

**Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет**

О.Д.Азаров В.В.Байко М.Р.Обертюх

КОМП'ЮТЕРНА ЕЛЕКТРОНІКА

ЕЛЕМЕНТИ ЦИФРОВИХ СХЕМ

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю "Комп'ютерні системи та мережі".

**УНІВЕРСУМ – Вінниця
2003**

Рецензенти :

А.М.Петух, доктор технічних наук, професор

В.П.Тарасенко, доктор технічних наук, професор

С.Т.Володарський, доктор технічних наук, професор

Рекомендовано до видання Міністерством освіти і науки України.
Лист №14/18-2-1696 від 22.10.03.

О.Д.Азаров, В.В.Байко, М.Р.Обертюх.

- А 35 **Комп'ютерна електроніка. Елементи цифрових схем:** Навчальний посібник. / Під загальною редакцією О.Д.Азарова. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. — 170 с.

ISBN 966-641-080-X

У даному посібнику наводяться основні відомості з елементів цифрових схем. Описано ключі на біполярних і польових транзисторах. Наведено короткий огляд основних параметрів логічних елементів і необхідний набір термінів і понять. Розглянуто логічні елементи ТТЛЦ, ЕЗЛ, КМОН, І²Л, GaAs, JET типів. Особлива увага приділена розгляду різноманітних тригерних пристроїв. Представлені схеми елементів цифрових схем і часові діаграми роботи практичних усіх пристроїв, отримані за допомогою методів логічного моделювання системи PCAD, MicroSim, MicroCap V.

Навчальний посібник призначений для студентів спеціальності "Комп'ютерна система та мережі".

УДК621.382.8.(075)

ISBN 966-641-080-X

ВСТУП

Сучасний етап розвитку напівпровідникової електроніки характеризується створенням широкої номенклатури і масовим випуском інтегральних мікросхем, запам'ятовуючих пристроїв, мікропроцесорних комплектів, однокристальних ЕОМ, RISC-процесорів. Стрімко розвивається ринок замовлених великих інтегральних схем (БІС) на базі матричних кристалів (БМК), програмованих логічних матриць, програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС). Зростає номенклатура спеціалізованих БІС інтерфейсів локальних обчислювальних мереж. Збільшення обсягу випуску ЕОМ різних класів, систем автоматизації проектування, автоматизованих робочих місць, систем автоматизації, реєстрації й обробки даних вимагає добре підготовлених фахівців як з математичного і програмного забезпечення, так і з розробки апаратної частини всіх пристроїв, що використовуються в обчислювальній техніці.

Все це призвело до виділення основ побудови комп'ютерних пристроїв в окрему дисципліну, яка стосується як принципів побудови аналогових елементів, так і методів реалізації складних логічних схем. Подібний підхід робить більш цілісним, об'єднаним в єдину органічну дисципліну розуміння основ побудови і роботи комп'ютерів і комп'ютерних пристроїв.

Навчальний посібник покликаний забезпечити підготовку студентів із вказаних питань. Цьому буде сприяти, зокрема, велике число завдань, кожне з яких має прикладний характер.

Перший розділ присвячений опису цифрових ключів, що є базовими вузлами логічних елементів. Описано ключі на біполярних і польових транзисторах. Особлива увага приділена методам прискорення швидкодії ключових елементів, а також застосуванню їх у реальних пристроях. Наведено статичні і динамічні характеристики всіх елементів, отримані в системі електронного моделювання MicroSim. Другий розділ містить короткий огляд основних параметрів логічних елементів, описує необхідний набір термінів і понять потрібний для правильного розуміння подальших розділів. Третій розділ присвячений опису конкретних реалізацій логічних елементів, які отримали застосування у наш час. Розглянуто логічні елементи ТТЛШ, ЕЗЛ, КМОН, І²Л, GaAs JET типів. Автори виключили опис логічних елементів РТЛ, ДТЛ, ТТЛ типу, які вже практично не застосовуються. Розглянуто різні модифікації логічних елементів з додатковими функціональними властивостями такі як: реалізація схем з підвищеною температурною стабільністю, підвищеною навантажувальною здатністю, розширеними логічними можливостями, модифікації елементів застосовуваних у складі БІС, динамічних імпульсних елементів, елементів із трьома станами і схем узгодження рівнів. Четвертий розділ присвячений розгляду різноманітних тригерних

ристроїв. Наведено широку класифікацію статичних, динамічних і статико-динамічних тригерних пристроїв, розглянуті варіанти побудови асинхронних, статичних і динамічних синхронних тригерів, зокрема пристроїв MS-типу, на базі трьох тригерів. У розділі наведено схеми і часові діаграми роботи розглянутих пристроїв, отриманих за допомогою методів логічного моделювання системи PCAD.

Автори хотіли б висловити подяку всім, хто допомагав їм під час підготовки цього навчального посібника.

Навчальний посібник може бути корисним як для студентів і фахівців зі спеціальностей 7.091501, так і 7.080403 і 7.080404, які займаються проектуванням і обслуговуванням комп'ютерної техніки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Преснухин Л.Н. и др. Расчет элементов цифровых устройств: Учебное пособие/Л.Н. Преснухин, Н.В.Воробьев, А.А.Шишкевич; Под ред. Л.Н. Преснухина. - 2-е изд, перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1991. - 526 с.: ил.
2. Завадский В.А. Компьютерная электроника / Завадский В.А. - К.: БЕК, 1996.-386 с., ил.
3. Букреев И.Н. и др. Микроэлектронные схемы цифровых устройств. - 3-е изд., перераб. и доп. / И.Н. Букреев, В.И. Горячев, Б.М.Мансуров. - М.: Радио и связь, 1990. - 416 с.: ил.
4. Цифровые ЭВМ: Практикум / К.Г. Самофалов, В.И. Корнейчук, В.П. Тарасенко, В.И. Жабин: Под. общ. ред. К.Г. Самофалова. - К. : Выща шк., 1990.-215 с.: ил.
5. Скаржепа В.А., Сенько В.И. Электроника и схемотехника: Сб. задач / Под. общ. ред. А.А.Краснопрошиной. - К.: Выща шк. 1989. - 232 с.
- 6.Элементы цифровой схемотехники: Учеб. пособие В.П.Сигорский, В.И.Зубчук, А.Н. Шкуро. - Киев: УМК ВО, 1990. - 235 с.
7. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники : Учеб. пособие для вузов. - М.: Сов. Радио, 1980. - 424 с., ил.
8. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. СПб.: БВХ - Санкт-Петербург, 2000.-528 с.: ил.
9. Цифровые интегральные микросхемы: Справочник / П.П. Мальцев, Н.С. Долидзе, М.И. Критенко и др. - М.: Радио и связь, 1994. - 240 с.: ил.
10. Основи теорії лінійних інтегральних схем / О. Д. Азаров, В. В. Байко, М. Р. Обертюх // Навчальний посібник / Під загальною редакцією доктора технічних наук, професора О. Д. Азарова.- Вінниця, 1999.- 226с.
11. Стахов А. П. О возможности создания надежных преобразователей информации на основе кодов с иррациональными основаниями / А. П. Стахов, А.Д .Азаров, А. Г. Рубин // Управляющие системы и машины – К., 1980 – No4. С. 49– 53.
12. Азаров О.Д. Підвищення точності швидкодіючих АЦП конвеєрного типу методом інформаційної надлишковості / О.Д. Азаров, О.В. Шапошніков // Вісник вінницького політехнічного інституту – В., 2001 – No5. – С. 68-73.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1 Цифрові ключі	5
1.1 Діодні ключі.....	5
1.2 Ключі на біполярних транзисторах.....	7
1.2.1 Найпростіший ключ на біполярному транзисторі.....	7
1.2.2 Біполярний ключ з використанням прискорювального конденсатора.....	15
1.2.3 Біполярний ключ із використанням від'ємного зворотного зв'язку	18
1.2.4 Біполярний ключ із використанням діода Шотткі як елемента від'ємного зворотного зв'язку.....	22
1.2.5 Біполярний ключ із джерелом додаткового зміщення.....	24
1.2.6 Порівняльна характеристика біполярних ключів.....	26
1.3 Струмівий перемикач	27
1.4 Ключі на МДН-транзисторах	31
1.4.1 Найпростіший ключ на МДН-транзисторі	31
1.4.2 МДН-ключ із нелінійним навантаженням.....	35
1.4.3 МДН-ключ із квазілінійним навантаженням	36
1.4.4 МДН-ключ із струмостабілізуювальним навантаженням	37
1.4.5 Комплементарний ключ	37
1.4.6 Порівняльна характеристика параметрів МДН-ключів	40
Контрольні питання	42
Варіанти завдань	43
2 Загальні характеристики елементів цифрових приладів.....	45
2.1 Класифікація елементів.....	45
2.2 Статичні і динамічні характеристики та параметри елементів.....	48
Контрольні питання	54
3 Логічні елементи цифрових пристроїв	55
3.1 Транзисторно-транзисторні логічні елементи	55
3.2 Багатоємітерний транзистор.....	59
3.3 Транзисторно-транзисторні логічні елементи на транзисторах Шотткі	62

3.4	Логічні елементи на перемикачах струму (ЕЗЛ)	65
3.5	Логічні схеми на уніполярних транзисторах	79
3.6	Логічні елементи надвисокої швидкодії на польових транзисторах з затвором Шотткі	93
3.7	Елементи інтегральної інжекційної логіки	97
3.8	Логічні елементи з трьома станами.....	102
3.9	Схеми узгодження логічних рівнів (перетворювачі рівнів)	104
3.10	Схемотехнічні особливості логічних елементів, реалізованих у складі ВІС.....	105
3.11	Порівняльний аналіз характеристик логічних елементів	108
	Контрольні питання	111
4	Тригерні елементи цифрових пристроїв.....	114
4.1	Загальні характеристики	114
4.2	Вимоги та параметри які характеризують цифрові пристрої.....	120
4.3	Тригер як елементарний послідовний автомат.....	122
4.4	Статичні тригери	124
4.5	Тригери керування за рівнем (виду L, \bar{L})	125
4.6	Синхронні тригери з динамічним керуванням записом інформації	140
4.7	Тригери з динамічним керуванням записом за схемою трьох тригерів.....	141
4.8	Синхронні двоступеневі тригери	149
4.9	Асинхронні входи синхронних тригерів	162
4.10	Синтез тригерних пристроїв	163
	Контрольні питання	164
	Список літератури.....	167

Навчальне видання

Олексій Дмитрович Азаров
Віктор Володимирович Байко
Максим Романович Обертюх

КОМП'ЮТЕРНА ЕЛЕКТРОНІКА ЕЛЕМЕНТИ ЦИФРОВИХ СХЕМ

Навчальний посібник

Оригінал макет підготовлено авторами

Редактор Скалоцька О.Д.

Видавництво ВНТУ „УНІВЕРСУМ-Вінниця”
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м.Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку 24.11.2003 р. Гарнітура Times New Roman
Формат 29.7×42¼ Папір офсетний
Друк різнографічний Ум.друк.арк. 9,75
Тираж 200 прим.
Зам.№ 2003-178

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м.Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, головний корпус, к.114
Тел.: (0432) 44-01-59