набувають значення 0 на всіх наборах, на яких такого значення набуває дана функція, і не обов'язково набувають значення 1 на тих наборах, на яких функція f набуває значення 1.

Означення: Простою імплікантою функції f називається будь-який елементарний добуток $g = \tilde{x}_{i1}\tilde{x}_{i2}...\tilde{x}_{ik}$, що є імплікантою функції f, і такий, що ніяка його частина, що утворюється при відкиданні будь-якої частини елементарної кон'юнкції, не є імплікантою функції f.

Будь-яка логічна функція має нескінченну множину простих імплікант, кількість яких менша або дорівнює кількості конституент одиниці в ДДНФ. Оскільки прості імпліканти є найкоротші елементарні добутки, що входять до даної логічної функції, то логічна функція f дорівнює диз'юнкції всіх простих імплікант.

В аналітичних методах мінімізації булевих функцій (метод безпосередніх перетворень, метод Квайна, метод Блейка-Порецького) використовують операції повного, неповного та узагальненого склеювання, поглинання. В таблиці 1 наведено визначальні співвідношення даних операцій.

Таблиця 1

Логічні операції та їх визначальні рівняння

Логічна операція	***Аналітичний вираз***
Повне склеювання	$x_1 x_2 \vee x_1 \overline{x}_2 \equiv x_1$
Неповне склеювання	$x_1 x_2 \vee x_1 \overline{x}_2 \equiv x_1 \vee x_1 x_2 \vee x_1 \overline{x}_2$
Узагальнене склеювання	$x_1 x_2 \vee x_3 \overline{x}_2 \equiv x_1 x_2 \vee x_3 \overline{x}_2 \vee x_1 x_3$
Поглинання	$x_1 \vee x_1 x_2 \equiv x_1$

Існує метод мінімізації булевих функцій шляхом виконання безпосередніх перетворень її аналітичного виразу, проте він є далеко не кращим стосовно швидкості мінімізації та досить трудомісткий. Наведемо загальний алгоритм методу безпосередніх перетворень мінімізації логічної функції:

1. Використовуючи операцію повного склеювання з усіх можливих пар сусідніх конституент вилучають по одній змінній і виконують зведення подібних членів, повторюючи ці операції доти, доки в логічному виразі не буде більше імплікант, що відрізняються значенням однієї змінної. Отриману в результаті форму логічної функції називають скороченою нормальною формою (СНФ).

2. Застосовуючи до СНФ операцію узагальненого склеювання, виключають із неї зайві імпліканти. Отриману в такий спосіб форму запису булевої функції називають тупиковою формою булевої функції.

3. Оскільки тупикових форм логічної функції може бути кілька, то для пошуку мінімальної форми потрібне перебирання тупикових форм з метою пошуку тупикової форми мінімальної довжини.

Слід розглянути зі студентами метод Квайна отримання скороченої ДНФ булевої функції, який ґрунтується на виконанні перетворень логічної формули з використанням операцій неповного склеювання та поглинання.

Теорема Квайна: Якщо в ДДНФ логічної функції провести всі операції неповного склеювання, а потім всі операції поглинання, то отримаємо скорочену ДНФ даної функції, тобто диз'юнкцію всіх її простих імплікант.

З теореми Квайна слідує, що логічна функція має бути задана у вигляді ДДНФ. Тому, у випадку довільного подання булевої функції її потрібно спочатку звести до ДДНФ, використовуючи рівносильності логіки висловлень. Оскільки в курсі математичної логіки педагогічного університету детально розглянуті методи отримання ДДНФ булевих функцій, то розглянемо отримання за методом Квайна скороченої ДНФ булевої функції, заданої таблично.

Приклад 1. За методом Квайна мінімізувати булеву функцію трьох змінних, що набуває істинних значень на наборах № 0, 1, 2, 6, 7.

Розв'язування: Побудуємо інформаційну модель даної булевої функції та запишемо її ДДНФ.

$\lvert x_1 \rvert$	$\lvert x_2 \rvert$	$\lvert x_3 \rvert$	$\lvert f \rvert$
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

Аналітичний вираз інформаційної моделі заданої функції у вигляді ДДНФ має вигляд:

$$f = \underbrace{\overline{x_1}\,\overline{x_2}\,\overline{x_3}}_{I} \vee \underbrace{\overline{x_1}\,\overline{x_2}\,x_3}_{II} \vee \underbrace{\overline{x_1}\,x_2\,\overline{x_3}}_{III} \vee \underbrace{x_1 x_2\,\overline{x_3}}_{IV} \vee \underbrace{x_1 x_2 x_3}_{V}$$

Для отримання простих імплікант функції виконаємо операції неповного склеювання та поглинання для всіх можливих пар конституентів одиниці.

$I-II:\ \overline{x_1}\,\overline{x_2}\,\overline{x_3} \vee \overline{x_1}\,\overline{x_2}\,x_3 \equiv \overline{x_1}\,\overline{x_2}\,\overline{x_3} \vee \overline{x_1}\,\overline{x_2}\,x_3 \vee \overline{x_1}\,\overline{x_2} \equiv \overline{x_1}\,\overline{x_2}$;

$I-III:\ \overline{x_1}\,\overline{x_2}\,\overline{x_3} \vee \overline{x_1}\,x_2\,\overline{x_3} \equiv \overline{x_1}\,\overline{x_2}\,\overline{x_3} \vee \overline{x_1}\,x_2\,\overline{x_3} \vee \overline{x_1}\,\overline{x_3} \equiv \overline{x_1}\,\overline{x_3}$;

$III-IV:\ \overline{x_1}\,x_2\,\overline{x_3} \vee x_1 x_2\,\overline{x_3} \equiv \overline{x_1}\,x_2\,\overline{x_3} \vee x_1 x_2\,\overline{x_3} \vee x_2\,\overline{x_3} \equiv x_2\,\overline{x_3}$;

$IV-V:\ x_1 x_2\,\overline{x_3} \vee x_1 x_2 x_3 \equiv x_1 x_2\,\overline{x_3} \vee x_1 x_2 x_3 \vee x_1 x_2 \equiv x_1 x_2$.

Для пошуку мінімальних форм зручно користуватися імплікантною таблицею, в якій позначимо входження простих імплікант в конституенти одиниці булевої функції.

Таблиця 2

Імплікантна таблиця булевої функції

	$\overline{x_1}\,\overline{x_2}\,\overline{x_3}$	$\overline{x_1}\,\overline{x_2}\,x_3$	$\overline{x_1}\,x_2\,\overline{x_3}$	$x_1 x_2\,\overline{x_3}$	$x_1 x_2 x_3$
$\overline{x_1}\,\overline{x_2}$	$\otimes$	$\otimes$			
$\overline{x_1}\,\overline{x_3}$	$\times$		$\times$		
$x_2\,\overline{x_3}$			$\times$	$\times$	
$x_1 x_2$				$\otimes$	$\otimes$

Позначимо знаком $\otimes$ ядро функції – сукупність імплікант, що відповідають одноразово покритим конституентам. В даному прикладі ядром функції будуть прості імпліканти $\overline{x_1}\,\overline{x_2}$ та $x_1 x_2$. Для отримання аналітичного виразу повністю мінімізованої логічної функції потрібно ядро доповнити імплікантами для отримання повного перекриття всіх конституент вихідної булевої функції. Отримаємо дві еквівалентні мінімальні ДНФ функції f :

$$f = \overline{x_1}\,\overline{x_2} \vee \overline{x_1}\,\overline{x_3} \vee x_1 x_2 \equiv \overline{x_1}\,\overline{x_2} \vee x_2\,\overline{x_3} \vee x_1 x_2 .$$

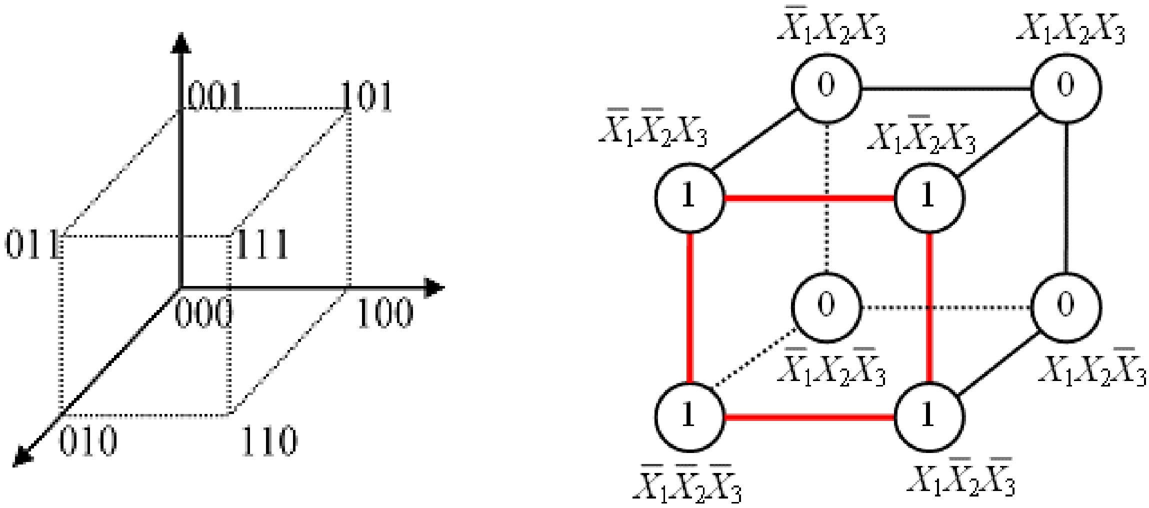
Існують і інші аналітичні методи мінімізації булевих функцій. Студентам слід розповісти про деякі з них і запропонувати на лабораторних заняттях скоротити одну й ту саму булеву функцію, використовуючи різні методи мінімізації, для подальшого порівняння отриманих результатів з метою визначення найшвидших методів мінімізації. Доцільно також ознайомити студентів з програмними засобами, призначеними для мінімізації функцій алгебри логіки з метою автоматизації даного процесу.

Використання методу Блейка-Порецького дає змогу отримати скорочену ДНФ функції f з її довільної диз’юнктивної нормальної форми використовуючи операції узагальненого склеювання та поглинання. За даним методом отримують скорочену ДНФ функції f у випадку виконання всіх можливих операцій узагальненого склеювання та всіх поглинань.

Застосування методу Нельсона дає змогу отримати скорочену ДНФ булевої функції f з її довільної кон’юнктивної нормальної форми. Суть методу полягає у використанні такого твердження: якщо в довільній КНФ булевої функції f розкрити дужки і здійснити всі поглинання, то в результаті отримається скорочена ДНФ булевої функції f [5].

Метод мінімізації булевих функцій Квайна був узагальнений Мак-Класкі, який запропонував використовувати геометричне подання логічних функцій у вигляді $n-$вимірного куба. Кожен набір аргументів $x_1, x_2, ..., x_n$ є $n-$вимірним вектором, за яким визначається точка $n-$вимірного простору. Конституентам відповідають вершини куба, а імплікантам – ребра і грані. Характерною особливістю даного алгоритму є використання його для логічних функцій будь-якогої кількості логічних змінних та однозначність алгоритму, що дає змогу використовувати його для мінімізації булевих функцій за допомогою ЕОМ.

Велику увагу слід приділити графічним методам мінімізації булевих функцій, оскільки вони досить зручні для мінімізації, і, як показує досвід навчання логічних основ інформатики студентів інформатичних спеціальностей педагогічних університетів, викликають у студентів зацікавленість, що позитивно впливає на активізацію їхньої навчально-пізнавальної діяльності. До таких методів відносять метод карт Карно та діаграм Вейча, в яких використовуються графічне подання мінтермів булевих функцій і операції повного склеювання для пониження рангу кон’юнкцій та отримання простих імплікант логічних функцій.



а) куб двійкових чисел Мак-Класкі б) куб імплікант Мак-Класкі

Рис. 1. Інформаційна модель мінімізаційних кубів Мак-Класкі

За допомогою графічних методів мінімізації можна отримати мінімізовану ДНФ булевої функції, минаючи етапи пошуку скороченої та тупикової форм логічної функції. Графічні методи призначені для ручної мінімізації булевих функцій невеликої кількості аргументів. Карти Карно та діаграми Вейча застосовують для мінімізації функцій з кількістю змінних $n \le 6$. Введемо поняття мінтерма та макстерма.

Мінтерм – це функція n змінних, яка дорівнює одиниці тільки на одному наборі. Мінтерм одержують як кон'юкцію n змінних, що входять до нього у прямому поданні, якщо значення даної змінної в наборі $x_i = 1$, та з запереченням, якщо $x_i = 0$. При n змінних існує 2^n мінтермів $m_0, m_1, ..., m_k$, де $k = 2^n - 1$.

Значення функції f, які відповідають згідно з таблицею істинності кожному $k - му$ наборові, позначені через f_0, f_1, f_2, f_3, а подання функції f у вигляді ДДНФ є диз'юнкцією мінтермів, які відповідають наборам змінних, для яких $f_i = 1$:

$$f = f_0 \cdot m_0 \vee f_1 \cdot m_1 \vee f_2 \cdot m_2 \vee f_3 \cdot m_3 \equiv 1 \cdot m_0 \vee 0 \cdot m_1 \vee 1 \cdot m_2 \vee 0 \cdot m_3 \equiv$$
$$\equiv m_0 \vee m_2 \equiv \overline{x_1}\,\overline{x_2} \vee x_1\overline{x_2}.$$

Макстерм – це функція n змінних, яка дорівнює нулю тільки на одному наборі. Макстерм одержують як диз'юнкцію усіх змінних, що входять до нього у прямому поданні, коли значення $x_i = 0$, або в інверсному поданні, якщо значення $x_i = 1$. Число макстермів дорівнює 2^n, а для функції двох змінних вони наведені в Таблиці 3. ДКНФ логічної функції f записується у вигляді кон'юнкції макстермів:

$$f = (f_0 \vee M_0) \cdot (f_1 \vee M_1) \cdot (f_2 \vee M_2) \cdot (f_3 \vee M_3) \equiv (1 \vee M_0) \cdot (0 \vee M_1) \cdot (1 \vee M_2) \cdot (1 \vee M_3) \equiv$$
$$\equiv M_1 \cdot M_3 \equiv (x_1 \vee \overline{x_2}) \cdot (\overline{x_1} \vee \overline{x_2}).$$

Таблиця 3

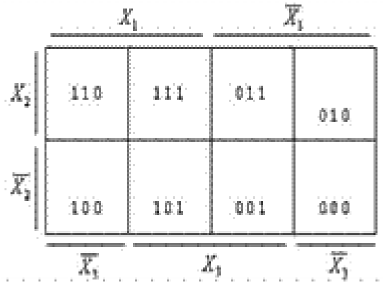
Мінтерми та макстерми функції двох змінних

$\lvert x_1 \rvert$	$\lvert x_2 \rvert$	$\lvert f \rvert$	f_k	Мінтерми	Макстерми
0	0	1	$f_0 = 1$	$m_0 = \overline{x_1}\,\overline{x_2}$	$M_0 = x_1 \vee x_2$
0	1	0	$f_1 = 0$	$m_1 = \overline{x_1}x_2$	$M_1 = x_1 \vee \overline{x_2}$
1	0	1	$f_2 = 1$	$m_2 = x_1\overline{x_2}$	$M_2 = \overline{x_1} \vee x_2$
1	1	0	$f_3 = 0$	$m_3 = x_1x_2$	$M_3 = \overline{x_1} \vee \overline{x_2}$

Варто наголосити на схожості методів карт Карно та діаграм Вейча мінімізації логічних функцій, відмінність між якими полягає лише у способі розмітки рядків та стовпців таблиць. Рядки та стовпці карт Карто позначаються десятковими цифрами – номерами наборів, а елементи діаграм Вейча – логічними змінними. Кожна комірка таблиці однозначно відповідає певному набору значень істинності змінних логічної функції, тобто мінтермам цієї функції.

X_1 \ $X_2 X_3$	00	01	11	10
0	000	001	011	010
1	100	101	111	110

а) карта Карно



б) діаграма Вейча

Рис. 2. Таблиці графічних методів мінімізації для функції трьох змінних

Основна ідея використання графічних методів мінімізації полягає в тому, що в сусідніх клітинках таблиць знаходяться мінтерми, які відрізняються значенням однієї змінної, за якою можна виконати операцію повного склеювання і зменшити ранг конституенти одиниці. При мінімізації для кожного мінтерму, що входить у ДДНФ функції f, ставиться одиниця, а інші клітинки залишаються незаповненими.

Побудувавши карти Карно (діаграми Вейча) для функції f, мінімізуємо досліджувану функції, скориставшись загальними правилами мінімізації [7]:

1. Зображають карту Карно для n змінних і виконують розмітку її рядків і стовпчиків (Рис. 3). У клітинки таблиці, що відповідають мінтермам (одиничним наборам) функції, яка мінімізується, записують одиницю.
2. Склеюванню підлягають прямокутні конфігурації, що заповнені одиницями і містять 2, 4 або 8 клітинок. Верхні й нижні рядки, крайні ліві і праві стовпчики карти теж склеюються, утворюючи уявну поверхню циліндра.
3. Покриттям називають множину прямокутників, що покривають усі одиниці: $z = {}^{r}\!/_{s}$, де r – загальне число прямокутників, а s – їх сумарна площа в клітинках. З кількох можливих варіантів покриття обирають той, у якого найменший коефіцієнт покриття.
4. Після виконання операції повного склеювання отримаємо ДДНФ з r імплікант функції f. Рангом кон'юнкції називається кількість змінних у конституенті одиниці. При склеюванні двох сусідніх клітинок отримуємо ранг кон'юнкції $n-1$, чотирьох клітинок – $n-2$ і т. д.

Приклад 2. Мінімізувати за методом карт Карно функцію трьох змінних, що набуває істинних значень на наборах № 0, 2, 3, 4, 6.

Розв'язування: Мінімізацію булевої функції студенти починають з побудови інформаційної моделі функції від трьох змінних, що набуває значень істинності у вище зазначених наборах:

$\lvert X_1 \rvert$	$\lvert X_2 \rvert$	$\lvert X_3 \rvert$	$\lvert F \rvert$
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

Після побудови таблиці істинності логічної функції потрібно зобразити карти Карно для даної функції (Рис. 3)

а)

X_1 \ $X_2 X_3$	00	01	11	10
0	000	001	011	010
1	100	101	111	110

б)

X_1 \ $X_2 X_3$	00	01	11	10
0	$\overline{X}_1 \overline{X}_2 \overline{X}_3$	$\overline{X}_1 \overline{X}_2 X_3$	$\overline{X}_1 X_2 X_3$	$\overline{X}_1 X_2 \overline{X}_3$
1	$X_1 \overline{X}_2 \overline{X}_3$	$X_1 \overline{X}_2 X_3$	$X_1 X_2 X_3$	$X_1 X_2 \overline{X}_3$

X_1 \ $X_2 X_3$	00	01	11	10
0	0	1	3	2
1	4	5	7	6

в)

X_1 \ $X_2 X_3$	00	01	11	10
0	1		1	1
1	1			1

г)

Рис. 3. Мінімізація булевої функції за методом карт Карно

Виконавши мінімізацію так, як показано на рис 3, отримаємо форму логічної функції, яка містить всього чотири логічні операції $F = \overline{X}_1 \cdot X_2 \vee \overline{X}_3$, і дуже зручна в реалізації.

На лекційних заняття слід подати понятійний апарат графічних методів мінімізації, зобразити карти Карно та навести загальні правила мінімізації. На лабораторних заняттях доцільно запропонувати студентам виконати мінімізацію логічних функцій 2, 3, 4 та 5 змінних за методом карт Карно. Доцільно також виконати таке завдання: виконати мінімізацію функції трьох змінних, що набуває істинних значень на наборах № 1, 2, 4, 5, 7, за аналітичним методом та за методом карт Карно. Порівняти отримані результати.

Досить часто для синтезу логічного пристрою доводиться виконувати мінімізацію системи булевих функцій. Оскільки метод мінімізації систем булевих функцій ґрунтується на розглянутому раніше методі Квайна отримання скорочених ДНФ логічних функцій та існує обмеження навчального часу на вивчення методів мінімізації (8 аудиторних годин), то доцільно на лекційних заняттях навести лише алгоритм мінімізації систем булевих функцій, розглянувши кілька прикладів на лабораторних заняттях.

Список використаних джерел

1. Бабич М.П. Комп’ютерна схемотехніка: Навчальний посібник / М.П. Бабич, І.А. Жуков. – К.: МК-Прес, 2004. – 412 с., іл.
2. Глушков В.М. Синтез цифровых автоматов / Виктор Михайлович Глушков. – М.: Физматлит, 1962. – 476 с.
3. Жалдак М.І., Рамський Ю.С. Шкільній інформатиці – 25! // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 2. Комп’ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наук. праць / Редрада. – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2010. - № 8(15). – С. 3 – 17.
4. Кобильник Т.П Фундаментальність інформатичної освіти // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 2. Комп’ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наук. праць / Редрада. – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2007. – № 5 (12). – С. 78 – 81.
5. Кондратенко Н.Р. Комп’ютерний практикум з математичної логіки: навчальний посібник / Н.Р. Кондратенко. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 117 с.
6. Логічні основи інформатики: програма навчальної дисципліни для підготовки студентів спеціальності 6.040302 “Інформатика*” Інституту інформатики НПУ імені М.П. Драгоманова [Текст]; укл. І.А. Твердохліб (в авторській редакції). – К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2013. – 27 с.
7. Прикладна теорія цифрових автоматів: Навч. посібник / В.І. Жабін, І.А. Жуков, І.А. Клименко, В.В. Ткаченко. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2007. – 364 с.

Підгорна Т.В.

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

Особливості формування системи інформатичних компетентностей майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін

Інформатизація суспільства, впровадження в сферу освіти засобів сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) відкривають нові перспективи для підвищення ефективності навчально-виховного процесу, самоосвіти, зокрема і при навчанні дисциплін природничо-