

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

О.Д.Азаров В.В.Байко М.Р.Обертюх

КОМП'ЮТЕРНА ЕЛЕКТРОНІКА

частина II

ЕЛЕМЕНТИ ЦИФРОВИХ СХЕМ

Затверджено Ученою радою Вінницького державного технічного університету як навчальний посібник для студентів спеціальності "Комп'ютерні системи та мережі" денної та заочної форми навчання. Протокол № 5 від 27.12.2000 року.

Вінниця ВДТУ 2002

Рецензенти :

В.П.Кожем'яко, доктор технічних наук, професор

В.П.Тарасенко, доктор технічних наук, професор

С.Т.Володарський, доктор технічних наук, професор

Рекомендовано до видання Ученою радою Вінницького державного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Азаров О.Д., Байко В.В., Обертюх М.Р.

A35 Комп'ютерна електроніка, частина II. Елементи цифрових схем. Навчальний посібник. Під загальною редакцією доктора технічних наук., професора О.Д.Азарова. – Вінниця: ВДТУ, 2002. - 170 с.

У даному посібнику наводяться основні відомості з елементів цифрових схем. Описано ключі на біполярних і польових транзисторах. Докладно розглянуті методи прискорення швидкодії ключових елементів. Наведено огляд основних параметрів логічних елементів і необхідний набір термінів і понять. Розглянуто конкретні реалізації сучасних логічних елементів. Розглянуто логічні елементи ТТЛШ, ЕЗЛ, КМОН, І²Л, GaAs, JET типів. Особлива увага приділена розгляду різноманітних тригерних пристроїв. Наведено класифікацію тригерних пристроїв, розглянуто принципи побудови асинхронних і синхронних тригерів. Представлені схеми вказаних елементів цифрових схем і часові діаграми роботи практично усіх пристроїв, отримані за допомогою методів логічного моделювання системи PCAD, MicroSim, MicroCap V.

Навчальний посібник призначений для студентів спеціальностей 7.091501. "Комп'ютерні системи та мережі" курсу "Комп'ютерна електроніка" і деякі його розділи можуть бути використані для вивчення курсів "Схемотехніка ЕОМ", "Організація функціонування ЕОМ", а також може бути рекомендований фахівцям спеціальностей 7.160105, 7.080403 і 7.080404 в галузі розробки і застосування комп'ютерної техніки.

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, I²Л, 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

пристроїв. 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.:
2. Завадский В.А. Компьютерная электроника / Завадский В.А. - К.: ВЕК, 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. Высокопроизводительные преобразователи информации на основе избыточных систем счисления / О. Д. Азаров, А. П. Стахов, В. П. Марценюк, В. И. Моисеев В. Я. Стейскал // Учебное пособие для студентов специальности "Вычислительные машины, комплексы, системы и сети".- Киев: УМК ВО, 1988. - 160 с.
12. 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 – №4. С. 49 – 53.
13. Азаров О.Д. Підвищення точності швидкодіючих АЦП конвеєрного типу методом інформаційної надлишковості / О.Д. Азаров, О.В. Шапошніков // Вісник вінницького політехнічного інституту – В., 2001 – №5. – 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.....	25
1.3 Струмівий перемикач	26
1.4 Ключі на МДН-транзисторах.....	31
1.4.1 Найпростіший ключ на МДН-транзисторі	31
1.4.2 МДН-ключ із нелінійним навантаженням.....	34
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 Багатоємні 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 Шоттки	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})	124
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

О.Д.Азаров В.В.Байко М.Р.Обертюх

КОМП'ЮТЕРНА ЕЛЕКТРОНІКА
частина II
ЕЛЕМЕНТИ ЦИФРОВИХ СХЕМ

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено авторами

Редактор Скалоцька О.Д.

Підписано до друку *22.02.02р*
Формат 29,7x42¼. Гарнітура Times New Roman
Друк різнографічний Ум. друк. арк. *7.13*
Тираж *75* прим.
Зам. № *2002-061*

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького державного технічного університету
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВДТУ, ГНК, 9-й поверх
Тел (0432) 44-01-59