

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни:

“СИСТЕМИ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ”

для студентів спеціальностей:

Комп'ютерні системи та мережі;

Спеціалізовані комп'ютерні системи

Тернопіль
ТНЕУ
2009

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Системи передавання даних” для студентів спеціальностей 6.091500 – Комп’ютерні системи та мережі; Спеціалізовані комп’ютерні системи.

Укладачі: **Яцків В. В.** – Тернопіль: Економічна думка, 2009. – 36 с.

Рецензенти: *Чирка М. І.* к.т.н., доцент;
Березький О. М. к.т.н., доцент

Відповідальний за випуск: *Николайчук Я. М.* – д.т.н., професор

Методичні вказівки розглянуті та схвалені на засіданні кафедри спеціалізованих комп’ютерних систем.

Протокол № 2 від 16. 09. 2009 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Лабораторна робота №1 Дослідження поширення сигналів в провідних лініях зв'язку	5
Лабораторна робота №2. Дослідження системи передавання даних з амплітудною модуляцією.....	12
Лабораторна робота №3. Дослідження системи передавання даних з частотною модуляцією	16
Лабораторна робота №4. Дослідження процесів кодування і декодування з використанням кодів Хемінга.....	20
Лабораторна робота №5. Дослідження інтерфейсу RS-232.....	29
Список використаних джерел	33

ВСТУП

Метою вивчення дисципліни “Системи передавання даних” є одержання студентами теоретичних знань та практичних навичок щодо проектування та використання сучасних систем передавання даних (СПД).

Основне завдання дисципліни “Системи передавання даних” – дати студентіві знання про:

- структури СПД та сфери їх застосування;
- типи каналів зв’язку;
- завади в каналах зв’язку ;
- методи модуляції та маніпуляції в СПД;
- інтерфейси та протоколи;
- методи кодування;
- методи приймання та цифрової обробки сигналів.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен знати:

- теоретичні основи передавання аналогової та цифрової інформації;
- моделі, типи та характеристики каналів зв’язку, типи завад та способи боротьби з ними;
- основи теорії сигналів, їхні характеристики, способи модуляції та кодування;
- методи виділення та кореляційного приймання сигналів;
- сучасні інтерфейси, протоколи та методи доступу до колективних каналів.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен уміти:

- розраховувати характеристики СПД;
- проектувати СПД для спеціалізованих комп’ютерних систем.

Лабораторна робота №1

Дослідження поширення сигналів в провідних лініях зв'язку.

Мета роботи: Дослідження поширення сигналів в провідних лініях зв'язку.

Загальні теоретичні відомості

Фізичним середовищем передавання сигналів на основі провідних ліній зв'язку є:

- коаксіальний кабель(двох типів):
 - тонкий коаксіальний кабель (thin coaxial cable);
 - товстий коаксіальний кабель (thick coaxial cable).
- вита пара (двох основних типів):
 - неекранована вита пара (unshielded twisted pair – UTP);
 - екранована вита пара (shielded twisted pair – STP).
- волоконно-оптичний кабель (двох типів):
 - багатомодовий кабель (fiber optic cable multimode);
 - одномодовий кабель (fiber optic cable single mode).

Таблиця 1

Основні характеристики провідних ліній

№	Назва параметру	Символ	Розмірність
1	Довжина лінії	l	км
2	Активний опір	R_0	Ом/км
3	Діаметр провідника	d	мм
4	Поперечний переріз	S	мм ²
5	Питомий опір матеріалу при температурі 20 ⁰ С	ρ	Ом*мм ² /м
6	Температурний коефіцієнт опору матеріалу провідника	α	град ⁻¹
7	Опір ізоляції	R_i	Ом

Еквівалентна схема лінії зв'язку при передачі даних постійним струмом подана на рис. 1.

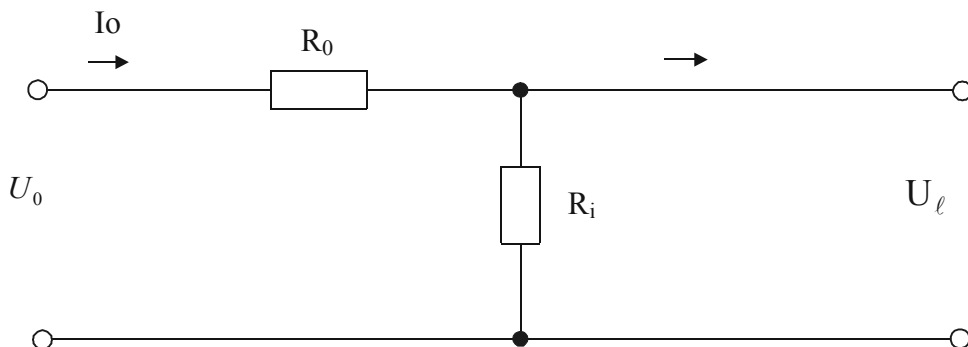


Рис. 1. Еквівалентна схема лінії зв'язку.

На активному опорі R_0 лінії зв'язку відбувається спад напруги, а через провідність ізоляції з опором R_i втрати струму.

Активний опір лінії зв'язку визначається за формулою:

$$r_0 = \rho \frac{L}{S} \text{ (Ом)}, \quad (1)$$

де ρ – питомий опір матеріалу лінії при температурі 20°C , (Ом*мм²)/м;

L – довжина лінії, м;

S – поперечний переріз провідника, мм²;

Активний опір лінії зв'язку довжиною 1 км при постійному струмі визначається за формулою:

$$R_0 = \rho \frac{4 \cdot L}{\pi \cdot d^2} \text{ (Ом/км)}, \quad (2)$$

де d – діаметр лінії, мм.

Опір ізоляції R_i залежить від провідності

$$G_i = \frac{1}{R_i} \text{ (См/км)},$$

яка залежить від якості ізоляторів повітряних ліній, матеріалу ізоляції провідників кабельних і коаксіальних ліній. Для практичних розрахунків приймають значення провідності ізоляції 1 км повітряної лінії при сухій погоді – $0,01 \cdot 10^{-6}$ См/км, а при сирій погоді – $0,5 \cdot 10^{-6}$. Для кабельних ліній аналогічна провідність досить мала – $0,1 \cdot 10^{-9}$ См/км.

При температурі t° , що відрізняється від 20°C , активний опір лінії визначається за формулою:

$$R_t = R_0 [1 + \alpha(t^\circ - 20^\circ)], \quad (3)$$

де α – температурний коефіцієнт опору матеріалу провідника, що характеризує відносну зміну опору матеріалу провідника на 1°C .

При розрахунку активного опору кабельних ліній зв'язку необхідно враховувати зростання довжини лінії за рахунок спіральної закрутки жил λ_k .

Тобто опір 1 км кабельної лінії $R_k = \lambda_k \cdot R_t$.

В таблиці 2 приведені розрахункові параметри лінії зв'язку.

Таблиця 2

Параметри лінії зв'язку

Тип матеріалу	ρ	α	λ_k
Мідь	0,0179	0,0039	1,07
Сталь	0,139	0,0046	1,05
Алюміній	0,029	0,0037	1,07

В якості матеріалу для провідних ліній зв'язку використовують сталь діаметром 1.5; 2.0; 2.5; 3.0; 4.0; 5.0 мм;

мідь діаметром : 3,0; 4.0 мм;

біметал (сталь-мідь марки БСМ-1 і БСМ-2) діаметром 1.6; 2.0; 3.0; 4.0 мм і біметал (сталь-алюміній) діаметром 3.6 і 4.8 мм.

Діаметри мідних жил для кабельних ліній зв'язку вибирають із ряду 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,2; 1,4 мм. Для одержання алюмінієвої жили еквівалентної мідній по опору, її діаметр повинен бути збільшений в 1,3 рази.

Основні типи коаксіальних кабелів діляться на:

великі $d/D=7/27$ мм,

d – діаметр внутрішнього провідника; D – діаметр зовнішнього провідника;

середні $d/D=2,6/9,4$ мм;

малогабаритні $d/D=1,2/4,6$,

мікрокоаксіальні $d/D=0,7/3$ мм.

На практиці для передавання даних використовуються наступні стандартні сигнали:

напруга: 60 В – телетайпи;

0 – 5 В – ТТЛ – мікросхеми;

0 – 12 В – КМОН – мікросхеми;

0 – 10 В – вихідні сигнали давачів;

0–5 мА, 5–20 мА – струм вихідних сигналів давачів.

Базовою характеристикою лінії зв'язку є відносний спад напруги, струму та потужності на початку і в кінці лінії.

$$\frac{\Delta U}{U_0} = \frac{\Delta I}{I_0} = \frac{\Delta P}{P_0} = \gamma_c, \quad (4)$$

де U_0, I_0, P_0 – напруга, струм і потужність сигналу на вході лінії;

γ_c – коефіцієнт поширення сигналів.

$$\Delta U = I_0 \cdot R_0; \Delta I = U_0 \cdot G_i; \Delta P = U_0 \cdot I_0.$$

Записавши вирази в диференціальній формі, маємо

$$\gamma_c = \frac{-dU/dL}{U_0}, \text{ або } \frac{dU}{U_0} = -\gamma_c \cdot dL.$$

Звідси при $L = 0$ і $U_0 = U_L$ отримаємо $U_L = U_0 \cdot \exp(-\gamma_c \cdot L)$,

де U_L – напруга на вході лінії зв'язку, що має довжину L ;

$\gamma_c \cdot L$ – інтенсивність згасання сигналу в лінії зв'язку.

З останнього виразу отримаємо:

$$\gamma_c \cdot L = \ln \frac{U_0}{U_L} = \ln \frac{I_0}{I_L} = \ln \frac{P_0}{P_L},$$

де I_L і P_L – відповідно струм та потужність на виході лінії зв'язку.

На практиці використовують одиниці затування:

$$1 \text{ децибел} = 10 \lg \left[\frac{P_L}{P_0} \right] = 20 \lg \left[\frac{I_L}{I_0} \right] = 20 \lg \left[\frac{U_L}{U_0} \right],$$

$$1 \text{ непер} = 10 \cdot \ln \left[\frac{P_L}{P_0} \right],$$

де P_0 і P_L – відповідно потужність сигналу на вході і виході лінії зв'язку, при чому $1 \text{ дБ} = 0,115 \text{ Нп}$; $1 \text{ Нп} = 8,68 \text{ дБ}$.

Параметри каналів зв'язку: пропускна здатність, затування, рівень завад, максимальний рівень корисного сигналу, смуга пропускання.

Пропускна здатність – інтегральна характеристика каналу зв'язку, яка визначається кількістю інформації, що може бути передана за одиницю часу.

Зв'язок між смугою пропускання лінії і її максимальною пропускною здатністю, незалежно від прийнятого методу фізичного кодування встановив Клод Шеннон:

$$C = F \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_c}{P_z} \right),$$

де C – максимальна пропускна здатність лінії в бітах в секунду;

F – ширина смуги пропускання лінії в герцах;

P_c – потужність сигналу;

P_z – потужність завад.

Без врахування завад дану формулу можна записати:

$$C = 2 \cdot F \cdot \log_2 M,$$

де M – кількість різних станів інформаційного параметру.

Розрізняють бодову (модуляційну) і інформаційну швидкості. Бодова швидкість вимірюється в **бодах**, тобто число зміни дискретного сигналу в одиницю часу. Інформаційна швидкість – кількість бітів інформації переданих в одиницю часу, вимірюється в бітах за секунду (біт/с).

“Вита пара” (twisted pair) – це кабель на мідній основі, який об'єднує в ізоляції одну або більше пар провідників. Кожна пара представляє собою два закручених один навколо другого ізольованих мідних проводи (рис. 2 – рис. 5).

Кожна пара має свою унікальну кольорову схему:

- синій/білий для 1-ої пари,
- оранжевий/білий – для 2-ї,

- зелений/білий - для 3-ї,
- коричневий/білий - для 4-ї.

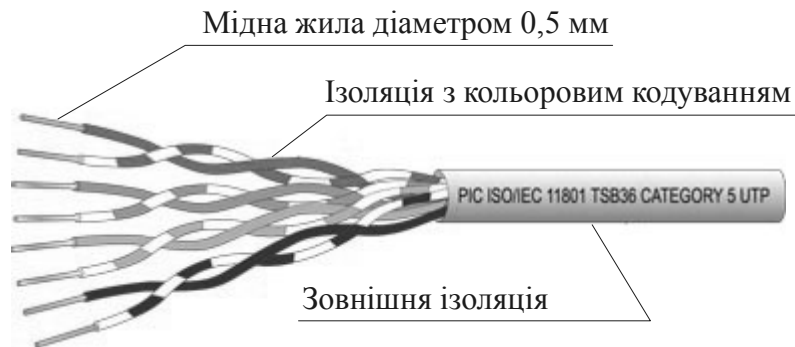


Рис.2. Unshielded Twisted Pair (UTP) – неекранована вита пара.

Кабель, складається із одної або більше пар проводів в пластиковій ізоляції. Кабель UTP широко використовується тому, що він гнучкий і займає значно менше місця, за кабелі інших типів.

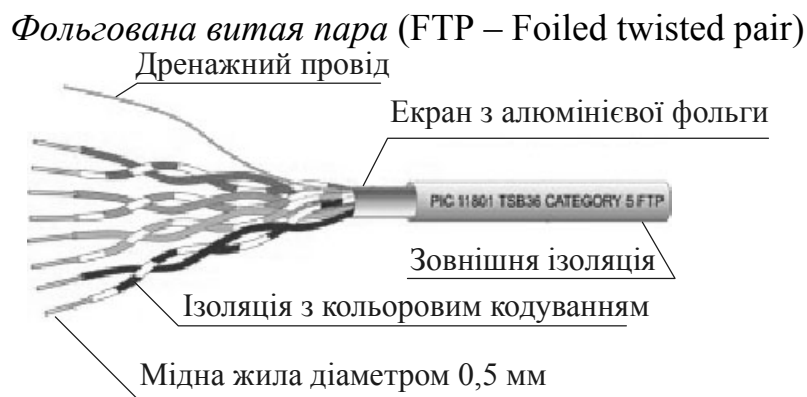


Рис. 3. Фольгована вита пара.

FTP – це вита пара з загальним екраном із фольги і мідним проводом для відводу наведеного струму.

S/FTP – Вита пара з подвійним екраном – із алюмінієвої і мідної фольги.

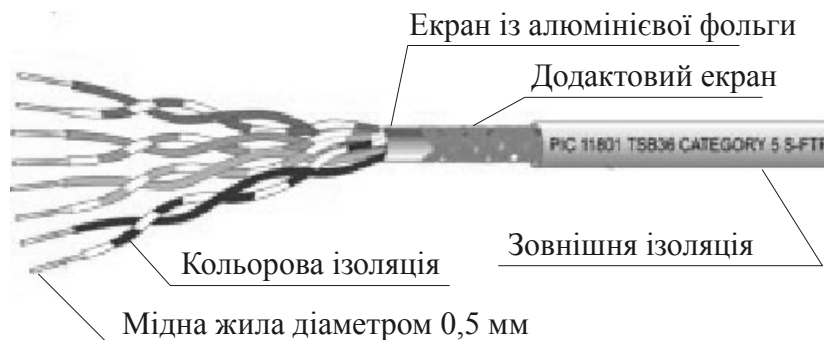


Рис. 4. Вита пара з подвійним екраном.

Захищена вита пара (STP – Shielded Twisted Pair), кабель із витих пар з індивідуальним екраном кожної із них і загальним захисним екраном.



Рис. 5. Захищена вита пара.

Порядок виконання роботи

1. Аналітично розрахувати характеристики СПД на основі провідних ліній зв'язку згідно індивідуального завдання.
 - 1.1. Розрахувати за формулою (2) d – діаметр лінії зв'язку і одержане значення заокруглити до більшого значення із приведеного ряду.
 - 1.2. Розрахувати опір лінії зв'язку із заокругленим діаметром.
 - 1.3. Розрахувати спад напруги – ΔU .
 - 1.4. Розрахувати коефіцієнт поширення сигналів – γ_c .
 - 1.5. Розрахувати значення напруги на виході лінії зв'язку U_L і побудувати графічну залежність.
2. Дослідити залежність опору від температури, побудувати графічну залежність.

Завдання

№ варіанту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_0, В$	12	10	16	12	18	20	22	24	26	30
$R_0, Ом/км$	200	150	260	180	400	200	250	280	180	200
I_0, mA	20	18	20	25	10	28	30	18	32	25
$t, ^\circ C$	-30; 25	-10; 40	-5; 50	0; 30	-15; 35	-12; 28	-20; 40	-10; 30	-25; 30	-15; 26
$l, км$	1,5	1,4	1,6	1,8	1,7	2,0	2,0	2,1	2,3	2,2
№ варіанту	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$U_0, В$	28	9	15	21	32	40	60	36	38	42
$R_0, Ом/км$	300	260	230	150	230	210	180	160	220	240
I_0, mA	10	12	15	35	50	40	55	45	36	38
$t, ^\circ C$	-35; 24	-15; 30	-20; 25	-18; 36	-22; 27	-26; 39	-34; 42	-27; 35	-36; 41	-38; 40
$l, км$	1,8	2,0	2,2	1,5	1,4	1,7	2,3	2,3	2,5	2,0

Зміст звіту

1. Тема і мета роботи.
2. Вихідні дані для виконання роботи.
3. Результати розрахунку параметрів лінії зв'язку и.

Висновки

Контрольні запитання

1. Назвіть типи провідних ліній зв'язку.
2. Перечисліть параметри ліній зв'язку з амплітудною модуляцією.
3. Як обчислюється опір лінії зв'язку?
4. Як змінюється опір лінії зв'язку в залежності від температури?
5. Поясніть характеристики кабельних ліній зв'язку.
6. Назвіть стандартні характеристики вихідних сигналів давачів з амплітудною модуляцією.
7. Як обчислюється інтенсивність затухання сигналів в лінії зв'язку?
8. Як обчислюється максимальна пропускна здатність лінії зв'язку?

Лабораторна робота №2

Дослідження системи передавання даних з амплітудною модуляцією

Мета роботи: вивчити теоретичні основи амплітудної модуляції та маніпуляції.

Програмне забезпечення: Mathcad, Circuit maker 5.

Теоретичні відомості

Для перенесення спектру частот первинного (інформаційного) сигналу в необхідну частотну область, наприклад в область пропускання каналу зв'язку, використовують модуляцію.

Процес модуляції заключається в зміні одного або декількох параметрів носія інформації (амплітуди, частоти, фази) синусоїдального коливання або імпульсів в відповідності з повідомленням, що передається.

Модулюючий (інформаційний) сигнал діє на один або декілька параметрів носія інформації змінюючи його таким чином, щоб він в повній мірі відтворював інформаційну суть модулюючого сигналу. Як правило носій являє собою детерміноване періодичне коливання, яке характеризується n – параметрами і може бути представлено функцією часу:

$$x(t, a_1, a_2, \dots, a_n);$$

де a_1, \dots, a_n – параметри носія інформації.

Гармонічні сигнали можна записати

$$x(t) = A_0 \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0);$$

де A_0, ω_0, φ_0 – амплітуда, кутова частота і початкова фаза гармонійного коливання;

Приклад подання дискретного сигналу:

$$j := 0, 1..200 \quad i := 1, 3..100 \quad \Omega := 1$$

$$k_j := 0.15 \cdot \Omega \cdot j$$

$$Y_j := \left[\sum_i \left(\frac{\sin(i \cdot k_j)}{i} \right) \right]$$

де Ω – частота інформаційного сигналу.

В залежності від параметру який модулюється розрізняють амплітудну (АМ), частотну (ЧМ) і фазову (ФМ) модуляції.

При імпульсній модуляції в якості несучої використовують послідовність імпульсів. В цьому випадку в залежності від параметра який модулюється

розрізняють: амплітудно-імпульсну (АІМ), тривалісно-імпульсну, (широотно-імпульсну) (ТІМ, ШІМ), часово-імпульсну (ЧІМ), різновидностями якої являються фазо (ФІМ) і частотно-імпульсні (ЧІМ) модуляції. До складних видів імпульсної модуляції відносяться дельта модуляція (ДМ), імпульсно-кодова модуляція (ІКМ).

Окремим випадком модуляції являється маніпуляція сигналів, при якій в якості модулюючого інформаційного сигналу використовується послідовність одно або двополярних імпульсів. Використовують її в системах передачі дискретної інформації.

При необхідності можна здійснити поетапну модуляцію: ЧМ-АМ, АМ-ЧМ, АМ-ФМ, ФМ-ЧМ.

Так, при АМ-ЧМ спочатку вихідний інформаційний сигнал модулює піднесуче коливання по амплітуді, а потім АМ – коливання модулює основну несучу по частоті.

Багаторівнева модуляція дозволяє одержати більш високу завадостійкість передачі інформації.

Амплітудна модуляція

Колівання несучої гармонічних видів модуляції можна записати в виді:

$$U_0(t) = U_{m0} \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0); \quad (1)$$

де $U_{m0}, \omega_0, \varphi_0$ – відповідно постійна амплітуда, кутова частота і початкова фаза гармонійного коливання.

Модулюючу функцію, тобто закон зміни інформаційного сигналу позначимо – $f(t)$. При АМ, модулюючий сигнал $f(t)$ впливає на постійну амплітуду коливання несучої U_m , до якої буде додаватись складова, яка змінюється пропорційно модулюючому сигналу:

$$U_m = U_{m0} + \Delta U \cdot f(t);$$

де ΔU – найбільше відхилення амплітуди АМ – коливання.

З врахуванням цього АМ – коливання запишеться:

$$U(t) = [U_{m0} + \Delta U \cdot f(t)] \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0) = U_{m0} \cdot \left[1 + \frac{\Delta U}{U_{m0}} \cdot f(t)\right] \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0), \quad (2)$$

де $\frac{\Delta U}{U_m} = m_a$ – називається коефіцієнт амплітудної модуляції.

Щоб не було перемодуляції, коли на виході модулятора різко розширюється спектр модулюючого сигналу m_a – не повинно бути більше 1, тобто $m_a \leq 1$.

Вираз (2) можна записати так

$$U(t) = U_{m0} \cdot [1 + m_a \cdot f(t)] \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0).$$

Якщо інформаційний сигнал представляє гармонійне коливання однієї частоти з одиничною амплітудою $f(t) = \cos \Omega \cdot t$,

тоді:

$$U(t) = U_{m0} \cdot [1 + m_a \cdot \cos \Omega \cdot t] \cdot \cos \omega_0 \cdot t = U_{m0} \cdot \cos \omega_0 \cdot t + \frac{m_a \cdot U_{m0}}{2} \cdot \cos(\omega_0 + \Omega) \cdot t + \frac{m_a \cdot U_{m0}}{2} \cdot \cos(\omega_0 - \Omega) \cdot t.$$

Одержаний вираз показує, що модульований сигнал представляє алгебраїчну суму трьох гармонік, отже спектр АМ сигналу містить складові з трьома частотами ω_0 , $\omega_0 + \Omega$, $\omega_0 - \Omega$.

Перший доданок описує немодульоване коливання несучої частоти, другий і третій доданок з частотами $\omega_0 + \Omega$ і $\omega_0 - \Omega$ називаються відповідно верхньою і нижньою боковими частотами.

Бокові смуги являються дзеркальним відображенням одна одної відносно несучої і несуть одну і ту саму інформацію. Тому для зменшення смуги АМ сигналу, підвищення завадостійкості і більш ефективного використання лінії зв'язку, як правило передачу проводять на одній боковій частоті.

Вид модуляції, при якому в якості модулюючого сигналу використовують прямокутні імпульси називається амплітудною маніпуляцією.

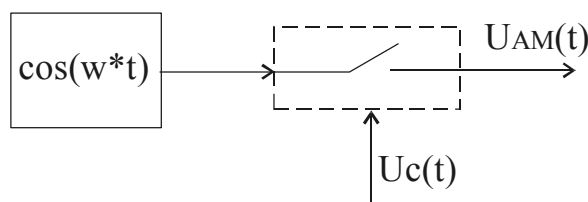


Рис.1 – Структурна схема амплітудного модулятора: $\cos(\omega \cdot t)$ – несучий сигнал; $U_c(t)$ – інформаційний сигнал; $U_{AM}(t)$ – амплітудно – модульований сигнал.

2. Порядок виконання роботи

2.1. Дослідити роботу амплітудного модулятора при аналоговому інформаційному сигналі в середовищі Mathcad. Побудувати графік амплітудно-модульованого сигналу.

2.2. Розрахувати спектр амплітудно-модульованого сигналу.

2.3. Дослідити роботу амплітудного модулятора при дискретному інформаційному сигналі в середовищі Mathcad або в Circuit maker 5. Побудувати графік амплітудно – маніпульованого сигналу.

Завдання

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
частота – Ω	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
частота – ω	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
амплітуда – $U_0, В$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Контрольні запитання

1. Для чого призначена модуляція?
2. Дати визначення модуляції (маніпуляції).
3. Дати визначення амплітудної модуляції (маніпуляції).
4. Намалювати структурну схему амплітудного модулятора.
5. Визначити коефіцієнт АМ.
6. Визначити спектр АМ – сигналу.

Лабораторна робота № 3

Дослідження системи передавання даних з частотною модуляцією.

Мета роботи: 1) ознайомитись з роботою частотного модулятора;
2) вивчити теоретичні основи частотної модуляції.

Програмне забезпечення: Mathcad, Circuit maker 5.

1. Теоретичні відомості

При частотній модуляції амплітуда модулюючої напруги залишається постійною а частота ω_0 несучої змінюється в часі відносно свого центрального значення за законом зміни інформаційного сигналу

$$\omega(t) = \omega_0 + \Delta\omega \cdot f(t), \quad (1)$$

де $\Delta\omega$ – найбільше відхилення частоти ω від центрального значення ω_0 , називається девіацією частоти, $f(t) = \cos\Omega \cdot t$.

Відношення $\frac{\Delta\omega}{\Omega} = \beta$ називається індексом частотної модуляції. Так, як у

вираз для модулюючого сигналу входить постійна частота, то амплітуду несучого коливання можна описати виразом

$$u(t) = U_{m0} \cdot \cos\Theta(t),$$

де $\Theta(t)$ – миттєве значення фази.

$$\Theta(t) = \int \omega(t) dt.$$

Форма ЧМ – сигналу описується рівнянням:

$$u_{\text{FM}}(t) = U_{m0} \cdot \sin\left[\omega_0 \cdot t + \Delta\omega \cdot \int_0^t f(t) dt + \varphi_0\right].$$

Форма ЧМ – сигналу з постійною амплітудою представлена на рис. 1.

Ширина спектру ЧМ сигналу визначається за формулою

$$\Delta\omega_{\text{FM}} = 2 \cdot \beta \cdot \Omega.$$

Видно, що чим менший індекс частотної модуляції β , тим менший практично необхідний спектр ЧМ сигналу. В залежності від β – розрізняють вузько смугову частотну модуляцію з малим індексом і широкосмугову – із великим індексом β .

При вузькосмуговій модуляції ширина спектру ЧМ сигналу наближається до ширини спектру АМ сигналу.

Основною перевагою широкосмугової ЧМ є висока завадостійкість, значно більша, за АМ так, як частота сигналу більш стійка до впливу завад порівняно з амплітудою. При частотній маніпуляції у якості інформаційного сигналу використовують послідовність прямокутних імпульсів.

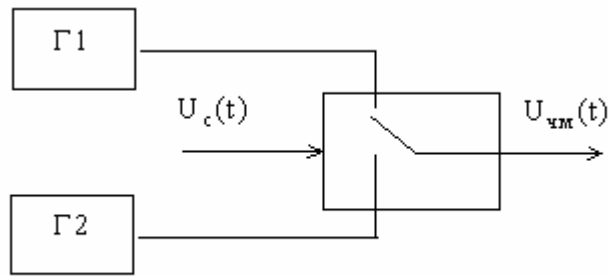


Рис. 1. Частотний модулятор: $\Gamma 1, \Gamma 2$ – генератори несучих, $U_c(t)$ – інформаційний сигнал.

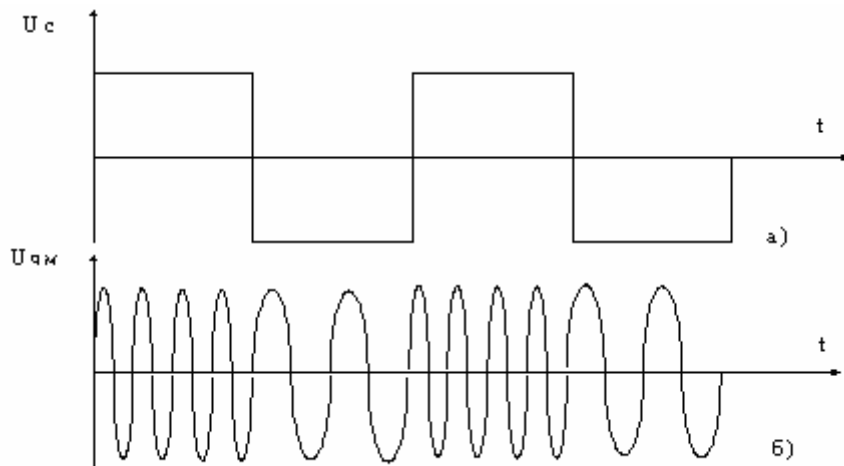


Рис. 2. Частотна модуляція: а) – інформаційний сигнал; б) – частотно-модульований сигнал.

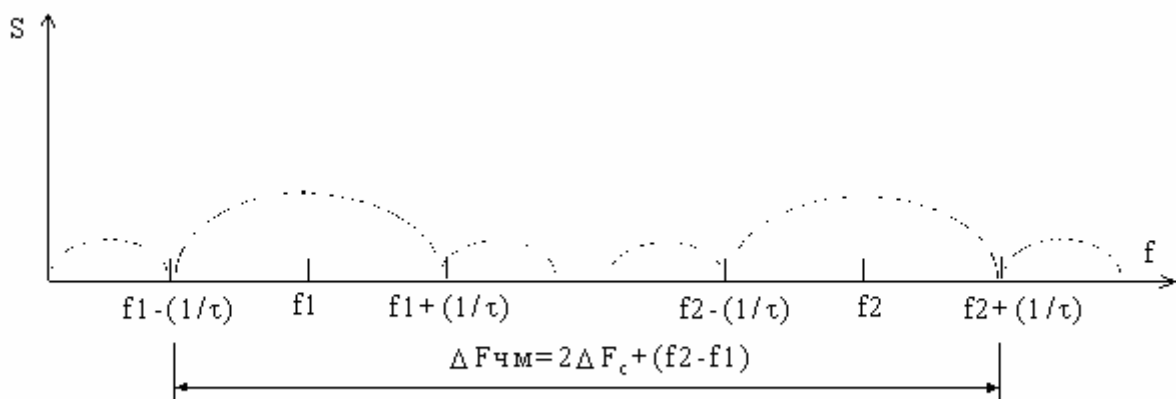


Рис. 3. Спектр ЧМ – сигналу.

Фазова модуляція.

При фазовій модуляції змінюється початкова фаза коливання за законом:

$$\varphi(t) = \varphi_0 + \Delta\varphi \cdot k \cdot f(t).$$

При цьому модульований сигнал, можна описати виразом

$$U(t) = U_m \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \Delta\varphi \cdot k \cdot f(t) + \varphi_0).$$

При двофазній маніпуляції інформаційний **нуль** передається зсувом фази 0° , інформаційна **одиниця** зсувом фази 180° (рис. 4).

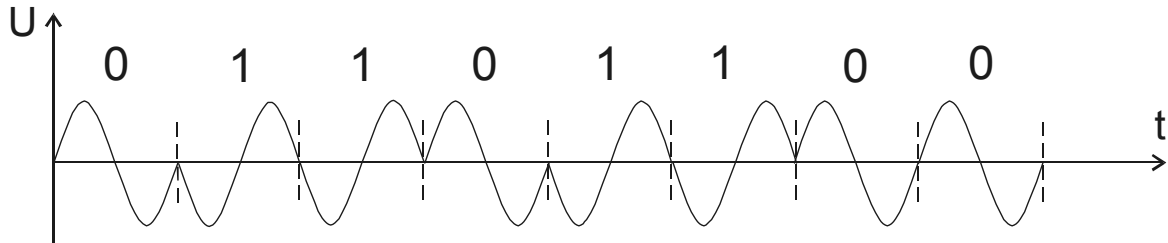


Рис. 4. Діаграма фазової маніпуляції.

Чотирифазна маніпуляція (4-ФМ).

При чотирифазній маніпуляції одночасно передається два інформаційних біти.

Код	Фаза
00	0°
01	90°
10	180°
11	270°

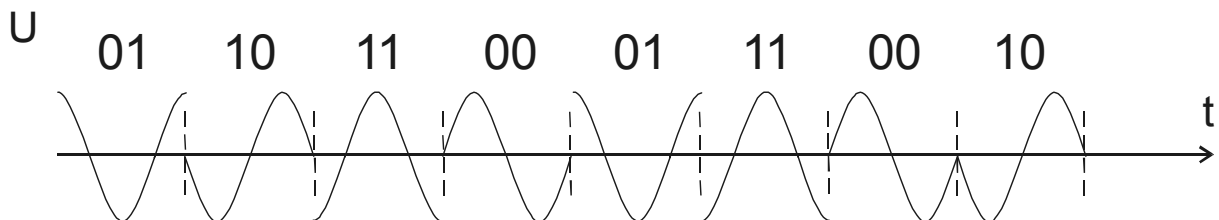


Рис. 5. Діаграма 4-х фазової маніпуляції.

Використання чотирифазної маніпуляції дозволяє збільшити швидкість передавання даних в два рази.

Порядок виконання роботи

1. Скласти схему частотного маніпулятора в Circuit maker 5.
 - 1.1. Зняти осцилограму в контрольній точці КТ-1 на виході генератора інформаційних сигналів.
 - 1.2. Зняти осцилограму в контрольній точці КТ-2 на виході генератора несучої f_1 .

1.3. Зняти осцилограму в контрольній точці КТ-3 на виході генератора несучої f_2 .

1.4. Зняти осцилограму в контрольній точці КТ-4 на виході частотного модулятора.

2. Дослідити роботу частотного модулятора при аналоговому інформаційному сигналі в середовищі Mathcad. Побудувати графік частотно-модульованого сигналу.

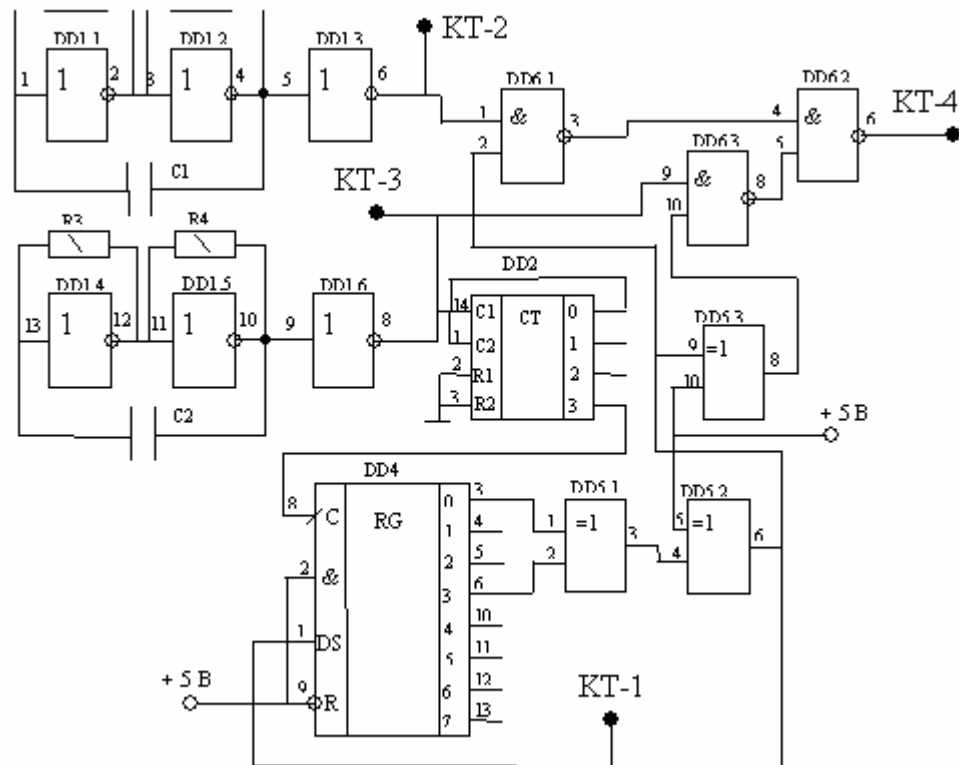


Рис. 6. Функціональна схема частотного маніпулятора.

Завдання.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
частота – Ω	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
частота – ω	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
амплітуда – $U_0, В$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Контрольні запитання

1. Дати визначення частотної модуляції (маніпуляції).
2. Намалювати структурну схему частотного модулятора.
3. Визначити коефіцієнт ЧМ.
4. Визначити спектр ЧМ – сигналу.
5. Пояснити роботу частотного маніпулятора.
6. Дати визначення фазової модуляції (маніпуляції).

Лабораторна робота №4

Дослідження процесів кодування і декодування з використанням кодів Хемінга.

Мета роботи: вивчення способів завдання, оцінки конкретних властивостей, принципу побудови і роботи пристроїв кодування і декодування кодів Хемінга.

1. Теоретичні відомості

1.1. Завадостійкі коди та їхні основні параметри

Проблема підвищення вірності обумовлена не відповідністю між вимогами, які ставляться при передаванні даних і якістю реальних каналів зв'язку. У мережах передавання даних потрібно забезпечити вірність передавання не гіршу 10^{-6} - 10^{-9} , а при використанні реальних каналів зв'язку і простого (первинного) коду зазначена вірність не перевищує 10^{-2} - 10^{-5} . Одним зі шляхів вирішення задачі підвищення вірності в даний час є використання спеціальних процедур, заснованих на застосуванні завадостійких кодів.

1.2. Принцип побудови завадостійких кодів

Прості коди характеризуються тим, що для передавання інформації використовуються всі кодові слова (комбінації), кількість яких дорівнює $N = q^n$ (q - основа коду, а n - довжина коду). У загальному випадку вони можуть відрізнятися один від одного одним символом (елементом). Тому навіть один помилково прийнятий символ приводить до заміни одного кодового слова іншим а, отже, до неправильного прийому повідомлення в цілому.

Завадостійкими називаються коди, що дозволяють виявляти і (чи) виправляти помилки в кодових словах, що виникають при передаванні по каналах зв'язку. Ці коди будуються таким чином, що для передавання повідомлення використовується лише частина кодових слів, що відрізняються одно від одного більш ніж в одному символі. Ці кодові слова називаються дозволеними. Усі інші кодові слова не використовуються і відносяться до числа заборонених.

Застосування завадостійких кодів для підвищення достовірності передавання даних пов'язано з рішенням задач кодування і декодування. Задача кодування полягає в одержанні при передаванні для кожної k - елементної комбінації з безлічі q^k відповідного їй кодового слова довжиною n з безлічі q^n .

Завдання декодування полягає в одержанні k - елементної комбінації з прийнятого n - розрядного кодового слова при одночасному виявленні чи виправленні помилок.

1.3 Основні параметри завадостійких кодів:

довжина коду - n ;

довжина інформаційної послідовності - k ;
 довжина перевіркової послідовності - $r = n - k$;
 кодова відстань коду - d_0 ;
 швидкість коду - $R = k/n$;
 Імовірність виявлення помилки - P_{00} ;
 Імовірність не виявлення помилки - P_{HP} .

Кодова відстань між двома кодовими словами (відстань Хемінга) - це число позицій, у яких вони відрізняються один від одного.

Кодова відстань коду - це найменша відстань Хемінга між різними парами кодових слів.

Основні залежності між кратністю помилок, що виявляються t_0 , що виправляються t_u , виправленням стирань t_c і кодовою відстанню d_0 коду

$$d_0 \geq t_0 + 1; d_0 \geq t_0 + t_u + 1; (\text{при } t_0 > t_u);$$

$$d_0 \geq 2 \cdot t_u + 1; d_0 \geq 2 \cdot t_u + t_c + 1; d_0 \geq t_c + 1.$$

Стиранням називається “втрата” значення переданого символу в деякій (відомій) позиції кодового слова.

Код, у якому кожне кодове слово починається з інформаційних символів і закінчується перевірочними символами, називається систематичним.

1.4. Граничні співвідношення між параметрами завадостійких кодів

Однієї з найважливіших задач побудови завадостійких кодів із заданими характеристиками є встановлення співвідношення між його здатністю виявляти чи виправляти помилки і надлишковістю.

Існують граничні оцінки, що зв'язують d_0 , n і k .

Границя Хемінга, що близька до оптимального для високо швидкісних кодів, визначається співвідношеннями:

для q -ного коду

$$n - k \geq \log_q \sum_{i=0}^{t_u} C_n^i \cdot (q-1)^i;$$

для двійкового коду

$$n - k \geq \log_2 \cdot \sum_{i=0}^{t_u} C_n^i .$$

Границя Плоткіна, яку доцільно використовувати для низько швидкісних кодів визначається співвідношеннями:

$$\text{для } q\text{-ного коду } d_0 \leq n \cdot (q-1) \cdot q^{k-1} / q^k - 1;$$

$$\text{для двійкового коду } d_0 \leq n \cdot 2^{k-1} / 2^k - 1.$$

Границі Хемінга і Плоткіна є верхніми границями для кодової відстані при заданих n і k , які задають мінімальну надлишковість, при якій існує завадостійкий код, що має мінімальну кодову відстань і гарантовано виправляє t_u - кратні помилки.

Границя Варшавова-Гільберта (нижня границя), обумовлена співвідношеннями:

$$q^{n-k} > \sum_{i=0}^{d_0-2} C_{n-1}^i \cdot (q-1)^i, \quad i \quad 2^{n-k} > \sum_{i=0}^{d_0-2} C_{n-1}^i,$$

показує, при яким значенні $n-k$ однозначно існує код, гарантовано виправляючий помилки кратності t_u .

1.5. Код Хемінга

Код Хемінга - це код з виправленням помилок, описаний Хемінгом (R.W. Hamming) у журналі The Bell System Technical Journal (квітень 1950 р.) Код Хемінга забезпечує виявлення і виправлення всіх однорозрядних помилок у символі. Він найбільш ефективний для символів з невеликим числом розрядів - наприклад, від 4 до 8 розрядів. При збільшенні числа розрядів у символі імовірність пропустити багаторозрядну помилку зростає, виявити яку код Хемінга неспроможний.

Кодом Хемінга називається (n, k) - код, перевірна матриця якого має $r = n - k$ рядків і $2^r - 1$ стовпців, причому стовпцями є всі різні ненульові послідовності.

Для коду Хемінга перші k розрядів використовуються в якості інформаційних, причому $k = n - \hat{E}[\log_2(n + 1)]$,

де \hat{E} - цілочисельна функція з округленням до більшого цілого.

Приклад. Для $(7,4)$ - коду Хемінга

$$H_{(7,4)} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} \quad \text{або} \quad H_{(7,4)} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

Перевірочна матриця будь-якого коду Хемінга завжди містить мінімум три лінійно залежних стовпці, тому кодова відстань коду дорівнює трьом.

Якщо стовпці перевірконої матриці представляють упорядкований запис десяткових чисел, тобто 1, 2, 3... у двійковій формі, то обчислений синдром

$$S_i(1,0) = S_{r-1} \dots S_1 S_0 = v_i(1,0) \cdot H_{(n,k)}^T,$$

однозначно вказує на номер позиції переключеного символу.

Приклад. Для (7, 4) - коду Хемінга перевірна матриця в упорядкованому виді має вид

$$H_{(7,4)} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

Нехай передане кодове слово $v(1,0) = 1100001$, а прийняте слово - $v^1(1,0) = 1110001$.

Синдром, що відповідає прийнятому слову буде дорівнює

$$S_i(1,0) = v^1(1,0) \cdot H_{(7,4)}^T = [1110001] \cdot \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} = [101].$$

Обчислений синдром вказує на помилку в п'ятій позиції. Перевірочна матриця в упорядкованому виді представляє сукупність перевірочних рівнянь, у яких перевірочні символи займають позиції з номерами 2^i ($i=0, 1, 2, \dots$).

Для (7,4)- коду Хемінга перевірочними рівняннями будуть

$$v_1 = v_3 + v_5 + v_7;$$

$$v_2 = v_3 + v_6 + v_7;$$

$$v_4 = v_5 + v_6 + v_7;$$

де v_1, v_2, v_4 – перевірочні символи.

Елементи синдрому визначаються з виразів

$$S_0 = v_1 + v_3 + v_5 + v_7;$$

$$S_1 = v_2 + v_3 + v_6 + v_7;$$

$$S_2 = v_4 + v_5 + v_6 + v_7.$$

Коректуюча здатність коду Хемінга може бути збільшена введенням додаткової перевірки на парність. У цьому випадку перевірочна матриця для розглянутого (7, 4) - коду буде мати вид

$$H_{(8,4)} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix},$$

а кодова відстань коду $d_0=4$.

Перевірочні рівняння використовуються для побудови кодера, а синдромні - декодера коду Хемінга.

Розглянемо приклад передавання двійкового коду 1100101 з використанням коду Хемінга (11, 7).

Позиція біту	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	1	1	0	*	0	1	0	*	1	*	*
Значення біту	1	1	0		0	1	0		1		

Символами * позначені чотири позиції, де повинні розміщатися контрольні біти. Ці позиції визначаються цілим степенем 2 (1, 2, 4, 8 і т.д.). Контрольна сума формується шляхом виконання операції XOR (виключаючи АБО) над кодами позицій ненульових бітів. У даному випадку це 11, 10, 6 і 3.

Обчислимо контрольну суму:

11	1011
10	1010
06	0110
03	0011
\sum^{\oplus}	0100

Таким чином, сформований код буде мати вигляд:

Позиція біту	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Значення біту	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0

Просумуємо знову коди позицій ненульових бітів і отримаємо нуль.

Позиція біта	
11	1011
10	1010
06	0110
04	0100
03	0011
\sum^{\oplus}	0000

Тепер розглянемо два випадки помилок в одному з бітів посилки, наприклад, у біті 7 (1 замість 0) і в біті 4 (0 замість 1). Отримаємо код: 11001101100 і 11000100100. Просумуємо коди позицій ненульових бітів ще раз.

Код 11001101100		Код 11000100100	
№ позиції біту	Двійкове представлення	№ позиції біту	Двійкове представлення
11	1011	11	1011
10	1010	10	1010
07	0111	06	0110
06	0110	03	0011
04	0100		
03	0011		
\sum^{\oplus}	0111	\sum^{\oplus}	0100

В обох випадках контрольна сума дорівнює позиції біта, переданого з помилкою. Тепер для виправлення помилки досить інвертувати біт, номер якого зазначений у контрольній сумі.

2. Порядок виконання роботи

1. Одержати у викладача вихідні дані А, Б і В для виконання роботи.

По пункті А: довжину коду n для побудови і подальшого дослідження коду Хемінга.

По пункті Б: текст повідомлення, призначеного для передавання кодом Хемінга.

По пункті В: текст повідомлення закодованого кодом Хемінга.

2. Порядок виконання завдання по пункті А.

2.1. Визначити довжину інформаційної k і довжину перевіркової r послідовності коду.

2.2. Побудувати перевірочні матриці коду в систематичному, впорядкованому і модифікованому (з перевіркою на парність) виді.

2.3. Побудувати породжуючу матрицю коду.

2.4. Сформувати системи перевірочних і синдромних рівнянь.

2.5. Побудувати схеми кодера і декодера на основі перевірочних і синдромних рівнянь, передбачивши виправлення помилок в інформаційних символах і перевірку прийнятого кодового слова на парність.

2.6. Сформувати кодове слово досліджуваного коду, ввести одиничну помилку і показати її виправлення шляхом обчислення синдрому, а також за схемою декодера в процесі роботи.

2.7. Показати на прикладі, що код не гарантує виявлення потрійних помилок.

3. Порядок виконання завдання по пункті Б.

3.1. Зробити первинне кодування повідомлення на основі коду МТК №2.

3.2. Зробити вторинне кодування повідомлення на основі коду Хемінга.

4. Порядок виконання завдання по пункті В.

4.1. Зробити первинне декодування прийнятого повідомлення, закодованого кодом Хемінга. При цьому здійснити виявлення й виправлення помилок у кодових словах, використовуючи методику виправлення з обчисленням синдрому.

4.2. Зробити вторинне декодування прийнятого повідомлення, використовуючи для цього результат у п.4.1 і кодову таблицю МТК №2.

3. Зміст звіту

1. Тема і мета роботи.

2. Вихідні дані для виконання роботи.

3. Результати виконання роботи з п.п.2.1-2.7, 3.1-3.2, 4.1 і 4.2.

4. Висновки з оцінкою коректуючих властивостей коду Хемінга.

4. Варіанти завдань

1. По пункті А. Довжина коду $n = 11$.

2. Завдання для виконання пункту Б взяти у викладача.

3. Завдання для виконання пункту В.

	Код Хемінга	
01	01100000010	01100000100
02	01100000001	01100011010
03	01100000111	01100011101
04	01100001011	01100101001
05	01100010011	01100101110
06	01100100011	01100110000
07	01101000011	01100110111
08	01110000011	01101001000
09	01000000011	01101001111
10	00100000100	01100000011
11	01100000101	01100000100
12	01100000110	01100011010
13	01100000000	01100011101
14	01100001100	01100101001
15	01100010100	01100101110
16	01100100100	01100110000
17	01101000100	01100110111
18	01110000100	01101001000
19	01000000100	01101001111
20	01100011011	01100000011
21	11100011010	01100000100
22	00100011010	01100011010
23	01000011010	01100011101
24	01110011010	01100101001
25	01101011010	01100101110
26	01100111010	01100110000
27	01100001010	01100110111
28	01100010010	01101001000
29	01100011110	01101001111
30	01100011111	01100000011
31	01100011100	01100000100
32	01100011111	01100011010
33	01100011001	01100011101
34	01100010101	01100101001
35	01100001101	01100101110
36	01100111101	01100110000
37	01101011101	01100110111
38	01110011101	01101001000
39	01000011101	01101001111

Таблиця ASCII

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0a	0b	0c	0d	0e	0f
00		␣	␣	␣	♦	♠	♣	•	▣	○	◉	♂	♀	♠	♠	✱
10	▶	◀	↑	!!	¶	§	_	±	↑	↓	→	←	к	#	▲	▼
20		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/
30	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
40	␣	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
50	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[\]	^	_
60	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
70	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	Δ
80	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	Ш	И	Й	К	Л	М	Н	О	П
90	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	с	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я
a0	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п
b0	␣	␣	␣		†	‡	§	¶	⌚	⌛	⌜	⌝	⌞	⌟	⌠	⌡
c0	⌢	⌣	⌤	⌥	⌦	⌧	⌨	〈	〉	⌫	⌬	⌭	⌮	⌯	⌰	⌱
d0	⌲	⌳	⌴	⌵	⌶	⌷	⌸	⌹	⌺	⌻	⌼	⌽	⌾	⌿	⌿	⌿
e0	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я
f0	ѐ	ё	є	е	і	ї	џ	ђ	°	·	·	↓	№	¤	■	■

5. Контрольні запитання

1. Дати визначення завадостійких кодів.
2. Дати визначення кодів Хемінга.
3. Що таке відстань Хемінга.
4. Які позиції займають перевірочні біти в коді Хемінга.
5. Записати перевірочні і синдромні рівняння коду Хемінга.
6. Пояснити роботу кодера і декодера.

Лабораторна робота №5

Дослідження інтерфейсу RS-232

Мета роботи: Навчитися проектувати СПД на основі інтерфейсу RS-232.

Програмне забезпечення: Circuit maker 5,.

Теоретичні відомості

Інтерфейс RS-232 являється найбільш поширеним стандартом послідовного зв'язку між комп'ютером і периферійними пристроями. Інтерфейс визначений стандартом Асоціації електронної промисловості (EIA).

Функції сигнальних ліній приведені в табл.1.

Таблиця 1

Основні лінії сигналів інтерфейсу RS-232

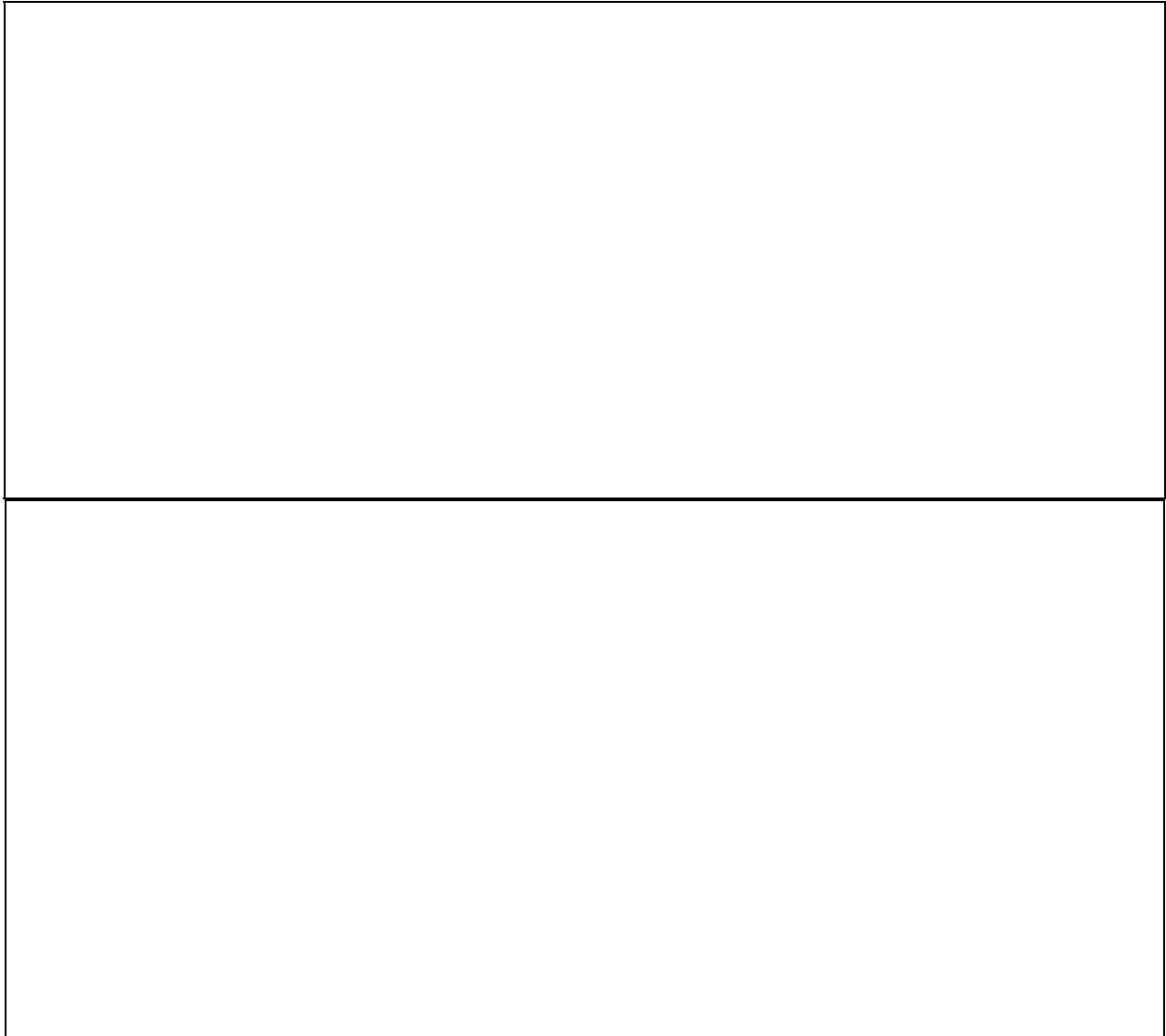
Номер контакту в розйомі		Сигнал	Назва	Група
25	9			
1	–	FG	Екран	Заземлення
7	5	GND	Логічний ноль	
2	3	TXD	Передавання даних	Дані
3	2	RXD	Приймання даних	
4	7	RTS	Запит на передачу	Управління
5	8	CTS	Готовність до передачі	
6	6	DSR	Готовність передавача	
20	4	DTR	Готовність приймача	
8	1	DCD	Сигнал в лінії RXD в межах норми	

Види сигналів в інтерфейсі RS-232.

В більшості систем, які мають інтерфейс RS-232, дані передаються асинхронно, тобто послідовно. Кожний блок містить один символ ASCII (американський стандартний код для обміну інформацією), в блоці достатньо інформації для її декодування без окремого сигналу синхронізації.

Символи коду ASCII складається із семи біт, наприклад буква А має код 1000001. Щоб передати букву А по інтерфейсу RS-232 необхідно ввести додаткові біти початку і кінця блоку, а також біт паритету для простого контролю помилок. Найбільш поширений формат включає один стартовий біт,

один біт паритету і два стопових біти. Еквівалентний ТТЛ – сигнал при передачі букви А показано на рис.1. Починається блок даних низьким рівнем стартового біту. Після нього слідує 7 біт даних символу коду ASCII. Біт паритету містить 1 або 0 так, щоб загальна кількість одиниць в 8- бітовій групі була непарна (непарний паритет) або парною (парний паритет). Останніми передаються два стопових біти, представлених високим рівнем напруги. Таким чином, повне асинхронне слово, що передається складається із 11 біт (7 - біт даних) і записується “01000001011”. Тут використано парний паритет, тому 9 біт рівний “0”.



Рівні сигналів, що використовується в інтерфейсі RS-232 відрізняється від рівнів сигналів ТТЛ. Логічний “0” (SPACE) представляється додатнім рівнем напруги в діапазоні від +3В до +25В, а логічна “1” (MARK) від’ємною напругою в діапазоні від -3В до -25В. На рис.2 представлений сигнал блоку даних для коду букви А в вигляді, в якому він існує на лініях TXD або RXD.

Перетворення ТТЛ- рівнів в рівні інтерфейсу RS-232 і навпаки виконують спеціальні мікросхеми драйвери лінії і приймачі лінії.

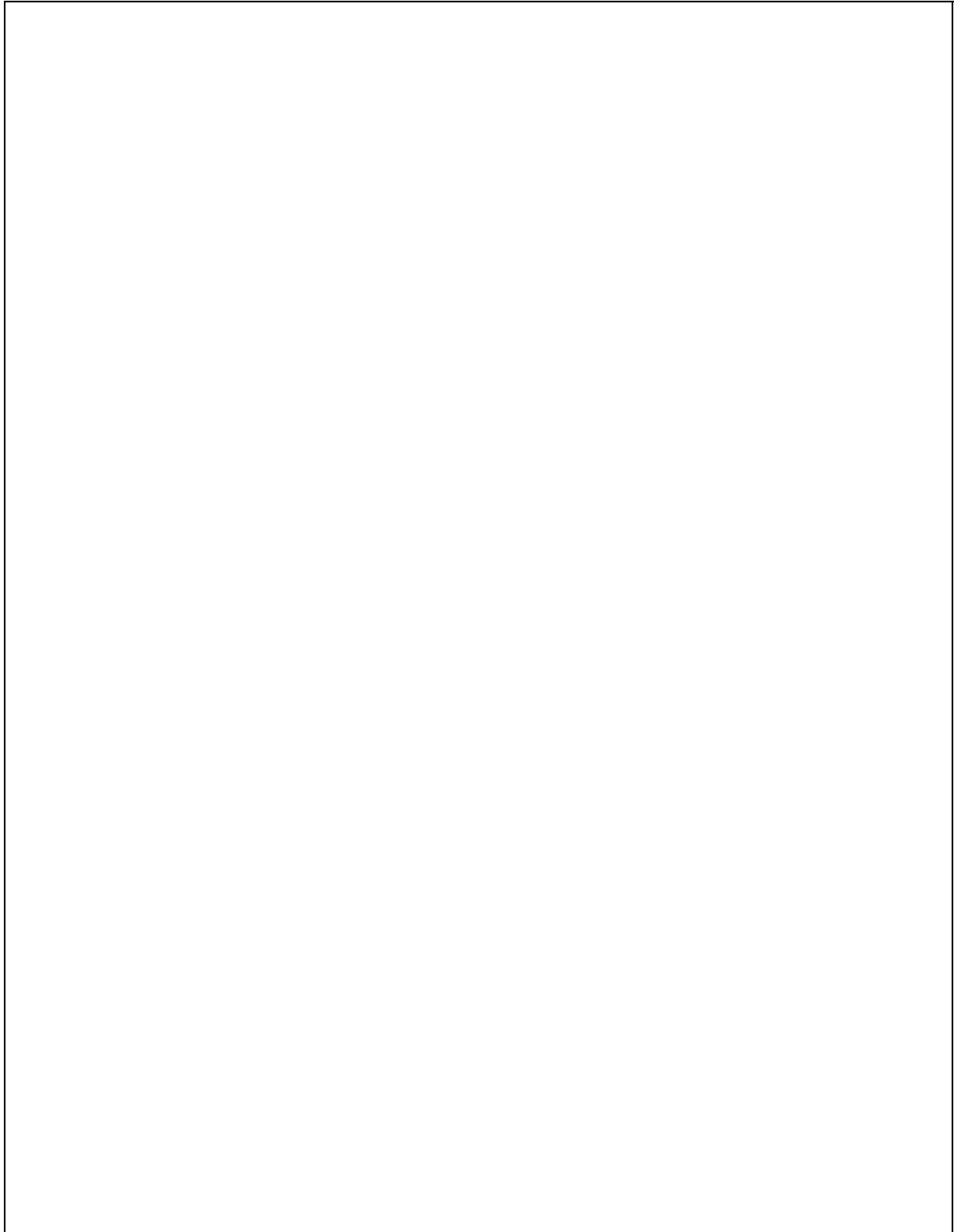


Рисунок 3. Функціональна схема формувача протокоу *RS-232*

Передача за допомогою RS-232 може здійснюватись із наступними стандартними швидкостями (біт/с): 50, 75, 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200.

Зв'язок через інтерфейс RS-232 може проводитись з різною кількістю інформаційних символів 5, 6, 7, 8 і стопових біт 1, 1.5, 2.

Опір навантаження по постійному струму повинен бути не менше 3 кОм, довжина лінії 15 м і залежить від швидкості передачі.

Порядок виконання роботи

1. Скласти схему в середовищі Circuit maker 5,
2. Встановити перемичку T1 в положення 1.
3. За допомогою перемикачів S1-S12 сформувати блок даних для передачі по інтерфейсу RS-232.
 - 3.1 Задати різну кількість бітів даних 5-8.
 - 3.2 Задати різну кількість стопових бітів 1, 2.
 - 3.3 Задавати біт паритету (перевірка на парність, непарність).
4. Зняти осцилограму в контрольній точці КТ1, зафіксувати значення напруги лог.1 і 0.
5. Визначити швидкість передачі.
6. Зняти осцилограму в точці КТ2, порівняти її з осцилограмою п.4.
7. Встановити перемичку T1 в положення 2.
8. Повторити пункти 3, 4, 5.
9. Встановити перемичку T1 в положення 3.
10. Повторити пункти 4, 5.
11. Встановити перемичку T1 в положення 4.
12. Повторити пункти 4, 5.
13. Встановити перемичку T1 в положення 5.
14. Повторити пункти 4, 5.

Додаткове завдання

Написати програму для вводу інформації і комп'ютер через RS-232 із наступними пунктами меню.

1. Формування протоколу: кількість інформаційних бітів 5-8, кількість стопових бітів 1, 1.5, 2, контроль парності, непарності, швидкість передачі.
2. Номер порта com1, com2.
3. Вивід інформації, що приймається на екран.
4. Запис інформації в файл.

Контрольні запитання

1. Призначення інтерфейсу RS-232.
2. Основні лінії сигналів RS-232.
3. Технічні характеристики інтерфейсу.
4. Назвати швидкості протоколу.
5. Функції драйверів і приймачів лінії.
6. Призначення мікросхем К170УП2 і К170АП2.

Список використаних джерел

1. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение, 2-е издание.: Пер. с англ. – М. : Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 1104 с.
2. Передача дискретных сообщений: Учебник для вузов /Шувалов В. П., Захарченко Н. В., Шварцман В.О. и др.; Под ред. В.П. Шувалова. – М: Радио и связь, – 1990 – 464 с.: ил.
3. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 640 с.
4. Хаусли Т. Системы передачи и телеобработки данных. Пер. с англ.- М: Радио и связь, 1994. – 456 с.: ил.
5. Жураковский Ю. П., Назаров В. Д. Каналы связи – К.: Высшая школа. Головное издательство, 1985. – 232 с.
6. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации/ Зюко А. Г., Фалько А. И., Панфилов И. П. и др.; Под ред. Зюко А. Г. – М.: Радио и связь, 1985. – 272 с.
7. Тугевич В.Н. Телемеханика: Учеб. пособие для студентов вузов спец. “Автоматика и телемеханика” – 2-е изд.; перераб. и доп.- М.: Высшая шк., 1985.– 423 с., ил.
8. Мутгер В.М. Основы помехоустойчивой телепередачи информации. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 268 с.
9. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. –384 с.
10. Блейхут Р. Теория и практика кодов контролирующих ошибки. Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 576с., ил.
11. Попов М., Годоров Т. Сотовые коммуникации. – К.: “ВПОЛ”, 1997. – 146 с.
12. Гауэр Дж. Оптические системы связи: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1989. - 504 с. ил.
13. Андрианов В.И., Соколов А.В. Сотовые, пейджинговые и спутниковые средства связи. – СПб.: БХВ – Петербург; Арлит. 2001. – 400 с.
14. Кудряшов Ю.В., Яцків В. В., Николайчук Я.М., Саченко А.О. Оптичні лінії – перспективний напрямок розвитку комп’ютерних мереж // Оптико – електронні інформаційно – енергетичні технології. – 2001. – №2. – С. 186 – 191.
15. Яцків Н.Г., Яцків В.В. Методи кодування та фізичного представлення сигналів в інформаційно-керуючих системах // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Методи і засоби технічної діагностики. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ. – 2001. – №38 (том 8). – С. 140–144.

Методичне видання

В. В. Яцків

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни:

“СИСТЕМИ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ”

для студентів спеціальностей:

Комп’ютерні системи та мережі;

Спеціалізовані комп’ютерні системи

Комп’ютерне верстання: О. О. Слимак

Підписано до друку 28.09.2009 р.

Формат 60x84 ¹/₁₆. Гарнітура Times.

Обл.-вид. арк. 2,14 Умовн. друк. арк. 2,09. Зам. У328–09

Наклад 30 прим.

Віддруковано у видавництві ТНЕУ «Економічна думка»

46004, Тернопіль, вул. Львівська, 11

тел. (0352) 47-58-72

E-mail: edition@tneu.edu.ua