

**О. С. Бомчик, Я. С. Парамуд**  
Національний університет «Львівська політехніка»,  
кафедра електронних обчислювальних машин

## **КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ БАГАТОКАНАЛЬНИМИ ОСВІТЛЮВАЛЬНИМИ ПРИСТРОЯМИ**

© Бомчик О. С., Парамуд Я. С., 2018

Розглянуто проблему побудови комп'ютерної системи управління багатоканальними освітлювальними пристроями. Визначено базові засоби систем управління освітленням. Розроблено узагальнену структуру комп'ютерної системи управління багатоканальними освітлювальними пристроями. Обґрунтовано доцільність застосування в таких системах магістральних послідовних інтерфейсів. Проаналізовано і обґрунтовано ефективність застосування протоколу DMX. Розглянуто структурну схему системи управління багатоканальними освітлювальними пристроями за таким протоколом та загальний алгоритм роботи системи.

**Ключові слова:** комп'ютерна система, багатоканальні освітлюючі пристрої, протокол.

**О. Bomchyk, Y. Paramud**  
Lviv Polytechnic National University,  
Computer Engineering Department

## **COMPUTER SYSTEM MANAGEMENT BY MULTIPLE CHANNEL LIGHTING EQUIPMENT**

© Bomchyk O., Paramud Y., 2018

The problem of controlling the computer control system of multichannel lighting devices is considered. Basic means of lighting control systems are determined. Generalised structure system for controlling of multichannel lighting devices is developed. Expediency of use of trunk serial interfaces in such systems is substantiated. Efficiency of use of DMX protocol is substantiated and analysed. The structural scheme of multichannel lighting devices control system according to such a protocol and the general algorithm of system operation are considered.

The analysis and justification of the choice of application of the protocol dmx 512 was made. The structural scheme of the system and the general algorithm of the system work are considered.

**Key words:** computer system, multichannel illuminating devices, protocol.

### **Вступ**

Розвиток вимог до художнього та світлового оформлення адміністративних та бізнесових будівель, театрів, спортивних закладів привели до розуміння недостатності "звичайних" побутових світлових систем. Для того, щоб управляти складним освітленням, сьогодні потрібні більш функціональні системи, за допомогою яких можна керувати багатоканальними світловими пристроями [1,2].

Управління освітленням умовно можна поділити на централізоване, дистанційне і автоматичне. Кожний з цих класів має свої переваги і недоліки, які так чи інакше впливають на вибір для конкретного застосування.

Для управління світловими пристроями, а саме світлодіодними, сьогодні все частіше впроваджують нові комп'ютерні системи, які передають сигнал управління за допомогою різних інтерфейсів та протоколів. Ці протоколи дозволяють стандартизувати процес управління світловими пристроями, які виробляються різними фірмами [1]. Протоколи для керування світловим обладнанням не є ідеальними, і їх постійно вдосконалюють.

Впровадження нових протоколів приводить до створення нових освітлювальних пристроїв та відповідних засобів управління. Алгоритми управління постійно вдосконалюють і їх реалізація потребує застосування сучасних складних комп'ютерних засобів та технологій. Виникає необхідність застосування високопродуктивних обчислювальних пристроїв, здатних виконати значну обчислювальну роботу в реальному, жорстко обмеженому, часі та впровадження нових інтерфейсів, які б швидко передавали команди управління від обчислювача до виконавчих елементів та освітлювальних пристроїв. Виконання обчислювальної роботи можна покласти на персональні комп'ютери (ПК), мобільні пристрої, мікро-ЕОМ та мікроконтролери. Обмін інформацією доцільно здійснювати магістральними інтерфейсами, які мають здатність забезпечити багатоканальність. Для реалізації безпроводникового управління можна використовувати стандарт WIFI. Впровадження такого управління передбачає наявність мережесих засобів та спеціального програмного забезпечення, яке буде встановлено на планшет або мобільний пристрій. Такий спосіб віддаленого управління зручно використовувати, коли потрібно досягти мобільності при управлінні багатоканальними освітлювальними пристроями.

### **Стан проблеми**

Бурхливий розвиток світлотехніки та електроніки останнім часом призвів до створення не тільки великої кількості нових типів джерел світла, але і різних пристроїв, які можуть керувати освітленням. І якщо ще зовсім недавно для управління освітленням у квартирі або будинку застосовували тільки звичайні вимикачі, то тепер перелік усіх можливих елементів управління освітленням займе не одну сторінку. До появи цифрових протоколів управління освітленням відбувалося або за окремими проводами з керуючою напругою, що йде до кожного пристрою, або за допомогою різноманітних цифрових і мультиплексованих аналогових зв'язків. Аналогові системи, які використовували окрему лінію зв'язку на кожен канал дімера, були громіздкими, дорогими і не мали єдиного стандарту. Для них були потрібні спеціальні адаптери, а також підсилювачі та інвертори напруги, для того, щоб підключати дімери одного виробника до керуючих консоль іншого. Крім того, виявляти і усувати несправності у з'єднувачах і кабелях було складно. Цифрові системи, які застосовували, були різноманітні і абсолютно несумісні між собою. Більш того, багато виробників, побоюючись комерційного піратства, прагнули не розкривати подробиць роботи своїх систем. Все це залишало кінцевому користувачеві дуже мало можливостей для вибору. І якщо він купував пульт одного виробника, то часто йому доводилося купувати дімер теж у цього самого виробника.

Відомі три основні причини, за якими досі не з'явився домінуючий світовий стандарт [3]. Перша причина полягає у тому, що кожний континент Землі використовує свої стандарти. Для прикладу, у Північній Америці основним протоколом, який використовується для керування освітленням, є протокол 0–10 В. У Європі та Японії більшого поширення набули протоколи DMX, DAL, KNX та ШІМ (широтно-імпульсна модуляція). До другої причини можна віднести складність реалізації. А третьою і найважливішою причиною є те, що виробники, які займаються реалізацією складних проектів багатоканального освітлення, не документують технічних вимог, схемотехнічних рішень та технологій управління такими пристроями [3].

Лише дуже невелика частина виробників, які займаються світловим обладнанням, сьогодні володіють достатнім ресурсом і досвідом для того, щоб оцінити переваги різних технологій щодо управління освітленням.

У роботі [3] Патрік Дюран висловлює таку думку: “Завдяки тому, що робота засобів управління освітленням основана на відкритих стандартах, виробники світлотехніки мають можливість вирішувати завдання, пов'язані з виготовленням складних і масштабованих систем, а також є можливість забезпечити взаємодією освітлювальних приладів і компонентів для їх управління. Крім того, ці стандарти забезпечують універсальність комерційних додатків для внутрішнього освітлення”. Отже, дослідження принципів побудови систем управління освітлювальними пристроями, зокрема багатоканальними, є актуальним завданням.

### Постановка задачі

Дослідити принципи побудови систем управління багатоканальними освітлювальними пристроями. Визначити базові засоби систем управління. Розробити узагальнену структурну схему системи та описати алгоритм управління освітлювальними пристроями .

### Результати досліджень

**1. Дослідження базових засобів систем управління освітленням.** Враховуючи наявність широкого кола засобів, актуальним є завдання вибору найкращого варіанта управління світловим обладнанням для конкретного застосування [4]. Комп'ютерні технології дають можливість ефективно впроваджувати нові стандарти управління світловими пристроями. Аналітичний огляд дозволяє визначити базові засоби управління освітленням, які наведені на рис. 1. Ці засоби виділено у три групи:

- Засоби для автоматизації освітлення приміщень: Lonworks, KNX, BACnet;
- Засоби для управління яскравістю та багатоканальними освітлювальними пристроями: DALI, DMX, 0-10V, PWM;
- Стандартні мережеві засоби: Bluetooth, iOS/Android, Wi-Fi/Ethernet.



Рис. 1. Базові засоби управління освітленням

Серед засобів, які наведено на рис. 1, можна виділити протоколи, які забезпечують не стільки технічні характеристики, як ряд інших переваг, до яких можна віднести: призначення взаємодії на функціональному, комунікаційному та конструктивному рівнях між контролерами і кінцевими

пристроями, виробленими різними виробниками. Тобто ці протоколи є універсальними і дають можливість стандартизувати взаємодію світлового обладнання між собою, незалежно від виду пристрою і фірми виробника.

Якщо оцінювати технології управління освітленням за особливостями застосування, то їх можна поділити на дві основні категорії: закриті і відкриті. Продукція, що функціонує на основі закритої технології, може взаємодіяти тільки з продуктами, які випустила ця компанія. Відповідно ці стандарти розробляються для декількох, або конкретної фірми, яка надає такі послуги.

На противагу закритій технології, відкрита передбачає повну або майже повну погодженість схемотехнічних, алгоритмічних та конструктивних рішень для однотипних елементів освітлювальної системи. Такий підхід дає можливість розробляти системи на базі одного протоколу. Це приводить до того, що пристрої, які було розроблено на основі одного протоколу різними фірмами – виробниками, будуть між собою повністю сумісні.

Аналогові протоколи – це найстаріші протоколи для управління освітленням, але сьогодні вони знаходять окремі застосунки завдяки своїй простоті. Одним із перших протоколів такого виду був протокол, закріплений у міжнародному стандарті за назвою ANSI E1.3 – 2001, який передбачає управління напругою від 0–10 В [5].

Мультиплексні протоколи передбачають спосіб об'єднання в одній лінії зв'язку декількох керуючих каналів. Мультиплексні протоколи бувають двох основних типів: аналогові та цифрові.

Стандартизований протокол DALI дає можливість передавати команди управління та дані через дві лінії зв'язку. Він розроблений як модернізація аналогового інтерфейсу AVC 1–10 В. Для захисту від впливу завад та недопущення помилок передавання даних використовують кодування із застосуванням завадостійкого коду Манчестер-2 [6,8].

Протокол DMX512 був розроблений USITT (Інститут театральних технологій США) і використовується для керування світлодіодним обладнанням. Протокол DMX512 дає можливість передавати дані 512 цифровими каналами в одному кабелі. Для передавання даних використовують інтерфейс стандарту EIA-485 (аналог RS-485), який складається з однієї або двох кручених пар, захищених екранною фольгою [2, 8]. Стандарт DMX512 передбачає підключення до однієї лінії зв'язку до 32 пристроїв, максимальна довжина лінії зв'язку становить до 1 км. DMX512 є асинхронним протоколом – це означає, що в будь-який момент, коли лінія не зайнята, може бути переданий будь-який фрейм (пакет даних). Швидкість обміну по лінії DMX512 становить 250 кбіт/с.

Основними перевагами протоколу DMX512 є [9]:

- основа протоколу складається з інтерфейсу EIA485 (RS-485);
- простота у використанні;
- висока надійність передавання даних через лінію зв'язку;
- мала вартість.

Недолік цього протоколу полягає у тому, що дані можна передавати тільки в один бік від контролера до приймача сигналу DMX512.

Протокол RDM розроблено модернізацією DMX512. Цей протокол для віддаленого управління пристроями розробила компанія ESTA. Його особливості викладено в стандарті ANSI E1.20. Цей протокол підтримує двосторонній обмін між керуючим пристроєм і обладнанням, яке приймає сигнал. Сьогодні все більше виробників почали випускати прилади з управлінням на основі протоколу RDM.

Сьогодні обмін даними все частіше відбувається через Інтернет. Винятком не стали пристрої та системи керування освітленням, в яких почали використовувати протоколи TCP / IP. Переважно цей протокол застосовують у комбінації зі спеціалізованим протоколом управління освітленням.

Для зручного переходу з протоколу DMX512 на протокол ACN розроблено проміжний протокол DMX-over-ACN (Streaming ACN, або BSR E1.31).

У таблиці наведено порівняльну характеристику основних протоколів, за допомогою яких можна управляти багатоканальними освітлювальними пристроями.

## Характеристики протоколів керування освітленням

Назва протоколу	Тип сигналу	Швидкість передавання даних	Інтерфейс	Виробник
DALI	цифровий	1200 біт/с.	AVC	Osram, Philips, Tridonic, Trilux, Helvar
DMX512	цифровий	250 кбіт/с.	RS-485	USITT
0–10V	аналоговий	–	–	Tridonic
RDM	цифровий	1200 біт/с.	RS-485	ESTA
KNX	цифровий	1200 біт/с.	кручена пара	EIBA

Згідно з таблицею можна зробити висновок, що для реалізації комп'ютерної системи управління багатоканальними освітлювальними пристроями найпродуктивніший протокол DMX512, який зможе забезпечити вирішення багатьох прикладних завдань.

### **2. Узагальнена структура комп'ютерної системи управління багатоканальними освітлювальними пристроями.**

За результатами аналізу вимог та функціональних завдань розроблено структуру комп'ютерної системи управління багатоканальними освітлювальними пристроями (рис. 2). Загальне управління системою здійснює комп'ютер із відповідним прикладним програмним забезпеченням. Безпосереднє управління освітлювальними пристроями може відбуватися за допомогою декодера, який приймає команди від ПК. В окремих випадках може використовуватися настільний пульт управління чи контролер бездротової мережі.

Кожний з елементів системи є значною мірою спеціалізованим, однак має багато варіантів реалізації. Зв'язки між блоками можна реалізувати за допомогою стандартизованих та спеціалізованих периферійних інтерфейсів (Pi) [2, 8].

Коректна робота системи (особливо з використанням довгих ліній зв'язку) ефективна тільки в тому випадку, коли від передавального пристрою до прикінцевих елементів управління йде мінімальна кількість ліній зв'язку. На одній лінії має бути можливість включення максимальної кількості пристроїв, розташованих по всій її довжині. Тобто, лінії зв'язку мають бути магістрального типу, коли до них короткими відведеннями підключається N прикінцевих елементів управління. Кожний прикінцевий елемент управління має бути багатоканальним, забезпечуючи багаторежимність освітлювальних пристроїв. Одним із варіантів таких інтерфейсних зв'язків є стандарт EIA485 [2, 8]. Пристрої повинні під'єднуватися до лінії короткими відведеннями, завдовжки не більше 30 см. Такі схемотехнічні рішення запобігають виникненню шкідливого Y-розщеплення. В технічно обгрунтованих окремих випадках довжину відведення можна збільшити до декількох метрів. Магістральна лінія зв'язку може проходити всередині пристрою, поєднуючи його вхідний і вихідний роз'єми, утворювати ланцюжкове з'єднання пристроїв.

Лінії передавання сигналу повинні перебувати далеко від кабелів електричного живлення, особливо від навантажувальних кабелів діаметрів. Вони не повинні прокладатися в одному оплетенні з цими кабелями, якими протікають великі струми, тому що це може спричинити завади великої інтенсивності, помилки управління або відмови електронного обладнання.

У тому випадку, коли потрібні лінії передавання дуже великої протяжності або в лінію зв'язку включено понаднормовану кількість пристроїв, для проходження сигналу можна використовувати репітери-підсилювачі, звані також магістральними підсилювачами. На лінії, що йде від консолі, повинен бути встановлений звичайний термінатор (T), адже немає необхідності встановлювати ретранслятори в кінці лінії. Усі магістральні лінії зв'язку, що йдуть від розгалужувача, теж повинні бути забезпечені термінатором (T) на своєму дальньому кінці.

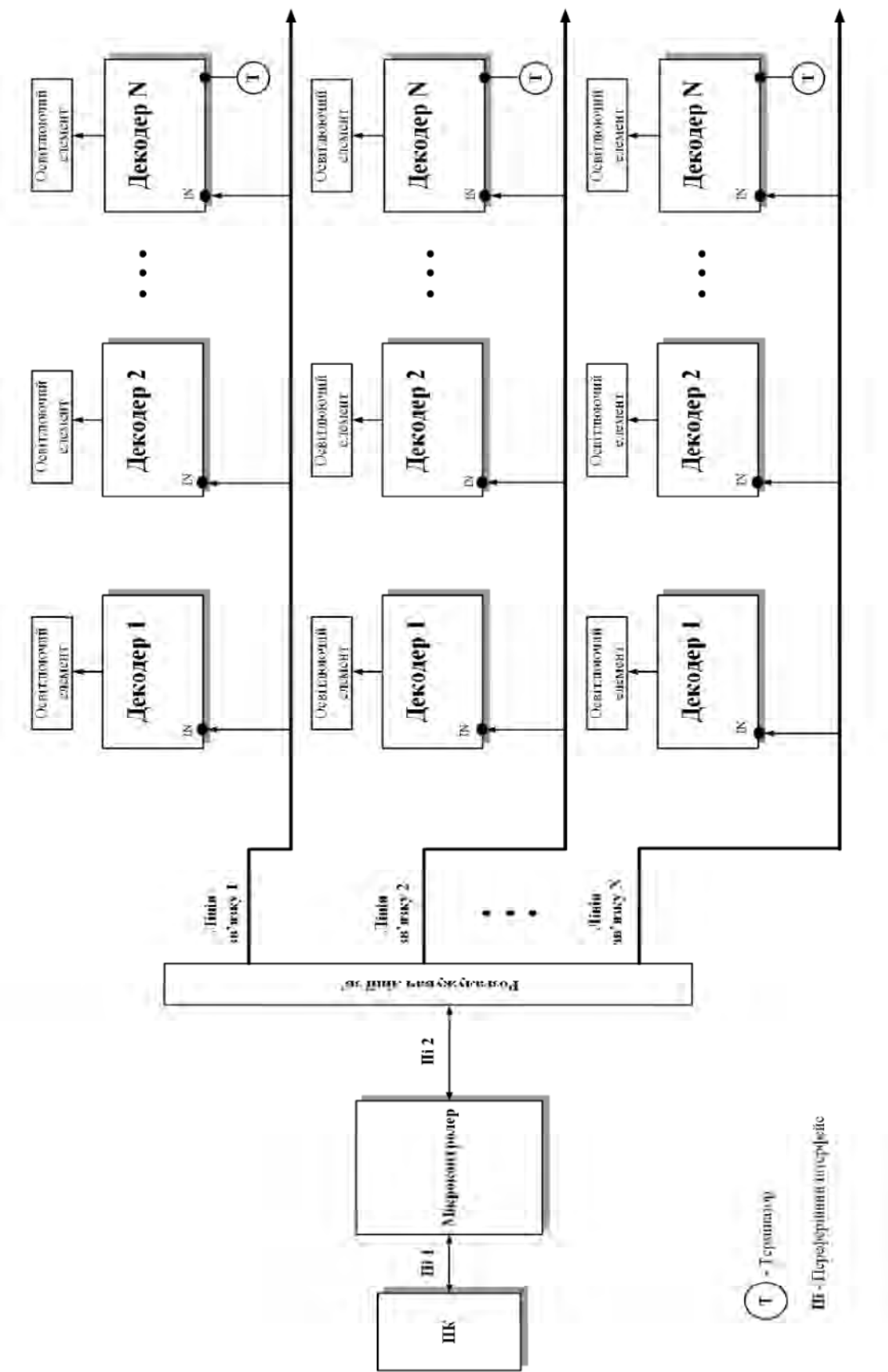


Рис. 2. Узагальнена структура комп'ютерної системи управління багатоканальними освітлювальними пристроями

На рис. 3 зображено структурну схему комп'ютерної системи, яку можна використовувати для управління багатоканальними освітлювальними пристроями за перспективним протоколом DMX.

ПК через контролер DMX передає до інтерфейсного блоку команди управління. Від контролера DMX до інтерфейсного блоку інформація передається послідовним кодом. Вказані засоби можна використовувати у відлагодженні роботи системи.

Інтерфейсний блок призначений для приймання послідовного коду та передавання до блока обробки та керування, узгоджуючи при цьому двосторонні параметри та послідовності електричних сигналів.

Блок обробки та керування доцільно реалізувати на мікроконтролері (МК) [7]. Він призначений для декодування команд у паралельний формат багатоканальних управляючих сигналів (0–5) В, які формуються на вихідних портах мікроконтролера.

Блок силових ключів переважно є набором транзисторних каскадів. Основне призначення – управління виконавчим блоком.

Виконавчий блок є зовнішнім пристроєм, який управляється постійною напругою (0–12) В і призначений для плавного регулювання освітлення змінною напругою живлення.

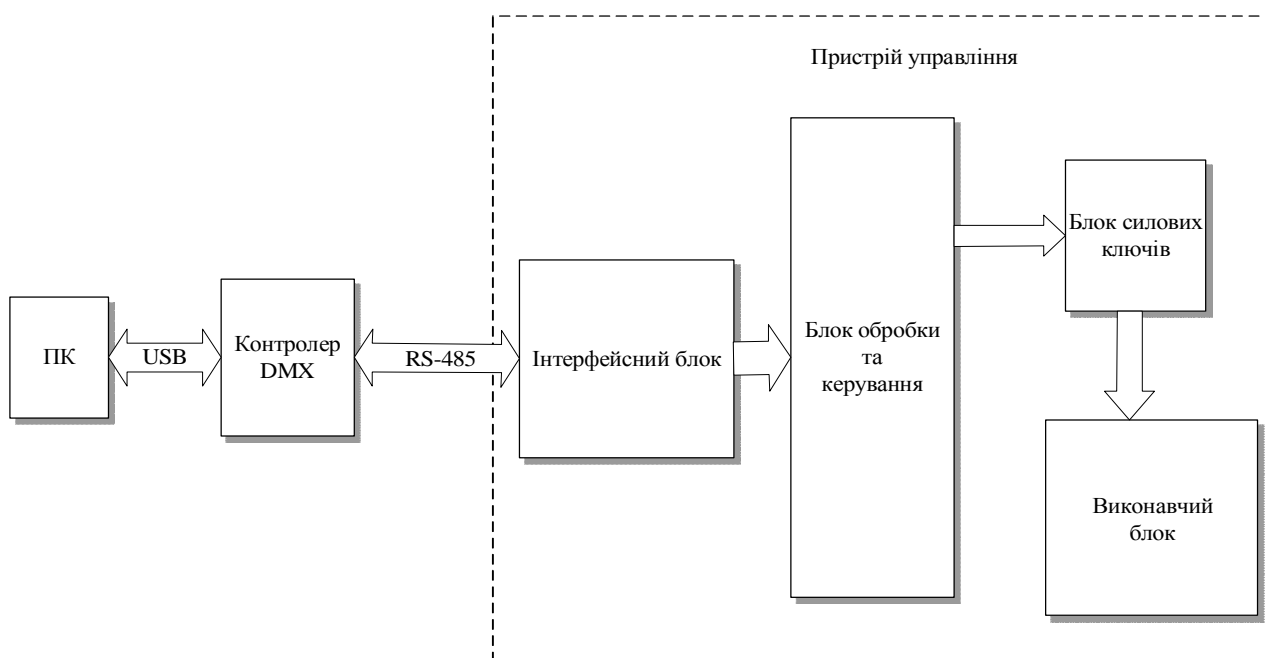


Рис. 3. Структура комп'ютерної системи управління багатоканальними освітлювальними пристроями за протоколом DMX

Пристрій управління фактично є декодером системи. При реалізації комп'ютерної системи управління багатоканальними освітлювальними пристроями можна застосовувати таку схему алгоритму функціонування декодера. Алгоритм є набором інструкцій, які описують послідовність дій, щоби розв'язати задачу за скінченну кількість дій. Для більшої наочності подання загальна схема алгоритму складається з двох груп. Перша група представлена узагальненим алгоритмом функціонування декодера (рис. 4). Друга група реалізує виконання команди самим декодером (рис. 5). Наведені схеми алгоритму загалом описують функціонування базових елементів комп'ютерної системи управління багатоканальними освітлювальними пристроями.

На початку програмного коду повинна відбуватися ініціалізація бібліотек. Після підключення бібліотеки відбувається ініціалізація портів. Вихідний USB формат даних із персонального комп'ютера подається на входи контролера і для кожного порту вказується стан на читання або запис.

Після ініціалізації відбувається перевірка на наявність команди читання байта. Якщо байт не прийшов, то програма повертається в стан (1). Стан (1) вказує на етап надходження вхідних даних.

А якщо байт прийнято, то наступним кроком потрібно перевірити, чи був правильно сформований пакет. Така перевірка може відбутися шляхом перевірки стартового байта, який повинен становити певну довжину затримок у пакеті повідомлення. Коли перевірка стартового байта відбулась, то виконання команди початкових установок відбулося, і програма переходить безпосередньо на виконання команди. Після виконання команди програма перевіряє, чи є умова завершення управління. Якщо така умова присутня, то програма завершує свою роботу, а якщо такої умови немає, то програма автоматично переходить у стан (1). Якщо наступна команда не надійшла, система завершує свою роботу. Якщо команда надійшла і пройшла перевірку, то вона безпосередньо може надходити на етап виконання.

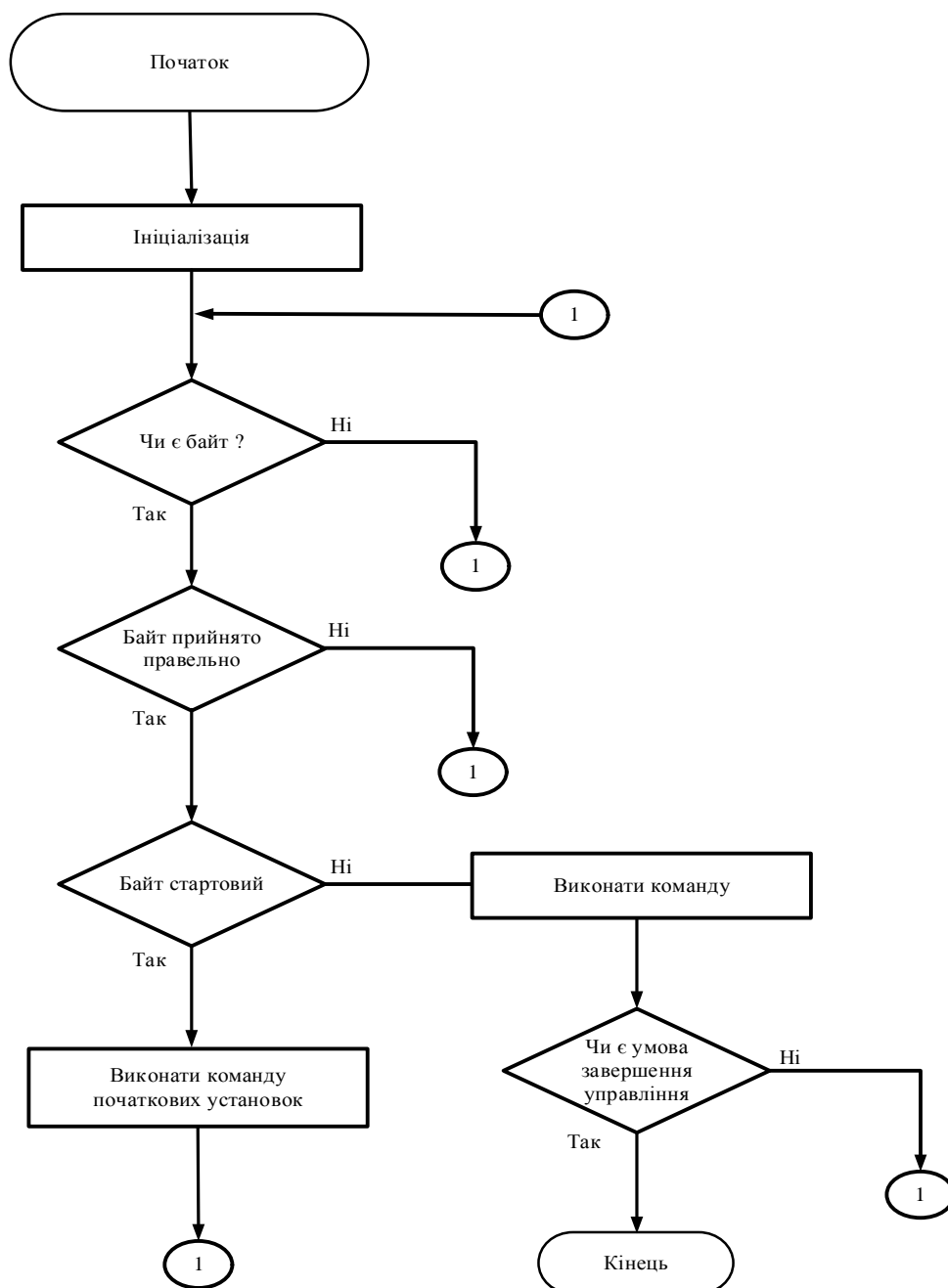


Рис. 4. Узагальнена схема алгоритму функціонування декодера

Виконання команди декодером можна представити так. На початку потрібно, щоб відбулося встановлення значень для трьох каналів. Визначають відтінок за допомогою операторів умови, які



порівнюють відповідність відтінків. Для того, щоб задати ШІМ (широкоімпульсна модуляція), використовують лічильник. Максимальне значення цього лічильника – це значення дільника ( $h$ ) мінус кількість рівнів яскравості. У кожному проходженні циклу відбувається встановлення сигналу для кожного освітлювального пристрою. Наступний крок у програмі – управління рівнем яскравості освітлювального пристрою. За кожного переповнення лічильника до всіх значень додається 1, але якщо яскравість стає більшою за певне значення, то програма скидається в 0.

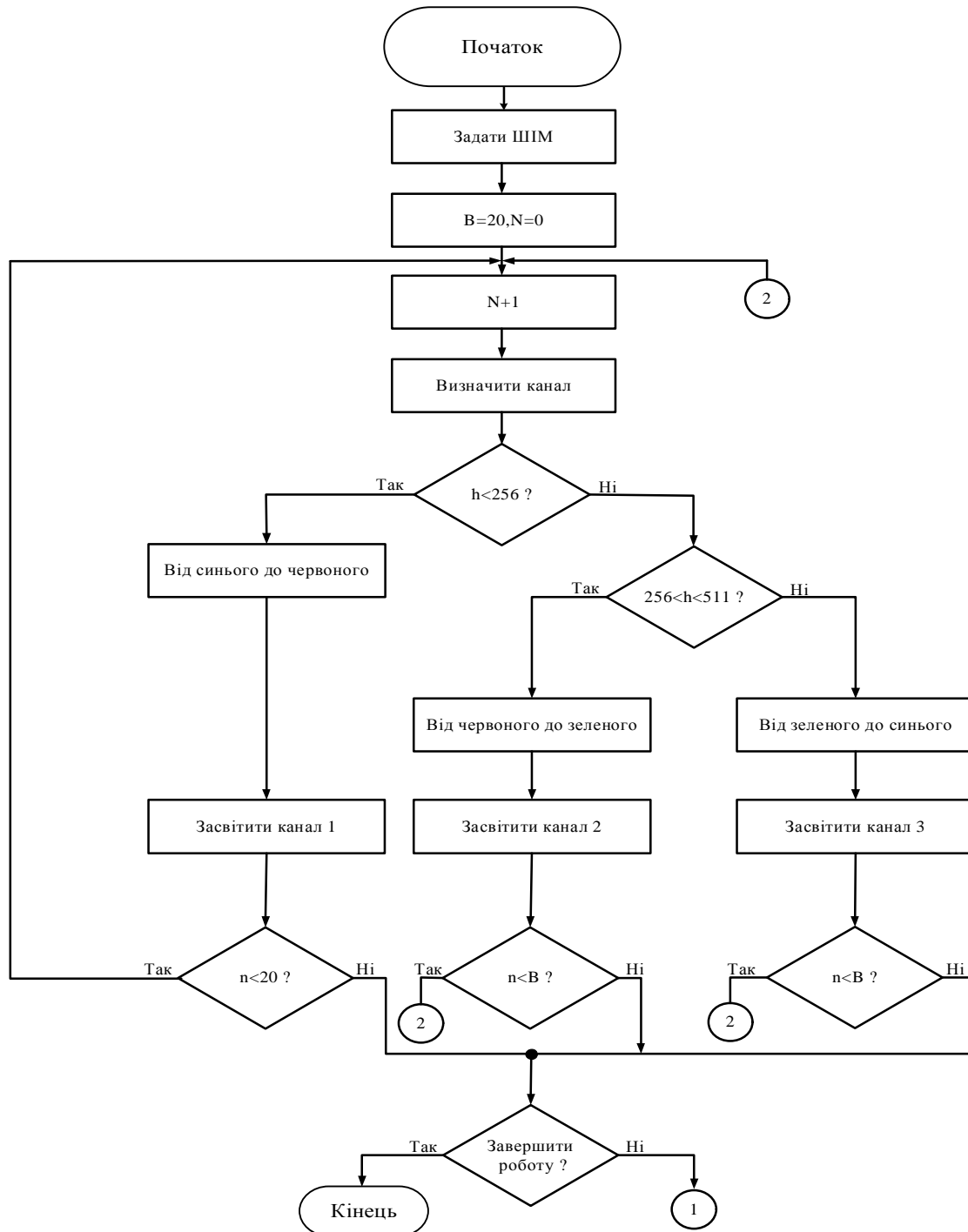


Рис. 5. Схема алгоритму виконання команди декодером

Кожним каналом можна керувати окремо і вносити певні значення для відображення на освітлювальному пристрої.

Наведені структурні та алгоритмічні рішення реалізуються незначними затратами на сучасних комп'ютерних засобах та забезпечують побудову ефективних систем управління багатоканальними освітлювальними пристроями.

### Висновки

За результатами дослідження визначено базові засоби систем управління освітленням. Розглянуто підходи до побудови систем управління освітленням. Розроблено узагальнену структуру комп'ютерної системи управління багатоканальними освітлювальними пристроями. Обґрунтовано доцільність застосування в таких системах магістральних послідовних інтерфейсів. Проаналізовано її ефективність застосування стандартизованих протоколів управління. Обґрунтовано перспективність застосування протоколу DMX. Розглянуто структурну схему системи управління багатоканальними освітлювальними пристроями за таким протоколом. Розроблено загальний алгоритм роботи декодера цієї системи та алгоритм виконання ним команд управління. Показано перспективність застосування розроблених структурних та алгоритмічних рішень при побудові комп'ютерних систем управління багатоканальними обчислювальними пристроями.

1. Kavun S. V. Sorbat I. V. *Arkhitektura kompiuteriv. osoblyvosti vykorystannia kompiuteriv v IS. Kharkivskiy Natsionalnyi Ekonomichnyi Universytet. Vypusk KhNEU – Kharkiv, 2010.* 2. Huk M. *Apparatyie interfeisy PK. Entsyclopediya. – SPb: Piter, 2002–528 p.* 3. Diuran P. H. *Vidkryti i funktsionalno sumisni zasoby upravlinnia komertsiiynym osvittleniam. 2014. – 132 p.* 4. Fedorov Yu. N. *Dovidnyk inzhenera po ASUTP. Proektuvannia i razrobotka. – K. : Infra-Inzheneriia, 2014. – 423 p.* 5. Morton, Dzhon. *Mikrokontrolery AVR. Vstupnyi kurs / Dzhon Morton. – M.: Dodzka XXI, DMK Pres, 2015–272 p.* 6. Yatsenkov, V. S. *Mikrokontrolery Microchip z aparatnoiu pidtrymkoiu USB / V. S. Yatsenkov. – M.: Hariacha liniia – Telekom, 2008. – 402 p.,* 7. Bobalo Yu. Ia. *Matematychni modeli ta metody analizu nadiinosti radioelektronnykh, elektrotekhnichnykh ta prohramnykh system: monohrafiia / Yu. Ia. Bobalo, B. Iu. Volochii, O. Iu. Lozynskiy, B. A. Mandzii, L. D. Ozirkovskiy, D. V. Fedasiuk, S. V. Shcherbovskykh, V. S. Yakovyna. – Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, 2013. – 300 p.,* 8. Paramud Ya. S. *Interfeisy peryferiinykh prystroiv EOM – K., ISDO, 1995. – 74 p.,* 9. Torianyk K. I., Lysov P. I., Karpov M. A., Popov Yu. O. *Syhnaly z shyrotno-impulsnoiu moduliatsiieiu v systemakh zviazku. – Moskovskiy derzhavnyi instytut radiotezhniki, elektroniky i avtomatyky, 2010.*