ренції "Управління енерговикористанням " (Львів , 3-6 червня 1997 р.) Tacis. Bistro /96/052 с.2-14-2-18. - Львів, 1997

8. Шапиро Т.Е. Фотохромный контроль биосинтеза хлорофилла и каротиноидов в этиолированных проростках пшеницы в зависимости от темновой фазы между световыми импульсами // Физ. растений. - 1993. - Т.40, № 2. - С. 204-208.
9. Данилова М.В., Кашина Т.К. Фотопериодизм, развитие листа и диморризм тилакоидов хлоропластов Parilla Ocymoiges.// Российская академия наук. Физиология растений. -1996 (январь–февраль). - Т.42 - № 1.
10. Андрійчук В.А., Воркун С.В. Розрахунок кута прецесії опромінюючої установки із зміщеним центром ваги // Комунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник.- К.: Техника. – 2000. - Вып.22. - С.206-210.
11. Андрійчук В.А. Енергоощадні опромінюючі установки для рослин закритого грунту// Вісник Тернопільського державного технічного університету ім.І.Пулюя. - 1999. - Т.4. Число 4. - С.144-147.
12. Андрійчук В.А., Герій Я.М., Чубатий Ю.О. Світлотехнічний розрахунок опромінювальної установки з прецесуючим рухом опромінювачів // Вісник Тернопільського державного технічного університету ім. І.Пулюя, –2000. –Т.5. –№1. –С. 85–91.
13. Андрійчук В.А., Герій Я.М. Розрахунок опроміненості площини довільної орієнтації від опромінювача з некруглосиметричним світловим розподілом// Вісник Тернопільського державного технічного університету ім. І.Пулюя. –2001. – Т.6. –№2. – С. 78–88.
14. Самарский Р.В. Численные методы. - М.: Наука, 1989. - 432с.

Одержано 20.08.2001 р.

УДК 621.3

А.Кулик, канд. техн. наук; С.Кривогубченко, канд. техн. наук; М.Компанець, канд. техн. наук; Д.Кривогубченко
Вінницький державний технічний університет

ПЕРЕДАВАННЯ ДИСКРЕТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В УМОВАХ ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНОЇ МОДУЛЯЦІЇ

Розглядається передавання інформації в інформаційно-вимірювальних системах та комп'ютерних мережах в умовах широтно-імпульсної модуляції. Пропонується спосіб передавання, який забезпечує звуження смуги частот каналу і підвищення вірогідності приймання.

Умовні позначення

- U_i – амплітуда імпульсного сигналу каналу зв'язку;
- W_x – енергія сигналу, сконцентрована у смузі частот $[0, \omega_x]$;
- W_i – повна енергія поодинокого прямокутного імпульсу;
- $\lambda(\omega_x)$ – відносна енергія поодинокого прямокутного імпульсу, сконцентрована у смузі частот $[0, \omega_x]$;
- T_t – тривалість передавання одного біта інформації каналом зв'язку;
- ν – швидкість передавання інформації каналом зв'язку;
- k_m – коефіцієнт модуляції, який показує скільки біт інформації передається одним символом;
- τ_1 – тривалість імпульсу логічної "одиниці";
- τ_0 – тривалість імпульсу логічного "нуля";
- f_1 – частота першої гармоніки при передаванні логічної "одиниці";
- f_0 – частота першої гармоніки при передаванні логічного "нуля";
- $T_{кв}$ та $f_{кв}$ – відповідно період та частота квантування тривалості інформативних імпульсів;
- T_n – тривалість паузи між інформативними імпульсами;
- τ_{int} – час спрацьовування процесора на сигнал переривання і переходу до відповідної підпрограми;

τ_r – час зчитування інформації з лічильника програмованого таймера;

τ_c – час ідентифікації зареєстрованого значення;

τ_{wr} – час перезавантаження лічильника програмованого таймера.

В інформаційно-вимірювальних системах та комп'ютерних мережах дуже широко використовується передавання інформації в умовах різних видів модуляції. Широко розповсюджена широтно-імпульсна модуляція, оскільки вона забезпечує достатню завадозахищеність інформації, що передається каналами зв'язку. При частотному розподілі каналів зв'язку суттєву роль відіграє ширина смуги частот, яку займає кожний канал. Оскільки імпульси логічного "нуля" та логічної "одиниці" мають фіксовані тривалості, то існує можливість відфільтровування завад, які мають випадкову тривалість.

В умовах широтно-імпульсної модуляції інформативним параметром є тривалість імпульсу, причому нуль кодової комбінації передається прямокутним імпульсом з тривалістю τ_0, а одиниця – імпульсом з тривалістю τ_1 [1]. Ці сигнали мають кінцеву тривалість і, відповідно, безкінцевий частотний спектр. Практично всі канали мають обмежену смугу пропускання. Виходячи з цього , при передаванні сигналу реальним каналом зв'язку може бути передана лише частина його частотного спектра. Тому потрібно забезпечувати пропускання каналом суттєвої його частини [2]. З енергетичної точки зору практична ширина спектра визначається як область частот, де сконцентрована переважна частина всієї енергії сигналу.

Для поодинокого прямокутного імпульсу тривалістю τ_i та амплітудою U_i спектральна щільність визначається виразом:

$$S(j\omega)=\int_{-\infty}^{\infty}x(t)\cdot e^{-j\omega t}dt=\int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}}U_i\cdot e^{-j\omega t}dt=U_i\tau_i\cdot\frac{\sin\frac{\omega\tau_i}{2}}{\frac{\omega\tau_i}{2}}. \qquad (1)$$

Енергія сигналу, що сконцентрована у смузі частот $[0, \omega_x]$ становить:

$$W_x=\frac{1}{\pi}\cdot\int_0^{\omega_x}S^2(\omega)d\omega=\frac{\tau_i^2\cdot U_c^2}{\pi}\cdot\int_0^{\omega_x}\left(\frac{\sin\frac{\omega\tau_i}{2}}{\frac{\omega\tau_i}{2}}\right)^2 d\omega. \qquad (2)$$

Повна енергія поодинокого прямокутного імпульсу визначається співвідношенням:

$$W_i=U_i^2\cdot\tau_i. \qquad (3)$$

Відносна величина енергії поодинокого імпульсу, сконцентрована у смузі частот $[0, \omega_x]$ становить:

$$\lambda(\omega_x)=\frac{W_x}{W_i}=\frac{\tau_i^2\cdot U_c^2}{\pi\cdot U_s^2\cdot\tau}\cdot\int_0^{\omega_x}\left(\frac{\sin\frac{\omega\tau_i}{2}}{\frac{\omega\tau_i}{2}}\right)^2 d\omega=\frac{\tau_i}{\pi}\cdot\int_0^{\omega_x}\left(\frac{\sin\frac{\omega\tau_i}{2}}{\frac{\omega\tau_i}{2}}\right)^2 d\omega. \qquad (4)$$

Чисельно вирішуючи вираз (4), можна визначити, що приблизно 90% енергії цього сигналу розташовується в смузі частот $\left[0, 2\pi/\tau_i\right]$. Тобто практична ширина спектра сигналу вміщує п'ять перших гармонік. При цьому гранична частота, виходячи з (4)

визначається тривалістю імпульсу τ_i. При обміні інформацією каналом зв'язку тривалість одного імпульсу становить:

$$T_i = \frac{k_m}{\nu} \tag{5}$$

Перші гармоніки спектрів сигналів визначаються у відповідності із співвідношеннями:

$$\begin{cases} f_0 = \dfrac{1}{2\tau_0} \\ f_1 = \dfrac{1}{2\tau_1} \end{cases}. \tag{6}$$

Для швидкості передавання 1200 біт/с цей параметр складає $8{,}3 \cdot 10^{-4}$ с, якщо одиниця передається імпульсом, тривалість якого становить $\tau_1 = 0{,}7\ \tau_i$, а нуль – імпульсом тривалістю $\tau_1 = 0{,}3\ \tau_i$, то згідно з наведеними виразами (6) частоти будуть складати:

$$\begin{cases} f_{0.1200} = \dfrac{1}{2 \cdot 0{,}3 \cdot 8{,}3 \cdot 10^{-4}} = 2000(Гц) \\ f_{1.1200} = \dfrac{1}{2 \cdot 0{,}7 \cdot 8{,}3 \cdot 10^{-4}} = 857(Гц) \end{cases}$$

З умови передавання практичної ширини спектра сигналу смуга частот, яку повинен займати канал, складає 10 000 Гц. Зрозуміло, що така смуга для одного каналу є дуже широкою, оскільки вона буде пропорційно збільшуватись із підвищенням швидкості передавання інформації.

З іншого боку, під час передавання інформації її спотворення здійснюється за рахунок впливу завад, причому вони можуть мати найрізноманітніший характер: від адитивних, які змінюють амплітуду сигналу, до більш складних, які полягають у виникненні випадкових імпульсів, тривалість яких може змінюватись в досить широких межах. При цьому чим ширшою буде смуга частот, яку займає канал зв'язку, тим більше завад без перешкод буде проходити на приймальну частину, спотворюючи інформацію, що надходить з каналу зв'язку. Похибка селектування тривалостей імпульсів логічних "нуля" та "одиниці" залежить від якості побудови дешифраторів.

Таким чином з одного боку потрібно розширювати смугу частот каналу зв'язку для передавання якнайбільшої кількості гармонік інформативного сигналу, а з другого її необхідно робити якнайвужчою для зменшення впливу завад і формування більшої кількості каналів на одній лінії.

Наведений класичний алгоритм розрахунку смуги частот, яку займає канал передавання, базується на передаванні практичного (ефективного) спектра сигналу. Це потрібно для відновлення його форми на приймальному боці із завданою похибкою. Разом з тим під час передавання інформації головна задача полягає у ідентифікації тривалості імпульсу (визначення її відповідності логічним "нулю" чи "одиниці"), а після ідентифікації відновлювати сигнал потреби немає. Якщо відомі амплітуда імпульсу, його тривалість та період, його можна не відновлювати, а просто сформувати заново. Якщо ж ідентифікація здійснюється не на регенераційному пункті, а на приймальному боці, то ідентифікований біт просто записується на носій інформації. Виходячи з вищенаведених міркувань, доцільно передавати не спектри частот прямокутних імпульсів, а лише їх перші гармоніки, тому що саме вони є інформативними.

Часові діаграми, що ілюструють перетворення сигналів в умовах широтно-імпульсної модуляції згідно з вищевикладеним, наведені на рисунку 1.

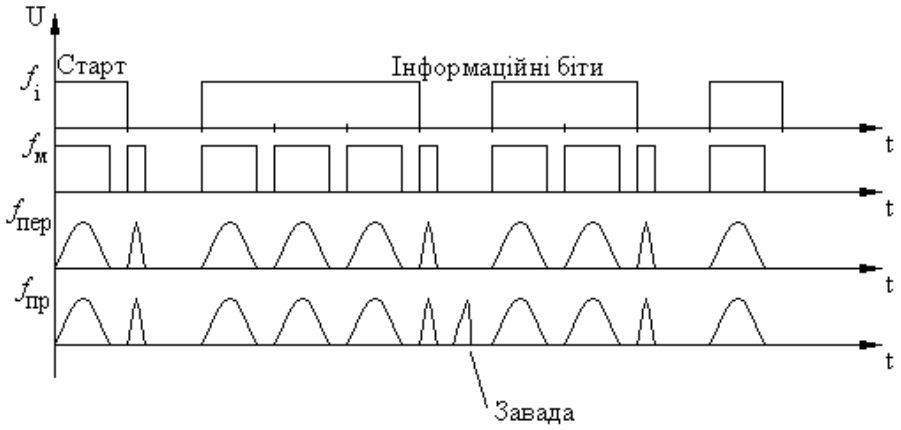

Рисунок 1. Часові діаграми перетворення сигналів в умовах широтно-імпульсної модуляції

Це дозволяє не просто уникнути згаданого протиріччя і звузити смугу частот, збільшивши кількість розташованих на одній лінії зв'язку каналів, але й не розгалужувати потужність сигналу між гармоніками, вкладаючи всю енергію лише в одну частоту, що передається на кожному окремому відрізку часу. За рахунок цього збільшується співвідношення сигнал/шум і підвищується завадозахищеність каналу передавання інформації.

Крім цього, звуження смуги частот, а практично передавання двох фіксованих частот, дозволяє на вході приймальної частини поставити вузькосмугові фільтри, які не пропускатимуть завади з каналу зв'язку. В свою чергу це ще збільшить завадозахищеність пристрою за рахунок відсікання сформованих у каналі за рахунок завад випадкових імпульсів.

Для побудови мікропроцесорного пристрою передавання інформації, який реалізовував би вказаний алгоритм може бути використана структура, наведена на рисунку 2. Схема роботи пристрою в режимі приймання інформації наведена на рисунку 3.

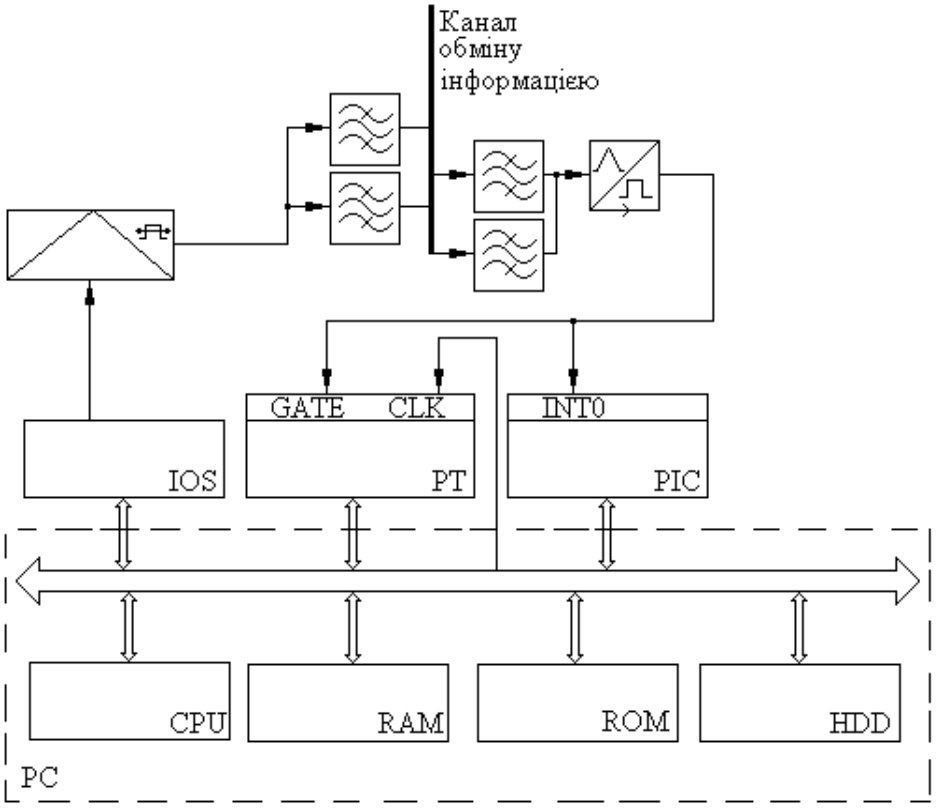

Рисунок 2. Узагальнена структура пристрою передавання дискретної інформації в умовах широтно-імпульсної модуляції

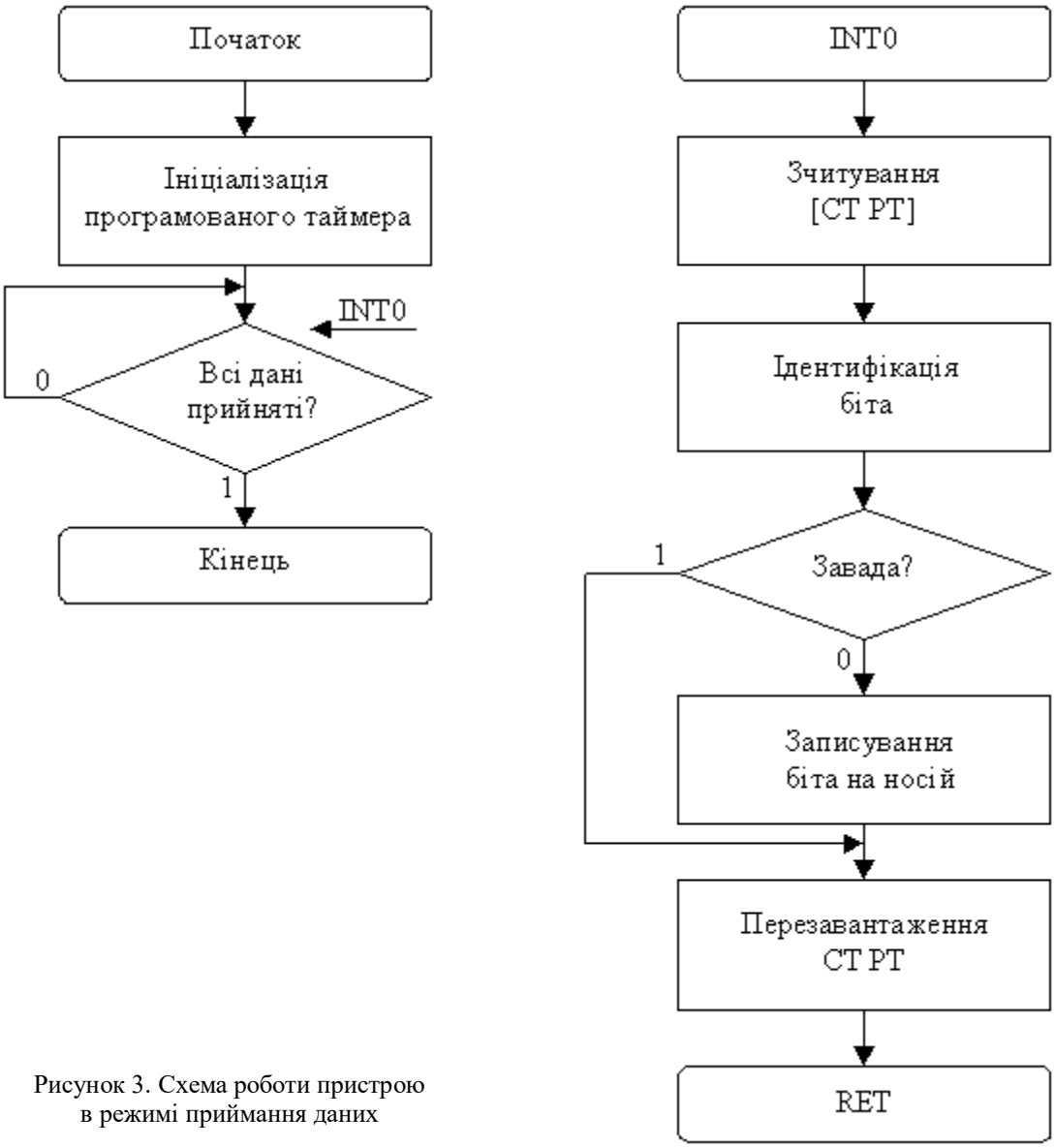

Рисунок 3. Схема роботи пристрою в режимі приймання даних

Як і більшість мікропроцесорних систем даний пристрій може розроблюватись з використанням режиму програмного обміну інформацією чи режиму переривань. Обидва режими мають певні переваги та недоліки, але з урахуванням того, що надходження інформації з каналу зв'язку до приймача має випадковий характер, доцільно в даному випадку використовувати режим переривань.

Режим передавання інформації особливих складностей не викликає, оскільки реалізується за допомогою типових засобів – послідовного інтерфейсу та модулятора. Особливістю передавальної частини є лише використання у кінцевому каскаді двох вузькосмугових фільтрів, які виділяють лише дві фіксовані інформативні частоти.

На приймальному боці сигнали, що надходять з каналу зв'язку, на вході фільтруються і з групового сигналу виділяються лише дві фіксовані інформативні частоти, які піддаються подальшому перетворенню. За допомогою формувача з сигналів формуються прямокутні імпульси, тривалість яких визначається за допомогою програмованого таймера. Код, який зафіксує лічильник програмованого таймера визначається співвідношенням:

$$N_i = \frac{\tau_i}{T_{кв}} = \tau_i \cdot f_{кв} \ . \qquad (7)$$

Негативний фронт імпульсу свідчить про завершення процесу квантування і викликає сигнал переривання. Програмним шляхом зареєстроване значення зчитується з лічильника програмованого таймера і порівнюється зі значеннями, які відповідають логічним “нулю” та “одиниці”. У випадку співпадіння з одним зі значень отриманий біт вважається ідентифікованим і записується на носій. Якщо зареєстроване значення не співпадає з жодним, то виникла завада і це значення ігнорується. Після цього лічильник таймера перезавантажується і цикл розпочинається спочатку, поки вся послідовність сигналів з каналу зв’язку не буде прийнята.

Максимальна швидкість передавання для даного пристрою визначається з умов працездатності даного пристрою:

$$\tau_n > \tau_{int} + \tau_r + \tau_c + \tau_{wr} + \tau_{ret}\,. \qquad (8)$$

Таким чином, реалізація наведеного алгоритму дозволяє збільшити кількість каналів зв’язку на одній лінії за рахунок звуження смуги частот , але й підвищити вірогідність приймання інформації без використання завадозахищеного кодування.

In this article show the information transmitting on the information-measurement systems and computer nets by the breadth-pulse modulation. Propose the transmitting method for securing contraction of the frequency stripe and increasing of the accept faithfulness.

Література

1. Васюра А.С., Кривогубченко С.Г., Кулик А.Я., Компанець М.М., Худолій О.І. Техніка передавання аналогової та дискретної інформації. – Вінниця: ВДТУ, 1998. - 100 с.
2. Кузьмин И.В., Кедрус В.А. Основы теории информации и кодирования. – К.: Вища школа, 1986. - 238 с.

Одержано 15.06.2001 р.