

*В.В. ДОВГІЙ, канд. техн. наук, А.І. ТЕРЛЕЦЬКИЙ, канд. фіз.-мат. наук,
В.М. ГРИГА, канд. техн. наук, І.В. СВИД, канд. техн. наук.*

АНАЛІЗ ЦИФРОВИХ ІНТЕРФЕЙСІВ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У КАНАЛАХ ЗВ'ЯЗКУ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Вступ

Для передачі цифрових даних (потоків бітів) каналами зв'язку від одного пристрою до іншого необхідна висока ступінь взаємодії та узгодженості обладнання. Однією із ключових вимог у цьому процесі є синхронізація. Приймач цифрових даних повинен знати швидкість, з якою він приймає біти, щоб через рівні проміжки часу проводити вибірки, які дозволяють точно визначити значення кожного біта. Для цього використовуються дві технології передачі: асинхронна та синхронна [1 – 3].

Цифровий інтерфейс відіграє важливу роль у забезпеченні передачі даних. Він визначає не лише електричні характеристики сигналу, а й фізичні засоби приєднання до середовища, а також процедури прийому та передачі даних [3, 4]. На етапі налаштування важливо забезпечити оптимальну взаємодію між пристроями, які обмінюються інформацією, а також врахувати особливості кожного типу передачі, такі як затримки сигналу, рівні шумів та параметри синхронізації [4 – 7].

Різноманіття методів кодування цифрових даних, наприклад NRZ-L, манчестерське кодування чи QPSK, забезпечує адаптацію технологій до вимог багатьох систем. Кожен із цих методів має свої переваги та недоліки залежно від умов передачі та типу сигналу [1, 2].

В роботі проведено аналіз цифрових інтерфейсів передачі даних, включаючи їхню структуру, принципи роботи, а також аналіз переваг і недоліків асинхронної та синхронної передачі. Розглянуто основні методи організації каналів зв'язку та специфіку програмування модемів і мультиплексорів для забезпечення ефективної передачі інформації. Представлені матеріали можуть бути корисними для науковців, інженерів і фахівців, які займаються розробкою та впровадженням інформаційних систем [1, 3].

Передача даних каналами зв'язку. Основні поняття

Два пристрої, які з'єднані передавальним середовищем, з метою обміну цифровими даними, повинні бути у високій степені узгодженості [2, 3]. Цифрові дані, як правило, передаються через середовище по одному біту в кожний момент часу. Такий процес передачі вимагає синхронізації приймача і передавача, а саме узгодження швидкості передачі, тривалості передачі, інтервалами між бітами. При такій передачі існує два методи управління даним процесом – синхронний і асинхронний. При послідовній передачі за один раз передається один сигнальний елемент, розмір якого визначається способом кодування [5]:

- менше одного біта (прикладом цього може бути манчестерське кодування, в якому «0» – перехід з високого рівня на низький всередині інтервалу, а «1» – перехід з низького рівня на високий в середині інтервалу);

- один біт (прикладом цього цифрового кодування є NRZ-L (Non Return to Zero-Level) без повернення до нульового рівня, в якому «0» – це високий рівень, а «1» – низький рівень, а аналогового – частотна маніпуляція, при якій два двійкових числа подаються сигналами

двох різних частот, які розміщені біля несійної: $s(t) = \begin{cases} A \cos \omega_1 t & \text{"1"} \\ A \cos \omega_2 t & \text{"0"} \end{cases}$, де ω_1 і ω_2 – частоти, які зміщені від несійної ω_c на величини, рівні за модулем, але протилежні за знаком);
– більше одного біта.

Прикладом цього може бути кодування квадратурно-фазового маніпулятора QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying), при якій використовуються зсуви фаз кратні $\pi/2$ [6]:

$$s(t) = \begin{cases} A \cos\left(\omega_c t + \frac{\pi}{4}\right) & \text{"11"} \\ A \cos\left(\omega_c t + \frac{3\pi}{4}\right) & \text{"10"} \\ A \cos\left(\omega_c t + \frac{5\pi}{4}\right) & \text{"00"} \\ A \cos\left(\omega_c t + \frac{7\pi}{4}\right) & \text{"01"} \end{cases} \quad (1)$$

Згідно з формулою (1) кожна сигнальна посилка представляє вже не один біт, а два біти.

Розглянемо особливості асинхронної та синхронної передач цифрових даних. Досягнути необхідної синхронності передачі можна двома способами. Перший з них – асинхронна передача. При цьому підході проблема синхронізації усувається за рахунок того, що довгі, неперервні потоки бітів не передаються, передача проводиться посимвольно. Причому, довжина кожного символу складає від п'яти до восьми бітів. Число бітів, що міститься в символі, залежить від системи кодування.

Для представлення символів у вигляді послідовності бітів було розроблено багато систем кодування. Першою із них була азбука Морзе. В наш час широко використовується системою текстового кодування – алфавіт IRA (International Reference Alphabet – міжнародний еталонний алфавіт), який показаний в табл. 1. Кожний символ цієї системи кодування представляється унікальною семибітовою структурою.

Таблиця 1

Алфавіт IRA

							0	0	0	0	1	1	1	1
							0	0	1	1	0	0	1	1
							0	1	0	1	0	1	0	1
b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1								
			0	0	0	0	NULL	DLE	SP	0	@	P	`	p
			0	0	0	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
			0	0	1	0	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
			0	0	1	1	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
			0	1	0	0	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
			0	1	0	1	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
			0	1	1	0	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
			0	1	1	1	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
			1	0	0	0	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
			1	0	0	1	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
			1	0	1	0	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
			1	0	1	1	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
			1	1	0	0	FF	IS4	,	<	L	\	l	
			1	1	0	1	CR	IS3	~	=	M	]	m	}
			1	1	1	0	SO	IS2	.	>	N	^	n	~
			1	1	1	1	SI	IS1	/	?	O	-	o	DEL

Американська версія цього алфавіту називається ASCII (American Standart Code for Informational Interchange – американський стандартний код для обміну інформацією). Відповідно ця система дозволяє представити 128 різних символів. Це більше, ніж потрібно, тому деякі набори бітів представляють різні управляючі символи (табл. 2).

Таблиця 2

Управляючі символи алфавіту IRA

1. Управління форматом	
1. BS: Backspace – повертає на одну позицію; 2. HT: Horizontal Tab – горизонтальна табуляція; 3. LF: Line Feed – подача рядків;	4. VT: Vertical Tab – вертикальна табуляція; 5. FF: Form Feed – подача сторінки; 6. CR: Carriage Return – повернення каретки.
2. Управління передачею	
1. SOH: Start of Heading – початок заголовка; 2. STX: Start os Text – початок тексту; 3. ETX: End of Text – кінець тексту; 4. EOT: End of Transmission – кінець передачі; 5. ENQ: Enquiry – запит;	6. ACK: Acknowledge – підтвердження; 7. NAK: Negative Acknowledge – від’ємне підтвердження; 8. SYN: Synchronous (Idle – синхронний) незадіяний; 9. ETB: End of Transmission Block – кінець передаваного блоку.
3. Розділові символи	
1. IS4: Символ розділення файлів; 2. IS3: Символ розділення групи; 3. IS2: Символ розділення записів; 4. IS1: Символ розділення модулів.	Розділові символи використовуються довільно, за виключенням тих ситуацій, коли найвищу ієрархію має символ IS4 (найбільш вмістивий), а найменшу – IS1 (найменш вмістивий).
4. Додаткові дії	
1. NUL: Null – нуль; 2. BEL: Bell – дзвінок; 3. SO: Shift Out – верхній регістр; 4. SI: Shift In – нижній регістр; 5. DEL: Delete – видалення; 6. SP: Space – пробіл; 7. DLE: Date Link Escape – зміна каналу даних;	8. DC1, DC2, DC3, DC4: Device Controls – засоби управління пристроями; 9. CAN: Cancel – відміна; 10. EM: End of Medium – кінець середовища; 11. SUB: Substitute – заміщення; 12. ESC: Escape – перехід.

Деякі із цих керуючих символів контролюють виведення символів на сторінку. Інші зв’язані із процедурами зв’язку. Слід відмітити, що для зберігання і передачі даних, закодованих за допомогою алфавіту IRA, практично завжди виділяється 8 біт на символ [7].

Такий восьмибітовий блок називають октетом або байтом. Додатковий восьмий біт є контрольним і використовується для виявлення помилок. Значення цього біта вибирається таким, щоб загальна кількість двійкових знаків 1 в кожному октеті була непарною (від’ємна парність) або парною (позитивна парність), що дозволяє виявити помилки передачі, які приводять до зміни окремого біта або непарного числа бітів.

Крім кодування IRA, яка містить 7 біт, також широке розповсюдження отримало кодування EBCDIC (Extended Binary Coded Interchange Code – розширене двійкове кодування). Це уже восьми бітове кодування застосовується у всіх машинах категорії VBM, за виключенням персональних комп’ютерів і робочих станцій.

Методи синхронної та асинхронної передачі даних в каналах зв’язку

При асинхронній передачі синхронізація повинна підтримуватися тільки в межах кожного символу, так як приймач має можливість відновлення синхронності на початку кожного нового символу.

Даний метод представлений на рис. 1. Якщо у будь-який момент часу жоден символ не передається, то лінія зв’язку між приймачем і передавачем знаходиться в холостому стані. Визначення холостого стану еквівалентно визначенню сигнального елемента, що представляє двійкову одиницю. Відповідно, для передачі сигналів в кодуванні NRZ-L, яка використо-

вустється при асинхронній передачі, на холостий стан буде вказувати від'ємний рівень напруги в лінії. На початок символу вказує стартовий біт, який вже має значення двійкового нуля. Далше іде 5–8 біт, що по суті складає символ.

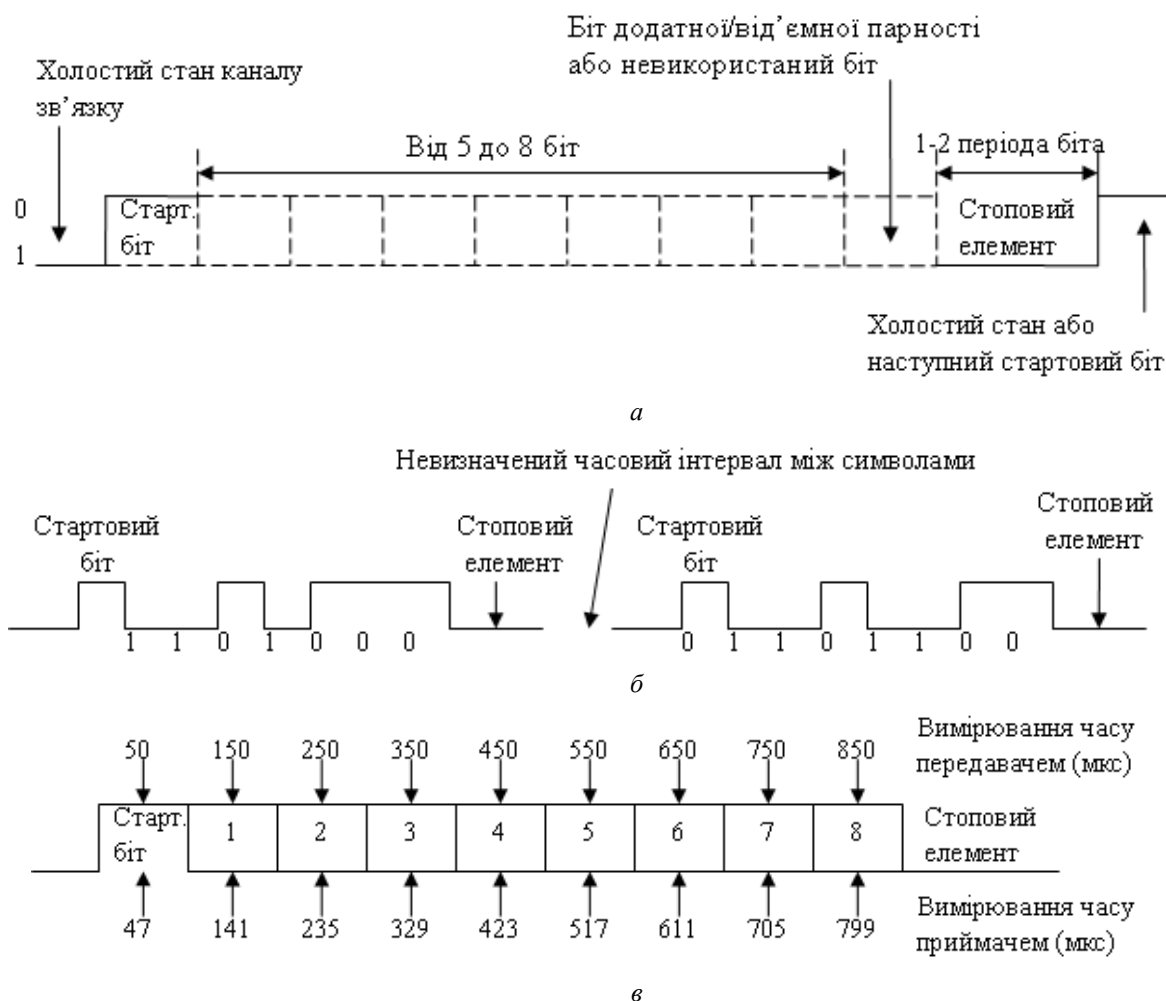


Рис. 1. Асинхронна передача цифрових даних: а – формат символу; б – асинхронний потік символів по 8 біт; в – результат помилки синхронізації

Біти символу передаються послідовно, починаючи із найменш значущого розряду. Наприклад, для символів в кодуванні IRA першим передаючим бітом буде біт, який помічений як b1 в табл. 1. За бітами даних іде, як правило, біт парності, який знаходиться вже в самому значущому розряді. Значення біта парності передавач вибирається так, щоб повне число одиниць в символі, враховуючи біт парності, було парним (додатна парність) або непарним (від'ємна парність). Цей біт парності використовується приймачем для виявлення помилок.

Останній елемент – стоповий, який є двійковою одиницею. Мінімальна тривалість цього елемента складає 1–2 періоди біта. Так як стоповий елемент і холостий стан позначаються однаково, то передавач буде продовжувати передачу стопового елемента, поки не буде готовий до передачі наступного символу.

Вимоги до синхронності даної схеми є дещо обмеженими. Наприклад, символи в кодуванні IRA зазвичай передаються у вигляді восьми бітових блоків, вимагаючи біт парності. Якщо приймач на 5 % швидший чи повільніший передавача, то час вибірки восьмого біта символу буде зміщено вже на 45 %, але вибірка все ще буде проведена правильно. На рис. 1, в показано, як значна помилка при синхронізації приводить до помилки в прийманні даних. В даному прикладі допускається, що швидкість передачі даних була 10 кбіт/с. Тоді,

відповідно, тривалість кожного біта буде рівною $0,1 \text{ мс} = 100 \text{ мкс}$. Тепер припустимо, що приймач працює швидше на 6 % або спішить на 6 мкс на кожний період передачі біта символу. В цьому випадку приймач проводить вибірки поступаючих символів кожні 94 мкс (за часом передавача). Із рисунка видно, що остання вибірка є помилковою.

Помилка, подібна даній, в дійсності породжує зразу дві помилки. По перше, останній вибраний біт приймається неправильно. По друге, може збитися лічильник бітів. Якщо сьомим бітом була «1», а восьмим – «0», то восьмий біт помилково може бути прийнятий за стартовий біт. Така ситуація кваліфікується помилкою кадрування, так як символ разом із стартовим бітом та стоповим елементом називають кадром. Помилка кадрування також може виникнути у випадку появи помилкового, викликаного завадами, стартового біта під час холостого стану.

Хоча асинхронна передача проста і дешева, вона вимагає передачі двох-трьох зайвих бітів на символ. Якщо, наприклад, передається восьмий бітовий символ, що не містить біта парності, то при одно бітовому стоповому елементі два із кожних десяти бітів не несуть інформації, а використовуються лише для синхронізації передачі цифрових даних. Відповідно 20 % інформації є надлишковою, службовою. При збільшенні блоку, що передається, сумарна помилка синхронізації також зростає. Тому для збільшення ефективності передачі використовують синхронну передачу цифрових даних.

При синхронній передачі блок бітів передається у вигляді неперервного потоку без символів початку і кінця блоку [5]. Сам блок вже може складатися з необмеженої кількості бітів. Для запобігання втрати синхронності між передавачем і приймачем їх тактові генератори повинні бути певним чином синхронізовані. Один із можливих варіантів – це створення лінії синхроімпульсів між приймачем і передавачем. Одна сторона – передавач регулярно по лінії посилає імпульси, по одному короткому імпульсу в кожний період передачі біта. Сторона приймання сприймає ці імпульси, як сигнали точного часу. Цей метод добре працює на коротких відстанях, а на великих відстанях такі синхроімпульси спотворюються, як й інформаційні, що веде до зростання помилки синхронізації. Другим більш надійним варіантом є вкладання синхронізуючої інформації в інформаційний сигнал. Для цифрових сигналів це можна виконати, вибравши манчестерське або диференціальне манчестерське кодування [7]. Для аналогових сигналів можна вибрати інші способи: для синхронізації може бути використана несійна частота, за фазою якої синхронізується приймач [8 – 11].

При синхронній передачі вимагається інший рівень синхронізації, який би дозволив приймачу визначати початок і кінець блоку даних. Для отримання подібної синхронності кожен блок починається з деякої послідовності бітів – преамбули, а закінчується послідовністю, яку називають завершенням. Крім цього до блоку доставляються інші біти, які несуть керуючу інформацію, що використовується в процедурах управління каналом зв'язку. Цифрові дані разом з преамбулою і завершенням, а також з керуючою інформацією, називають кадром. Формат кадра визначається процедурою управління каналом зв'язку. На рис. 2. показаний типовий формат кадру при синхронній передачі. Зазвичай, кадр починається із восьмибітової преамбули, яку називають прапорцем. Цей же прапорець використовується і як завершення. Приймач очікує появу прапорця і сприймає його як початок кадру. Після цього іде декілька інформаційних полів, поле даних, а завершується кадр повторенням прапорця.

Прапорець 8 біт	Управл. поле	Поле даних	Управл. поле	Прапорець 8 біт
--------------------	-----------------	------------	-----------------	--------------------

Рис. 2. Формат синхронного кадру цифрових даних

Тому при передачі великого масиву даних синхронна передача є значно ефективнішою асинхронної. При застосуванні асинхронної передачі даних службова інформація складає

20 % і більше. В синхронній передачі цифрових даних на преамбулу і завершення витрачається не більше 100 біт. Так, для важливого протоколу управління каналом зв'язку HDLC (High-level Data Link Control – високорівневий протокол управління каналом, стандарти ISO 3009, ISO 4335), преамбула, завершення та керуюча інформація займає лише 18 біт. Тому блок, що містить 1000 символів або $1000 \cdot 8 = 8$ кбіт цифрових даних, буде мати лише 48 біт службової інформації, що складає всього $48/8048 \cdot 100 \% = 0,6 \%$.

Конфігурація лінії каналу зв'язку

Розглянемо конфігурацію лінії каналу зв'язку. Конфігурацію ліній розрізняють за двома характеристиками: топологією і обміном. Топологія лінії зв'язку – це фізичне розміщення станцій в передаючому середовищі. При наявності тільки двох станцій лінія зв'язку стає двоточною. Якщо станцій більше двох, то ми отримуємо вже багатоточкову топологію. Багатоточкова лінія зв'язку використовується при наявності сервера (головної станції) та набору терміналів (підпорядкованих станцій). Така топологія, як правило, використовується в локальних мережах.

Всі методи інформаційного обміну по лініям зв'язку можна розділити на дуплексні та півдуплексні [4]. При півдуплексній передачі в кожен момент часу може передавати тільки одна з двох станцій двоточної лінії. Цей режим передачі ще називають двосторонньою по черговою передачею.

При дуплексній передачі дві станції можуть вже одночасно посилати і отримувати дані одна від одної. Для інформаційного обміну між двома ПК ця форма передачі є більш ефективною, ніж півдуплексна передача.

Більшість цифрових пристроїв обробки даних мають обмежені передавальні можливості. Зазвичай ці пристрої генерують простий цифровий сигнал, наприклад сигнал в кодуванні NRZL, і можуть передавати дані на обмеженій відстані. Тому такий пристрій (ПК чи термінал) не часто прямо зв'язують із засобами передачі даних або з роботою мережі. Для цього використовують пристрої спряження ліній передачі. Тому ПК і термінали називають термінальним обладнанням (DTE – Data Terminal Equipment), а пристрої спряження цього обладнання з лініями називають обладнанням передачі даних (DCE – Data Circuit-Terminating Equipment). Роль пристроїв спряження виконують цифрові модеми. Взаємодія між пристроями DTE та DCE здійснюється через так звані кола обміну (інтерфейси). Такі інтерфейси мають 4 важливі групи характеристик: механічні; електричні; функціональні та процедурні.

Механічні характеристики описують реальні фізичні з'єднання між пристроями DTE і DCE у вигляді рознімачів. Електричні характеристики описують рівні напруг та часові параметри зміни напруг. Ці характеристики визначають можливі швидкості передачі даних і відстані передачі.

Функціональні характеристики вказують функції, які виконуються шляхом надання кожному колу обміну визначеного значення. Ці функції можна розділити на інформаційні, управляючі, синхронізуючі та задаючі. Процедурні характеристики задають послідовність дій при передачі даних, яка ґрунтується на функціональних характеристиках інтерфейсу.

Є багато варіантів спряження. В даній статті розглянуто два найбільш важливих: V.24/EIA-232F та ISDN. Інтерфейс V.24 описаний в стандарті ITU-T, і випущений Асоціацією електронної промисловості США (EIA – Electronic Industries Alliance). Даний інтерфейс передбачає використання 25 – контактного рознімача, який визначається стандартом ISO 2110.

Велике число функцій інтерфейсу V.24/EIA-232F досягається за рахунок використання великої кількості кіл обміну. Такий спосіб отримання результатів є достатньо дорогим. Тому існує альтернативний підхід: зменшити кількість кіл, але внести в інтерфейси пристроїв DTE і DCE додаткову логіку. Така тенденція була закладена в специфікації восьмиконтактного фізичного рознімача для цифрової мережі з інтеграцією послуг (ISDN – Integrated Services Digital Network). Мережа ISDN представляє собою повністю цифрове заміщення існуючих

телефонних і аналогових телекомунікаційних мереж. В термінології ISDN фізичне з'єднання організується між термінальним обладнанням (TE – Terminal Equipment) і обладнання завершення мережі (NT – Network-terminating Equipment). Згідно стандарту ISO8877, для організації фізичного з'єднання між пристроями TE і NT кабелі повинні закінчуватися восьмиконтактними рознімачами.

Електрична специфікація мережі ISDN передбачає використання збалансованої передачі. При збалансованій передачі сигнали передаються по лінії у вигляді витой пари. Сигнали передаються у вигляді струму, що проходить по одному провіднику та повертається по другому, при цьому обидва утворюють замкнуте коло.

Для прикладу розглянемо організацію цифрових каналів зв'язку елементів приймально-го комплексу системи передачі інформації (СПІ) з використанням модемів ZyXEL серії U-336 (модемів для фізичної лінії Nokia і Zelax) сумісно з мультиплексорами фірми RAD серії STM (STM-4, STM-8, STM-8HS, STM-16HS).

В ролі елементів приймального комплексу виступають в даній СПІ наступні пристрої:

- комп'ютер АРМ ДПП (автоматизоване робоче місце дуплексного передаючого-приймального пристрою) СПІ, де цифровий канал використовують для зв'язку з віддаленим КЩО (комп'ютером цифрової обробки) СПІ;

- КЩО СПІ, де цифровий канал використовують для зв'язку з АРМ ДПП, а також для зв'язку з другим віддаленим КЩО або віддаленим терміналом (ВТ) СПІ;

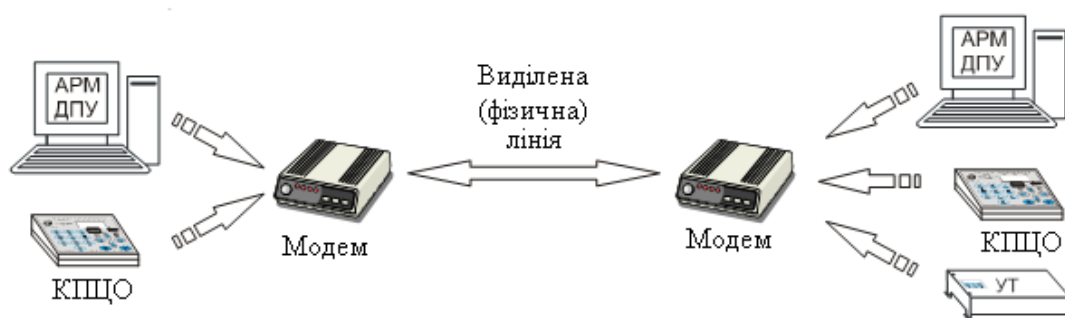
- ВТ СПІ, де цифровий канал використовують для зв'язку з АРМ ДПП або КЩО СПІ.

Такі варіанти передачі інформації з використанням цифрового каналу зв'язку подані на рис. 3. У всіх цих варіантах ставиться задача отримання повністю «прозорого» каналу зв'язку між парою пристроїв (АРМ ДПП, КЩО чи ВТ СПІ), тобто каналу, який не вносить спотворень і обмежень в цифровий потік даних. Це дає можливість проводити незалежне тестування.

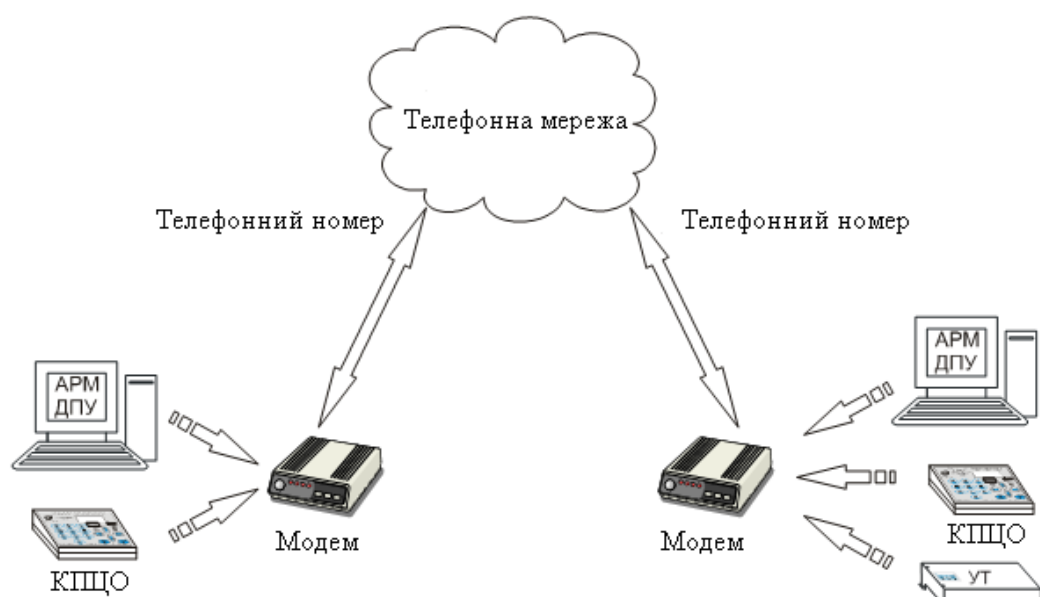
В даній системі для організації цифрових каналів використовують наступні схеми (рис. 3):

- 1) пряме з'єднання пристроїв з використанням виділеної фізичної лінії зв'язку (рис. 3, а);
- 2) пряме з'єднання пристроїв з використанням комутуючого пристрою (рис. 3, б);
- 3) пряме з'єднання пристроїв з використанням виділеної фізичної лінії з автоматичним переключенням на комутуючу лінію при двох виділених (рис. 3, в);
- 4) багатоканальне з'єднання з використанням виділеної фізичної лінії зв'язку (рис. 3, г);
- 5) багатоканальне з'єднання з використанням комутуючого з'єднання (рис. 3, д);
- 6) багатоканальне з'єднання з використанням виділеної фізичної лінії зв'язку з автоматичним переключенням на комутуючу лінію при обриві виділеної (рис. 3, ж);

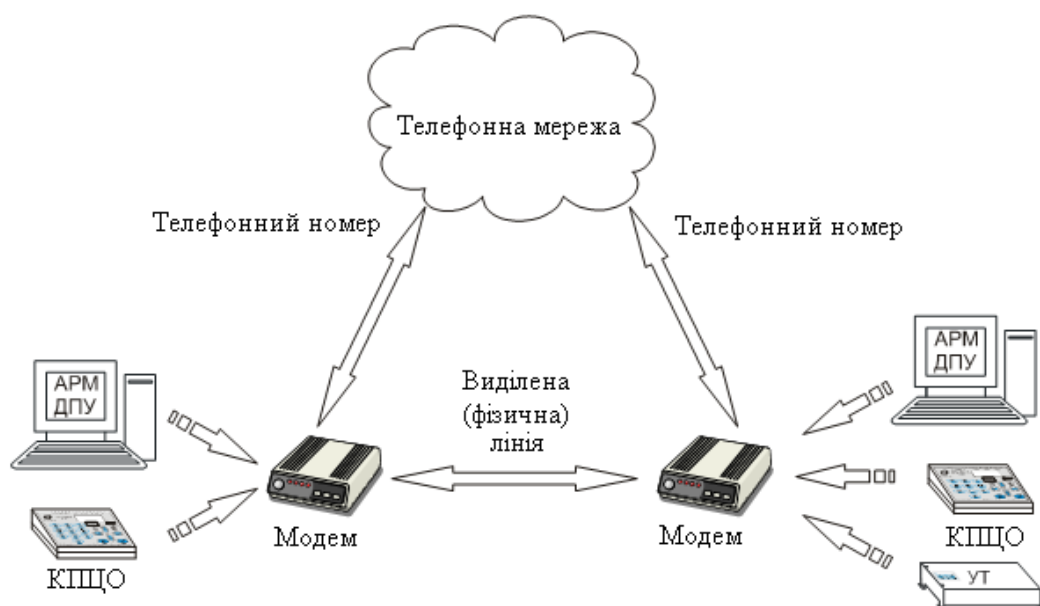
Вибір конкретної схеми організації зв'язку залежить від наявності ліній зв'язку, кількості каналів, які необхідно організувати.



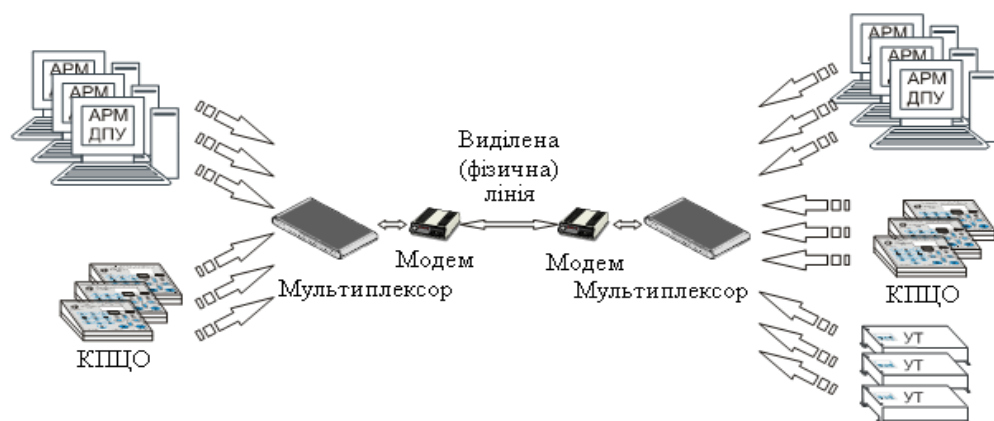
а



б



б



2

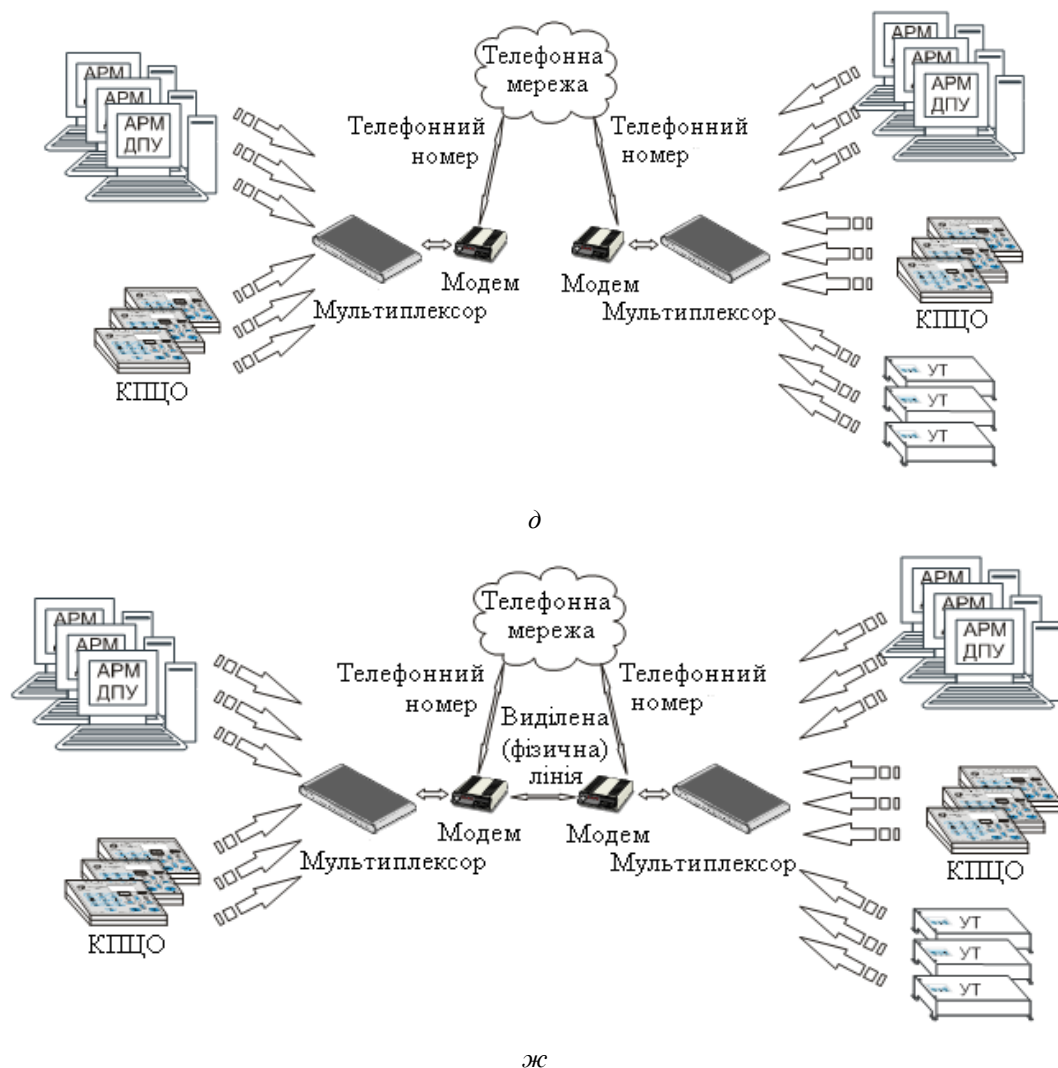


Рис. 3. Варіанти передачі цифрової інформації з використанням цифрового каналу зв'язку

Програмування модемів та мультимплексорів

При програмуванні модемів (незалежно від типу модему), а також мультимплексорів (при використанні схем рис. 3, *г*, *д*, *ж*) необхідно провести налаштування пристроїв з врахуванням наступних умов:

1. Тип каналу зв'язку для використаного обладнання (пристроїв DTE):

1) кількість біт даних, що передаються (всі пристрої СПІ використовують 8-бітовий формат даних);

2) наявність або відсутність контролю парності (непарності) передаючих бітів (всі пристрої СПІ не використовують контроль парності (непарності));

3) наявність або відсутність програмного або апаратного управління потоком даних, які передаються (всі пристрої системи СПІ не використовують управління потоком даних).

4) швидкість обладнання DTE (пристроїв приймального комплексу або мультимплексорів) встановлюється модемами (для прямого зв'язку, що задається схемами рис. 3, *а*, *б*, *в*, рекомендується задавати швидкість 4800 біт, а для зв'язку мультимплексорів доцільно вибирати вже швидкість, яка встановлюється для основного каналу мультимплексора);

5) тип синхронізації в каналі DTE (для схем рис. 3, *а*, *б*, *в* використовують асинхронний режим, а для схем з багатоканальним з'єднанням пристроїв рис. 3, *г*, *д*, *ж* використовують вже синхронний режим роботи).

2. Тип протоколу і швидкість, які використовують модеми для зв'язку один з одним:

1) тип протоколу визначається можливостями модему і вимагає набір протоколів ущільнення та відновлення помилок при передачі;

2) швидкість з'єднання може відрізнятися від швидкості, яка встановлюється для обладнання DTE (вибирають рівну, або більшу за швидкість каналу DTE).

3. Режим утворення каналу зв'язку:

1) тип з'єднання: комутуюче, або виділене і залежить від типу вибраних модемів;

2) роль модему в парі (всі параметри налаштування співпадають).

Процедура програмування модему залежить від його типу. Для модемів ZyXEL програмування проводиться з використанням ПК через термінальну програму. Програма налаштування модему складається із ряду пунктів ініціалізації і для кожного модему задаються окремою програмою. Модеми для фізичних ліній програмуються, як правило, з використанням вмонтованої клавіатури та індикатора (Nokia, Zelax), або шляхом встановлення певних переминок (закороток) і задаються схемою модему.

Аналогічно модему для схем рис. 3, з, д, ж розглянуто також основні принципи програмування мультиплексорів RAD для організації багатоканальної системи передачі даних.

Мультиплексори RAD серії STM відносяться до класу статичних мультиплексорів і дозволяють проводити передачу даних декількох асинхронних дуплексних каналів по одному синхронному дуплексному каналу. В залежності від моделі мультиплексори серії STM мають від 2 до 24 асинхронних канали (суб-канали) і один основний (main-канал). З'єднання суб-каналів пари мультиплексорів проходить статичним чином, тобто першому суб-каналу одного мультиплексора відповідає перший суб-канал другого, другий – другому і тому подібне. Для з'єднання мультиплексорів між собою використовують синхронний режим (дуплексний канал), для організації якого використовують будь-яке термінальне обладнання. Основні принципи програмування пари модемів ZyXEL U-336 з використанням мультиплексорів RAD є наступні:

Кожний суб-канал повинен бути налаштований на параметри даних, які передаються:

1) Band Rate – швидкість роботи каналу, вибирається із ряду: 38400; 19200; 9600; 4800; 2400; 1200; 600; 300; 150; 110; 75 біт/с (як правило вибирають 4800 біт/с);

2) Data Bits 5/6/7/8 – число бітів в передавальних байтах і вибирається із ряду: 5; 6; 7; 8 (як правило, вибирають 8 біт/с);

3) Parity Even/Odd/Space/Mark/None – режим роботи системи контролю парності (як правило, вибирають None – без контролю);

4) Stop bits 1/1,5/2 – число стоп-бітів (вибирають 1 стоп-біт);

5) STM to DTE Software flow control on/off – режим контролю потоку даних із сторони мультиплексора (вибирають None – без контролю);

6) END to END Software control on/off – режим контролю даних по управляючим символам;

7) END to END Software control on/off – режим контролю даних із сторони обладнання (вибирають None);

8) RTS Control PASS on/off – режим контролю даних по апаратним лініям (вибирають, як правило, NONE).

Програмування режимів роботи MU здійснюється за допомогою термінальної програми аналогічно як для модему. Для програмування необхідно підключити термінальну програму до любого порту суб-канала MU за допомогою інтерфейсного кабелю «DB9M-RJ45». Після підключення інтерфейсного кабелю необхідно провести перезапуск мультиплексора, повернувши перемиčku INIT/NORM в положення NORM, а потім ввести послідовність символів @@@@S, роблячи між символами паузу не менше 1 с. В даному діалозі ввести пароль для доступу до налаштування мультиплексора (пароль RD). Даліше в розділі «2) configure local channel» необхідно послідовно провести налаштування режимів роботи усіх локальних каналів. Для використання MU доцільно ввести налаштування наступного виду:

1) 4800; 2) 8; 3) NONE; 4) 15; 5) OFF; 6) OFF; 7) OFF; 8) OFF.

Після закінчення вийти із меню налаштування MU.

Для індикації свого стану MU використовує світлодіодні індикатори, які розміщені на передній панелі. Індикатори, які розміщені над портами суб-каналів служать для індикації активності передачі даних по кожному каналу. Індикатор MAIN вказує на активність MAIN-каналу MU і його рівня та пульсуюче світіння разом із свіченням індикатора SYNC вказує на наявність зв'язку між мультиплексорами. А індикатори ERROR і OVF вказують на наявність помилки при передачі даних між суб-каналами. Якщо в процесі роботи індикатор SYNC переходить в миготливий режим, то це вказує на втрату синхронізації між MU і вказує на збій роботи основного каналу.

Висновки

Проведено огляд та аналіз основних способів кодування при синхронній та асинхронній передачі даних. Показано приклад кодування двох бітів інформації при застосуванні квадратурно-фазового маніпулятора. Проаналізовано систему текстового кодування (IRA) та американський стандартний код для обміну інформацією (ASCII). Розглянуто основні методи передачі даних в синхронному та асинхронному режимі. Визначено їх основні характеристики та недоліки при застосуванні в інтерфейсах передачі даних в комп'ютерних системах. Це показано на прикладі аналізу системи передачі інформації з повним описом використовуємого обладнання та деталізацією особливостей використання. Наведено основні принципи програмування модемів та мультиплексорів при передачі цифрової інформації з використанням цифрового каналу зв'язку для можливих варіантів конфігурації системи передачі інформації.

Список літератури:

1. Парамуд Я.С. Периферійні пристрої, інтерфейси та драйвери : навч. посіб. Львів : Магнолія 2006, 2023. 210 с.
2. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П.Л., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Кн. 1 : навч. посіб. Львів : Магнолія 2006, 2013. 256 с.
3. Азаров О. Д., Захарченко С. М., Кадук О. В. та ін. Комп'ютерні мережі : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2013. 371 с.
4. Безрук В.М., Бідний Ю.М., Колтун Ю.М., Астраханцев А.А., Свид І.В., Ширяев А.В., Харченко Н.А. Інформаційні мережі зв'язку. Ч. 2 // Телекомунікаційні технології стаціонарних мереж зв'язку : навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2011. 492 с.
5. Sheikholeslami M. and Li Z. Data Communication Interfaces in Smart Grid Real-time Simulations: Challenges and Solutions // 2021 IEEE International Conference on Communications, Control, and Computing Technologies for Smart Grids (SmartGridComm). Aachen, Germany, 2021. P. 295–300. doi: 10.1109/SmartGridComm51999.2021.9632324.
6. Zhang M. and Xu Q. Research on Communication Channel Modeling of Balise Control Interface // 2021 IEEE International Conference on Computer Science, Electronic Information Engineering and Intelligent Control Technology (CEI). Fuzhou, China, 2021. P. 720–723. doi: 10.1109/CEI52496.2021.9574506.
7. Wang C., Xu J., Feng X., Wu W. and Wang J. Database Interface Application Based on ODBC Development // 2022 2nd Asia-Pacific Conference on Communications Technology and Computer Science (ACCTCS). Shenyang, China, 2022. P. 362–365. doi: 10.1109/ACCTCS53867.2022.00080.
8. Nyckolaychuk Y., Grynchychyn T., Pitukh I., Petraschuk Y., Nyckolaychuk L., Hryha V. Promising Developments in Cyber Physical System Tools For Background Monitoring of Reserve Landscape // Advanced Computer Information Technologies. International Conference. ACIT 2021. Degendorf, Germany, September 2021. P. 686–690.
9. Свид І.В., Обод А.І. Інформаційні технології обробки даних систем спостереження // Системи управління, навігації та зв'язку. Полтава : Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка, 2016. Вип. 4 (40). С. 91–93.
10. Оцінка відносної пропускної здатності запитальних систем спостереження повітряного простору / М.Г. Ткач, І.В. Свид, О.В. Воргуль, С.В. Старокожев, О.С. Мальцев, А.О. Глущенко // Радіотехніка 2022. Вип. 208. С. 28–37. doi: <https://doi.org/10.30837/rt.2022.1.208.03>.
11. Novosiadlyi S., Gryga V., Lukovkin V. and Mandzyuk V. Simulation of Frequency Properties of Operational Amplifiers in Analog-Digital Signal Processing Devices // 2019 9th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2019. P. 209–212. doi: 10.1109/ACITT.2019.8779868.

Надійшла до редколегії 02.12.2024

Відомості про авторів:

Довгий Віктор Володимирович – канд. техн. наук, Прикарпатський національний технічний університет імені Василя Стефаника, старший викладач кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки, Україна, e-mail: viktor.dovhyi@pnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7158-6938>

Терлецький Андрій Іванович – канд. фіз-мат. наук, доцент, Прикарпатський національний технічний університет імені Василя Стефаника, доцент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки, Україна, e-mail: andrii.terletskyi@pnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1667-3467>

Грига Володимир Михайлович – канд. техн. наук, доцент, Прикарпатський національний технічний університет імені Василя Стефаника, доцент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки, Україна, e-mail: volodymyr.gryga@pnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5458-525X>

Свид Ірина Вікторівна – канд. техн. наук, доцент, Прикарпатський національний технічний університет імені Василя Стефаника, професор кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки, Україна, e-mail: iryna.svyd@pnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4635-6542>].