

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

Азаров О. Д., Марценюк В. П., Біліченко Н. О.

Аналого-цифрові інтерфейси ЕОМ
Навчальний посібник для студентів спеціальностей
”Комп’ютерні системи та мережі” і ”Захист інформації в
комп’ютерних системах та мережах”

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальностями ”Комп’ютерні системи та мережі” і ”Захист інформації в комп’ютерних системах та мережах”

Рецензенти:

Є. Т. Володарський, доктор технічних наук, професор

В. П. Тарасенко, доктор технічних наук, професор

Р. Н. Квєтний, доктор технічних наук, професор

Рекомендовано до видання Міністерством освіти і науки України.
Лист № 14/18.2 – 1703 від 22.10.03р.

Азаров О. Д., Марценюк В. П., Біліченко Н. О.

А 35 **Аналого-цифрові інтерфейси ЕОМ.** Навчальний посібник. —
Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. — 179с.

ISBN 966-641-176-8

Навчальний посібник присвячено аналізу інформаційних основ та принципів побудови структур і елементів аналого-цифрових інтерфейсів ЕОМ, які виконують функції узгодження аналогової та цифрової форм інформації, дозволяють взаємодіяти з ЕОМ різноманітним джерелам та користувачам інформації, що передається в аналоговій (безперервній) формі.

Посібник призначено для студентів спеціальностей "Комп'ютерні системи та мережі" і "Захист інформації в комп'ютерних системах та мережах" при вивченні ними курсів "Теорія інформації та кодування" (ТІК), "Периферійні пристрої" (ПП), "аналого-цифрова техніка" (АЦТ) та "Цифрові системи зв'язку" (ЦСЗ) і може бути корисним студентам суміжних спеціальностей.

УДК 681.305

ISBN 966-641-176-8

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
Тематичний вступ	6
Розділ 1 Основи теорії інформації та дискретизації сигналів.....	10
1.1 Основні поняття теорії інформації	10
1.2 Спектральне зображення періодичних сигналів.....	13
1.3 Дискретизація аналогових сигналів.....	15
1.4 Особливості спектрів дискретизованих аналогових сигналів.....	18
1.5 Методи дискретизації.....	23
1.6 Самоконтроль знань	26
Розділ 2 Основи кодування в інформаційних каналах	28
2.1 Класифікація та характеристики методів кодування	28
2.2 Кодування з ущільненням.....	29
2.3 Завадостійке кодування	32
2.4 Канальне кодування	37
2.5 Питання для самоконтролю.....	41
Розділ 3 Алгоритми та структури аналого-цифрового інтерфейсу	42
3.1 Узагальнені структури та алгоритми АЦ	42
3.2 Системні особливості побудови АЦ інтерфейсу	46
3.3 Самоконтроль знань	59
Розділ 4 Аналого-цифрові вузли інтерфейсів ЕОМ.....	60
4.1 Первинні перетворювачі фізичних величин в електричний сигнал	60
4.1.1 Класифікація датчиків	60
4.1.2 Характеристики датчиків.....	62
4.1.3 Активні датчики.....	64
4.1.4 Пасивні датчики.....	67
4.2 Узгоджувально-нормувальні пристрої	74
4.3 Мультиплексори аналогових сигналів	79
4.4 Схеми вибирання та зберігання аналогових сигналів.....	92
4.5 Питання для самоконтролю.....	100
Розділ 5 Аналого-цифрові перетворювачі.....	102
5.1 Характеристики АЦП і ЦАП.....	102
5.2 Системні перетворювачі інформації.....	111
5.3 Підвищення точності АЦП з використанням НПСЧ	120
5.4 Підвищення швидкодії з використанням НПСЧ	129
5.5 Структурні елементи АЦ перетворювачів	133
5.5.1 Цифро-аналогові перетворювачі	133
5.5.2 Регістри порозрядного врівноважування	136
5.5.3 Перетворювачі струм – напруга	139
5.5.4 Компаратори напруг і струмів.....	140
5.6 Питання для самоконтролю.....	145
Розділ 6 Передача даних в аналого-цифрових інтерфейсах.....	146
6.1 Типова структура каналу передачі даних.....	146

6.2 Класифікація та характеристики каналів передачі даних.....	147
6.3 Стандартизація каналів передача даних.....	151
6.4 Методи модуляції та демодуляції.....	155
6.5 Багатоканальна передача даних	160
6.7 Hayes (AT) – команди.....	170
6.8 Питання для самоконтролю.....	176
Список використаної літератури	177

ПЕРЕДМОВА

Розробка навчального посібника "Аналого-цифрові інтерфейси ЕОМ" має допомогти студентам факультету "Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія" у засвоєнні матеріалів курсів.

Базовою літературою з питань, що розглядаються, слід вважати джерела [1-8] відповідно до списку літератури. В той же час вказані книги не охоплюють всіх аспектів курсів ППК, АЦТ, ЗТСМ та СПІ у частині теорії дискретної обробки інформації, нових методів перетворення інформації, методів каналного та ущільнювального кодування та деяких інших питань. Все це вимагає від студентів при самостійному вивченні питань курсів звертання до цілого ряду інших літературних джерел, кількість яких в бібліотечному фонді ВНТУ обмежена. Необхідно також врахувати, що значна частина студентів змушена працювати і навчатися, враховуючи економічні умови життя, і не має достатнього часу для самостійного вивчення курсів за цих умов. В той же час даний навчальний посібник дозволяє надати допомогу практично всім студентам при підготовці до атестаційної перевірки знань як за модульно - рейтинговою системою, так і на екзамені. Окрім того вся навчальна література із вказаних дисциплін російськомовна, що додатково ускладнює роботу студентів, які навчаються державною мовою.

Тематичний вступ

Контроль та управління складними інформаційно - вимірювальними та технологічними процесами забезпечується шляхом аналізу досить значної кількості параметрів цих процесів. На практиці ця кількість коливається від декількох одиниць до декількох сотень, в залежності від типу процесу. Більшість процесів дозволяє зняти інформацію про їх параметри в автоматичному режимі за допомогою так званих первинних перетворювачів інформації. Як правило, первинний перетворювач інформації у якості вхідного сигналу має фізичні величини, що характеризують процес, такі, наприклад, як температура, тиск, вологість, швидкість і таке інше. Вихідний сигнал формується у вигляді струму, напруги або частоти. Він додатково характеризується такими параметрами, як динамічний діапазон зміни сигналу та ширини смуги частотного спектру.[1,2,3]

Одержані від первинних перетворювачів, як правило, безперервні (аналогові) сигнали напруги, струму або частоти необхідно ввести в ЕОМ в дискретній формі, обробити за вибраним алгоритмом та вивести, можливо в аналоговій формі, для подальшого управління технологічним процесом. Необхідність виконання цих операцій обумовлює проведення ряду перетворень інформаційних сигналів з аналогової форми в дискретну та навпаки, передачу сигналів по інформаційних каналах (в тому числі по лініях зв'язку) в аналоговій або дискретній формі, комутацію інформаційних каналів від різних первинних перетворювачів, узгодження характеристик елементів і ряду інших операцій. Ця задача реалізується за допомогою деякої сукупності пристроїв та елементів, що можна визначити як аналого-цифровий інтерфейс (АЦІ) ЕОМ. Узагальнена структура аналого-цифрового інтерфейсу може мати вигляд рис 1.

В структурній схемі прийняті такі абревіатури:

ППП₁-ППП_в – первинні перетворювачі інформації;

УНП – узгоджувально-нормувальні пристрої;

АФ – аналогові фільтри;

МС – мультиплексори;

АЦП – аналого-цифровий перетворювач;

МД – апаратура передачі даних (модем);

ЛЗ – лінія зв'язку;

ДМ – апаратура приймання даних (модем);

ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач;

ДМС – демультимплексор сигналів;

ПП – підсилювач потужності;

ВО – виконавчий орган.

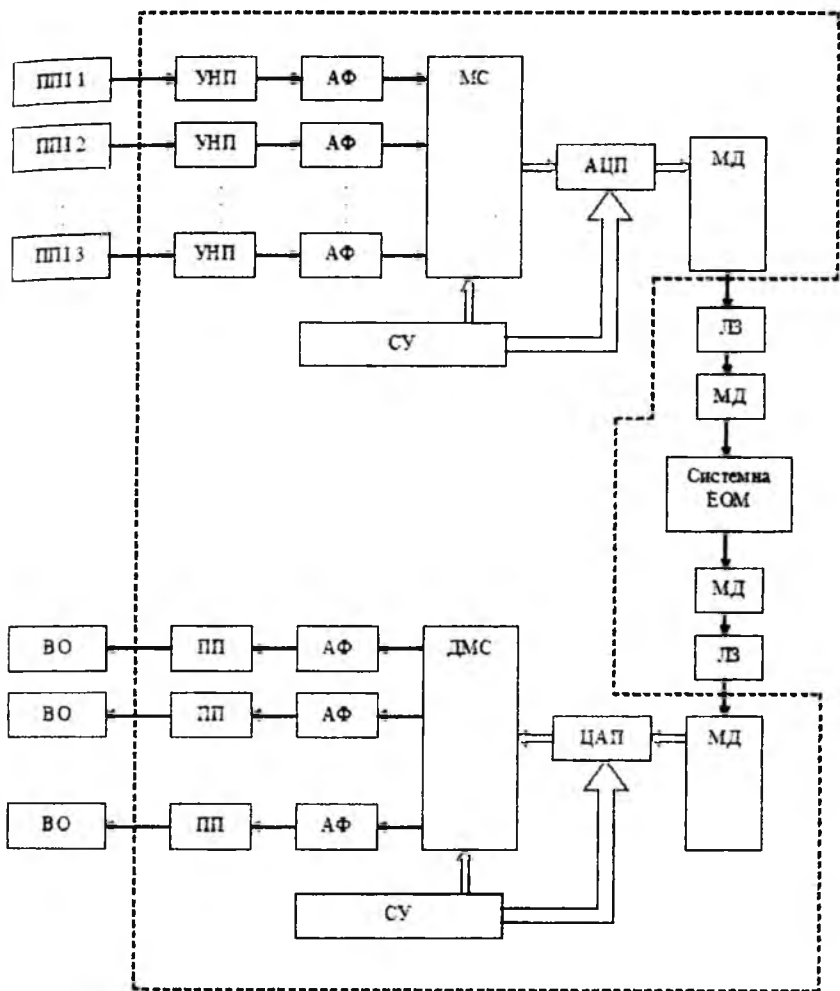


Рисунок 1 – Узагальнена структура АЦ інтерфейсу

Аналогові фізичні величини формують на виході первинних перетворювачів інформації (ППІ) сигнали напруги (струму, частоти та інш.), функція зміни яких пропорційна функції зміни параметрів інформаційно-технологічних процесів. Ці сигнали характеризуються, перш за все, динамічним діапазоном $Dx(t)$ в децибелах, де

$$Dx(t) = 20 \lg A_{\max} / A_{\min}$$

A_{\max} – максимальне значення амплітуди сигналу $X(t)$ в абсолютних одиницях (В, А, Гц);

A_{\min} – мінімальне значення сигналу в абсолютних одиницях (В, А,

Гц) та смугою частот в спектрі сигналу $x(t)$ від f_n до f_b в герцах (кГц, МГц).
Графічно це виглядає згідно з рис.2:

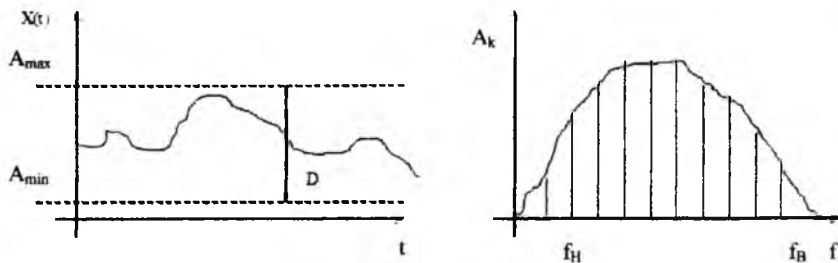


Рисунок 2 – Характеристики сигналу $X(t)$

Окрім цих параметрів потрібно враховувати вплив вихідних імпедансів ($R_{вих\text{ДПП}}$) та похибок характеристики передачі (перш за все нелінійностей) первинних перетворювачів. Передача сигналу $X(t)$ в схему АЦ інтерфейсу не повинна супроводжуватись додатковими похибками або їх величина не повинна перевищувати встановленої частки значення A_{\min} (у більшості випадків це $1/4A_{\min}$). Тому на вході АЦ інтерфейсу зазвичай встановлюють узгоджувально-нормувальні пристрої (УНП), основна функція яких полягає в забезпеченні вхідного імпедансу на рівні $R_{вх\text{УНП}} \geq (5/10)R_{вих\text{ДПП}}$. Це дозволяє усунути вплив вхідних кіл АЦ інтерфейсу на вихідний опір ППЗ як джерела сигналу.

Окрім функції узгодження імпедансів, УНП виконує також функції нормування (підсилення або послаблення) сигналу $X(t)$. Така необхідність виникає в тих випадках, коли вихідний сигнал ППЗ має низьке значення A_{\max} (на рівні мікрвольт або мілівольт). Основні функції УНП та функції аналогового фільтра (АФ) на практиці можна інколи забезпечувати одним елементом, використовуючи операційні підсилювачі. Якщо це неможливо, то аналоговий фільтр встановлюють додатково. До функцій аналогового фільтра відносять обмеження спектра частот сигналу $X(t)$ значеннями f_n та f_b . При цьому відсікаються всі складові, що не належать до сигналу $X(t)$. Аналоговий фільтр додатково застосовується для усунення ефекту накладання спектрів при дискретизації, а також для відновлення безперервних (аналогових) сигналів з дискретної (цифрової) форми.

Якщо інформаційно-технологічний процес характеризується значною кількістю параметрів, що обробляються N -ю кількістю ППЗ, то до складу АЦП необхідно вводити мультиплексори аналогових (або цифрових) сигналів. Мультиплексори сигналів (МС) дозволяють забезпечити перетворення N сигналів $X(t)$ з аналогової форми в цифрову за допомогою одного аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Для забезпечення такого перетворення необхідно мати АЦП, розрядність якого забезпечує динамічний діапазон $Dx(t)$.

$$n \geq D_x(t)/G, \text{ де } G = 20 \lg 2 \approx 6$$

Цей АЦП повинен мати частоту дискретизації в N раз вищу такої, що потрібна для перетворення в дискретну форму (дискретизації) сигналу $X(t)$ по одному каналу.

$$f_{g\text{АЦП}} \geq N \cdot f_{g\text{Х}(t)}$$

Передача такої дискретної (цифрової) інформації до системної ЕОМ може здійснюватись на значні відстані, в тому числі і по телефонних мережах. Така передача забезпечується пристроями передачі даних, у якості яких можуть використовуватись модеми (МД) під управлінням схем управління (СУ) АЦП [4,5,6,7,8].

У випадку необхідності організації зворотного інформаційного каналу передача цифрових даних здійснюється на значні відстані також за допомогою модему. Потім відбувається перетворення інформації з дискретної (цифрової) форми в аналогову за допомогою цифро-аналогового перетворювача (ЦАП). Розділ інформації по каналах здійснює демультимплексор (ДМС) (в даній структурі - аналоговий) сигналів. Подальшу фільтрацію високочастотних складових більших f_b здійснює аналоговий фільтр. Сигнал $x(t)$ підсилюється підсилювачем потужності і управляє роботою виконавчого органа (ВО). Загальне управління роботою всіх елементів АЦП знову ж здійснює схема управління (СУ), що може бути побудована на основі мікропроцесора.

Список використаної літератури

1. Б.М.Кочан, А.И.Воителев, Л.М.Лукиянов, Системы связи УВМ с объектами управления в АСУ ТП. - М.: Советское радио, 1978г.
2. В.Г.Чернов, Устройства ввода-вывода информации для цифровых систем сбора и обработки данных. - М.: Машиностроение, 1988г.
3. И.В.Кузьмин, В.А.Кедрус, Основы теории информации и кодирования. - Киев: Высшая школа, 1986г.
4. Н.Т.Березюк и др. Кодирование информации. - Харьков: Высшая школа, 1978г.
5. Дж.Кларк, Дж.Кейн, Кодирование и исправление ошибок в системах цифровой связи. - М.: Радио и связь, 1987г.
6. В.П.Марценюк, Методичні вказівки до засвоєння матеріалів курсу „Прикладна теорія інформації, кодування та зв'язку”. - Вінниця: ВДТУ, 1996р.
7. М.В.Гитлин, Цифровая магнитная запись. - М.: Радио и связь, 1990г.
8. Дж.Беллами, Цифровая телефония. - М.: Радио и связь, 1986г.
9. А.Н.Преснухин, Микропроцессоры, часть вторая. - М.: Высшая школа, 1986г.
10. А.П.Стахов, А.Д.Азаров, В.П.Марценюк и др. Высокопроизводительные преобразователи формы информации на основе избыточных систем счисления. - Киев: УМК, 1988г.
11. Дж.Сантуччи, Системы сбора данных. - Журнал „Электроника” №23, 1975г.
12. Управляющие вычислительные машины в АСУ технологическими процессами, под ред. Т.Харрисона. - М.: Мир, 1975г.
13. Дж.Вульвет, Датчики в цифровых системах. - М.: Энергоиздат, 1981г.
14. Сопряжение датчиков и устройств с компьютерами IBM PC, под ред. У.Томпкинса и Дж.Уэбстера. - М.: Мир, 1992г.
15. Е.С.Полищук, Измерительные преобразователи. - Киев: Высшая школа, 1981г.
16. Р.Гнатек, Справочник по цифроаналоговым и аналогово-цифровым преобразователям. - М.: Радио и связь, 1982г.
17. А.Г.Алексенко, Е.А.Коломбет, Г.И.Стародуб, Применение прецизионных аналоговых ИС. - М.: Радио и связь, 1981г.
18. Б.Г.Федорков, В.А.Телец, Микросхемы ЦАП и АЦП: функциональные, параметры и применение. - М.: Энергоиздат, 1990г.
19. А.И.Островерхов, Динамические погрешности АЦП. - М.: Энергоиздат, 1983г.
20. А.Д.Азаров, В.П.Поджаренко, В.А.Власенко, Избыточные системы счисления, моделирования, обработки данных и системное проектирование в технике преобразования информации. Киев: Высшая школа, 1990г.

21. Азаров О. Д. Основи теорії аналого-цифрового перетворення на основі надлишкових позиційних систем числення : монографія.- УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004.- 257 с.
22. Азаров О. Д. Високо лінійні порозрядні АЦП з ваговою надлишковістю для систем реєстрації і оброблення сигналів : монографія / О.Д. Азаров, С.М. Захарченко, О.А. Архипчук. - УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005.- 125 с.
23. А.И.Кондалев, В.А.Багацкий и др. Высокопроизводительные преобразователи формы информации. - Киев: Наукова думка, 1987г.
22. О.И.Лагутенко, Модемы, Справочник пользователя. - С.Петербург: изд. Тань, 1996г.
24. В.П.Марценюк, Методичні вказівки до контрольних робіт та теоритичні відомості з курсу „Периферійні пристрої”. - Вінниця: ВДТУ, 2003р.
25. А.В.Фролов, Г.В.Фролов, Программирование модемов. - М.: „Диалог- мифи”, 1993г.
26. Азаров О. Д. Аналого-цифрові пристрої систем, що самокоригуються, для вимірювань і оброблення низькочастотних сигналів : монографія / О.Д. Азаров, Л.В. Крупельницький. - УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005.- 167 с.
27. Азаров О. Д. Самокалібровані АЦП із накопиченням заряду на основі надлишкових позиційних систем числення / О.Д. Азаров, С.М. Захарченко, О.М. Харьков. - УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005.- 235 с.

Навчальний посібник

**Олексій Дмитрович Азаров
Валерій Пантелеймонович Марценюк
Наталія Олександрівна Біліченко**

Аналого-цифрові інтерфейси ЕОМ

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено Марценюком В. П.

Редактор В.О. Дружиніна

Коректор З.В. Поліщук

Видавництво ВНТУ «УНІВЕРСУМ-Вінниця»
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ
Тел.: (0432) 59-85-32

Підписано до друку
Формат 29,7x42¹/₄
Друк різнографічний
Тираж 100 прим.

Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний
Ум. друк. арк. 10,04
Зам № 2006-069

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
Тел.: (0432) 59-81-59