

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ТУРУКАЛО АНДРІЙ ВАЛЕРІЙОВИЧ

УДК 621.317.7: 621.382.2:004.021

**ДИСЕРТАЦІЯ
ДИСКРЕТНІ ШКАЛЬНІ ЗАСОБИ ІНДИКАЦІЇ
ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ**

122 «Комп'ютерні науки»
12 «Інформаційні технології»

Подається на здобуття ступеня доктор філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання
на відповідне джерело А. В. Турукало

Науковий керівник
Бушма Олександр Володимирович
доктор технічних наук, професор

Київ – 2022

АНОТАЦІЯ

Турукало А. В. Дискретні шкальні засоби індикації вбудованих систем. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2023.

Дисертацію присвячено створенню та дослідженню апаратно-програмної платформи інформаційної технології обробки даних для побудови ефективних дискретних шкальних індикаторних засобів вбудованих систем, які оптимізовані за критеріями споживання ресурсів мікропроцесорної системи.

У дисертації теоретично узагальнено та виконано конкретне наукове завдання, яке має важливе значення в галузі технічних наук і полягає у створенні та дослідженні інформаційних технологій обробки даних для побудови ефективних дискретних шкальних засобів виводу інформації вбудованих систем, які оптимізовані за критеріями споживання ресурсів апаратно-програмної платформи.

Вперше науково обґрунтовано, запропоновано, апробовано та практично реалізовано інформаційну технологію обробки даних у вбудованих системах на основі розроблених оригінальних алгоритмів синтезу адитивного шкального відліку з мінімальним числом тактів збудження електрооптичних елементів індикатора, що забезпечує високий рівень комплексу технічних та ергономічних характеристик засобів виводу інформації завдяки мінімізації рівня споживання ресурсів, що використовуються системою на базі мікроконтролера.

Вперше розроблено й апробовано наукові та методологічні основи створення та практичні рекомендації їх застосування для побудови апаратно-програмної платформи інформаційної технології обробки даних, які дозволяють визначити шляхи мінімізації витрат машинного часу

однокристального мікроконтролера на обслуговування підсистеми візуалізації інформації при обмежених ресурсах вбудованих систем.

Отримали подальший розвиток теоретичні та прикладні основи побудови апаратної платформи інформаційної технології виводу даних із застосуванням багатоелементних дискретних шкальних засобів відображення повідомлень оператору вбудованої системи, які використовують двотактну інформаційну модель синтезу зображення на дискретно-аналоговому індикаторі, шляхом реалізації цифрової обробки даних із застосуванням розробленого комплексу універсальних алгоритмів програмного забезпечення однокристального мікроконтролера.

Теоретичне значення дисертації полягає у комплексному аналізі та розробленні шляхів оптимізації апаратно-програмної платформи інформаційної технології обробки даних, що використовується для виведення інформації оператору засобами дискретної шкальної технології відображення даних з довільною кількістю електрооптичних елементів за критеріями споживання ресурсів та швидкодії. Аналіз науково-технічних проблем дозволив теоретично та експериментально підтвердити переваги використання двотактних інформаційних моделей у комп'ютерних системах для генерації зображення апаратно-програмними засобами на інформаційному полі засобів виводу інформації. Разом з запропонованими універсальними алгоритмами вони створюють теоретичне підґрунтя для подальших досліджень з метою оптимізації інформаційних моделей, підвищення рівня технічних та ергономічних параметрів шкальних засобів виводу інформації для вбудованих систем та систем управління.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що запропоновані апаратно-програмні рішення виводу інформації на основі двотактної генерації зображень шкальними засобами дозволяють підвищити їх експлуатаційні характеристики та позитивно впливають на зменшення споживання ресурсів мікроконтролера для обслуговування підсистеми виводу інформації вбудованих систем. Запропоновані та апробовані принципи

цифрової обробки інформації, які залишаються незмінними для будь-якої кількості елементів інформаційного поля, що підвищує рівень уніфікації технічних рішень. Розроблені інформаційні технології обробки даних дозволяють зменшити використання ресурсів мікроконтролера підсистемою підтримки індикації та збільшити кількість завдань, які може виконувати мікроконтролер вбудованої системи. На основі запропонованих підходів визначені шляхи побудови оптимального програмного забезпечення, які можуть бути використані розробниками для пришвидшення створення шкальних засобів виводу інформації з довільною кількістю електрооптичних елементів без зміни алгоритму роботи підсистеми подання інформації, які за параметрами задовольняють більшість областей застосування приладів відображення інформації у вбудованих системах.

В результаті дисертаційних досліджень вирішено актуальне наукове завдання створення інформаційної технології обробки даних для реалізації оптоелектронних шкальних апаратно-програмних платформ вбудованих систем, яке оптимізоване за споживанням ресурсів мікропроцесорної системи. Дане наукове завдання має важливе значення для ефективного вирішення проблем поліпшення рівня техніко-економічних показників серійних та спеціалізованих пристроїв автоматизованої переробки інформації, а також сприятиме їх інтеграції та впровадженню в сучасні автоматизовані засоби управління складними об'єктами та процесами.

Найбільш істотні наукові та практичні результати дисертації полягають у наступному:

1. На основі комплексного аналізу інформаційних моделей та принципів побудови апаратної платформи багатоелементних дискретних шкальних пристроїв відображення даних було визначено функціональні підходи до реалізації програмної підтримки підсистеми виводу інформації у вбудованих системах і на цій основі запропоновано та досліджено оригінальний узагальнений алгоритм двотактного синтезу зображення. На запропонованих принципах було реалізовано відповідне програмне забезпечення, що

дозволило мінімізувати потребу в ресурсах апаратної платформи інформаційної технології виводу даних при впровадженні розробленого коду у підпрограму обслуговування циклічного переривання підсистеми візуального виводу даних. Це дозволяє виконувати більшу кількість задач, завдяки меншим витратам часу обслуговування підсистеми індикації та сприяє спрощенню їх інтеграції в автоматизовані засоби контролю та управління складними об'єктами та виробничими процесами.

2. Проведено аналіз взаємодії функціональних елементів інформаційної технології обробки даних на основі дискретно-аналогових інформаційних моделей і визначено основні принципи шкального синтезу візуальних образів у засобах відображення даних. На цих засадах запропоновано та реалізовано комплекс універсальних алгоритмів програмного перетворювача кодів у системі відображення інформації шкального типу, який уніфікує будову програмної підтримки засобів дискретно-аналогового відображення даних, роблячи її незалежною від кількості елементів на шкалі. Це дозволяє створювати апаратно-програмні платформи інформаційної технології обробки даних шкального синтезу різної розмірності та класу точності, які забезпечують реалізацію мінімізованих за апаратними критеріями засобів виводу інформації у вбудованих системах, пультів керування складними та мобільними об'єктами різного призначення, які побудовані на однокристальних мікроконтролерах.

3. На основі системного підходу детально досліджено інформаційні моделі багатоелементних шкальних пристроїв відображення інформації та з урахуванням узагальнення результатів проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблених рішень визначено шляхи, встановлено критерії та методи створення програмного забезпечення для оптимізованих шкальних засобів синтезу зображення, які дозволять спростити їх технічні реалізації, зменшити кількість часу для розробки та побудови апаратної платформи інформаційної технології виводу даних з довільним інформаційним полем та мінімізованим використанням ресурсів

мікропроцесорної системи у промислових засобах автоматизації та вбудованих системах різного призначення.

4. Системний підхід став основою для формування цілісної картини резервів для покращення рівня експлуатаційних характеристик та часу генерації зображення багатоелементних дискретно-аналогових шкальних засобів виводу інформації. Було досліджено та визначено, що використання апаратно-програмної платформи інформаційної технології обробки даних в поєднанні з двотактною інформаційною моделлю та матричним з'єднанням елементів дозволяє покращити їх експлуатаційні характеристики та забезпечує швидшу генерацію зображення, розширюючи функціональні можливості вбудованих систем.

5. На підставі проведеного науково-технічного аналізу використання двотактної програмної підтримки шкальних засобів відображення інформації науково обґрунтовано і застосовано комплексний підхід до оптимізації дискретно-аналогових шкальних засобів синтезу зображення двотактними програмними засобами. Це дало змогу створити оригінальні алгоритми цифрової обробки даних для апаратно-програмної платформи виводу інформації довільної розмірності з мінімізованими витратами ресурсів мікроконтролера. В результаті створено фундамент для подальшого визначення шляхів комплексної оптимізації та уніфікації апаратно-програмної платформи та інформаційних моделей, що використовуються в підсистемах виводу інформації вбудованих систем.

6. Розроблено та досліджено універсальні програмні рішення дискретно-аналогового шкального виведення даних на інформаційне поле індикатора, що дозволяє підвищити якісні параметри вбудованих систем різного призначення на етапі конструювання та в процесі розробки. Оптимізовані програмні рішення мінімізують витрати на обробку даних мікроконтролером та підвищують загальну надійність апаратно-програмної платформи інформаційної обробки та спектру завдань автоматизації та створення засобів виводу даних з високим рівнем ергономічних параметрів для вбудованих

систем, де важлива швидкість сприйняття інформації, наочність і технічна простота.

Ключові слова: логіко-часова інформаційна модель, мікроконтролер, дискретно-аналогова індикація, інформаційна технологія обробки даних, шкала, двотактне формування зображення, перетворювач кодів, бітова логіка.

ANNOTATION

Turukalo A. V. Discrete scale means of indication of embedded systems.

Qualification scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the degree of Doctor of Philosophy in specialty 122 «Computer Sciences». National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Kyiv, 2023.

The dissertation is devoted to create and investigation of the hardware and software platform of information technology of data processing for the construction of effective discrete scale bar graph indicator of embedded systems, which are optimize by the criteria of resource consumption of the microprocessor system.

The dissertation theoretically summarizes and fulfills a specific scientific task, which is of great importance in the field of technical sciences and consists in the creation and research of data processing information technologies for the construction of effective discrete scale means of information output of embedded systems, which are optimized according to the criteria of resource consumption of the hardware and software platform.

For the first time, the information technology of data processing in embedded systems was scientifically substantiated, proposed, tested and practically implemented on the basis of the developed original algorithms for the synthesis of additive scale counting with the minimum number of cycles of excitation of the electro-optical elements of the indicator, which ensures a high level of the complex of technical and ergonomic characteristics of the means of information output thanks to minimizing the level of consumption of resources used by the microcontroller-based system.

For the first time, the scientific and methodological foundations of creation and practical recommendations for their application for the construction of a hardware and software platform of data processing information technology were developed and tested for the first time, which allow to determine the ways of minimizing the costs of machine time of a single-chip microcontroller for the

maintenance of the information visualization subsystem with limited resources of embedded systems.

The theoretical and applied foundations of building a hardware platform of information technology for data output with the use of multi-element discrete scale means of displaying messages to the operator of the embedded system, which use a two-stroke information model of image synthesis on a discrete-analog indicator, were further developed, by implementing digital data processing using the developed complex universal software algorithms of a single-chip microcontroller.

The theoretical significance of the dissertation consists in the comprehensive analysis and development of ways to optimize the hardware and software platform of the information technology of data processing, which is used to output information to the operator by means of discrete scale data display technology with an arbitrary number of electro-optical elements according to the criteria of resource consumption and speed. The analysis of scientific and technical problems made it possible to theoretically and experimentally confirm the advantages of using two-stroke information models in computer systems for image generation by hardware and software means in the information field of means of information output. Together with the proposed universal algorithms, they create a theoretical basis for further research with the aim of optimizing information models, increasing the level of technical and ergonomic parameters of scale means of information output for embedded systems and control systems.

The practical significance of the obtained results lies in the fact that the proposed hardware and software solutions for information output based on two-stroke generation of images by scale means allow to increase their operational characteristics and have a positive effect on reducing the consumption of microcontroller resources for servicing the information output subsystem of embedded systems. Proposed and tested principles of digital information processing, which remain unchanged for any number of elements of the information field, which increases the level of unification of technical solutions. The developed information technologies of data processing make it possible to reduce the use of microcontroller

resources by the display support subsystem and increase the number of tasks that the microcontroller of the embedded system can perform. On the basis of the proposed approaches, the ways of building optimal software are determined, which can be used by developers to speed up the creation of large-scale means of information output with an arbitrary number of electro-optical elements without changing the algorithm of the information presentation subsystem, which in terms of parameters satisfy most areas of application of information display devices in embedded systems.

As a result of dissertation research, the actual scientific task of creating an information technology of data processing for the implementation of optoelectronic scale hardware and software platforms of embedded systems, which is optimized for the consumption of microprocessor system resources, has been solved. This scientific task is important for effectively solving the problems of improving the level of technical and economic indicators of serial and specialized devices for automated information processing, and will contribute to their integration and introduction into modern automated means of managing complex objects and processes.

The most significant scientific and practical results of the dissertation are as follows:

1. On the basis of a complex analysis of information models and principles of building a hardware platform of multi-element discrete scale data display devices, functional approaches to the implementation of software support for the information output subsystem in embedded systems were determined, and on this basis, an original generalized algorithm of two-stroke image synthesis was proposed and researched. Based on the proposed principles, appropriate software was implemented, which made it possible to minimize the need for resources of the hardware platform of the information technology of data output when implementing the developed code into the maintenance subroutine of the cyclic interruption of the visual data output subsystem. This allows you to perform a greater number of tasks, thanks to lower time spent on servicing the display subsystem and facilitates their

integration into automated means of control and management of complex objects and production processes.

2. The analysis of the interaction of the functional elements of the information technology of data processing based on discrete-analog information models was carried out and the basic principles of scale synthesis of visual images in data display tools were determined. Based on these principles, a set of universal algorithms for a software code converter in a scale-type information display system was proposed and implemented, which unifies the structure of software support for discrete-analog data display tools, making it independent of the number of elements on the scale. This makes it possible to create hardware and software platforms of information technology for data processing of scale synthesis of different dimensions and accuracy class, which ensure the implementation of information output devices minimized by hardware criteria in embedded systems, control panels for complex and mobile objects of various purposes, which are built on single-chip microcontrollers.

3. On the basis of a system approach, the information models of multi-element scale devices for displaying information were studied in detail, and taking into account the generalization of the results of the theoretical and experimental studies of the developed solutions, the ways were determined, the criteria and methods of creating software for optimized scale means of image synthesis were established, which will simplify their technical implementation, to reduce the amount of time for the development and construction of a hardware platform of information technology of data output with an arbitrary information field and minimized use of microprocessor system resources in industrial automation tools and embedded systems of various purposes.

4. The systematic approach became the basis for the formation of a complete picture of reserves for improving the level of operational characteristics and image generation time of multi-element discrete-analog scaling means of information output. It was investigated and determined that the use of a hardware-software platform of information technology of data processing in combination with a two-

stroke information model and a matrix connection of elements allows improving their operational characteristics and provides faster image generation, expanding the functionality of embedded systems.

5. On the basis of the conducted scientific and technical analysis of the use of two-stroke software support for scale means of displaying information, a comprehensive approach to the optimization of discrete-analog scale means of image synthesis with two-stroke software tools has been scientifically substantiated and applied. This made it possible to create original algorithms for digital data processing for a hardware and software platform for outputting information of arbitrary dimensions with minimized consumption of microcontroller resources. As a result, a foundation was created for the further determination of ways of complex optimization and unification of the hardware and software platform and information models used in subsystems of information output of embedded systems.

6. Universal software solutions for discrete-analog scale output of data to the information field of the indicator have been developed and researched, which allows to improve the quality parameters of embedded systems of various purposes at the design stage and during the development process. Optimized software solutions minimize the cost of data processing by the microcontroller and increase the overall reliability of the hardware and software platform of information processing and the spectrum of automation tasks and the creation of data output tools with a high level of ergonomic parameters for embedded systems where the speed of information perception, visibility and technical simplicity are important

Key words: logic-time information model, microcontroller, discrete-analog indication, information technology of data processing, bar graph display, bicyclic image formation, code converter, bit logic.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у науковому фаховому виданні України

1. Bushma O., **Turukalo A.** Багатоелементні шкальні індикаторні пристрої у вбудованих системах. Кібербезпека: освіта, наука, техніка. 2021. № 3. С. 43–60. *(Здобувачем визначено шляхи підвищення надійності та достовірності передачі інформації в ергатичній системі для вбудованого застосування у мобільних технічних засобах).*

2. Bushma O., **Turukalo A.** Оцінка параметрів програмної реалізації шкального відображення даних. Кібербезпека: освіта, наука, техніка. 2022. № 4. С. 142–158. *(Здобувачем вивчено формування оптимізованого підходу до практичної програмної реалізації надійної інформаційної моделі для представлення даних на багатоелементному світлодіодному шкальному індикаторі та мінімізацію ресурсів мікроконтролера).*

Стаття у науковому виданні,

включеному до міжнародних наукометричних баз даних

Scopus та/або Web of Science Core Collection

3. Bushma A. V., **Turukalo A. V.** Software controlling the LED bar graph displays. Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics. 2020. Vol. 23. No. 3. P. 329–335. *(Здобувачем визначено оцінку споживання ресурсів мікроконтролера для синтезу шкального дискретно-аналогового відображення даних на світлодіодному інформаційному полі в двотактному режимі).*

Свідоцтва про реєстрацію авторського права на комп'ютерні програми

4. **Турукало А. В.,** Бушма О. В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 113339. Комп'ютерна програма «Дискретно-аналоговий індикатор десятковий двотактний ДАІ-10.2.1». Україна. Зареєстровано 16.06.2022. Опубліковано 29.07.2022. Бюлетень № 71. *(Здобувачем створено та скопійовано програму для синтезу візуальних образів на інформаційному полі індикатора в двотактному режимі та проведено подальшу відладку та тестування цієї програми).*

5. Турукало А. В., Бушма О. В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 113340. Комп'ютерна програма «Дискретно-аналоговий індикатор десятковий двотактний ДАІ-10.2.2». Україна. Зареєстровано 16.06.2022. Опубліковано 29.07.2022. Бюлетень № 71. *(Здобувачем створено та скомпільовано програму для синтезу візуальних образів на інформаційному полі індикатора в двотактному режимі та проведено подальшу відладку та тестування цієї програми).*

Тези наукових доповідей

6. Турукало А. В., Павленко Я. О. Універсальний світлодіодний шкальний індикаторний пристрій на основі апаратно-програмної логіки. Лашкарьовські читання: конференція молодих вчених з фізики напівпровідників з міжнародною участю, м. Київ, 3–5 квітня 2019 року: тези доповіді. К., 2019. С. 77–78. *(Здобувачем показано пристрій шкального подання інформації на основі мікроконтролера, призначеного для обслуговування світлодіодного індикатора класу точності 1.0).*

7. Турукало А. В., Павленко Я. О. Програмна реалізація збудження світлодіодної матриці у шкальних індикаторах. Лашкарьовські читання: конференція молодих вчених з фізики напівпровідників з міжнародною участю, м. Київ, 3–5 квітня 2019 року: тези доповіді. К., 2019. С. 80–81. *(Здобувачем розроблено алгоритм реалізації адитивної інформаційної моделі в пристрої відображення інформації на основі мікроконтролера).*

8. Турукало А. В., Бушма О. В. Мобільні цифрові засоби екологічного моніторингу міста. Економіка, фінанси та управління сучасним містом: можливості, проблеми, перспективи: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 11 квітня 2019 року: тези доповіді. К., 2019. С. 66–68. *(Здобувачем визначено функціональні особливості будови надійних, компактних та економічних мобільних цифрових засобів для вимірювання параметрів та накопичення даних про стан навколишнього середовища).*

9. Турукало А. В. Елементна база дискретних шкальних індикаторів. Інформаційні технології в соціокультурній сфері, освіті та економіці:

Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 17–18 квітня 2019 року: тези доповіді. К., 2019. С. 178–180.

10. **Турукало А. В.**, Бушма О. В. Апаратно-програмна реалізація дискретно-аналогової шкальної індикації. Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 18–19 квітня 2019 року: тези доповіді. К., 2019. С. 214–217. *(Здобувачем визначено функціональні особливості будови шкальних індикаторів на базі мікроконтролера з використанням двотактної інформаційної моделі).*

11. Бушма О. В., **Турукало А. В.** Програмна реалізація двотактної логіко-часової інформаційної моделі шкальної індикації у вбудованих системах. Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні 2019: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 15–16 травня 2019 року: тези доповіді. К., 2019. С. 94–96. *(Здобувачем розроблено алгоритм програми синтезу шкального відліку на пристроях відображення інформації з матричним з'єднанням елементів у вбудованих системах на однокристальних мікроконтролерах).*

12. Турукало А. В. Інформаційні моделі у шкальних індикаторах. Інформаційні технології – 2019: VI Всеукраїнська науково-практична конференція молодих науковців, м. Київ, 16 травня 2019 року: тези доповіді. К., 2019. С. 166–168.

13. **Turukalo A. V.**, Bushma A. V. Reliability improvement for integrated thin film bar graph display devices. XVII International Freik Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems, Ivano-Frankivsk, May 20–25, 2019: abstract book. Ivano-Frankivsk, 2019. P. 279. *(Здобувачем показано шляхи створення надійного інтегрованого пристрою відображення інформації на основі шкальної індикації, який керується мікроконтролером).*

14. Турукало А. В. Підвищення надійності елементів дискретно-аналогових структур. Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта 2019: X Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, м. Київ, 13–14 листопада 2019 року: тези доповіді. К., 2019. С. 187–188.

15. **Турукало А. В.**, Бушма О. В. Програмна реалізація двотактних інформаційних моделей у вбудованих системах. Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні 2020: VIII Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 14–15 травня 2020 року: тези доповіді. К., 2020. С. 113–115. *(Здобувачем сформовано узагальнений підхід до програмної реалізації двотактних інформаційних моделей шкальної індикації)*.

16. Турукало А. В. Шкальна індикація в автоматизованих та вбудованих системах. Інформаційні технології – 2020: VII Всеукраїнська науково-практична конференція молодих науковців, м. Київ, 21 травня 2020 року: тези доповіді. К., 2020. С. 138–140.

17. Турукало А. В. Алгоритм програмної реалізації шкального відображення даних на світлодіодах, з'єднаних матрицею. Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта 2020: XI Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, м. Київ, 10–11 листопада 2020 року: тези доповіді. К., 2020. С. 184–185.

18. Турукало А. В. Надійнісні параметри вбудованих систем. Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем 2021: IV Всеукраїнська науково-практична інтернет конференція студентів і аспірантів, м. Київ, 29 квітня 2021 року: тези доповіді. К., 2021. С. 62–63.

19. Турукало А. В. Мікроконтролери для систем індикації. Інформаційні технології – 2021: VIII Всеукраїнська науково-практична конференція молодих науковців, м. Київ, 20 травня 2021 року: тези доповіді. К., 2021. С. 153–155.

20. **Турукало А. В.**, Бушма О. В. Програмний перетворювач кодів шкальної індикації. Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні 2021: IX Міжнародна науково-практична конференція, м. Кив, 13–14 травня 2021 року: тези доповіді. К., 2021. С. 76–78. *(Здобувачем показано шляхи оптимізації будови програмних*

перетворювачів коду для шкального виводу інформації у технічних засобах на основі мікроконтролера).

21. Турукало А. В. Перетворення інформації код-символ у шкальних індикаторних пристроях. Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта 2021: XII Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, м. Київ, 11–12 листопада 2021 року: тези доповіді. К., 2021. С 200–201.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 21 |
| РОЗДІЛ 1. БАГАТОЕЛЕМЕНТНІ ШКАЛЬНІ ІНДИКАТОРНІ ПРИБОРИ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ | 30 |
| 1.1. Пристрої відображення інформації та загальні принципи їх побудови 30 | |
| 1.1.1. Надійність відображення інформації | 36 |
| 1.1.2. Багатоелементні шкальні індикаторні пристрої..... | 40 |
| 1.1.3. Аналіз та вибір апаратної платформи вбудованих систем | 43 |
| 1.1.4. Статичний та динамічний тип індикації | 47 |
| 1.2. Обробка повідомлень у дискретно-аналогових структурах | 50 |
| 1.2.1. Дискретна форма ІМ | 51 |
| 1.2.2. Процес взаємодії індикатора з оператором | 52 |
| 1.3. Роль інформаційної моделі у засобах відображення інформації..... | 56 |
| 1.3.1. Критерії вибору ІМ для побудови індикатора..... | 58 |
| 1.3.2. Позиційна форма подання інформації | 61 |
| 1.3.3. Адитивна форма подання інформації..... | 63 |
| Висновки до розділу 1 | 65 |
| РОЗДІЛ 2. УНІВЕРСАЛЬНИЙ СВІТЛОДІОДНИЙ ШКАЛЬНИЙ ІНДИКАТОРНИЙ ПРИБОР | 68 |
| 2.1. Принципова схема ПВІ..... | 68 |
| 2.1.1. Структура принципової схеми..... | 68 |
| 2.1.2. Апаратна складова принципової схеми..... | 70 |
| 2.2. Двотактна інформаційна модель | 71 |
| 2.2.1. Двотактна ІМ зі скануванням по молодших розрядах..... | 76 |
| 2.2.2. Двотактна ІМ зі скануванням по старших розрядах | 77 |
| 2.3. Програмний ПК матричних індикаторів | 80 |
| 2.3.1. Керування матричним ШЗВІ розмірністю 10x10 | 83 |
| 2.3.2. Керування матричним ШЗВІ розмірністю 8x8 | 85 |
| Висновки до розділу 2 | 88 |
| РОЗДІЛ 3. ОПТИМІЗАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ІНДИКАЦІЇ | 90 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 3.1. | Принципи і методи використання програмних засобів розробки для створення ПВІ як частини ВС..... | 90 |
| 3.2. | Програмне забезпечення для оптимальної роботи МК зі шкалою .. | 95 |
| 3.2.1. | Алгоритм програми двотактного синтезу даних | 97 |
| 3.2.2. | Алгоритм програми багатотактного синтезу даних | 100 |
| 3.3. | Порівняльний аналіз двотактної програми з багатотактною | 104 |
| 3.3.1. | Визначення кількості машинних циклів багатотактної програми | 105 |
| 3.3.2. | Визначення кількості машинних циклів двотактної програми по молодших розрядах | 109 |
| 3.3.3. | Визначення кількості машинних циклів двотактної програми по старших розрядах | 113 |
| 3.3.4. | План експерименту та результати аналізу програм | 116 |
| 3.3.5. | Практичні рекомендації для побудови програмного забезпечення засобів шкальної індикації. | 118 |
| | Висновки до розділу 3 | 121 |
| | ВИСНОВКИ | 123 |
| | СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 127 |
| | ДОДАТКИ | 138 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ARM — advanced RISC machine

PIС — peripheral interface controller

АЦП — аналого-цифровий перетворювач

БПІ — блок-перетворювач інформації

БКСП — блок керування старшими розрядами

БКМР — блок керування молодшими розрядами

ВАХ — вольт-амперна характеристика

ВС — вбудована система

ДАС — дискретно-аналогова структура

ДДК — двійково-десятковий код

ДНК — двійковий нормальний код

ЕОП — електрооптичний перетворювач

ЕІ — елемент індикації

ЕІП — елемент інформаційного поля

ІМ — інформаційна модель

ІП — інформаційне поле

КК — коди керування

ЛМІ — людино-машинний інтерфейс

МК — мікроконтролер

ОНК — одиничний нормальний код

ПВІ — пристрій відображення інформації

ПОК — позиційний одиничний код

ПЗ — програмне забезпечення

ПК — перетворювач кодів

ПЛ — програмована логіка

СК — схема керування

СД — світлодіод

СОІ — система відображення інформації

ШЗВІ — шкальні засоби виводу інформації

ВСТУП

Актуальність теми. Зростаючі потреби підприємств в автоматизації складних систем управління технічними процесами і об'єктами, а також підвищення вимог до їх точності та швидкодії, в поєднанні з постійною модернізацією наукомістких технологій отримання, обробки, відображення та транспортування даних нерозривно пов'язані з постійним збільшенням обсягів інформації, що обробляється в інформаційно-вимірювальних комплексах. У переважній більшості випадків зусилля розробників автоматизованих платформ інформаційної обробки даних зводяться до вирішення проблеми вдосконалення апаратної частини інформаційно-комунікаційних засобів. У той же час велика кількість зовнішніх впливів на інформаційну систему і багатоваріантність можливих шляхів досягнення оптимального кінцевого результату в більшості випадків передбачає наявність оператора для управління складними технологічними об'єктами та процесами. В результаті високий рівень відповідальності людини за прийняті рішення в сучасних вимірювальних та керуючих системах при постійно зростаючих потоках інформації визначає особливу увагу до функціональної реалізації передачі інформаційно-системних повідомлень оператору. Ключовим фактором у побудові людино-машинного інтерфейсу є системний підхід, який інтегрує комплексну оптимізацію апаратних і програмних рішень всієї системи в цілому, а також підвищення ефективності візуального каналу виведення даних в складних умовах експлуатації спеціалізованого інформаційного обладнання.

Серед різних типів засобів представлення інформації слід виділити групу засобів дискретно-аналогового (шкального) виводу інформації, які завдяки унікальному комплексу електрооптичних та технічних характеристик знайшли широке застосування в системах різного призначення, де потрібна висока інформативність, наочність і простота. В основі функціонування цих пристроїв лежить реалізація ІМ, що встановлює систему правил кодування повідомлень. Широке поширення ШЗВІ в системах відображення інформації

різного призначення від побутової техніки до унікальних спеціалізованих пристроїв ВС породило велику кількість апаратних рішень з відповідними функціональними і технічними характеристиками.

Апаратна реалізація ІІІ апаратно-програмної платформи являє собою ЕІІ, за допомогою якого формується оптична неоднорідність при збудженні відповідних елементів. Найбільшого поширення для цілей виведення інформації в сучасній апаратурі і телекомунікацій отримали ЕІІ на основі світловипромінювальних діодів, рідких кристалів і катодолюмінесцентних індикаторів.

Довгий час ШЗВІ будувалися на засадах апаратної логіки, що унеможливило перебудову структури пристроїв при необхідності зміни або розширення функціональних можливостей. Зменшення вартості МК дозволило створювати апаратні платформи інформаційної технології виводу даних на основі мікроконтролера з собівартістю рівня систем на жорсткій логіці.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація безпосередньо пов'язана з тематикою наукових досліджень Національного університету біоресурсів і природокористування України, зокрема темою НДР №110/1м-пр-2021 від «22» січня 2021 р. «Стратегія цифрової трансформації економіки України як інструменту забезпечення соціально-економічного розвитку та національної безпеки», в межах якої здобувачем розроблено рекомендації щодо підвищення ефективності роботи пристроїв відображення інформації у мобільних системах контролю, зокрема мобільних цифрових засобів екологічного моніторингу міста.

Мета та завдання дослідження. Метою дисертаційного дослідження є створення та дослідження апаратно-програмної платформи інформаційної технології обробки даних для побудови ефективних дискретних шкальних індикаторних засобів вбудованих систем, які оптимізовані за критеріями споживання ресурсів мікропроцесорної системи.

Досягнення мети вимагає вирішення ряду завдань:

- комплексного аналізу пристроїв виведення інформації на рівні елементної бази для визначення найбільш доречних типів відображення даних;

- застосування програмно-математичних моделей обробки інформації в пристроях відображення інформації для створення алгоритмів синтезу адитивного шкального відліку з мінімальним числом тактів збудження

- аналіз параметрів окремих СД для отримання якомога ефективнішої апаратної платформи інформаційної технології виводу даних.

- розробки, апробації та впровадження інформаційної технології обробки даних у вбудованих системах з високою надійністю.

Предметом дослідження є синтез шкального відліку у засобах виводу інформації з матричним з'єднанням елементів у вбудованих системах апаратно-програмної платформи.

Об'єктом дослідження виступають принципи побудови оптоелектронної шкальної апаратно-програмної платформи інформаційної технології обробки даних та особливості її апаратно-програмних рішень.

Методи дослідження. Поставлені в дисертаційній роботі завдання вирішувалися із застосуванням теорії цифрових систем, теорії електричних кіл, теорії матриць і множин, теорії надійності, а також застосовувалося комп'ютерне імітаційне моделювання та математичне моделювання пристроїв відображення інформації, їх елементів для комплексного аналізу і розробки конкретних технічних рішень, а також наступної оптимізації їх параметрів.

Потенційні можливості дискретно-аналогового виведення інформації до сих пір не є повністю розкритими і не використовуються в зв'язку з панівним прагматичним підходом до їх побудови, який проявляється в напрямку створення конкретної платформи обробки даних даного типу спеціалізованої інформаційно-вимірювальної системи або використання вже розроблених пристроїв в нових комплексах та платформах без урахування їх функціональної та інженерно-психологічної специфіки. При цьому, як правило, не враховуються всі можливі фактори, які могли б дозволити

оптимізувати цю апаратну-програмну платформу відображення інформації в цілому. Істотну роль тут відіграє відсутність теоретичних основ програмної обробки і передачі інформації в дискретно-аналоговій формі людині, в тому числі, специфічних моделей, що описують взаємодію елементів цього виду оптоелектронної системи відображення інформації на різних рівнях її подання. Низька ефективність різнорідних методів оптимізації, що використовуються розробниками при побудові систем відображення та обробки даних з дискретно-аналоговою ІМ, в поєднанні зі зростанням часових обмежень на дешифрування оператором повідомлень, а також постійне активне вдосконалення елементної бази для обробки і кодування інформації, в якому головна програма повинна функціонувати як аналог ОС реального часу, встановлюючи при цьому правильну послідовність і частоту обслуговування кожної з підпрограм. У пристроях, де апаратні ресурси є спільними, необхідно також організувати ізольоване управління і відповідні для його функціонування незалежні регістри даних, а також задати пріоритети. Можливість перепрограмування логічної периферії усуває необхідність у зовнішніх компонентах, мінімізує займану площу на друкованій платі і витрати на матеріали. Вбудовані в апаратні платформи АЦП дозволяють вимірювати сигнали малої амплітуди в шумному середовищі, що робить їх придатними для застосування в жорстких умовах.

Наукова новизна одержаних результатів досліджень полягає в наступному:

Вперше науково обґрунтовано, запропоновано, апробовано та практично реалізовано інформаційну технологію обробки даних у вбудованих системах на основі розроблених оригінальних алгоритмів синтезу адитивного шкального відліку з мінімальним числом тактів збудження електрооптичних елементів індикатора, що забезпечує високий рівень комплексу технічних та ергономічних характеристик засобів виводу інформації завдяки мінімізації рівня споживання ресурсів, що використовуються системою на базі мікроконтролера.

Вперше розроблено й апробовано наукові та методологічні основи створення та практичні рекомендації їх застосування для побудови апаратно-програмної платформи інформаційної технології обробки даних, які дозволяють визначити шляхи мінімізації витрат машинного часу однокристального мікроконтролера на обслуговування підсистеми візуалізації інформації при обмежених ресурсах вбудованих систем.

Набули подальшого розвитку теоретичні та прикладні основи побудови апаратної платформи інформаційної технології виводу даних із застосуванням багатоелементних дискретних шкальних засобів відображення повідомлень оператору вбудованої системи, які використовують двотактну інформаційну модель синтезу зображення на дискретно-аналоговому індикаторі, шляхом реалізації цифрової обробки даних зі застосуванням розробленого комплексу універсальних алгоритмів програмного забезпечення однокристального мікроконтролера.

Теоретичне значення одержаних результатів дисертаційної роботи полягає у комплексному аналізі та розробці шляхів оптимізації апаратно-програмної платформи інформаційної технології обробки даних, що використовується для виведення інформації оператору засобами дискретної шкальної технології відображення даних з довільною кількістю електрооптичних елементів за критеріями споживання ресурсів та швидкодії. Аналіз науково-технічних проблем дозволив теоретично та експериментально підтвердити переваги використання двотактних інформаційних моделей у комп'ютерних системах для генерації зображення апаратно-програмними засобами на інформаційному полі засобів виводу інформації. Разом з запропонованими універсальними алгоритмами вони створюють теоретичне підґрунтя для подальших досліджень з метою оптимізації інформаційних моделей, підвищення рівня технічних та ергономічних параметрів шкальних засобів виводу інформації для вбудованих систем та систем управління.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що запропоновані апаратно-програмні рішення виводу інформації на основі

двотактної генерації зображень шкальними засобами дозволяють підвищити їх експлуатаційні характеристики та позитивно впливають на зменшення споживання ресурсів мікроконтролера для обслуговування підсистеми виводу інформації вбудованих систем. Запропоновані та апробовані принципи цифрової обробки інформації, які залишаються незмінними для будь-якої кількості елементів інформаційного поля, що підвищує рівень уніфікації технічних рішень. Розроблені інформаційні технології обробки даних дозволяють зменшити використання ресурсів мікроконтролера підсистемою підтримки індикації та збільшити кількість завдань, які може виконувати мікроконтролер вбудованої системи. На основі запропонованих підходів визначені шляхи побудови оптимального програмного забезпечення, які можуть бути використані розробниками для пришвидшення створення шкальних засобів виводу інформації з довільною кількістю електрооптичних елементів без зміни алгоритму роботи підсистеми подання інформації, які по параметрам задовольняють більшість областей застосування приладів відображення інформації у вбудованих системах.

Результати дисертаційного дослідження були впроваджені в навчальний процес трьох закладів освіти: Національного університету біоресурсів і природокористування України, Київського університету імені Бориса Грінченка, та спеціалізованої школи II-III ступеня №325 «Щастя» м.Києва, що підтверджено 3 актами.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійно виконаною науковою працею, в якій викладено авторський підхід щодо вирішення важливого наукового завдання створення інформаційної технології обробки даних для реалізації оптоелектронних шкальних апаратно-програмних платформ вбудованих систем, яке оптимізоване за споживанням ресурсів мікропроцесорної системи.

Дане наукове завдання має важливе значення для ефективного вирішення проблем поліпшення рівня техніко-економічних показників серійних та спеціалізованих пристроїв автоматизованої переробки інформації,

а також сприятиме їх інтеграції та впровадженню в сучасні автоматизовані засоби управління складними об'єктами та процесами. Наукові положення, висновки та рекомендації, які виносяться на захист одержано автором самостійно. Із наукових праць, опублікованих у співавторстві, в дисертації використано лише ті ідеї та положення, які є результатом особистих досліджень здобувача.

Наукові результати дисертаційного дослідження є внеском у розвиток технічних наук та інформаційних технологій обробки даних.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень, що включені до дисертаційної роботи, доповідалися і обговорювалися на конференціях:

1. Конференція молодих вчених з фізики напівпровідників «Лашкарьовські читання» з міжнародною участю (Київ, 3-5 квітня 2019 р.)

2. Міжнародна науково-практична конференція «Економіка, фінанси та управління сучасним містом : можливості, проблеми, перспективи» (Київ, 11 квітня 2019 р.)

3. Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в соціокультурній сфері, освіті та економіці» (Київ, 18 квітня 2019 р.)

4. Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі» (Київ, 19 квітня 2019 р.)

5. VI Всеукраїнська науково-практична конференція молодих науковців «Інформаційні технології – 2019» (Київ, 16 травня 2019 р.)

6. Міжнародна науково-практична конференція «Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні 2019» (Київ, 15-16 травня 2019 р.)

7. XVII International Conference Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems. (Івано-Франківськ, 2019 р.)

8. X Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта 2019», (Київ, 13-14 листопада 2019 р.)

9. VIII Міжнародна науково-практична конференція «Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні 2020» (Київ, 14-15 травня 2020 р.)

10. VII Всеукраїнська науково-практична конференція молодих науковців «Інформаційні технології – 2020» (Київ, 21 травня 2020 р.)

11. XI Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта 2020» (Київ, 10-11 листопада 2020 р.)

12. IV Всеукраїнська науково-практична інтернет конференція студентів і аспірантів «Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем 2021» (Київ, 29 квітня 2021 р.)

13. VIII Всеукраїнська науково-практична конференція молодих науковців «Інформаційні технології – 2021» (Київ, 20 травня 2021 р.)

14. XII Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта 2021» (Київ, 11-12 листопада 2021 р.)

15. IX Міжнародна науково-практична конференція «Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні 2021» (Київ, 13-14 травня 2021 р.)

Публікації. Основні наукові положення отримані в дисертації опубліковані у 19 роботах [0-0] з них: 2 у вітчизняному фаховому виданні «Кібербезпека: освіта, наука, техніка» [0-19], 1 стаття у журналі третього квартилію «Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics» включеного до міжнародних наукових баз Scopus та Web of Science [0], 16 публікацій в матеріалах міжнародних та українських наукових конференцій [0-0,0-**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Свідоцтва про авторське право.

1. А.с. №113339 «Укрпатент», Комп'ютерна програма «Дискретно-аналоговий індикатор десятковий двотактний ДАІ-10.2.1» [Текст] / А. В. Турукало, О. В. Бушма (Україна); зареєстр. 16.06.2022 ; опубл. 29.07.2022, Бюл. № 71.

2. А.с. №113340 «Укрпатент», Комп'ютерна програма «Дискретно-аналоговий індикатор десятковий двотактний ДАІ-10.2.2» [Текст] / А. В. Турукало, О. В. Бушма (Україна); зареєстр. 16.06.2022 ; опубл. 29.07.2022, Бюл. № 71.

РОЗДІЛ 1

БАГАТОЕЛЕМЕНТНІ ШКАЛЬНІ ІНДИКАТОРНІ ПРИСТРОЇ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ

1.1. Пристрої відображення інформації та загальні принципи їх побудови

Завдяки розвитку електроніки істотно зросли можливості ПВІ. Вони є складними системами, що включають ЕІ із засобами управління для введення, зберігання і перетворення інформації. Є досить велика кількість методів організації інформаційних полів ІІ, створені технології, способи і апаратні засоби побудови ЕІ, що володіють хорошими експлуатаційними властивостями і високою надійністю.

ЕІ являє собою конструктивно завершений перетворювач інформаційного електричного сигналу в просторовий розподіл параметрів випромінювання. За принципом світлопередачі ЕІ діляться на активні, які випромінюють фотони світла, і пасивні які керують зовнішнім світловим випромінюванням з використанням властивостей речовини. ЕІ визначає основні показники якості ПВІ такі як: розмір, роздільну здатність, яскравість, контрастність, колір світіння. Склад ПВІ надзвичайно різноманітний. У нього включені одиничні ЕІ, алфавітно-цифрові і графічні дисплеї різного призначення, формату і габаритів. У промисловій і побутовій апаратурі широко використовується безліч ПВІ - від надмініатюрних екранів для годинників до інформаційних панелей значних розмірів 1.

Характеристики ПВІ повинні задовольняти вимогам до виведеної інформації; універсальності форми, що відображається (тексту, графіків, рівнів, мнемосхем); високої швидкодії по каналах відображення, пошуку і виведення інформації; високої надійності при великому терміні служби; наявності набору ергономічних і екологічних параметрів (розміру ЕІ,

світлотехнічних характеристик, рівня світлового випромінювання) з урахуванням психофізіологічних властивостей зору людини - оператора, який за представленою на пристрої інформацією повинен виділити об'єкт і сформувавши його модель. Для цього збудженні зорові відчуття повинні перевищити деякий пороговий рівень, що залежать від кольорних властивостей об'єкта, контрасту між його зображенням і фоном, часу спостереження і інших причин. Кількість чинників, що визначають зорове сприйняття, досить велике, що зумовило велику номенклатуру приладів, що дозволяють отримати близький до оптимального результат 2.

Залежно від умов роботи, області застосування і конкретного призначення ПВІ бувають універсальними або спеціалізованими; працюють в прискореному, реальному або сповільненому масштабі часу; видають інформацію окремим особам, групам або колективу користувачів; мають можливість ведення діалогу чи ні; мають з комп'ютером безпосередній зв'язок або дистанційний; забезпечують безпосереднє відображення інформації або через проміжний носій; здійснюють обчислювальні операції чи ні; мають внутрішню пам'ять чи ні; мають певні, операційні можливості- виділення (відмітка) частини зображення, скасування позначення, видалення всього зображення або вибірково, вказівка на екрані точки для запису зображення, креслення ліній, введення і редагування тексту накладення одного виду інформації на інший і так далі. Залежно від вимог, що пред'являються до параметрів, які визначаються складністю завдань, що виконуються ПВІ, які працюють з комп'ютером, поділяють на три категорії. Для кожної з категорій задаються відповідно вищі і нижчі значення параметрів 3.

У вимірювальній і керуючій апаратурі набули поширення різновиди вакуумних люмінесцентних, рідкокристалічних, плазмових і інших типів індикаторів. Розвиток напівпровідникової технології сприяє перевазі використання індикаторів на СД, а також пасивних елементах на основі рідких кристалів 4. Серед груп пасивних елементів слід згадати різноманітні електростатичні ЕІ конденсаторного типу з модуляцією зовнішнього

освітлення з використанням електромеханічних, електромагнітних, електрохімічних та інших ефектів.

Перетворення інформації до вигляду, зручного для використання в різних пристроях, є важливим завданням в системах управління. Довгий час перевага віддавалася аналоговій обробці сигналів, так як призначена для цього елементна база (пасивні елементи, операційні підсилювачі) технологічно більш прості у виготовленні і застосуванні 5.

З розвитком мікроелектроніки в апаратурі управління стали більш широко застосовуватися мікрокомп'ютери, що дозволило істотно спростити цикл розробки і виготовлення виробу, так як розробка пристрою все більш зводилася до розробки ПЗ. З появою універсальних однокристальних МК ця тенденція в розробці електронної апаратури була доведена до своєрідного завершення. Стало можливим створювати цифрові пристрої різного призначення на основі однієї і тієї ж конфігурації апаратних засобів 6. Використання МК у кінцевому виробі не тільки підвищує техніко-економічні показники (вартості, надійності, споживаної потужності, габаритних розмірів), а також забезпечує досягнення високих показників ефективності при низькій вартості.

МК можна зустріти у величезній кількості сучасних промислових і побутових приладів: верстатах, автомобілях, телефонах, телевізорах, холодильниках, пральних машинах. і навіть кавоварках. Серед виробників можна відзначити: Intel, Motorola, Hitachi, Microchip, Atmel, Philips, Texas Instruments, Infineon Technologies.

В даний час багатьма виробниками випускаються 8-, 16-, 32-розрядні однокристальні МК з ємністю пам'яті команд до декількох десятків Кбайт, невеликим ОЗП даних і вбудованим набором таких інтерфейсних і периферійних пристроїв, як паралельні і послідовні порти введення / виводу, таймери, аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі, широтно-імпульсні модулятори і інше.

Сьогодні найбільша частка світового ринку МК належить восьмирозрядним пристроям (близько 50% у вартісному вираженні). За ними слідують 16-розрядні і DSP-мікроконтролери (DSP - Digital Signal Processor - цифровий сигнальний процесор), орієнтовані на використання в системах обробки сигналів (кожна з груп займає приблизно по 20% ринку). В кожній групі МК діляться на CISC - і RISC-пристрої. Найбільш численною групою є CISC-мікроконтролери, але в останні роки серед нових чіпів намітилася явна тенденція зростання частки RISC-архітектури 7.

На даний час в світі стрімко зростає потреба у ВС різного призначення змушує розробників активно удосконалювати методи і засоби проектування. ВС можна визначити як спеціалізовані МК системи, що безпосередньо взаємодіють з об'єктом контролю або управління і об'єднані з ним конструктивно. Вони знайшли широке застосування в побутовій електроніці, промисловій автоматичній, у транспортних засобах, в телекомунікаційних системах, медичному обладнанні, в військової і аерокосмічній техніці. З кожним роком сфера застосування ВС постійно розширюється і в тому чи іншому вигляді ці системи найближчим часом будуть задіяні в усіх сферах діяльності людини.

Процес створення ВС характеризується високою складністю. Це визначається поєднанням таких умов проектування, як нестандартність завдання, вимога технічної оптимальності рішень (модель обмежених обчислювальних ресурсів), мінімальні часові та фінансові бюджети розробки, присутність великої кількості додаткових вимог і обмежень (надійність, обмеження реального часу, важкі умови експлуатації). Різноманітність завдань автоматизації і способів їх вирішення породжує величезну кількість варіантів ВС. З урахуванням існуючих технічних, фінансових та часових обмежень вибір варіанта реалізації перетворюється для розробника в складне науково-технічне завдання 8.

При конструюванні сучасної апаратури для ВС вкрай важливим є відображення інформації в формі, найбільш зручній для оптимального

зорового сприйняття оператором. Одним з таких засобів є шкальні індикатори (ШЗВІ) на основі напівпровідників, які перетворюють низьковольтні електричні сигнали в візуальну інформацію в дискретно-аналоговій формі. В основу індикаторів покладено СД, що представляє собою пластину, в якій технологічно сформований р-п перехід, діркова р- і електронна n-області переходів які виконують роль електродів (анода і катода) 9.

Такі прилади використовуються для індикації стану включення, готовності до роботи, наявності напруги, електричних і температурних порогів, відображення цифрової та аналогової інформації в промисловості, авіації, військовій сфері, всюди де потрібна наочність і простота. З метою підвищення інформативності різні ділянки ШЗВІ можуть бути виконані в різних кольорах. Для управління індикаторними елементами можна використовувати спеціалізовані мікросхеми або МК 10. У порівнянні з іншими типами індикаторів (електромеханічними, лампами розжарювання, газорозрядними, рідкокристалічними) напівпровідникові мають цілу низку переваг, зокрема, відсутність рухомих механічних частин, великий термін служби, високий рівень електрооптичних параметрів, стійкість до механічних і кліматичних впливів.

Збільшення інформаційного навантаження на оператора сучасних автоматизованих систем зумовило підвищення вимог до форм подання даних. Це підштовхнуло виробників до широкого використання шкальної (дискретно-аналогової) індикації, яка забезпечує високий рівень ергономічних характеристик відлікових пристроїв і дозволяє значно зменшити число помилок при зчитуванні інформації ІІ індикатора. Кількість ЕП, які використовуються у відлікових пристроях, визначає інформаційні параметри каналу зв'язку з оператором та дискретність подання результатів вимірювань. Оптимальним з ергономічної точки зору для апаратури індивідуального користування є ІІ, яке складається з 30 ... 150 ЕП 11.

Лінійні шкали є аналогами щитових вимірювальних приладів і служать для відображення величин які постійно змінюються. Вони можуть бути

встановлені на приладовому щиті автомобіля або літака, на пульті управління технологічним процесом. Зручно за допомогою шкальних індикаторів, розташованих поруч, зіставляти значення вимірюваних величин в багатоканальній системі. Позитивною властивістю таких шкал є наочність подання інформації, при цьому оператором витрачається менше зусиль при контролі за її роботою.

Аналоговий спосіб відображення інформації на шкалі полягає в зіставленні певної величини сигналу з просторовим розташуванням відповідного покажчика. Цей спосіб хоч і поступається цифровому в точності відліку, але має в порівнянні з ним цілу низку переваг, зокрема, дозволяє просто подати вимірювану величину у вигляді відповідного зорового образу та оперативно стежити за зміною однотипних параметрів, які надходять з декількох ідентичних об'єктів і, одночасно, порівнювати їх між собою. З огляду на інерційність людського зору для надійного сприйняття інформації необхідно в індикаторах, що розміщуються на нерухомих об'єктах, підтримувати частоту оновлення зображення в межах 100 Гц. Для приладів індикації, що розміщуються на рухомих об'єктах схильних до вібрацій, ця частота повинна складати 350-375 Гц 12.

Однією з найважливіших характеристик ШЗВІ є колір світіння. Правильний вибір кольорової гама індикаторів в засобах індикації багато в чому визначає ефективність роботи оператора при зчитуванні інформації. Існуючі стандарти чітко визначають призначення кожного кольору (червоний - небезпека, жовтий - увага, зелений - все в нормі) 13. Однак застосування індикаторів різного кольору світіння з різними відтінками змінило підхід до вибору кольору і його функціонального призначення.

Використання багатоелементних ШЗВІ в приладах і системах різного призначення передбачає відповідні функціональні та конструктивні особливості цих реалізацій. Однак в будь-якій структурі ШЗВІ виконує функцію перетворення вхідного інформаційного сигналу в візуальний, який призначений для оператора.

1.1.1. Надійність відображення інформації

Ефективність використання складної системи істотно залежить від надійнісних параметрів ПВІ. Ця властивість обумовлює здатність виробу виконувати необхідні функції в заданих умовах експлуатації. По суті надійність – складна властивість, що об'єднує безвідмовність, довговічність, збереженість і ремонтпридатність виробу, які нерозривно пов'язані з його призначенням та умовами застосування 14. В якості кількісних характеристик надійності ПВІ використовують: ймовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов, середній час безвідмовної роботи, частоту відмов, напрацювання на відмову. Очевидно, що ці характеристики можуть використовуватися в припущенні, що ПВІ повинні перебувати або в працездатному стані, або в стані повної відмови.

Найбільш загальні вимоги до ПВІ полягають в наступному:

1) вони повинні забезпечувати передачу оператору інформації в кількостях, достатніх для оцінки ситуації, прийняття рішення та контролю за його виконанням; при цьому кількість інформації, що виводиться має відповідати реальним можливостям людини обробити цю інформацію;

2) інформація повинна бути представлена у формі, яка найбільш відповідає особливостям сприйняття, специфіці виконуваних оператором функцій і загальних умов його роботи;

3) інформація що виводиться повинна бути відображена лише в ті моменти, коли в ній виникає необхідність 15.

Вибір раціонального ПВІ включає не тільки перераховані вище принципові питання. Нерідко найбільш трудомістким є завдання вибору конкретного способу відображення при наявності декількох способів, що дозволяють вивести однакову за змістом інформацію 16. Наприклад, відомості про справність агрегату можуть бути відображені у вигляді сигналізації на мнемосхемі, у вигляді словесно-цифровий інформації на табло, у вигляді

показань відповідного стрілочного приладу, на аналоговій шкалі та ін. Вибір конкретного способу з усіх можливих кожного разу є спеціальним завданням 17.

При наявності відомостей про часові та точнісні характеристики роботи людини з кожним з можливих ПВІ ця задача може бути вирішена за допомогою застосування математичних методів моделювання різних ситуацій управління. Вибравши той чи інший критерій оптимізації процесу управління, таких як точність, швидкість, надійність, можна отримати очікувані кількісні характеристики процесу управління з кожним варіантом комплексу ПВІ. Іноді такий аналіз призводить до висновку про те, що жоден з існуючих способів не може забезпечувати виконання функцій з заданими критеріями 19. Тоді виникає потреба в проектуванні нового пристрою відображення. В цьому випадку, так само, коли проектувальникам невідомі характеристики роботи людини з тим чи іншим пристроєм, необхідні спеціальні експериментальні дослідження для оцінки пропонувананих варіантів 20.

Однак в більшості випадків ПВІ при відмові одного або декількох елементів продовжують функціонувати, відображаючи інформацію в повному обсязі або частково (це пов'язано з їх структурної надмірністю) безпосередньо для людини, що зчитує і використовує її для вирішення конкретних завдань.

Основними параметрами, що визначають надійність зчитування даних та надійність в цілому є сила світла і падіння напруги на СД при номінальному значенні прямого постійного або імпульсного струму 22.

Залежність відношення сили світла до прямого струму від прямого струму дозволяє оптимізувати побудову ШЗВІ за рахунок вибору часових параметрів ІМ, які забезпечують збудження СД в найбільш ефективному динамічному режимі. Зниження нагріву випромінювачів і імпульсних струмових навантажень при збереженні яскравості ІП збільшує термін служби і надійність як СК, так і СД.

Попередні дослідження показали, що зменшення кількості тактів формування ІМ на ІП є одним з найбільш ефективних шляхів підвищення

надійності динамічних ШЗВІ. Це функціональне рішення одночасно поліпшує ергономічні характеристики, спрощує конструкцію і знижує струмові навантаження на СД ЕІП і вихідних ланцюгів СК. Комплексний вплив на різні елементи структури є характерною рисою цього шляху покращення надійнісних характеристик ШЗВІ та забезпечує найвищу ефективність

Другим основним фактором, що визначає надійність ШЗВІ, виступають технічні засоби, за допомогою яких здійснюється формування візуального сигналу, призначеного для оператора. Однак надійність технічних засобів, в основному, визначається апаратурою, що використовується для реалізації ІМ. Значна кількість структурних елементів і досить складні функціональні зв'язки між ними потребують особливої уваги для побудови апаратурної частини ШЗВІ. Тут найбільший інтерес представляє СК ПВІ, що формує ІМ на шкалі 21 .

Значний вплив на надійність апаратної частини ШЗВІ при побудові перетворювача цифрового сигналу у візуальній і в основному, структура електричних зв'язків його елементів. Вихідний перетворювач найчастіше виконується на основі лінійного (однокоординатного) або матричного двокоординатного електричного з'єднання елементів 24. Зокрема, для дискретно-аналогового перетворювача на СД лінійне з'єднання еквівалентно підключенню діодних структур із загальним анодом або катодом, або послідовно. Матричне двокоординатне з'єднання реалізується шляхом об'єднання в групи з однойменним загальним електродом тих СД, які розташовані поруч на ІІ. Виходи загальних груп електродів утворюють одну координату матриці. Друга її координата - це виходи інших однойменних електродів, об'єднаних у СД з однаковим номером в кожній з груп. Значний вплив на надійнісну реалізацію ПВІ надає внутрішній алгоритм перетворення інформації в ДАС. Тут слід виділити статичні 25 і динамічні структури 26. Перша група характерна тим, що внутрішній стан СК залишається незмінним протягом усього часу формування будь-якого з символів. Динамічні структури

при обробці інформації, що надходить змінюють свій стан в процесі відображенні поточного символу.

З точки зору надійності ПВІ може бути представлено у вигляді паралельно-послідовної надійнісної схеми. У цій схемі послідовне з'єднання блоків відображає поведінку функціональних елементів, відмова яких призводить до відмови пристрою в цілому. Паралельне з'єднання блоків відповідає функціонуванню елементів, відмова яких викликає відмову пристрою в цілому, тільки якщо відмовлять всі з'єднані паралельно елементи.

Для підвищення надійності електричних схем необхідно рухатись до спрощення структури схеми, тобто зменшення числа елементів і зв'язків, відмови яких є основною причиною зниження надійності схеми 27.

Надійність схеми в цілому буде визначатися крім частоти відмов обладнання також і часом, необхідним для відновлення нормального режиму роботи, тобто часом аварійного ремонту або заміни пошкодженого елемента, або його модуля 26. Однією з основних характеристик надійності обладнання або пристрою є питома пошкоджуваність (частота або інтенсивність відмов) λ визначається як відношення числа елементів n , які відмовили в роботі в проміжок часу Δt , до середнього числа елементів N , справно працюють протягом часу Δt (за період спостереження t) відмова / рік:

$$y^{(t)} = \frac{n(t)}{N(t)\Delta t}$$

Надійність є головною вимогою, яка пред'являється до схем. Якщо при проектуванні забезпечення надійності дії схеми не буде приділено належної уваги, то всі інші переваги, які має схема, можуть бути втрачені.

1.1.2. Багатоелементні шкальні індикаторні пристрої

Конструктивні параметри електронних пристроїв, які активно використовуються для ефективної автоматизації сучасних систем обробки інформації і подальшої передачі її оператору, визначають надійність сучасних інформаційно-вимірювальних ергатичних систем 27. Використання оптоелектронних систем дозволяє вирішити технічну сторону цієї проблеми. З огляду на те, що більшу частину інформації людина отримує через зоровий канал, то при взаємодії людини з машиною зорове сприйняття людини є найважливішим компонентом. Тому засоби для відображення зорової інформації є важливою складовою більшості пристроїв управління, обробки і передачі інформації 28.

На даний момент існує безліч різних типів індикаторів, відрізняються один від одного принципом дії, електричними характеристиками, конструкцією і областями застосування. Одними з головних параметрів елементів індикації є надійність і світлова ефективність. Високий рівень цих параметрів досягається двома шляхами: використанням високоефективних СД і застосуванням відповідних конструктивних рішень шкал. Важливим параметром також є те, що ШЗВІ різних виробників розраховані на роботу в відмінних режимах збудження - статичному, імпульсному з низькою та високою шпаруватістю, а також при різному рівні струму. Найбільшого поширення в схемотехніці набули ШЗВІ які містять 2, 4, 8 або 10 випромінювачів на основі СД з розсіювачами в пластмасовому корпусі. Електричні з'єднання виконані так, що одні однойменні електроди у парних і непарних елементів об'єднані відповідно в дві групи. При цьому інШЗВІ однойменні електроди у кожній з пар сусідніх елементів пов'язані один з одним 29 .

Модулі з одного, двох випромінювачів випускаються в серіях KB-AXXX і KB-DXXX. З їх допомогою можна сформувати шкалу з довільним числом розрядів і кроком 9,94 мм або 19,05 мм при ширині світловипромінюючих поверхні 3,81 мм. Електроди всіх елементів виведені незалежно. Серії містять прилади червоного, жовтого і зеленого кольорів світіння. Типова ефективність виробів - 4,0 ... 8,0 мкд / мА для різних типів СД червоного кольору світіння, а також 3,5 і 5,0 мкд / мА для жовтого і зелено-го випромінювачів відповідно 30.

П'яти та десятирозрядні ШЗВІ представлені виробами серій DC-05XXX і DC-10XXXXX. Модулі містять по 5 та 10 лінійно розташованих випромінювачів розміром 1,78 мм та кроком 2,54 мм. Електроди всіх СД виведені незалежно, що дозволяє сформувати довільне однокоординатне та двокоординатне електричне з'єднання елементів. Випускаються ШЗВІ червоного, жовтого і зеленого кольорів світіння. Їх типова ефективність становить 1,0 мкд / мА для СД червоного кольору світіння і 0,20 мкд / мА для жовтого і зеленого. Монолітна шкала з 101 СД випускається у вигляді серії HDSP-88XX. Відлікові індекси розміром 1,52× 0,4 мм розташовані лінійно з кроком 1 мм. Висновки ста СД з'єднані в двокоординатну матрицю із загальним катодом в якості групового електрода. Один елемент виведений незалежно. Серія містить вироби червоного (0,04 ... 0,19 мкд / мА) і зеленого (0,19 мкд / мА) кольору випромінення 31 .

Всі конструктивні варіанти забезпечують можливість безшовного стикування ШЗВІ. В якості випромінювачів в них використовуються елементи на основі різних матеріалів. Червоні СД виготовляються з дифузним р-п-переходом в епітоксильному шарі GaP на GaAs підкладинці. Червоні AlGaAs випромінювачі виконані на подвійному гетеропереході GaAlAs з підкладкою з GaAs. Високоєфективні червоні та жовті ШЗВІ реалізовано на епітоксильному шарі GaAsP на підкладинці з GaP 32. Зелені модулі використовують випромінювачі на рідкофазному епітоксильному шарі GaP з підкладкою з GaP. Двоколірні випромінювачі реалізовані схемою з двох СД, підключених зустрічно-паралельно: високоєфективний червоний / жовтий або

високоєфективний червоний / зелений 33,34. На ринку також маються ШЗВІ з RGB випромінювачами, але вони не отримали широкого застосування 35.

Наявна елементна база дозволяє створити широкий спектр ШЗВІ різного застосування. Необхідна кількість ВЕ в шкалах формується нарощуванням – безшовним стикуванням ШЗВІ. Існуючі модулі забезпечують побудову одноколірних та багатоколірних індикаторів для реалізації відповідних ІМ. Основою конструкції всіх найбільш поширених ШЗВІ є лінійне розташування прямокутних випромінювачів. Широко доступний асортимент приладів на основі СД з розміром світловипромінюючої поверхні, що забезпечує побудову шкал довільної довжини із шириною від 1 до 19 мм. Реалізований в серійних ВЕ крок від 1 до 10 мм дозволяє будувати ШЗВІ з дистанцією спостереження до 10 м, що охоплює весь діапазон пристроїв як індивідуального, так і колективного користування. Розроблено параметричні ряди, що забезпечують уніфікацію елементної бази і шкал на її основі^{36,39}. В результаті цього ШЗВІ, які будуються на цій базі, використовують прямолінійну ІМ - горизонтальну або вертикальну її модифікацію. Це в значній мірі обмежує ефективне використання топології шкали як шляху підвищення надійності передачі інформації оператору у багатосерійних виробках.

Типові характеристики напівпровідникових індикаторів регламентовані відповідними нормативними документами. До їх числа відносяться такі залежності: прямого струму від прямої напруги, відносини сили світла до прямого струму від прямого струму, спектральної щільності сили випромінювання від довжини хвилі, сили випромінювання від довжини хвилі, сили випромінювання від напрямку і сили світла від температури 40.

1.1.3. Аналіз та вибір апаратної платформи вбудованих систем

МК потрібні не тільки для великих виробничих систем, але і для малогабаритних пристроїв для мобільних вбудованих засобів. У таких пристроях до МК пред'являються жорсткі вимоги щодо вартості, габаритів і температурному діапазону роботи. Найбільш поширеними і добре себе зарекомендуваними зараз є МК родини MCS-51. Ця родина підтримується рядом фірм - виробників мікросхем. Не менш поширеними у світі є МК фірми Motorola. Це такі родини як HC05, HC07, HC11 і багато інших. Не менш популярними є МК сімейства AVR фірми Atmel. Всі ці прилади можна розділити на наступні основні типи: вбудовані (embedded) 8-розрядні МК; 16 - і 32-розрядні МК; цифрові сигнальні процесори. Промисловістю випускаються дуже широка номенклатура вбудованих МК. У них всі необхідні ресурси (пам'ять, пристрої введення-виведення і т.д.) розташовуються на одному кристалі з процесорним ядром. Зазвичай такі МК містять значну кількість допоміжних пристроїв, завдяки чому забезпечується їх включення в реальну систему з використанням мінімальної кількості додаткових компонентів 39.

Intel 8051 - це 8-бітове сімейство МК, розроблене Intel в 1981 році. Це одне з популярних сімейств МК, які використовуються у всьому світі. Процесор може обробляти до 8 біт даних одночасно. Більшість МК серії 8051 різних виробників містять 4 Кбайт ПЗУ, хоча обсяг ПЗУ може бути розширений до 64 Кбайт. МК 8051 використовуються у величезній кількості пристроїв, головним чином тому, що їх легко інтегрувати у проєкт.

РІС - це серія мікроконтролерів, розроблена компанією Microchip. Мікроконтролер РІС швидше і простіше реалізує програми, якщо порівнювати з іншими мікроконтролерами. РІС - це МК, який складається з ЦП, ОЗП, ПЗУ, таймерів, лічильників, АЦП, ЦАП. РІС також підтримує протоколи, такі як CAN, SPI, UART для взаємодії з додатковими периферійними пристроями. РІС

в основному використовує модифіковану гарвардську архітектуру, а також підтримує RISC.

AVR – МК компанії Atmel. МК AVR доступні в трьох основних модифікаціях:

- TinyAVR: менше пам'яті, невеликий розмір, підходить тільки для більш простих систем;
- MegaAVR: це популярні МК, в основному мають відносно велику кількість пам'яті (до 256 КБ), більшу кількість вбудованих периферійних пристроїв і підходять для досить складних пристроїв;
- XmegaAVR: використовуються в комерційних системах для вирішення складних завдань, яким потрібна велика пам'ять для програм і висока швидкість.

МК з ядром ARM також є одним з сімейств процесорів на базі архітектури RISC, розроблені компанією Advanced RISC Machines. Процесори ARM широко використовуються в споживчих електронних пристроях, таких як смартфони, планшети, комп'ютери програвачі та інШЗВІ мобільні пристрої. Через скорочений набір команд їм потрібно менше транзисторів, що дозволяє зменшити розмір матриці інтегральної схеми. Процесори ARM з меншими розмірами зменшують складність проектування і скорочують енергоспоживання, що робить їх придатними для більш мініатюрних пристроїв. Нижче наведена порівняльна таблиця сімейств МК наведених вище.

Порівняння основних сімейств МК

| Параметр порівняння | 8051 | PIC | AVR | ARM |
|---------------------|---|--|--|--|
| Розрядність | 8 біт | 8/16/32 біт | 8/32 біт | 32/64 біт |
| Інтерфейси | UART, USART, SPI, I2C | PIC, UART, USART, LIN, CAN, Ethernet, SPI, I2S | UART, USART, SPI, I2C, CAN, USB, Ethernet | UART, USART, LIN, I2C, SPI, CAN, USB, Ethernet, I2S, SAI, IrDA |
| Швидкість | 12 тактів на інструкцію | 4 тактів на інструкцію | 1 такт на інструкцію | 1 такт на інструкцію |
| Пам'ять | ROM, SRAM, FLASH | SRAM, FLASH | FLASH, SRAM, EEPROM | FLASH, SDRAM, EEPROM |
| Шинна архітектура | CLSC | Частково RISC | RISC | RISC |
| Архітектура пам'яті | Гарвардська | Фон-нейманівська | Модифікована | Модифікована гарвардська |
| Споживання енергії | Середнє | Низьке | Середнє | Низьке |
| Сімейства | Варіації 8051 | PIC16/17/18, PIC24/32 | Tiny, Atmega, Xmega, спец. AVR | ARM v 4, 5, 6, 7 ... |
| Виробники | NXP, Atmel, Silicon Labs, Dallas, ... | Microchip | Atmel (Microchip) | Apple, Nvidia, Qualcomm, Samsung. |
| Вартість | Низька | Низька | Середня | Середня |

Пристрій для практичної перевірки роботи програми має СД матрицю розмірністю 10x10, елементи якої розташовані в ряд (Додаток А).

Для керування СД шкалою було обрано МК сімейства MCS-51. Він добре зарекомендував себе, довгий час залишається безперечним лідером за кількістю компаній, що виробляють його модифікації. Відрізняється низькою ціною, різноманітним набором периферійних пристроїв. Добре продумана архітектура і інтуїтивно зрозуміла система команд мають вирішальний вплив на вибір багатьох розробників апаратно-програмних систем. Та й самі МК лінійки 8051 постійно розвиваються, пропонуючи розробнику все нові і нові можливості. На основі базового кристала 8051 створені й успішно застосовуються пристрої з розвиненою периферією і великими обсягами пам'яті. Їх програмування в даний час значно спростилося завдяки інструментальним засобам, розробленим провідними фірмами. Сьогодні МК можна програмувати на мовах C, Pascal, Assembler, Basic, Forth і ін., Що багато в чому полегшує життя програмістам, які знайомі з апаратною частиною цих пристроїв.

МК MCS-51 є функціонально завершеним 8-розрядним однокристальним мікропроцесором гарвардської архітектури, що містить всі необхідні вузли для роботи в автономному режимі. На основі таких мікросхем можуть бути реалізовані алгоритми управління різних пристроїв.

МК виконаний на основі високорівневої n-МОП технології. Через чотири програмовані паралельні порти введення / виведення і один послідовний порт МК взаємодіє із зовнішніми пристроями. Основу структурної схеми утворює внутрішня двонаправлена 8-бітна шина, яка пов'язує між собою основні вузли і пристрої мікроконтролера: резидентну пам'ять програм (RPM), резидентну пам'ять даних (RDM), арифметико-логічний пристрій (ALU), блок регістрів спеціальних функцій, пристрій управління (CU) і порти введення / виведення (P0-P3).

В нашому випадку цих характеристик МК достатньо для реалізації програми. Важливими елементами є: достатній набір інструкцій; наявність

вбудованого тактового генератора – буде використовуватись для контролю частоти оновлення зображення; достатня кількість портів – порти використовуються в режимі виведення для контролю окремими елементами матриці.

Окремий елемент матриці – ряд 10-ти СД. Так як МК не може забезпечити необхідний струм для активації СД, потрібно використовувати підсилювачі, виконані на транзисторних ключах. Вони слугують для підтримки сили струму для кожного СД на рівні 15 ± 1 мА при динамічному скануванні матриці.

1.1.4. Статичний та динамічний тип індикації

Цифрова обробка сигналів дозволяє виконувати: статичним або динамічним. Статичний спосіб використовується якщо кількість елементів індикатора менш 30. В разі необхідності побудови ШЗВІ більшої розрядності такий спосіб не забезпечує потрібний рівень надійності, тому що базується на формуванні окремих незалежних сигналів управління кожним з ЕІ, що вимагає відповідного збільшення числа каналів їх збудження, а також збільшує споживаний струм. Статична індикація алгоритмічно простіша, так як не потребує хитрощів, властивих динамічній індикації. Кожному окремому СД відповідає окремий ключ, і дані, що виводяться, змінюються лише при зсуві символів.

Для зменшення загального числа провідників, що зв'язують між собою СД, ПВІ частіше виготовляють багаторозрядними блоками, у яких в єдиному корпусі може бути велика кількість ВЕ. З метою скорочення числа виходів у багаторозрядному індикаторі всі однойменні сегменти з'єднані разом і мають один загальний вивід. Для того, щоб керувати світінням якого-небудь ВЕ кожен СД має загальний вивід, який може бути загальним анодом або загальним катодом. Динамічний спосіб використовується для індикаторів з

великою кількістю елементів, причому, його елементи з'єднуються матрицею, що істотно підвищує надійність рішень в цілому. Вибір оптимального режиму роботи ШЗВІ є однією з найважливіших задач при проектуванні індикаторного пристрою. Режим роботи повинен бути таким, щоб забезпечувати необхідні світлотехнічні параметри, необхідну надійність, довговічність і допустиму деградацію параметрів 40.

Необхідно відзначити, що ще однією перевагою схеми динамічного управління ШЗВІ є те, що вона менш енергоємна в порівнянні зі схемами управління в статичному режимі. Це пояснюється тим, що зі зростанням пікового струму індикаторів на GaAsP світловіддача на одиницю струму збільшується. Таким чином, для забезпечення однієї і тієї ж яскравості світіння індикатора при управлінні ним в динамічному режимі, менше енергоспоживання, ніж в статичному безперервному режимі 41. З огляду на інерційність зору для забезпечення сприйняття інформації без спалахів і «розмазування», необхідно частоту відновлення інформації для індикаторів, що розміщуються на нерухомих об'єктах, підтримувати на рівні 100 Гц. Для приладів індикації, що розміщуються на рухомих об'єктах, схильних до вібрацій, частота відновлення інформації підтримується на рівні, яка в 5 разів перевищує рівень вібрації. Однак з точки зору раціонального співвідношення рівня складності схем управління і зручності зчитування для об'єктів, схильних до вібрацій з частотами, до 2000 Гц, цілком прийнятна частота оновлення інформації 350-375 Гц 42 .

Необхідно звернути увагу на те, що при використанні для стробування високих частот (10 кГц і більше) швидкість вимкнення підсилюючих транзисторів може виявитися недостатньою для забезпечення мультиплексного управління СД, тобто може через затягування зрізів стробуючих імпульсів виникнути так званий «ефект примари» - СД, які повинні бути вимкнені, залишаються ввімкнутими, з'являється паразитне засвічування фону на робочому полі індикатора. Залежно від умов зчитування інформації для запобігання цього ефекту необхідно між вимиканням одного

елемента і включенням іншого передбачати фіксований часовий інтервал, рівний 2-4% від часу вибірки фігури на виході скануючого пристрою.

Створення фіксованого тимчасового інтервалу вимагає деяких апаратних витрат, пов'язаних з введенням або дільника частоти з ключами, або інших структурних елементів. Існує інший, більш простий з точки зору апаратної реалізації варіант, пов'язаний з необхідністю трохи більшого збільшення імпульсного струму через світлодіод. З огляду на зазвичай наявне регулювання яскравості світіння індикаторів в ПВІ, тобто наявністю пристрою регулювання), послідовно з регульовальним опором генератора широтно-модульованих сигналів або аналогового регулятора яскравості додають баластні опір, що забезпечує гарантований часовий інтервал. Необхідно, однак, враховувати, що баластний опір знизить середній прямий струм через кожен світлодіод кожної цифри індикаторного пристрою, що спричинить зниження максимального значення яскравості світіння 43.

СД - малоінерційний прилад індикації, тому найчастіше яскравістю світіння світлодіодів керують за допомогою димміювання - зниження яскравості при швидкому мерехтінні з різною шпаруватістю. Яскравість СД, видима оком, практично пропорційна тривалості його горіння в такому режимі. Чим більше шпаруватість - тим менше яскравість 44 . У динамічних схемах індикації, коли СД в індикаторі вже запалюються з певною шпаруватістю, процес управління яскравістю накладається на процес оновлення (сканування) екрану і частота перемикання значно підвищується 45.

1.2. Обробка повідомлень у дискретно-аналогових структурах

Цифрова обробка сигналів дозволяє виконувати будь-яке перетворення сигналу по будь-яким складним алгоритмам з великим ступенем точності. Щоб виконати цифрову обробку необхідно попередньо перетворити аналоговий сигнал на вході в цифровий код за допомогою АЦП. Алгоритми цифрової обробки сигналів можуть реалізовуватися як в пристроях на жорсткій логіці, так і в пристроях з програмною логікою - універсальних або спеціалізованих мікропроцесорах і мікроконтролерах 46.

Кодування інформації полягає в її співвідношенні з набором умовних знаків (кодів). Інформація, яка повинна бути передана оператору, відображається на ПВІ в формі коду, який оператор повинен сприйняти і декодувати. Тому вибір оптимального коду є найважливішим завданням при проектуванні інформаційного середовища. Оптимальним є код, який забезпечує максимальну швидкість і надійність зчитування і переробки інформації. Кодування ґрунтується на використанні базової безлічі умовних знаків - алфавіту. Алфавіти розрізняються за багатьма ознаками: модальністю (віднесення знаків до певного типу відчуттів), категорії (аспект відчуття всередині модальності), довжині (кількістю градацій, тобто кількості знаків в алфавіті), абстрактності (знаки або мають явний референт, або пов'язані з ним тільки умовно). Алфавіти також характеризуються мірністю (кількість знаків) та принципами компонування складових знаків.

БПІ у візуальну форму перетворює цифровий електричний сигнал в оптичний, який призначений для оператора. Реалізація такого перетворення являє собою процес обробки даних, що надходять у відповідності з наступним алгоритмом: формування кодів для синтезу зображення на ПП - отримання електричних сигналів, параметри яких відповідають використовуваним елементам ПВІ — перетворення електричних сигналів в оптичні - обробка отриманих оптичних сигналів для створення зображення з необхідними

параметрами. В ході обробки повідомлень враховується керуючий вплив оператора і наявність взаємодії з середовищем.

БПІ оброблює дані, які надходять з ергатичної системи, і формує коди, необхідні для створення зображення на ПІ індикатора. Також він виконує буферну функцію, погоджуючи з електричними параметрами виходи МК з входами ШЗВІ. Це дозволяє обробляти цифровий сигнал, який сформований зовнішнім пристроєм, забезпечуючи синтез зображення на ПІ з необхідними оптичними параметрами.

1.2.1. Дискретна форма ІМ

Якщо говорити про дискретну форму ІМ то вона визначає оптимальне представлення даних, які обробляються функціональними елементами дискретно-аналогового ПВІ. Тому інформація в переважній більшості пристроїв представлена кодами, які забезпечують відповідність між сумами цифрових символів і кодованими повідомленнями. В даний час найбільш вживаними є чотири види зважених кодів 47.

Двійковий нормальний код, в якому число K представляється в двійковій формі K_2 як

$$K = \sum_{i=1}^l a_i \cdot 2^{i-1} = K_2 \quad (1)$$

де l - кількість розрядів в двійковому поданні; $a_i = 0 \vee 1$ — знаки (цифри) системи числення з основою, рівною двом. Цей вид коду є беззбитковим і є найбільш ефективним для передачі повідомлень.

Двійковий-десятковий код незамінний в системах візуального виведення і є досить ефективним, оскільки використовує кодування по (1) в межах десятичного розряду.

Одиничний нормальний код, що відображає дані кількістю одиниць в кодованому числі, є високо надмірним, проте відповідає адитивній ІМ.

Одиничний позиційний код представляє число позицією одиниці в ряду нулів. Він також надлишковий, але відповідає позиційній ІМ.

Вид використовуваного коду визначає побудову функціональних елементів ПВІ, тому оптимізація внутрішніх сигналів по виду коду та кількості розрядів дозволяє спростити і підвищити надійність ПВІ в цілому.

1.2.2. Процес взаємодії індикатора з оператором

Ефективність і надійність роботи технічних систем, призначених для взаємодії з людиною, більшою мірою залежить від рівня узгодження її конструкції з психологічними і фізіологічними характеристиками оператора. З розвитком техніки збільшується число об'єктів і їх параметрів, за якими необхідно стежити. Це ускладнює і підвищує роль операцій з планування та організації роботи оператора, по контролю і управлінню виробничими процесами. З ускладненням процесів людина все більше віддаляється від керованих об'єктів, про динаміку їхнього стану вона судить не за даними безпосереднього спостереження, а на підставі сприйняття сигналів від ПВІ, що імітують реальні виробничі об'єкти. Здійснюючи дистанційне керування, оператор отримує необхідну інформацію в закодованому вигляді (тобто у вигляді показань лічильників, індикаторів, вимірювальних приладів і т.д.), що обумовлює необхідність декодування і уявного зіставлення отриманої інформації зі станом реального керованого об'єкта 48.

Збільшення складності та швидкості перебігу виробничих процесів висуває підвищені вимоги до точності дій оператора, швидкості прийняття рішень у здійсненні управлінських функцій. Зростає ступінь відповідальності за вчинені дії, оскільки помилка оператора при виконанні навіть самого простого акту може призвести до порушення роботи всієї системи «людина -

машина», створити аварійну ситуацію із загрозою для життя працюючих людей. Тому робота оператора в сучасних людино-машинних комплексах характеризується значними збільшеннями навантаження на нервово-психічну діяльність людини, в зв'язку з чим по-іншому ставиться проблема критеріїв тяжкості операторської праці. Основним критерієм стає не фізична важкість праці, а його нервово-психічна напруженість 49.

Підвищення ступеня автоматизації виробничих процесів вимагає від оператора високої готовності до екстрених дій. При нормальному перебігу процесу основною функцією оператора є контроль і спостереження за його ходом. При виникненні порушень оператор повинен здійснити різкий перехід від монотонної роботи в умовах «оперативного спокою» до активних, енергійних дій з ліквідації виниклих відхилень. При цьому він повинен протягом короткого проміжку часу опрацювати велику кількість інформації, прийняти і здійснити правильне рішення. Це призводить до виникнення сенсорних, емоційних і інтелектуальних перевантажень 50.

При цьому зір забезпечує близько 90% всієї інформації, яка надходить до оператора. Очевидним є те, що ПВІ формують основні візуальні потоки даних, які отримуються людиною від технічних засобів. Тому одним з найбільш істотних резервів підвищення надійності виведення інформації має процес взаємодії індикатора з оператором. Отже, оптимізація візуального сприйняття даних є однією з найважливіших складових побудови високонадійних ШЗВІ. Основою цього є дослідження інформаційного взаємодії оператора і технічних засобів, які здійснюються через зоровий канал людини. В результаті можуть бути побудовані ефективні ШЗВІ, які враховують обмеження, що накладаються параметрами цього каналу прийому даних оператором.

Вихідна оптична інформація ШЗВІ є послідовністю повідомлень, яка призначена для візуального прийому людиною-оператором. При цьому в свідомості людини формується суб'єктивне відображення властивостей чинного об'єкта у вигляді перцептивного образу. Такий процес є фазним і

включає три стадії: виявлення, впізнання і розрізнення. Тривалість цих стадій визначається параметрами візуального сигналу і нерозривно пов'язана з надійністю і достовірністю прийому інформації. Після завершення процесу оператор сприймає не відповідне повідомлення з потоку, а імітує його перцептивний образ. Це уявлення визначається ІМ, під якою розуміється кінцева безліч сигналів, що несуть оператору інформацію про повідомлення з і організованих на основі фіксованої системи правил. У ШЗВІ використовується ряд спеціалізованих ІМ, які будуть розглянуті нижче. Значний вплив на надійність також надають інформаційні обмеження зорового аналізатора людини-оператора. Тому створення реальних виробів вимагає детального розгляду цих обмежень для подальшого формування на його основі комплексу відповідних параметрів ІМ 51.

Основними характеристиками зорового аналізатора людини є поріг - абсолютний (верхній і нижній), диференційний і оперативний. Поняття кожного з цих порогів може бути введено по відношенню до енергетичних (інтенсивність, потужність), просторових (розмір) і тимчасовий (тривалість впливу) характеристик сигналу. Мінімальна величина подразника, що викликає ледь помітне відчуття, називається нижнім абсолютним порогом чутливості, а максимально допустима величина - верхнім порогом чутливості (це поняття вводиться по відношенню лише до енергетичних характеристик). Сигнали, величина яких менше нижнього порога, людиною не сприймаються. Збільшення ж інтенсивності сигналу більше верхнього порогу викликає в людини болісні відчуття (сліпуча яскравість і т.д.). Інтервал між нижнім і верхнім порогами називається діапазоном чутливості аналізатора 52.

За допомогою аналізаторів людина може не тільки відчувати той або інший сигнал, але і розрізнити сигнали. Для характеристики розрізнення використовується поняття диференціального порогу, під яким розуміється мінімальне розходження між двома подразниками (сигналами) або між двома станами одного подразника, що викликає ледь помітне розходження відчуттів.

Експериментально встановлено 53, що величина диференціального порога пропорційна початковій величині подразника:

$$\frac{dJ}{J} = k = const$$

(2)

де J — вихідна величина сигналу (подразника);

dJ — величина диференціального порога;

k — константа, рівна 0,01 для зорового аналізатора.

На підставі виразу (2) може бути встановлена залежність між величиною сигналу і величиною викликаного ним відчуття:

$$s = k \ln J + C$$

(3)

де s - величина відчуття;

k і C - константи.

Залежність (3) носить назву основного психофізичного закону, або закону Вебера-Фехнера. Згідно з цим законом інтенсивність відчуття прямо пропорційна логарифму сили подразника. Закон справедливий тільки для середньої ділянки діапазону чутливості аналізатора.

Поняття диференціального порогу має велике значення в психофізиці і експериментальній психології. Однак воно є недостатнім для інженерної психології. Справа в тому, що величина диференціального порогу характеризує граничні можливості аналізатора і тому не може служити підставою для вибору допустимої довжини алфавіту сигналів. Для цього необхідно користуватися величиною, яка характеризує не мінімальну, а деяке оптимальне розрізнення сигналів 54. Такою величиною в інженерній психології є оперативний поріг розрізнення. Він визначається тією найменшою величиною відмінності між сигналами, при якій точність і

швидкість розрізнення досягають максимуму. Зазвичай оперативний поріг розрізнення в 10-15 разів більше диференціального 55.

Розглянуті характеристики і пристрій аналізатору дозволяють сформулювати загальні вимоги до сигналів-подразників, які адресовані оператору:

- інтенсивність сигналів повинна відповідати середнім значенням діапазону чутливості аналізатору, яка забезпечує оптимальні умови для прийому і переробки інформації;
- для того щоб оператор міг стежити за зміною сигналів, порівнювати їх між собою за інтенсивністю, тривалістю, просторовому положенню, необхідно забезпечити відмінність між сигналами, що перевищує оперативний поріг розрізнення;
- перепади між сигналами не повинні значно перевищувати оперативний поріг, так як при великих перепадах виникає стомлення; отже, існують не тільки оптимальні пороги, а й оптимальні зони, в яких розрізнення сигналів здійснюється з максимальною швидкістю і точністю;
- найбільш важливі і відповідальні сигнали слід розташовувати в тих зонах сенсорного поля, які відповідають ділянкам рецепторної поверхні з найбільшою чутливістю;
- при конструюванні індикаторних пристроїв необхідно правильно вибрати вид сигналу, а отже, і модальність аналізатора.

1.3. Роль інформаційної моделі у засобах відображення інформації

Для вирішення будь-якої виробничої або наукової задачі треба пройти технологічний ланцюжок: «реальний об'єкт – модель – алгоритм – програма – результати – аналіз – реальний об'єкт». У цьому ланцюжку важливу роль виконує «модель», як необхідний елемент розв'язку задачі. Модель – широке

поняття, що включає в себе безліч способів подання навколишнього світу. ІМ є більш вузьким поняттям. Вона є сукупністю даних про стан і функціонування об'єкта управління. Також ІМ є джерелом інформації, на основі якої оператор формує образ реальної системи, аналізує її роботу, планує діяльність і приймає рішення 56.

Загальна надійність системи "людина-машина" визначається, з одного боку, надійністю апаратних та програмних засобів, а з іншого - надійністю інформаційної взаємодії оператора та ПВІ. В основі останнього лежить ІМ, яка дозволяє оцінити стан контрольованого об'єкта або системи в цілому на основі візуального образу, сформованого на ШЗВІ. Підвищення надійності досягається за рахунок забезпечення адекватності ІМ контрольованому процесу. Це реалізується шляхом виконання ряду вимог. ІМ повинна представляти тільки істотні властивості, відносини та зв'язки в контрольованій системі, бути спрощеним відображенням дійсності. Необхідною властивістю ІМ повинна бути наочність, щоб оператор міг сприймати дані швидко, без додаткового аналізу. При цьому важливим є вибір оптимального способу кодування інформації, за який відповідає ІМ.

Будь-яка ІМ містить: набір параметрів, зв'язки між параметрами, правила її побудови та ПВІ, які знаходяться в безпосередній взаємодії з оператором і призначені для передачі йому повідомлень.

Під надійністю оператора розуміється його властивість якісно виконувати трудову діяльність протягом певного часу при заданих умовах. В основі оцінки надійності оператора лежить поняття помилки, під якою розуміється будь-яке порушення встановленого оператору алгоритму діяльності 57. У загальному випадку помилками є:

- невиконання необхідного або виконання зайвої (несанкціонованої) дії,
- порушення послідовності виконання дій,
- неправильне або несвоєчасне виконання необхідної дії.

Вчинені оператором помилки розрізняються за своїми наслідками. Вони можуть бути різними для людини, техніки і системи в цілому. Залежно від

цього помилки можуть бути неаварійними і аварійними. Останні безпосередньо знижують надійність оператора і системи «людина-машина». Надійність оператора характеризується показниками безпомилковості, готовності, відновлюваності та своєчасності.

З точки зору теорії ймовірностей помилки оператора є випадковими подіями, тобто такими, результат яких (станеться або не станеться помилка) в конкретному випадку передбачити заздалегідь важко. Отже, помилки оператора носять статистичний характер, на цьому засновано визначення розглянутих вище показників надійності. Однак це не означає безпричинність помилок, кожна з них обумовлена конкретними причинами об'єктивного або суб'єктивного характеру. Тому аналіз психофізіологічних механізмів надійності і облік їх при створенні і експлуатації систем «людина-машина» є найважливішим резервом забезпечення їх надійної роботи 58.

1.3.1. Критерії вибору ІМ для побудови індикатора

Ключовою ознакою ІМ є її форма, так як саме вона є основою візуального образу, який формується на ІІ ПВІ 59,60. В сучасних системах найкращі результати досягаються використанням дискретно-аналогових шкальних ІМ 61. В цій групі ІМ найбільше розповсюдження знайшли два різновиди: позиційна та адитивна. У першому випадку відлік визначається положенням оптичної неоднорідності на ІІ, а в другому - протяжністю та положенням відлікового кінця оптичної неоднорідності. У разі ШЗВІ на основі СД - це мітка та лінія, які світяться на мірній шкалі, відповідно.

Також ІМ являє собою сукупність інформації про стан і функціонування об'єкта управління. Вона є джерелом інформації, на основі якої оператор формує образ реальної роботи системи та аналізує її роботу, планує діяльність і приймає рішення, використовуючи ПВІ. В серійній радіоелектронній

апаратурі найчастіше реалізуються дві форми ІМ – позиційна і адитивна 62. Перша з них простіша в реалізації та споживає менше енергії на формування, але має гірші ергономічні властивості. Адитивна ІМ характеризується вищим енергоспоживанням, але також і суттєво вищими надійнісними та ергономічними характеристиками за рахунок інформаційної надлишковості 63.

Узагальнення структури вихідного об'єкта, абстрагування від його властивостей і процесів які відбуваються в ньому, характерне для ІМ, визначає можливість використання загальної теорії знаків і знакових систем - семіотики для дослідження ШЗВІ. Очевидно, що ШЗВІ задовольняє основним визначенням знаку в семіотиці, так як є матеріальним чуттєво сприйнятим предметом, який виступає в процесах пізнання і спілкування в якості заміника іншого предмета, і використовується для отримання, зберігання, перетворення і передачі інформації про нього.

Системи знаків, які використовуються в ШЗВІ, можуть бути віднесені до штучних немовних систем спеціального призначення. Набір знаків (символів) утворює алфавіт, який відображає стан контрольованого об'єкта. Довжина алфавіту, тобто кількість різних символів в ІМ, визначається кінцевою множиною станів вихідного об'єкта, інформація про яких повинна оброблятися і передаватися оператору. Семіотичні і технічні характеристики ШЗВІ тісно пов'язані з класифікацією і параметрами ІМ.

За топологією ІМ поділяються на лінійні та матричні. Для першої групи характерно одномірне подання інформації, при якому формується однокоординатна мірна шкала. Матрична топологія забезпечує більш інформативне двовимірне відображення даних.

Лінійні ІМ представлені чотирма підгрупами: прямолінійними (горизонтальними та вертикальними), секторними, круговими і спеціальної форми. Для першої, найбільш поширеною підгрупи ІМ, характерно переміщення оптичної неоднорідності на ІП по прямій лінії, а для секторних і кругових – по дузі кола. Причому, розмах шкали в секторній ІМ не перевищує

180°, а в кругової – більше 180°. Топологія ІМ спеціальної форми забезпечує візуальне виділення певних відрізків і може бути представлена, наприклад, ступінчастою лінією з горизонтальних та похилих ділянок. ПВІ з матричною топологією ІМ мають прямокутну структуру. Однак вони не знайшли широкого застосування на практиці, оскільки сприйняття інформації з такої шкали досить ускладнене.

За кольорним рішенням можна виділити монохромні та поліхромні ІМ. Перша група включає рішення, в яких ІІ побудовано на основі СД одного кольору світіння. До другої групи належать ІМ, що використовують СД двох і більше кольорів, або із RGB СД.

За способом формування символів можна виділити статичні і динамічні ІМ. До першої групи належать ІМ, для яких візуальний образ кожного повідомлення формується одночасно на всьому ІІ ПВІ. Для динамічних ІМ характерно послідовне в часі поетапне формування образу кожного з повідомлень на ІІ індикатора 64. Очевидно, що статична обробка сигналів і синтез ІМ підвищує швидкодію і знижує рівень завад. Однак така побудова пристроїв навіть при оптимальній реалізації не забезпечує необхідний рівень надійності для алфавітів довжиною понад 30 символів, тому що базується на створенні окремих незалежних сигналів управління кожним елементом ПВІ з відповідним нарощуванням кількості каналів керування. Реалізація адитивного дискретно-аналогового представлення даних з високою роздільною здатністю і, відповідно, з довгим алфавітом будується на основі динамічних принципів формування сигналів управління елементами ІІ. Причому, вони можуть з'єднуватися матрицею, що істотно підвищує надійність рішень в цілому. Однак така побудова пристроїв породжує обмеження на реалізацію алгоритму формування сигналів управління ПВІ, так як можливість незалежного збудження його окремих елементів відсутня. Це вирішується шляхом сканування матриці по одній з координат. В результаті для дискретно-аналогового представлення даних використовується

багатотактні ІМ, які мають досить просту технічну реалізацію. Істотними недоліками такого принципу побудови ПВІ є значні імпульсні перевантаження окремих груп активних елементів індикатора, що найбільш характерно для матриць на СД. Це може бути вирішено шляхом зменшення тактів для відображення інформації.

1.3.2. Позиційна форма подання інформації

ШЗВІ з позиційним поданням інформації створюють на ІП візуальний образ у вигляді локальної оптичної неоднорідності. Для ПВІ на основі СД така ІМ представляється у вигляді збудженого випромінювача у незбудженому ряду. Дані в цьому випадку відображаються в вигляді положення ввімкненого СД відносно всієї мірної шкали. Побудова ШЗВІ з позиційним поданням інформації в основному визначається реалізацією БПІ. Найбільшого поширення мають ШЗВІ з однокоординатним і двокоординатним електричним з'єднанням СД.

Однокоординатне електричне з'єднання СД в БПІ забезпечує незалежне управління кожним з ЕПІ. Можливі два варіанти однокоординатної організації зв'язків між СД: послідовне включення та з загальним електродом. Ці два варіанти з'єднання мають відповідні функціональні особливості побудови СК. До однокоординатного з'єднання СД в БПІ слід також віднести реалізацію ШЗВІ з використанням повністю незалежного підключення електрично незв'язаних ЕПІ до СК окремо двома електродами, оскільки ця група ШЗВІ має ту саму класифікаційну ознаку - незалежне управління випромінювачами.

В особливу групу з однокоординатним електричним з'єднанням випромінювачів слід виділити ШЗВІ з аналоговим вхідним сигналом і перетворенням аналог-код на основі порогових елементів. Найбільш простими є пристрої цієї групи, які побудовані на особливостях ВАХ СД 65. Деяке поліпшення характеристик досягається при використанні порогових

властивостей тунельних діодів або стабілітронів. Подальше підвищення рівня параметрів ШЗВІ забезпечується застосуванням транзисторів в ланцюгах вирівнювання напруги 66.

Особливістю побудови ШЗВІ з аналоговим вхідним сигналом є формування кодів в СК, від яких визначається електричним з'єднанням ЕІ в ПВІ: для послідовного з'єднання СД створюється одиничний нормальний код, для схеми із загальним електродом - одиничний позиційний код, а при незалежному з'єднанні СД можуть бути використані обидва зазначених коди 67.

Поєднання ряду функцій дозволяє в значній мірі спростити ШЗВІ, проте ускладнює побудову пристроїв з високою дискретністю через використовуваного принципу перетворення аналог-код.

Стрімкий розвиток цифрової техніки призвів до прогресивного використання ШЗВІ, в основу функціонування яких покладені принципи дискретної обробки сигналів. У цих пристроях СК розрахована на роботу з цифровим кодом. З них можна виділити дві групи ШЗВІ: з паралельним і з послідовним вхідним кодом. За основу побудови цифрових ШЗВІ з паралельним вхідними сигналами покладені принципи реалізації БПІ, так як сигнали управління ПВІ є багаторозрядним двійковим кодом. Оскільки СД - це струмовий прилад, то виконуючі логічні сигнали є ознакою протікання або відсутності струму відповідного напрямку в вихідних шинах СК. При лінійній організації електричних з'єднань в БПІ для СК використовуються статичні цифрові структури. На виході СК формуються коди, відповідні електричним з'єднанням СД в БПІ: при їх послідовному з'єднанні створюється одиничний нормальний код, для включення із загальним електродом - одиничний позиційний код 68.

Для ШЗВІ з послідовним вхідним кодом характерна регулярність топології цифрових структур, що забезпечує простоту і надійність передачі даних, а також нарощування дискретності, проте породжує високу складність пристрою в цілому. Двокоординатне матричне електричне з'єднання СД в БПІ

означає одночасний вибір групи ЕІ і конкретного випромінювача з цієї групи. Можливі два варіанти організації зв'язків між елементами: груповими електродами служать виходи загальних анодів або загальних катодів СД, а молодШЗВІ розряди утворюються об'єднанням інших однойменних електродів. При матричному з'єднанні СД в БПІ, як правило, міститься не менш як 30 випромінювачів. Тому ШЗВІ з аналоговим вхідним сигналом на практиці не використовуються. Простота формування відліку шляхом вибору однієї з груп (старшого розряду) і одного з елементів групи (молодшого розряду) забезпечила застосування динамічних СК при послідовному вхідному коді і статичних структур при паралельному.

Використання МК дозволяє реалізувати найбільш універсальну динамічну СК 69. Програма, за якою працює МК, визначає всі функціональні параметри ШЗВІ і може бути замінена без зміни апаратурної частини СК. Однак функціональна гнучкість цієї групи ШЗВІ поєднується з недостатньою надійністю і економічністю, породженої високою апаратурною надмірністю пристроїв та не досконалістю існуючих програмних продуктів.

1.3.3. Адитивна форма подання інформації

ШЗВІ з адитивним поданням інформації створюють на ПІ візуальний образ у вигляді протяжної оптичної неоднорідності відповідної форми. У випадку ПВІ на основі СД цей вид ІМ формується групою збуджених випромінювачів від мінімальної питомої ваги до ЕІ з питомою вагою, рівному поточному значенню відображаємої величини. Інформаційними параметрами є протяжність оптичної неоднорідності і положення її відлікового кінця щодо мірної шкали.

Побудова ШЗВІ з адитивним поданням інформації в основному визначається реалізацією БПІ. Найбільшого поширення мають ШЗВІ з

Однокоординатним і двохкоординатним електричним з'єднанням СД. Основні особливості побудови СК аналогічні розглянутим вище в п. 1.3.3 для випадку позиційного представлення інформації. Тому звернемо увагу лише на специфіці побудови цієї групи ШЗВІ, породженої ІМ, що реалізується.

Для таких ШЗВІ з однокоординатним електричним з'єднанням СД в БПІ і аналоговим вхідним сигналом при відносно невеликій дискретизації (до 30 значень) також використовуються структури з перетворенням аналог-код на основі порогових властивостей СД або інших порогових елементів 70. Особливістю побудови цих структур є формування в СК кодів, вид яких визначається електричним з'єднанням ЕІ в ПВІ: для послідовного з'єднання СД створюється одиничний позиційний код, для схеми із загальним електродом - одиничний нормальний код. Поєднання простоти і надійності забезпечило досить широке розповсюдження ШЗВІ з аналоговим входом, особливо в побутовій апаратурі. Однак, зростання складності, пропорційно кількості ЕІ в ПВІ, в значній мірі обмежує використання цієї групи ШЗВІ в промислових цілях. У цій сфері переважають рішення ШЗВІ на основі цифрових структур 71.

При паралельному вхідному коді ШЗВІ будуються на основі перетворення кодів. Для БПІ з лінійною організацією електричних з'єднань в СК використовуються статичні цифрові структури. При цьому формуються коди відповідно до електричного з'єднання ЕІ: для послідовного з'єднання СД створюється одиничний позиційний код, для схеми із загальним електродом - одиничний нормальний код 72. У разі послідовного вхідного коду ШЗВІ будуються на основі запам'ятовуючих пристроїв з послідовним записом інформації. Ця група динамічних пристроїв успішно реалізується з використанням активних напівпровідникових компонентів 73 або оптоелектронних структур 74. Такі ШЗВІ є досить простими і надійними при малому числі ЕІ в ПВІ. Однак, якщо число СД перевищує 30, то надійність цих пристроїв виявляється недостатньою.

Двокоординатне матричне електричне з'єднання СД в ШЗВІ з адитивним поданням інформації породжує необхідність застосування динамічних СК, оскільки неможливо одночасне збудження всіх ЕІ, які формують ІМ 75. При цьому поширення знайшли тільки ШЗВІ з паралельним вхідним кодом 76. У таких пристроях функціонально СК 77 забезпечує послідовне збудження елементів матриці, або її сканування по одній з координат: по молодшим або по старшим розрядам. Динамічні структури з паралельним вхідним кодом в поєднанні з матричним електричним з'єднанням СД дозволяють отримати найбільш високу надійність при реалізації багатоелементних ШЗВІ.

Найбільш універсальним рішенням динамічної СК може вважатися ШЗВІ на основі мікропроцесора. В цьому випадку при незмінній апаратурною реалізації зміна програми мікропроцесора дозволяє гранично просто змінювати функціональні параметри пристрою. Однак функціональна надлишковість іноді може не забезпечити необхідну надійність і економічність в ряді програм.

Висновки до розділу 1

У розділі було проаналізовано сучасний стан розвитку пристроїв відображення інформації, різноманітність використовуваних випромінювачів та різних типів засобів виведення інформації. Було визначено характеристики пристроїв відображення інформації які задовольняють вимогам до інформації, що виводиться в автоматизованих та вбудованих системах виробничого й організаційного управління. Одним з найдоречніших виявились шкальні засоби виведення інформації на основі світлодіодів, так як вони мають низку переваг перед іншими активними випромінюючими елементами. Визначено, що аналоговий спосіб відображення інформації на шкалі хоч і поступається цифровому в точності відліку, але має в порівнянні з ним цілу низку переваг, зокрема, дозволяє просто подати вимірювану величину у вигляді відповідного

зорового образу та оперативно стежити за зміною однотипних параметрів, які надходять з декількох ідентичних об'єктів і, одночасно, порівнювати їх між собою. Проаналізовано різні типи з'єднання ШЗВІ і визначено, що більш доречним є використання матричного з'єднання елементів в зв'язку з меншою кількістю ліній керування, ніж при використанні лінійного з'єднання.

Це дало підстави для створення універсальної апаратно-програмної платформи інформаційної технології обробки даних яка задовільнить вимоги широкого кола галузей, де потрібна наочність і простота інформації, що надходить до оператора. Аналіз сучасного розвитку мікроелектроніки показав можливість широкого застосовування апаратних платформ на основі МК, так як це дозволяє істотно спростити цикл розробки і виготовлення виробу, так як розробка пристрою зводиться до розробки ПЗ та однієї універсальної схеми. Показано, що використання таких апаратних платформ у кінцевому виробі не тільки підвищує техніко-економічні, а й дозволяє зменшити кількість елементів кінцевого пристрою. Крім цього вони забезпечують досягнення високих показників ефективності при низькій вартості. Визначено, що до всіх апаратних платформ, які працюють у ВС, пред'являються жорсткі вимоги щодо вартості, габаритів та температурного діапазону роботи. Всім цим вимогам задовольняє сімейство восьмирозрядних МК MCS-51 завдяки великій кількості різноманітних модифікацій, достатній обчислювальній потужності та невеликій вартості. Було визначено, що загальна надійність системи "людина-машина" визначається, з одного боку, надійністю апаратних та програмних засобів, а з іншого - надійністю інформаційної взаємодії оператора та ПВІ. В основі останнього лежить ІМ, яка дозволяє оцінити стан контрольованого об'єкта або системи в цілому на основі візуального образу, сформованого на ШЗВІ. Аналіз сучасних досліджень в цьому напрямку показав, що для підвищення надійності роботи потрібно зменшити кількість тактів формування ІМ на ІП індикатора та використовувати адитивну форму подання інформації. Так як адитивна форма завдяки своїй надлишковості є більш інформативною формою подання вимірюваної величини, ніж позиційна.

Було визначено, що ІМ поділяються на лінійні та матричні, статичні та динамічні. Проведений аналіз показав, що найбільш доречними для вирішення поставленого завдання створення інформаційної технології обробки даних у вбудованих системах виявилися динамічні матричні ІМ так як саме вони задовольняють вимогам для побудови ШЗВІ з великою кількістю ЕІ. Було визначено, що для коректного відображення інформації за допомогою будь-якої ІМ необхідна розробка програмного ПК, що є сполучною ланкою між апаратною платформою, ІМ і ШЗВІ. І необхідний у будь-якому пристрої перетворення і обробки інформації. Так як саме він дозволяє однозначно зв'язати між собою вхідні та вихідні змінні системи візуалізації даних, якщо ми не використовуємо додаткові мікросхеми перетворювачів, а передаємо КК безпосередньо на ШЗВІ 78.

Все це створює підґрунтя для подальшого аналізу принципів динамічного формування адитивної моделі представлення даних на ШЗВІ, які з'єднані матрицею, та розробки оригінальних алгоритмів функціонування підсистеми індикації у вбудованих та спеціалізованих системах.

РОЗДІЛ 2

УНІВЕРСАЛЬНИЙ СВІТЛОДІОДНИЙ ШКАЛЬНИЙ ІНДИКАТОРНИЙ ПРИСТРІЙ

2.1. Принципова схема ПВІ

Одними з основних параметрів ЕІ є їх надійність і світлова ефективність. Високий рівень цих параметрів досягається двома шляхами: використанням високоефективних СІД і застосуванням відповідних конструктивних рішень шкал. Аналіз показав, що ШЗВІ різних виробників розраховані на роботу в різних режимах збудження - статичному, імпульсному з низькою і високою прогальністю, а також при різному рівні струму. В даний час на ринку представлена широка номенклатура ШЗВІ. Найбільшого поширення набули модулі з 1,2, 5 та 10 СД, які можуть бути об'єднані в шкалу з необхідним числом відлікових індексів шляхом безшовного стикування, а також монолітні шкали з 101 СІД. Найбільш типовий набір ШЗВІ випускається фірмою Kingbright Electronic Co. (Тайвань) 79. Для створення ПВІ були обрані десятирозрядні ШЗВІ DC-10SURKWA, в зв'язку з тим, що червоні СД мають більшу яскравість, а отже швидшу реакцію на них оператора.

2.1.1. Структура принципової схеми

Управління ШЗВІ виконується двома способами: статичним або динамічним. Статичний спосіб використовується якщо кількість елементів індикатора менш 30. В нашому випадку ПВІ буде складатися зі 100 ВЕ, отже такий спосіб не забезпечує потрібний рівень надійності, тому що базується на формуванні окремих незалежних сигналів управління кожним з ЕІ, що вимагає відповідного збільшення числа каналів їх збудження 80. Більш доречним є

використання динамічного способу управління, причому, організувавши матричне з'єднання елементів ми істотно підвищуємо надійність рішень в цілому. Матричне з'єднання реалізується шляхом об'єднання в групи з однойменним загальним електродам тих СД, які розташовані поруч на ПП. Виводи загальних групових електродів утворюють одну координату матриці. Друга її координата - це виходи інших однойменних електродів, об'єднаних у СД з однаковим номером в кожній із груп. Кожен з елементів має свій струмообмежувальний резистор. Для управління матричними індикаторами використовується метод двукоординатної адресації. Недоліком двокоординатного методу адресації є те, що при переході від одного розряду до іншого відбувається одночасне засвічування ЕІ в обох розрядах, що погіршує якість зображення 81. Для усунення такого недоліку ми будемо застосовувати попереднє вимкнення ЕІ перед оновленням фігури на ПП. В зв'язку з великою кількістю ЕІ виникає необхідність використання потужних імпульсних ключів і адекватних СК для отримання великих значень миттєвої яскравості L_{ν} і малого часу вибірки t_g 82. Сигнали від МК подаються до ШЗВІ через БКСР та БКМР. Вони виконують роль підсилювачів та слугують для формування струму для кожного СД на рівні 15 ± 1 мА при динамічному скануванні матриці. БКСР побудований на 10 біполярних ррр-транзисторах, а БКМР – на 10 ррп-транзисторах 83. Схематично це можна представити наступним чином (Рис.2.1): До МК підключено два додаткові блоки: кварцовий резонатор та блок запуску. Кварцовий резонатор працює на частоті 12 МГц і забезпечує динамічний режим роботи МК та коректну роботу системи індикації. Блок запуску відповідає за початкове скидання МК та запуск програми (Рис. 2.1).

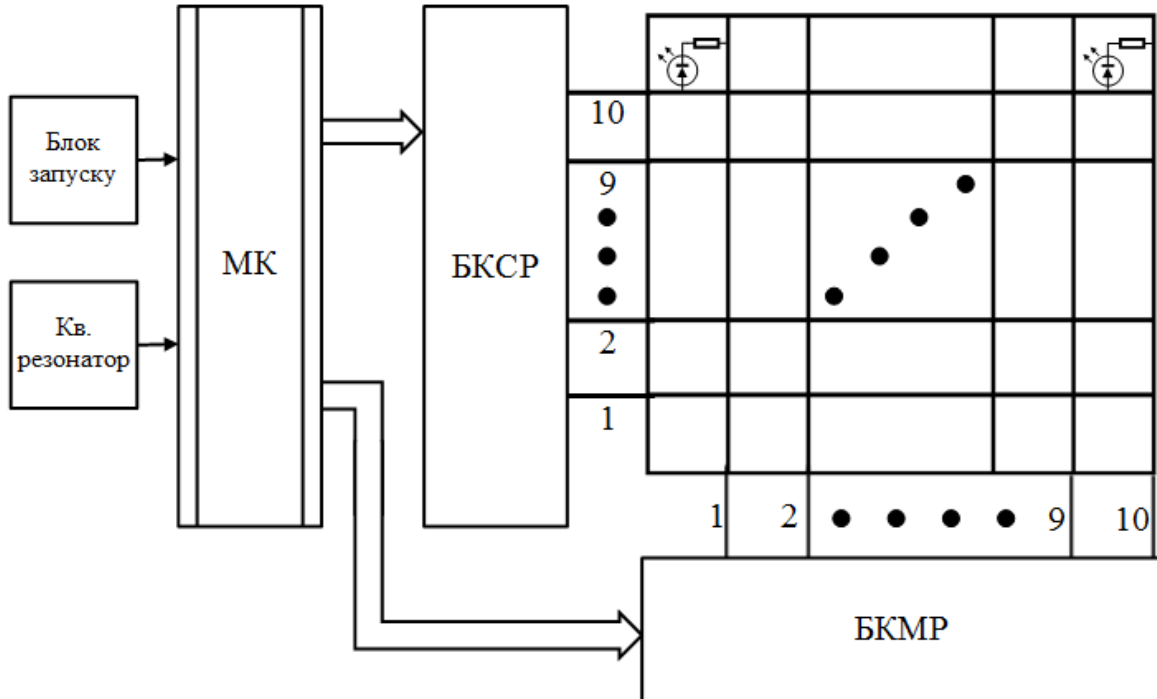


Рис.2.1 Загальна схема ПВІ

2.1.2. Апаратна складова принципової схеми

Тепер подивимось на схему пристрою більш детально (див. додаток А). Як вже було зазначено вище, кожен світлодіод має індивідуальний струмообмежувальний резистор (R21-R120) номіналом 200 Ом. За підтримку яскравості СД відповідають біполярні рnp-транзистори (ключі) BC808-25 (Q1-Q10) які складають БКСП. Вони мають свої резистори (R1-R10) номіналом 4,7 кОм. В нашому випадку вони обмежують струм заряду / розряду вхідних ємностей, крім цього, вони не дають ключам мимоволі відкриватися, що іноді може статися, через швидку зміни напруги на силових виходах ключа наприклад, таке може трапитися при відкритті сусіднього ключа. В такому випадку ємність перезаряджається і струм, що протікає через затворний резистор викликає на ньому падіння напруги, яке і може відкрити ключ. До того ж поріг відкривання ключа часто сильно опускається при зростанні

температури кристала напівпровідника. В БКМР ми використали прп-транзистори BC817-25 (Q11-Q20) які мають свої резистори (R11-R20) номіналом 1 кОм. Використання цих резисторів в парі з R11-R121, R12-R121, ..., R20-R130 - пов'язано з тим, що в режимі «1» порт контролера 80C51 може не забезпечити необхідний струм для відкриття зовнішнього транзистора 87. Для передачі сигналів від МК до ШЗВІ використані порти P0.0- P2.1 для старших рядків матриці, та P2.6- P3.7 для молодших. МК 80C51 має вбудований генератор, але для його роботи потрібен зовнішній генератор. Внутрішній тактовий генератор необхідний для синхронізації послідовності станів які утворюють машинний цикл MCS-51, а також для забезпечення правильності роботи всіх внутрішніх регістрів - засувок і буферів портів. Машинний цикл складається з шести послідовних станів (states) від S1 до S6. Кожний стан включає два періоди тактових імпульсів: P1 і P2, або фазу 1 і фазу 2. Таким чином, машинний цикл займає 12 періодів тактової частоти, або одну мікросекунду, при наШЗВІ частоті тактового генератора 12 МГц. Кварцовий резонатор підключений між виходами XTAL1 і XTAL2 мікросхеми. Цей кристал також потребує двох конденсаторів 30 пФ для генерації сигналу бажаної частоти. Одна сторона кожного конденсатора з'єднана з землею. Блок запуску має вигляд RC- ланцюга з конденсатора ємністю 10 мФ та резистора з опором 10 кОм.

2.2. Двотактна інформаційна модель

Реалізація адитивного дискретно-аналогового представлення даних з високою роздільною здатністю і, відповідно, з довгим алфавітом будується на основі динамічних принципів формування сигналів управління елементами ІІІ. Причому, вони з'єднуються матрицею, що істотно підвищує надійність рішень в цілому. Однак така побудова пристроїв породжує обмеження на реалізацію алгоритму формування сигналів управління ПВІ, так як можливість

незалежного збудження його окремих елементів відсутня. Це вирішується шляхом сканування матриці по одній з координат. В результаті для дискретно-аналогового представлення даних використовуються багатотактні ІМ, які мають досить просту технічну реалізацію. Істотними недоліками такого принципу побудови ПВІ є значні імпульсні перевантаження окремих груп активних елементів індикатора, що найбільш характерно для СД матриць. Це може бути вирішено шляхом зменшення кількості тактів для відображення інформації. Для побудови пристроїв з великою кількістю ЕІП доречно використовувати двокоординатне матричне з'єднання ЕІ, що якнайкраще підходить для динамічного формування зображення. Також це значно підвищує надійність системи в цілому [9]. Зорові образи повідомлень, які призначені для оператора, в ПВІ на ІІ індикатора, яке, в загальному випадку, представлені множиною \mathbf{A} елементів a_i у вигляді $\mathbf{A} = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_{p-1}, a_p\}$ де p - загальна кількість елементів шкали $i = \overline{1, p}$. Множина є абсолютно впорядкованою. В основі такого способу кодування інформації лежать значення вагової функції елементів ІІ, які визначаються щодо просторової багатоканальної заходи. Подання повідомлень на ІІ реалізується виходячи з ІМ за допомогою кінцевої множини l символів $S_{\nu BG}$, де $\nu = \overline{1, l}$, які утворюють алфавіт адитивної моделі $\Omega_{BG} = \{S_{1BG}, S_{2BG}, \dots, S_{\nu BG}, \dots, S_{(l-1)BG}, S_{lBG}\}$. Для підвищення інформативності ПВІ використовують ІІ які реалізовані у вигляді двовимірної матриці з n груп по m елементів, де $p = n \times m$.

Матричне з'єднання реалізується шляхом об'єднання в групи m з однойменною загальним електродом тих СД, які розташовані поруч на ІІ. Виходи загальних групових електродів утворюють одну координату матриці. Друга її координата - це виходи інших однойменних електродів n , об'єднаних в СД з однаковим номером в кожній з груп. Кожен ЕІ має свій

струмообмежуючий резистор. Тоді матричне електричне з'єднання ЕПІ можна представити в наступному вигляді $m \times n$:

$$\mathbf{A}_M = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \text{К} & a_{1(y-1)} & a_{1y} & a_{1(y+1)} & \text{К} & a_{1(m-1)} & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \text{К} & a_{2(y-1)} & a_{2y} & a_{2(y+1)} & \text{К} & a_{2(m-1)} & a_{2m} \\ \text{М} & \text{М} & \text{М} & \text{М} & \text{М} & \text{М} & \text{М} & \text{М} & \text{М} \\ a_{(x-1)1} & a_{(x-1)2} & \text{К} & a_{(x-1)(y-1)} & a_{(x-1)y} & a_{(x-1)(y+1)} & \text{К} & a_{(x-1)(m-1)} & a_{(x-1)m} \\ a_{x1} & a_{x2} & \text{К} & a_{x(y-1)} & a_{xy} & a_{x(y+1)} & \text{К} & a_{x(m-1)} & a_{xm} \\ a_{(x+1)1} & a_{(x+1)2} & \text{К} & a_{(x+1)(y-1)} & a_{(x+1)y} & a_{(x+1)(y+1)} & \text{К} & a_{(x+1)(m-1)} & a_{(x+1)m} \\ \text{М} & \text{М} & \text{М} & \text{М} & \text{М} & \text{М} & \text{М} & \text{М} & \text{М} \\ a_{(n-1)1} & a_{(n-1)2} & \text{К} & a_{(n-1)(y-1)} & a_{(n-1)y} & a_{(n-1)(y+1)} & \text{К} & a_{(n-1)(m-1)} & a_{(n-1)m} \\ a_{n1} & a_{n2} & \text{К} & a_{n(y-1)} & a_{ny} & a_{n(y+1)} & \text{К} & a_{n(m-1)} & a_{nm} \end{pmatrix}$$

на одночасне збудження елементів множини $\mathbf{A}_{\nu\text{BG}}^M$, з яких формується зображення символу $S_{\nu\text{BG}}$. У цьому випадку можливе одночасне включення тільки елементів з довільно обраними однаковими номерами в будь-якому наборі груп. Тому для реалізації двухактного синтезу зображення елементи множини $\mathbf{A}_{\nu\text{BG}}^M$ з урахуванням такого обмеження поділяються на дві непересічних підмножини, які збуджуються в різні такти формування символу $S_{\nu\text{BG}}$. Одним із способів розбиття зображення на дві незалежні множини можна представити таким способом: $\mathbf{A}_{\nu\text{BG}}^M = \mathbf{A}_{\nu\text{BG}}^D = \{ \mathbf{A}_{\nu\text{BG}}^{DM11}, \mathbf{A}_{\nu\text{BG}}^{DM21} \}$ в якому

$\mathbb{A}_{\nu BG}^M, \mathbb{A}_{\nu BG}^{DM}$ - є множинами, елементи яких синтезують символ $S_{\nu BG}$.

$$\mathbb{A}_{\nu BG}^M = \mathbb{A}_{\nu BG}^{DM} = \left(\begin{array}{cccccccccc} \partial_{11} & \partial_{12} & K & \partial_{1(y_v-1)} & \partial_{1y_v} & \partial_{1(y_v+1)} & K & \partial_{1(m-1)} & \partial_{1m} & \\ \partial_{21} & \partial_{22} & K & \partial_{2(y_v-1)} & \partial_{2y_v} & \partial_{2(y_v+1)} & K & \partial_{2(m-1)} & \partial_{2m} & \\ M & M & M & M & M & M & M & M & M & M \\ \partial_{(x_v-1)1} & \partial_{(x_v-1)2} & K & \partial_{(x_v-1)(y_v-1)} & \partial_{(x_v-1)y_v} & \partial_{(x_v-1)(y_v+1)} & K & \partial_{(x_v-1)(m-1)} & \partial_{(x_v-1)m} & \\ \partial_{x_v1} & \partial_{x_v2} & K & \partial_{x_v(y_v-1)} & \partial_{x_v y_v} & 0 & K & 0 & 0 & \\ 0 & 0 & K & 0 & 0 & 0 & K & 0 & 0 & \\ M & M & M & M & M & M & M & M & M & M \\ 0 & 0 & K & 0 & 0 & 0 & K & 0 & 0 & \end{array} \right) ; \quad (1)$$

Де $\mathbb{A}_{\nu BG}^{D11}, \mathbb{A}_{\nu BG}^{D21}$ - виступають непересічними множинами $\mathbb{A}_{\nu BG}^{DM}$ і в матричному

поданні розмірністю $m \times n$ мають вигляд:

$$\mathbb{A}_{\nu BG}^{DM11} = \left(\begin{array}{cccccccccc} \partial_{11} & \partial_{12} & K & \partial_{1(y_v-1)} & \partial_{1y_v} & 0 & K & 0 & & \\ \partial_{21} & \partial_{22} & K & \partial_{2(y_v-1)} & \partial_{2y_v} & 0 & K & 0 & & \\ M & M & M & M & M & M & M & M & M & M \\ \partial_{(x_v-1)1} & \partial_{(x_v-1)2} & K & \partial_{(x_v-1)(y_v-1)} & \partial_{(x_v-1)y_v} & 0 & K & 0 & & \\ \partial_{x_v1} & \partial_{x_v2} & K & \partial_{x_v(y_v-1)} & \partial_{x_v y_v} & 0 & K & 0 & & \\ 0 & 0 & K & 0 & 0 & 0 & K & 0 & & \\ M & M & M & M & M & M & M & M & M & M \\ 0 & 0 & K & 0 & 0 & 0 & K & 0 & & \end{array} \right) ,$$

$$\mathbb{A}_{\nu BG}^{DM21} = \left(\begin{array}{ccccccc} 0 & K & 0 & \partial_{1(y_v+1)} & K & \partial_{1(m-1)} & \partial_{1m} \\ 0 & K & 0 & \partial_{2(y_v+1)} & K & \partial_{2(m-1)} & \partial_{2m} \\ M & M & M & M & M & M & M \\ 0 & K & 0 & \partial_{(x_v-1)(y_v+1)} & K & \partial_{(x_v-1)(m-1)} & \partial_{(x_v-1)m} \\ 0 & K & 0 & 0 & K & 0 & 0 \\ M & M & M & M & M & M & M \\ 0 & K & 0 & 0 & K & 0 & 0 \end{array} \right) \quad (2)$$

В результаті ми можемо записати відповідну суму матриць \mathbb{A}_{vBG}^{DM11} , \mathbb{A}_{vBG}^{DM21} , які використовуються для двотактного формування зображення символу $\mathbb{A}_{vBG}^M = \mathbb{A}_{vBG}^{DM} = \mathbb{A}_{vBG}^{DM11} + \mathbb{A}_{vBG}^{DM21}$ на матриці СД.

Також існує інший варіант подання двотактної ІМ яка розбиває множину (1) на дві непересічні підмножини:

$$\mathbb{A}_{vBG}^{DM12} = \left\| \begin{array}{cccccccccc} \partial_{11} & \partial_{12} & K & \partial_{1(y_v-1)} & \partial_{1y_v} & \partial_{1(y_v+1)} & K & \partial_{1(m-1)} & \partial_{1m} \\ \partial_{21} & \partial_{22} & K & \partial_{2(y_v-1)} & \partial_{2y_v} & \partial_{2(y_v+1)} & K & \partial_{2(m-1)} & \partial_{2m} \\ M & M & M & M & M & M & M & M & M \\ \partial_{(x_v-1)1} & \partial_{(x_v-1)2} & K & \partial_{(x_v-1)(y_v-1)} & \partial_{(x_v-1)y_v} & \partial_{(x_v-1)(y_v+1)} & K & \partial_{(x_v-1)(m-1)} & \partial_{(x_v-1)m} \\ 0 & 0 & K & 0 & 0 & 0 & K & 0 & 0 \\ M & M & M & M & M & M & M & M & M \\ 0 & 0 & K & 0 & 0 & 0 & K & 0 & 0 \end{array} \right\|, \quad (3)$$

$$\mathbb{A}_{vBG}^{DM22} = \left\| \begin{array}{cccccccc} 0 & 0 & K & 0 & 0 & 0 & K & 0 \\ M & M & M & M & M & M & M & M \\ 0 & 0 & K & 0 & 0 & 0 & K & 0 \\ \partial_{x_v 1} & \partial_{x_v 2} & K & \partial_{x_v(y_v-1)} & \partial_{x_v y_v} & 0 & K & 0 \\ 0 & 0 & K & 0 & 0 & 0 & K & 0 \\ M & M & M & M & M & M & M & M \\ 0 & 0 & K & 0 & 0 & 0 & K & 0 \end{array} \right\|. \quad (4)$$

В результаті ми отримуємо відповідну суму матриць \mathbb{A}_{vBG}^{DM12} , \mathbb{A}_{vBG}^{DM22} , які використовуються для двотактного формування зображення символу $\mathbb{A}_{vBG}^M = \mathbb{A}_{vBG}^{DM} = \mathbb{A}_{vBG}^{DM12} + \mathbb{A}_{vBG}^{DM22}$ на матриці СД.

З огляду на розглянуті ІМ, найбільш оптимальними для побудови ПВІ з довгими алфавітами є лінійні адитивно-динамічні ІМ з малою кількістю тактів, які дозволяють істотно підвищити надійність відображення даних для обробки оператором і забезпечити оперативне визначення тенденцій зміни контрольованих параметрів 83. В цьому напрямку були проведені

дослідження, і було отримано, що мінімально можливим числом тактів, яке можна реалізувати в динамічному режимі дорівнює двом. Можливості навіть малопотужних МК дозволяють це реалізувати в кінцевому пристрої 88.

2.2.1. Двотактна ІМ зі скануванням по молодших розрядах

Одна з ІМ з малою кількістю тактів, через використання лише двох тактів для формування будь-якого зображення дозволяє підвищити надійність виведення даних в різній апаратурі 89. Одночасно це дозволяє зменшити рівень і звужити спектр електромагнітних завад, які виникають в схемах управління і матриці активних випромінювачів 87. Також дана ІМ яка є інваріантною щодо апаратурної реалізації і може служити основою для побудови сім'ї високоефективних двотактних ПВІ. Для матричного ШЗВІ розмірністю 10×10 перша ІМ може бути представлена як:

$$A_v^D = \left\{ \begin{array}{c} q \\ \text{U} \\ x=1 \end{array} \left[\begin{array}{c} m \\ \text{U} \\ y=1 \end{array} a_{xy} \left[\begin{array}{c} t=t_s + \tau_g - 0 \\ \\ t=t_s + 0 \end{array} \right] \right] \right\} \cup \left\{ \begin{array}{c} m \\ \text{U} \\ x=q+1 \end{array} \left[\begin{array}{c} v-mq \\ \text{U} \\ y=1 \end{array} a_{xy} \left[\begin{array}{c} t=t_s + 2\tau_g - 0 \\ \\ t=t_s + \tau_g + 0 \end{array} \right] \right] \right\} \quad (2)$$

де $q = E\left(\frac{v}{m}\right)$, $E(b)$ – антье числа b , m – молодші елементи матриці, v – кількість збуджених елементів ШЗВІ, a_{xy} – елемент з номером y в групі з номером x , t – поточний час, t_s – час початку періоду регенерації символу, τ_g – час зміни такту. "0" в описі часу вказує на те, що сусідні проміжки є непересічними, тобто представляють собою відкриті інтервали.

Згідно цієї ІМ, яка описує формування символу A_v^D в динамічному двотактному режимі, визначаються дві множини A_1 та A_2 елементів ПВІ, які являють собою 2 інтервали часу від $t = t_s + \tau_g - 0$ до $t = t_s + \tau_g + 0$. Протягом

першого з них, який починається з першого елемента і закінчується $b_1 = E\left(\frac{v}{m}\right)$ елементом, вони послідовно збуджують групи $E\left(\frac{v}{m}\right)$ початкових елементів b_1 молодших рядків матриці. Другий інтервал часу містить елементи з номерами від $b_2 = v - mE\left(\frac{v}{m}\right)$ послідовно збуджуються на ПІ. Зміна поточної множини на наступну відбувається в моменти часу, які кратні k , де k – довільне ціле число.

2.2.2. Двотактна ІМ зі скануванням по старших розрядах

Друга ІМ яка сканує ПІ індикатора за старшими розрядами має наступний вигляд:

$$B_v^D = \left\{ \begin{array}{l} v-mq \\ \text{U} \\ y=1 \end{array} \left[\begin{array}{l} q+1 \\ \text{U} \\ x=1 \end{array} a_{xy} \left. \begin{array}{l} t=t_s + \tau_g - 0 \\ \\ t=t_s + 0 \end{array} \right] \right\} \cup \left\{ \begin{array}{l} m \\ \text{U} \\ y=v-mq+1 \end{array} \left[\begin{array}{l} q \\ \text{U} \\ x=1 \end{array} a_{xy} \left. \begin{array}{l} t=t_s + 2\tau_g - 0 \\ \\ t=t_s + \tau_g + 0 \end{array} \right] \right\}$$

Згідно цієї ІМ, яка описує формування символу B_v^D в динамічному двотактному режимі, визначаються дві множини B_1 та B_2 елементів ПІІ, які являють собою 2 інтервали часу від $t=t_s + \tau_g - 0$ до $t=t_s + \tau_g + 0$. Протягом першого з них, який починається з першого елемента і закінчується $b_1 = v - mE\left(\frac{v}{m}\right)$ елементом, послідовно, по черзі збуджуються $b_1 + 1$ всі групи з $E\left(\frac{v}{m}\right) + 1$ початкових елементів b_1 молодших розрядів матриці. Другий інтервал – призначений для збудження елементів з номерами від $b_2 = b_1 + 1$. В цей час послідовно по черзі збуджуються групи з $E\left(\frac{v}{m}\right)$ елементів, які мають

значення вагової функції в розрядах з номерами від b_2 до m . Зміна поточної множини на наступну відбувається в моменти часу, які кратні k .

Розглянута ІМ дозволяє оптимізувати програмне керування індикатором 88. Алгоритм програмної реалізації цих ІМ в пристрої на МК поданий на Рис.

2.2 Алгоритм двотактної ІМ.

Збудження елементів шкали двотактним синтезом дворозрядного символу «ХУ» (де Х та У – порти МК) відповідно до запропонованого алгоритму відбувається наступним чином: резервується місце в ОЗУ МК (1) для збереження коду символу «ХУ» та місце для збереження змінних A_1 та A_2 першого та другого такту відповідно (2). Далі до МК надходить цифровий сигнал, який повинен бути відображений на ІІ (3), далі вимикаються всі СД (4). Блок 5 блокує надходження нових даних на ШЗВІ, доки 2 такти ІМ не відобразяться задану кількість циклів. Блок 6 перевіряє номер такту. Після цього алгоритм розгалужується на 2 гілки – 1 та 2 такти.

Такти формуються через розрахунок значень N (старші рядки) та M (молодші рядки). В перший такт розраховуються значення $N_1 = 2^X - 1$ (7) та $M_1 = M_{1\text{ MAX}}$ (8), і записується у змінну A_1 (9). Блок 10 формує коди управління (КУ) старшими елементами, блок 11 формує КУ молодшими елементами матриці. Далі відбувається передача отриманих значень N_1 до порту Х (12), та M_1 до порту У (13) та зміна номеру такту (14). В другий такт розраховуються значення $N_2 = 2^X$ (15) та $M_2 = 2^{Y+1} - 1$ (16), і записується у змінну A_2 (17). Блок 18 формує КУ старшими елементами, блок 19 формує КУ молодшими елементами матриці. Далі відбувається передача отриманих значень N_2 до порту Х (20), та M_2 до порту У (21). Далі відбувається розблокування індикації (22), оновлення даних (23). Для надійного сприйняття інформації дані синтезуються з використанням системи переривань у два такти з частотою оновлення зображення в межах 100 Гц 89.

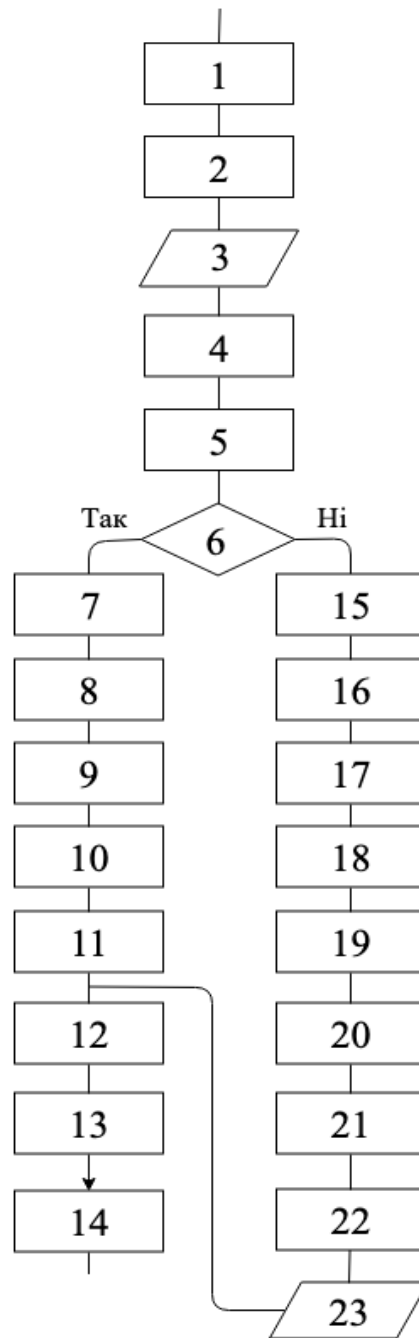


Рис. 2.2 Алгоритм двотактної ІМ

2.3. Програмний ПК матричних індикаторів

Для формування цифр і знаків на семисегментних і матричних індикаторах а також запуску ШЗВІ використовують різні ПК. Їх вхідні і вихідні змінні однозначно зв'язані між собою.

Операція зміни коду числа називається його перетворенням. Інтегральні мікросхеми, що виконують ці операції, називаються ПК. Інтегральні мікросхеми перетворювачів кодів випускаються тільки для найбільш поширених операцій таких як перетворювачі двійкового коду в десятковий, двійковий-десятковий, шістнадцятковий, код Грея або зворотних, зазначеним вище, перетворень. За своєю структурою перетворювачі кодів є схожими з дешифраторами, тільки вони перетворюють двійковий код в сигнали не тільки на одному, але і на кількох виходах.

Для формування КК ми можемо не використовувати мікросхеми, а обійтись лише МК, так як його потужності достатньо для вирішення задачі індикації. В такому випадку порти МК будуть передавати КК безпосередньо на ШЗВІ. Як було зазначено вище, між портами та шкалою в нашому пристрої використовуються біполярні транзистори в якості ключів (буферних посилювачів) щоб уникнути перегріву і руйнування кристалу МК під час тривалої роботи через підвищення вихідного струму через відповідні порти.

МК отримує ззовні інформацію у вигляді ДНК який він повинен обробити і представити у вигляді ПОК. Згідно діючого ГОСТу 26.014-81 ПОК є числом яке виражається позицією (порядковим номером) знаку "1" в ряду знаків "0".

При обміні інформацією ДНК число розрядів в кодових комбінаціях повинна бути кратна 8 або 9, причому в 8-му (9-му) розряді при наявності контролю записується сума по модулю 2 або її інверсія попередніх 7 (8) розрядів. Нижче наведено таблицю істинності десяткового та ДНК, ПОК:

Порівняння ПОК і ДНК

| Дсятковий код | ПОК | ДНК |
|---------------|------------|----------|
| 0 | 0000000000 | 00000000 |
| 1 | 0000000001 | 00000001 |
| 2 | 0000000010 | 00000010 |
| 3 | 0000000100 | 00000011 |
| 4 | 0000001000 | 00000100 |
| 5 | 0000010000 | 00000101 |
| 6 | 0000100000 | 00000110 |
| 7 | 0001000000 | 00000111 |
| 8 | 0010000000 | 00001000 |
| 9 | 0100000000 | 00001001 |
| 10 | 1000000000 | 00001010 |

У загальному випадку в такій програмі для виведення потрібної цифри на індикатор використовується таблиця кодів, що представляє собою масив з усіх варіантів значень які можуть бути виведені на ІІ. Першим елементом таблиці (з індексом 0) є символ 00, який використовується в програмі для фіксації стану коли на ІІ не збуджено жодного елемента. ІІЗВІ елементи таблиці представляють собою кодові комбінації цифр для ІІЗВІ. Відображення чергового значення на індикатор здійснюється в обробнику переривання таймера 0.

В загальному випадку алгоритм складається з 9 блоків: 1 блок подає дані у вигляді ДНК до МК, 2 блок вносить отримане значення до ОЗП МК, блок 3 проводить зіставлення ДНК з таблицею істинності ПОК. Блок 4 виконує перетворення ДНК на ПОК для старших елементів матриці. Блок 5 виконує перетворення ДНК на ПОК для молодших елементів матриці. Блок 6 робить перевірку вхідного та вихідного коду на тотожність. Блок 7 вивантажує

сигнали з ОЗП, а блок 8 завантажує сигнали до портів МК. Блок 9 посилює сигнали для молодших і старших елементів відповідно.

Даний алгоритм має такий вигляд, та зображений на Рис. 2.3.

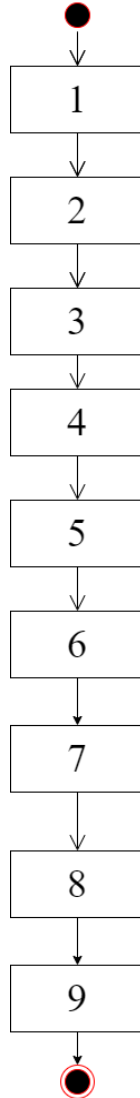


Рис. 2.3. Загальний вигляд алгоритму

Алгоритм перетворення коду буде мати різний вигляд в залежності від розмірності ШЗВІ, в нашому випадку це 8x8 та 10x10 89.

2.3.1. Керування матричним ШЗВІ розмірністю 10x10

Для роботи з матричним ШЗВІ розмірністю 10x10 ми повинні використовувати по 10 ліній для молодших і старших елементів матриці, але так як у МК на один порт лише 8 ліній, то необхідно додати по дві додаткові лінії з іншого вільного порту. Для виводу інформації на ІІ індикатора ми будемо ґрунтуватись на тому, що числа у МК представлені в двійковому вигляді. Це означає, що там, де ми використовуємо цілочисельний тип для змінної, він фактично буде представлений внутрішньо як сума нулів і одиниць 91. Наприклад число 0xFF в шістнадцятиричній системі у двійковій системі буде мати вигляд 11111111, а число 0x1F матиме вигляд 00011111. Це може бути використано як ПОК для видачі сигналів на ІІ. Для цього нам треба створити бітові маски для молодших і старших сегментів матриці. Всього ми отримаємо 4 маски:

Таблиця 2.2

Маска для управління вертикальним полем молодших елементів

(Порти P3). Порти P0 інвертуються.

| | |
|------|----------|
| 0x01 | 00000001 |
| 0x03 | 00000011 |
| 0x07 | 00000111 |
| 0x0F | 00001111 |
| 0x1F | 00011111 |
| 0x3F | 00111111 |
| 0x7F | 01111111 |
| 0xFF | 11111111 |
| 0xFF | 11111111 |
| 0xFF | 11111111 |

Таблиця 2.3

Маска для управління вертикальними і горизонтальними полями старших елементів (Порти P2)

| | |
|------|----------|
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xBD | 10111101 |
| 0x3F | 00111111 |

Таблиця 2.4

Маска для управління вертикальним рядом молодших елементів (Порти P3) Порти P0 інвертуються.

| | |
|------|----------|
| 0x01 | 00000001 |
| 0x02 | 00000010 |
| 0x04 | 00000100 |
| 0x08 | 00001000 |
| 0x10 | 00010000 |
| 0x20 | 00100000 |
| 0x40 | 01000000 |
| 0x80 | 10000000 |
| 0x00 | 00000000 |
| 0x00 | 00000000 |

**Маска для управління вертикальних і горизонтальних рядами
старших елементів (Порти P2)**

| | |
|------|----------|
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xBD | 10111101 |
| 0x7E | 11111100 |

Ці маски дозволяють жорстко закріпити співвідношення вхідного коду до вихідного і тим самим зменшити кількість помилок роботи програми індикації. Дві маски відповідають за перетворення коду для старших елементів, а дві за молодші відповідно. Наклавши ці 4 маски ми можемо отримати довільну фігуру в межах від 1 до 100 СД 92.

2.3.2. Керування матричним ШЗВІ розмірністю 8x8

Для створення різного потенціалу на анодах і катодах ми використовуємо одну з можливостей MCS-51 так звану «бітову логіку», яка дозволяє працювати з окремими бітами. Використавши команду порозрядної інверсії для маски управління вертикальним полем молодших елементів та маски для управління вертикальним рядом молодших елементів ми отримаємо протилежні значення бітів для створення різних потенціалів на ІІ. Після

Маска для управління вертикальним рядом молодших елементів

| | |
|------|----------|
| 0x01 | 00000001 |
| 0x02 | 00000010 |
| 0x04 | 00000100 |
| 0x08 | 00001000 |
| 0x10 | 00010000 |
| 0x20 | 00100000 |
| 0x40 | 01000000 |
| 0x80 | 10000000 |

Маска для управління вертикальних і горизонтальних рядами старших елементів

| | |
|------|----------|
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |
| 0xFC | 11111100 |

Збільшуючи розмір маски ми можемо наростити кількість ЕІП до розміру матриці 16x16, так як це граничне число, при якому на МК будуть задіяні всі лінії 3-х портів, і подальше збільшення ЕІП буде потребувати використання додаткових модулів, таких як регістри зсуву для збільшення кількості цифрових виходів МК 92. Зменшивши розмір маски ми можемо

скоротити кількість ЕП до мінімального значення 2×2 . І все це буде коректно працювати використовуючи один алгоритм, і не використовуючи ніяких зовнішніх перетворювачів, таких як шифратори, дешифратори та ін.

Висновки до розділу 2

У другому розділі розглянуто принципи динамічного формування адитивної моделі представлення даних на світлодіодній шкалі апаратно-програмної платформи, яка з'єднана матрицею. Отримано логічні оператори математичної моделі процесу багатотактного формування зображення на інформаційному полі ШЗВІ. Проаналізовано та зіставлено параметри адитивної інформаційної моделі подання даних на багатоеlementній шкалі програмним методом зі скануванням за старшими та молодшими розрядами матриці інформаційного поля. Запропонована апаратна платформа пристрою шкального подання інформації на основі МК є універсальною та дозволяє обслуговувати СД шкалу з великою кількістю елементів, і, в той же час, є досить мінімізованою, що позитивно впливає на надійність пристрою. Використання такої апаратної платформи дозволяє реалізувати найбільш універсальну динамічну схему управління. Таким чином область застосування апаратно-програмної платформи інформаційної технології обробки даних поширюється на різні сфери управління та контролю технологічними процесами, засобами телекомунікації тощо. Низька собівартість апаратної платформи є запорукою економічної ефективності впровадження таких оптоелектронних ШЗВІ.

Запропонований програмний ПК для шкального синтезу інформації є гнучким та універсальним. Він дозволяє працювати з матричними ПП довільної розмірності, які на практиці використовують від 6 до 15 ліній керування. Це дозволить розробникам ВС на основі представлених результатів програмно реалізувати потрібні засоби візуалізації з різноманітною конфігурацією. Це

дозволяє суттєво підвищити ефективність систем відображення інформації, спростити їх інтеграцію в автоматизовані засоби контролю та управління складними об'єктами та виробничими процесами.

Представлені результати створюють підґрунтя для розробки оригінального узагальненого алгоритму для двотактних ІМ, а також ПЗ на основі апаратної платформи MCS-51, яке буде оптимізоване за критеріями споживання ресурсів мікропроцесорної системи, для універсальних аналогових ШЗВІ. Та провести порівняння і аналіз двотактного ПЗ з його багатотактним аналогом для визначення використання ресурсів апаратної платформи на обслуговування індикації та швидкодії кожного з них. Це також дає можливість комплексної оптимізації програмних та схемотехнічних рішень і мінімізації витрат ресурсів системи обробки даних на обслуговування підсистеми пристроїв виведення та подання інформації в оптоелектронних інформаційно-вимірювальних системах при обмежених ресурсах вбудованих систем.

РОЗДІЛ 3

ОПТИМІЗАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ІНДИКАЦІЇ

3.1. Принципи і методи використання програмних засобів розробки для створення ПВІ як частини ВС.

Проектування електронних пристроїв завжди було досить трудомістким процесом. У зв'язку з швидким розвитком електронної промисловості з кожним роком випускається все більше електронних компонентів з широким спектром функціональних можливостей. Виробники розміщують електронні компоненти в усе більш мініатюрні корпуси, додаючи нові можливості. Тому при проектуванні нових електронних пристроїв вдаються до систем схемотехнічного моделювання 94.

Одним з етапів в розробці будь-якої ВС є вибір необхідних компонентів і комплектуючих, які забезпечать достатню продуктивність і можливості ВС виходячи з вимог ТЗ. ВС можуть бути побудовані на базі МК ядра, що виконує керуючу програму, або бути реалізовані тільки з ПЛІС без МК ядра. Для систем на програмованій основі одним з основних дій на етапі їх розробки є вибір МК з урахуванням поставленої цілі та великої кількості чинників. Слід зазначити, що крім апаратної частини, яка підбирається для розробки ВС, не менш важливою є програмне середовище 95. Інтегроване середовище розробки - це комплекс програмних засобів і інструментів, що підтримують всі етапи розробки ПЗ починаючи від складання тексту програми закінчуючи її компіляцією і налагодженням, а також дозволяє просто і швидко взаємодіяти з іншими програмними і апаратними засобами розробника такі як програмний відладчик-симулятор або програматор 96.

Наявність в програмній оболонці емулятора, вбудованого редактора, вбудованого менеджера проектів і системи управління, дозволяють істотно

полегшити роботу розробника, звівши до мінімуму безліч рутинних дій. Для розробника зникає кордон між написанням програми, її редагуванням і налагодженням. Перехід від редагування вихідного тексту до налагодження і назад відбувається легко і синхронно з активізацією відповідних вікон, менеджер проектів автоматично або за необхідності запускає компіляцію і активує відповідні вікна програмного інтерфейсу 97.

За довгі роки існування платформа MCS-51 отримала програмну підтримку безлічі виробників. Одні з найбільш потужних середовищ розробки є IAR, Keil uVision for C51, Raisonance, Franklin software (компілятор) для інтегрованого середовища розробки ProView32, IDE Projekt-52, Tasking, MPLAB, Reads51, CodeMaster-ARM, Project-52, Project-96, Project-51 які мають всередині своїх пакетів внутрисхемний емулятор або JTAG відладчик, програмний відладчик симулятор, менеджер проектів та крос-асемблер.

Для подальшої роботи розглянемо найпопулярніші САПР та їх функціонал, визначимо платформу для подальших розробки ПВІ на основі МК.

САПР які підтримують роботу з MCS-51 представлені великою кількістю продуктів, одні з найпопулярніших:

Algorithm Builder - повністю графічне середовище, що охоплює повний цикл розробки: введення алгоритмів, моделювання, налагодження та навіть прошивка МК. З її допомогою можна створювати програми як на рівні асемблера, так і на макрорівні, використовуючи багатобайтові знакові значення. На відміну від класичного текстового асемблера, користувач може ввести програму у вигляді блок-схеми з деревовидною структурою. Редактор відображає мережу умовних і безумовних гілок в візуально зручній векторній формі. Вся логічна структура програми стає візуальною. Графічна технологія відкриває нові можливості для програмістів. Візуалізація логічної структури може зменшити ймовірність помилок і час розробки.

Потужним інтегрованим середовищем розробки є MPLAB X IDE, яке засноване на відкритому середовищі NetBeans IDE від Oracle. Також на

офіційному сайті є доступ до хмарної версії середовища розробки MPLAB Xpress IDE. До особливостей даного середовища можна віднести функцію Live Parsing, яка відповідає за підсвічування синтаксису і некоректно заданих команд, що дозволяє налагодити текст майбутньої програми до її компіляції. Утиліта Local History дозволяє візуалізувати виконані зміни і при необхідності їх відредагувати. На додаток до вихідної документації функція Call Graph дозволяє відобразити графічно статичне дерево викликів з усіх функцій, що викликаються з інших функцій.

Cosmic Software - компілятор з безкоштовним річним доступом, який включає в себе: інтегровану середу розробки з оптимізаційним крос-компілятором ANSI-C, макроасемблера, компоувальником, бібліотеками, генератором ШЗВІстнадцятирічних файлів і утилітами налагодження. Компілятор підтримує налагодження вихідного коду на мові C за допомогою відладчиків ZAP Cosmic.

Eclipse - це підтримана світовою ІТ-спільнотою єдина відкрита інтегрована платформа розробки ПЗ, що володіє надійністю, функціональністю і рівнем якості комерційного продукту. Вона являє собою основу, що має блочну структуру і інтегровані інструменти розробки ПЗ різних виробників для створення додатків на будь-якій мові, з використанням будь-яких технологій і для будь-якої програмної платформи. Eclipse є безкоштовним багатоплатформним середовищем розробки з відкритим вихідним кодом, яка підтримується організацією Eclipse Foundation. Використовуючи Eclipse можна програмувати на багатьох мовах, таких як Java, C і C ++, PHP, Perl, Python, Cobol та ін. Платформа Eclipse в поєднанні з JDT включає багато можливостей, які включаються в комерційні IDE: редактор з підсвічуванням синтаксису, інкрементальнк компіляцію коду, потікобезпечний відладчик, навігатор по класах, менеджери файлів і проектів, а також інтерфейси до стандартних систем контролю вихідних текстів, таких як CVS і ClearCase.

Proteus - це потужна програма, призначена для моделювання електронних схем. Вона ґрунтується на роботі віртуальних моделей різних електронних елементів. Головна особливість програми - можливість змоделювати програмовані пристрої на МК. Вона може симулювати роботу популярних контролерів Basic Stamp, AVR, Motorola, 8051, процесорів PIC, HC11, AVR та ін. Крім того, база програми містить більше 6500 моделей різних аналогових і цифрових елементів. Відсутні моделі можна додавати вручну. Також передбачена підтримка SPICE-моделей, які часто надаються виробниками електронних компонентів 98.

Особливістю Proteus є:

- єдине середовище для розробки електронних схем, програмного забезпечення і друкованої плати (включаючи і 3D моделювання);
- зручність розробки схем на основі МК. Розробка проекту починається з діалогу, при якому обирається мікроконтролер, компілятор і надаються шаблони для розробки електричної схеми та програми;
- єдина база даних компонентів забезпечує обмін даними між модулями Proteus в поточному проекті;
- розширені засоби для роботи з документацією до проекту. Програма може бути завантажена в вигляді HEX файлу, ASM файлу, COF файлу, ELF / DWARF2 файлу, UBROF файлу, а результати проектування зберігаються в популярних форматах PDF, HTML і Excel;
- велика кількість різних моделей (десятки тисяч): аналогові і цифрові електронні компоненти провідних фірм, периферійні пристрої (світлодіодні і РК індикатори, температурні датчики, годинник реального часу - RTC), інтерактивні елементи введення-виведення: кнопки, перемикачі, клавіатури, двигуни різних типів, нагрівачі, реле, віртуальні термінали (UART, SPI, I2C, USB), віртуальні вимірювальні

прилади (13 видів) і генератори (15 видів), можливість побудови різних інтерактивних графіків і т.д. Такий набір моделей відсутній в інших подібних програмах;

- віртуальні моделі розроблені на основі програми моделювання ProSPICE і дозволяють в процесі проектування змінювати властивості існуючих моделей і розробляти нові;
- можливість роботи в багатопроцесорному режимі;
- велика кількість прикладів проектування пристроїв на основі МК різних типів.

До недоліків Proteus можна віднести лише відносно високу вартість програмного продукту.

Окрім вищезазначеного, Proteus містить потужну систему проектування друкованих плат. Внутрішня бібліотека має величезну базу довідкових даних. Програма сумісна з більшість компіляторів і асемблерів. Proteus містить два модулі: ISIS і ARES. Перший - це по суті графічний редактор для створення принципів електросхем. Він дозволяє проектувати друковані плати до 16 шарів, містить потужні засоби, як інтерактивного розміщення, так і розміщення компонентів по заданій сітці. У ньому здійснюється первинне введення нового проекту для передачі в модуль ARES. Останній призначений для розробки друкованих плат. Даний графічний редактор має вбудований автотрасувальник ELECTRA, в якому використовуються найбільш прогресивні алгоритми трасування друкованих провідників. Він також підтримує завантаження даних в стороннє ПЗ для трасування, а також підтримує автоматичне розміщення робочих елементів на друкованій платі. Крім того, бібліотека модуля досить обширна. Proteus дозволяє дуже достовірно моделювати і налагоджувати досить складні пристрої в яких може міститися кілька МК одночасно і навіть різних родин в одному пристрої. Моделювання електронної схеми не абсолютно точно повторює роботу

реального пристрою. Але для налагодження алгоритму роботи МК, цього більш ніж достатньо.

Програмний пакет PROTEUS володіє потужними можливостями для проектування і налагодження цифрових пристроїв. Простий візуальний інтерфейс програми дозволяє наочно і в режимі реального часу симулювати роботу пристрою. Особливістю симулятора також є те, що він має можливість обміну даними віртуального пристрою з реальним через COM порт або USB інтерфейс. При трасуванні провідників можливо використовувати користувальницькі скрипти маршрутизації. У разі відсутності електронного компонента можна скачати PSpice модель з сайту виробника компонента. В даний час програмний пакет PROTEUS є оптимальним варіантом для розробки електронних пристроїв середнього рівня складності. Тому подальша робота буде проводитись за допомогою цього програмного продукту.

3.2. Програмне забезпечення для оптимальної роботи МК зі шкалою

Надійність програми досягається, в першу чергу, завдяки її правильному проектуванню, а не нескінченному тестуванню. Це правило означає, що якщо програма правильно розроблена відносно як структур даних, так і структур управління, то це певною мірою гарантує правильність її функціонування. При застосуванні такого стилю програмування помилки є легко усуненими.

В якості програмного середовища доречною буде мова Асемблера зважаючи на її ефективність створюваних програм ніж ті, що генеруються трансляторами з мов програмування високого рівня, та меншими витратами ресурсів, за рахунок максимального використання специфічних можливостей конкретної платформи, що також дозволяє створювати більш ефективні програми. Команди мови асемблера один в один відповідають командам процесора і, фактично, є зручною символічною формою запису команд і їх

аргументів. Також мова асемблера забезпечує базові програмні абстракції: зв'язування частин програми і даних через мітки з символічними іменами і директиви. Директиви асемблера дозволяють включати в програму блоки даних, повторити певний фрагмент вказане число раз; компілювати фрагмент за умовою; задавати адресу виконання фрагмента, змінювати значення міток в процесі компіляції; використовувати макроозначення з параметрами і ін.

Асемблер також дозволяє використовувати меншу кількість команд і звернень в пам'ять, що дає можливість збільшити швидкість і зменшити розмір програми. Оскільки ця мова дозволяє програмісту безпосередньо працювати з усім апаратним забезпеченням, асемблерна програма може робити те, що недоступно ніякій іншій мові. Безсумнівно, що в програмуванні пристроїв введення-виведення, де потрібен контроль над окремими розрядами регістрів пристрою, програмування на мові Асемблера - єдиний правильний вибір.

Дослідження програмного підходу для збудження ШЗВІ двотактної ІМ показало, що для зниження споживання ресурсів для розроблених рішень необхідно зосередити увагу на максимально можливій оптимізації блоків програм, які виконуються під час переривань, та обслуговують підсистему введення-виведення МК. Механізм переривань найкраще підходить для обробки подій, які відбуваються асинхронно при виконанні програми. Одночасно одним з основних завдань оптимізації програми є зниження відсотку активного процесорного часу. При такому підході до розробки ПЗ для відображення шкали за допомогою двотактної ІМ повна ініціалізація цієї підсистеми відбувається один раз при запуску МК. Ця функція повинна включати загальні налаштування обробника переривань ШЗВІ і відповідні їй змінні.

Для підвищення ефективності програми і зниження відсотка активного процесорного часу одним з основних завдань поряд з вибором ІМ є створення алгоритму, який дозволить контролювати весь ланцюжок процесів від отримання до відображення даних на шкалі і мінімізувати кількість виконуваних блоків коду.

На першому етапі досліджень буде розроблений узагальнений підхід до реалізації ПЗ для управління СД індикатором. Такий підхід дозволяє розробнику написати набір програм для матриці збуджених ЕПІ, відповідно до двотактної ІМ, не вдаючись у математичний апарат і використовувані прийоми. Таким чином, буде створений шаблон, який дозволяє створювати програмний код, але не дає можливості аналізувати вузли, які можна оптимізувати. На другому етапі, використовуючи такий шаблон, можна отримати кілька практичних реалізацій коду, які відрізняються технічними характеристиками. Ці програми можуть бути проаналізовані відповідно до обраних критеріїв оптимізації, і розробник зможе вибрати найбільш підходящий варіант.

3.2.1. Алгоритм програми двотактного синтезу даних

Проведене дослідження програмної реалізації двотактних ІМ показало, що основна концентрація зусиль, спрямованих на зниження ресурсоемності розроблених рішень, повинна концентруватися на оптимізації блоків програм, які виконуються під час переривань, що обслуговують підсистему індикації.

При узагальненому підході до побудови двотактної програмної підтримки ШЗВІ загальна ініціалізація цієї підсистеми відбувається одноразово при старті пристрою на МК. Така функція обов'язково включає загальне налаштування обробника переривання індикації та відповідних змінних.

Алгоритм узагальненого обробника переривання ШЗВІ, інваріантний відносно виду двотактної ІМ, поданий на рис. 3.1 Рис. 3.1 Алгоритм програми, КОД відповідної програми – в Додатку Б.

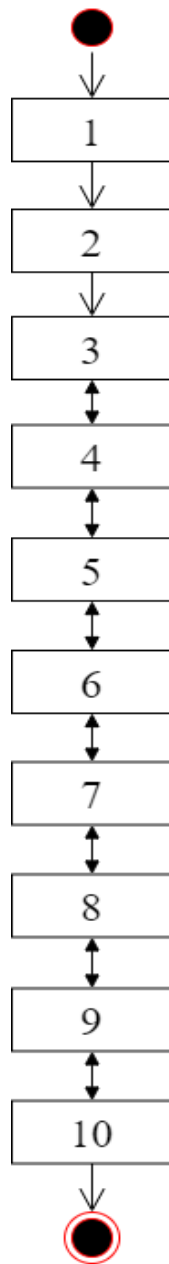


Рис. 3.1 Алгоритм програми

Перший блок забезпечує ініціалізацію поточних змінних конкретного моменту часу. Блок 2 – це селектор тактів, який відповідає за зв’язок поточного переривання з відповідними функціями тактів. Блок 3 забезпечує приймання та збереження в ОЗП поточного значення даних, які підлягають візуалізації.

Блок 4, формує коди керування (КК) для старших розрядів матриці СД у першому такті (1) для першої ІМ та (2) для другої ІМ.

$$A_{1,1} = \left\{ \bigcup_{x=1}^q a_{xy} \left| \begin{array}{l} t=t_s+\tau_g-0 \\ t=t_s+0 \end{array} \right. \right\} \quad (1)$$

$$B_{1,1} = \left\{ \bigcup_{y=1}^{v-mq} a_{xy} \left| \begin{array}{l} t=t_s+\tau_g-0 \\ t=t_s+0 \end{array} \right. \right\} \quad (2)$$

А також КК старших розрядів матриці СД у другому такті (3) для першої ІМ та КК (4) – для другої ІМ, відповідно.

$$A_{2,1} = \left\{ \bigcup_{x=q+1}^m a_{xy} \left| \begin{array}{l} t=t_s+2\tau_g-0 \\ t=t_s+\tau_g+0 \end{array} \right. \right\} \quad (3)$$

$$B_{2,1} = \left\{ \bigcup_{y=v-mq+1}^m a_{xy} \left| \begin{array}{l} t=t_s+2\tau_g-0 \\ t=t_s+\tau_g+0 \end{array} \right. \right\} \quad (4)$$

Блок 5, формує КК для молодших розрядів матриці СД у першому такті (5) для першої ІМ, та (6) для другої ІМ.

$$A_{1,2} = \left\{ \bigcup_{y=1}^m a_{xy} \left| \begin{array}{l} t=t_s+\tau_g-0 \\ t=t_s+0 \end{array} \right. \right\} \quad (5)$$

$$B_{1,2} = \left\{ \bigcup_{x=1}^{q+1} a_{xy} \left| \begin{array}{l} t=t_s+\tau_g-0 \\ t=t_s+0 \end{array} \right. \right\} \quad (6)$$

А також КК молодших розрядів матриці СД другого такту (7) для першої ІМ, та (8) для другої ІМ, відповідно.

$$A_{2,2} = \left\{ \bigcup_{y=1}^{v-mq} a_{xy} \left| \begin{array}{l} t=t_s+2\tau_g-0 \\ t=t_s+\tau_g+0 \end{array} \right. \right\} \quad (7)$$

$$B_{2,2} = \left\{ \bigcup_{x=1}^q a_{xy} \left| \begin{array}{l} t=t_s+2\tau_g-0 \\ t=t_s+\tau_g+0 \end{array} \right. \right\} \quad (8)$$

Блок 6 відповідає за блокування індикації ПВІ. Це необхідно для коректного формування зображення на матриці СД при зміні тактів та даних, що відображаються на індикаторі

Блок 7 передає КК з ОЗП у порти МК для збудження відповідних множин СД у першій і другий такти виводу даних на шкалу. Використовуючи інерційність людського зору та циклічно повторюючи збудження цих двох груп елементів з частотою 100 Гц, ми можемо сформувати цілісний візуальний образ, який відповідає отриманому символу. Сформовані КК фіксуються у портах МК та забезпечують стале збудження елементів матриці СД до виникнення наступного переривання.

Блок 8 відповідальний за розблокування індикації та відображення нового зображення на ПП у відповідності до наявних КК у портах МК. Блок 9 виконує модифікацію та збереження в ОЗП змінних для подальшого формування нових КК. Блок 10 виконує вихід з процедури обробника переривання індикації 99.

3.2.2. Алгоритм програми багатотактного синтезу даних

Алгоритм програми багатотактного виводу інформації на матрицю 10x10 представлений на рис.3.2.

Блок 1 проводить ініціалізацію необхідних змінних для роботи програми, налаштовує необхідні керуючі контакти МК та запускає внутрішній таймер МК. Спочатку ініціалізуються дві змінні «Cycle» та «Tact» з нульовими значеннями. Вони вказують на кількість відпрацьованих циклів та тактів відповідно. Кількість циклів необхідно запам'ятовувати для відслідковування того, як довго знак відображається на матриці. Змінна «Tact» використовується для визначення такту, який відображає частину символу: десяток, число (остача) або пустий такт.

Встановлюємо необхідний режим роботи таймера – 1; встановленням відповідних бітів налаштуємо переривання від таймеру і переходимо до підпрограми його ініціалізації та старту.

Блок 2 налаштує частоту таймеру та запускає його. Таймерний регістр, в режимі роботи таймеру 1, має розрядність 16 біт, що дозволяє встановити максимально довгу частоту – 65,5 секунд (всього 65 535 мілісекунд). Встановлюючи початкове значення молодшого та старшого байтів таймерного регістру, задаємо частоту оновлення таймеру в 16,6 мілісекунд. Якщо активований перемикач «Повільно» - встановлюємо частоту 50 мілісекунд. Запускаємо таймер встановлюючи відповідний біт керування і повертаємось з підпрограми в основну програму.

Основний цикл програми (Блок 3) очікує переповнення таймерного регістру, що ініціалізує виклик переривання. Процедура переривання (Блок 4), яке виконує початкові маніпуляції для виводу числа на матрицю, починається з зупинки таймеру, скиданням відповідного керуючого біту. Потім відбувається перевірка натискання кнопки «Стоп» (Блок 5) - якщо кнопка натиснута, програма переходить до Блоку 3, що перезапускає роботу таймеру. Далі Блок 6, як і в Блоці 1, для всіх керуючих контактів R0, R2, R3 виставляється низький рівень, щоб вимкнути СД матрицю. Перевіряється натискання кнопки «Змінити випадкове число», або якщо наразі нульовий цикл виконання програми (Блок 7) – переходимо до Блоку R0, що викликає підпрограму генерації випадкового числа і обнуляє значення змінних Cycle та Tact. Якщо кнопка ненатиснута і це ненульовий цикл – переходимо до Блоку 8. В ньому збільшуємо лічильник циклів на 1 і виконуємо декілька перевірок. Блок 9, якщо кількість циклів більша за 60 – переходимо до підпрограми генерації випадкового числа.

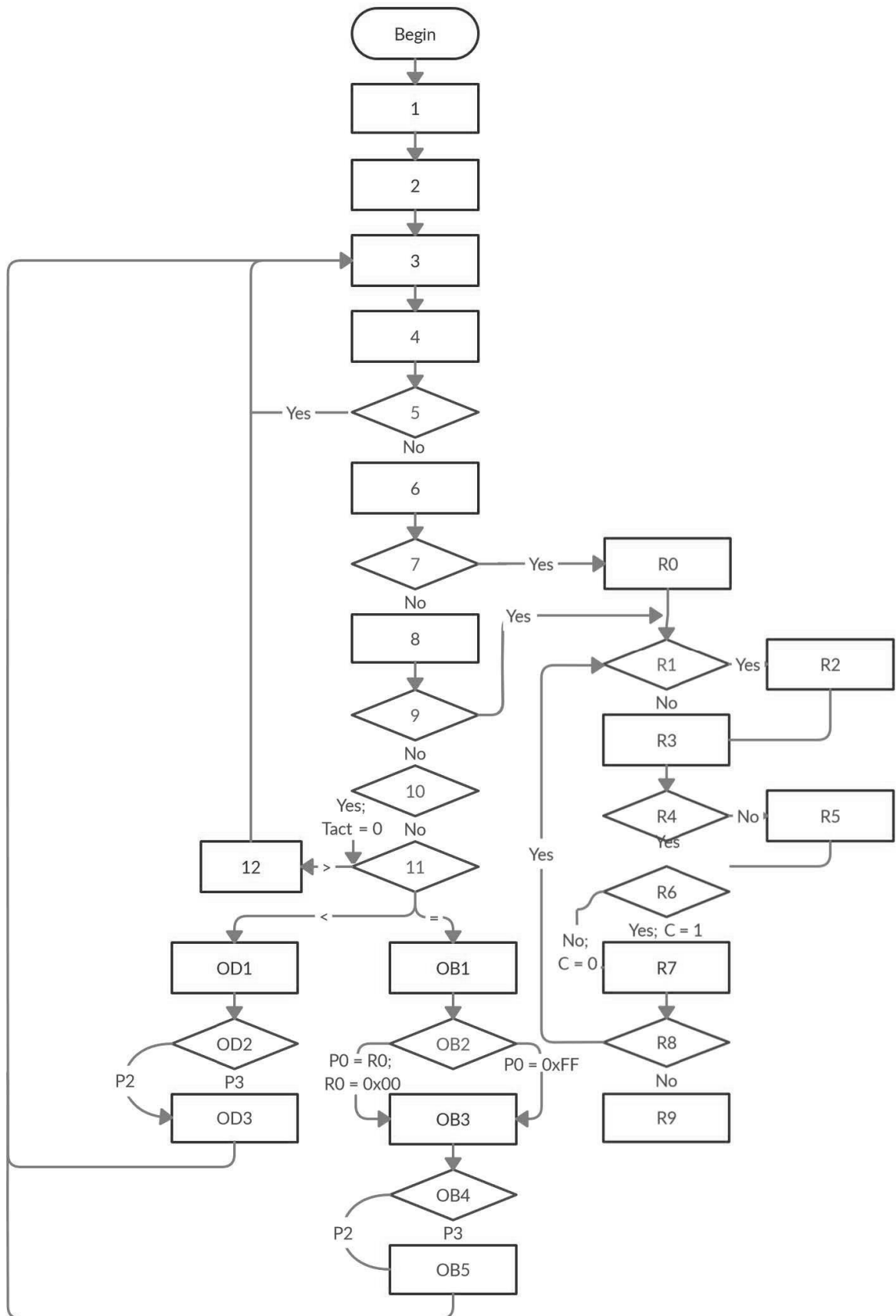


Рис. 3.2 Алгоритм программы багатотактного синтезу даних

Блок 10 перевіряє кількість тактів, якщо більше 10 – скидуємо до 0 і починаємо вивід числа на матрицю.

В Блоці 11 проводяться наступні перевірки:

- Якщо кількість тактів менша за кількість десятків – переходимо до підпрограми виводу десятків (Блок OD1)
- Якщо кількість тактів дорівнює кількості десятків – переходимо до підпрограми виводу одиниць числа (Блок OB1)
- В іншому випадку переходимо до Блоку 12 – «пусті» такти.

Блок 12 збільшує змінну Tact на 1, викликає підпрограму запуску таймеру, для його повторного старту і завершує обробку переривання, тобто повертається в основний цикл – Блок 3.

Підпрограма генерації випадкового числа починається з блоку R1. Якщо поточне випадкове число дорівнює нулю – відбувається його заміна на число FFh і продовжується генерація.

В блоці R3 виконуємо операцію логічне «І» для 0-го, 1-го та 3-го розряду випадкового числа. Якщо після цього число дорівнює нулю – продовжуємо генерацію (Блок R4), якщо ні – виконуємо операцію логічне «Виключне АБО» над тими ж розрядами (Блок R5).

Блок R6 встановлює або скидає біт переносу залежно від результату виконання попередніх блоків R3-R5.

Блок R7 виконує зсув числа з додаванням на початок старшого біту. Якщо число більше за 100 – повертаємось до блоку R1, інакше до блоку R8. Якщо менше – записуємо у відповідні змінні десятки і одиниці (остачу) випадкового числа, і повертаємось в основну програму (Блок R9).

Підпрограма виводу десятків починається з Блоку OD1 – завантаження з пам'яті бітової маски для контролюючого порту МК. В блоці OD2 перевіряється кількість десятків – якщо більша 8-ми, тоді маска використовується для порту P2, якщо менша – для P3. Така перевірка необхідна, так як один порт вміщає 8 контактів і керується за допомогою восьми бітів. В разі якщо кількість десятків більше за 8 – потрібно перейти на

порт P2 і використати бітову маску для активації контактів цього порту, так як саме до них приєднані транзистори, які вмикають відповідні індикатори. В іншому випадку бітова маска застосовується для порту P3. Блок OD2 закінчує виконання підпрограми і повертається до основної програми 101.

Підпрограма виводу одиниць починається з Блоку OB1. Завантажується бітова маска для виводу одиниць і записується в регістр R0. Виконується перевірка (Блок OB2), якщо кількість одиниць випадкового числа менше або дорівнює двом – активуємо увесь порт МК P0, що вимкне перших вісім СД, якщо більше – застосовуємо маску з регістра R0 для порту P0, а регістр обнуляємо. Далі завантажуюмо бітову маску, для активації потрібного сегменту – Блок OB3.

Перевіряємо, чи більша кількість десятків за 8 і завантажуюмо маску до відповідного порту P2 або P3 (Блок OB4). В блоці OB4 застосовуємо маску до відповідного порту, якщо це порт P2 – виконуємо операцію логічного «АБО» з регістром R0 для поєднання з маскою для активації СД. Повертаємось до основної програми і збільшуємо змінну Tact на 1 102.

3.3. Порівняльний аналіз двотактної програми з багатотактною

Основними критеріями порівняння є розмір байт-коду програми та швидкість виконання основного циклу – виводу інформації. Визначити швидкість можливо підрахувавши загальну кількість машинних тактів МК, які витрачаються на виконання байт-коду програми.

Довжина команд МК сімейства 8051 - один, два або три байта, причому більшість з них (94%) - одно- або двобайтні 103, 104. Всі команди виконуються за один або два машинних циклу (відповідно 1 або 2 мкс при типовій тактовій частоті 12 МГц), виняток - команди множення і ділення, які виконуються за чотири машинних циклу (4 мкс). МК сімейства 8051 використовують пряму, безпосередню, непряму і неявну, адресацію даних. Як

операнди команд МК сімейства 8051 можуть використовувати окремі біти, чотирибітні цифри, байти і двобайтні слова.

Всі ці риси звичайні для набору команд будь-якого SISC-процесора і в порівнянні з RISC набором команд забезпечує більшу компактність програмного коду і збільшення швидкодії при виконанні складних операцій.

3.3.1. Визначення кількості машинних циклів багатотактної програми

Підраховувати будемо тільки ту частину програми, яка відповідає за безпосередній вивід інформації. Для порівняння швидкодії саме ця частина є важливою, в неї входить підпрограма переривання (

Рис. 3.2), підпрограми виводу десятків (Рис. 3.3) і одиниць (Рис. 3.4), та підпрограма перезапуску таймера МК (Рис. 3.5).

Підпрограма переривання складається з 8 блоків. Алгоритм якої наведений нижче

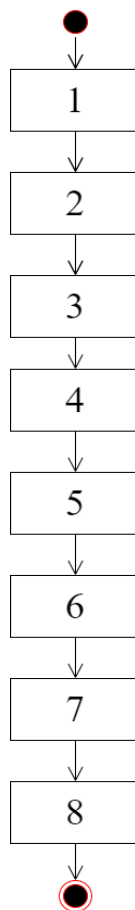
Рис. 3.2. Блок 1 виконує початкові маніпуляції для виводу числа на матрицю, починається з зупинки таймера, скиданням відповідного керуючого біту та ініціалізує дві змінні «Cycle» та «Tact» з нульовими значеннями. Вони вказують на кількість відпрацьованих циклів та тактів відповідно. Кількість циклів необхідно запам'ятовувати для відслідковування того, як довго знак відображається на матриці. Змінна «Tact» використовується для визначення такту, який відображає частину символу: десяток, число (остача) або пустий такт. Блок 2 для всіх керуючих контактів P0, P2, P3 виставляє низький рівень, щоб вимкнути СД матрицю. Блок 3 перевіряє нульовий цикл виконання програми, якщо це ненульовий цикл – переходимо до Блоку 4. В ньому збільшуємо лічильник циклів на 1 і виконуємо декілька перевірок. Блок 5 якщо

кількість циклів більша за 60 – переходимо до підпрограми генерації наступного числа. Блок 6 перевіряє кількість тактів, якщо більше 10 – скидаємо до 0 і починаємо вивід числа на матрицю.

В Блоці 7 проводяться наступні перевірки:

- Якщо кількість тактів менша за кількість десятків – переходимо до підпрограми виводу десятків.
- Якщо кількість тактів дорівнює кількості десятків – переходимо до підпрограми виводу одиниць числа.
- В іншому випадку переходимо до Блоку 8 – «пусті» такти.

Блок 8 збільшує змінну Такт на 1, викликає підпрограму запуску



таймеру, для його повторного старту і завершує обробку переривання, тобто повертається в основний цикл. Підпрограма переривання складається з 31 та виконується за 45 циклів.

Рис. 3.2 Підпрограма переривання

Підпрограма виводу десятків див. Рис. 3. починається з Блоку 1 – завантаження з пам’яті бітової маски для контролюючого порту МК. В блоці 2 перевіряється кількість десятків – якщо більша 8-ми, тоді маска використовується для порту P2, якщо менша – для P3. Така перевірка необхідна, так як один порт вміщає 8 контактів і керується за допомогою восьми бітів. В разі якщо кількість десятків більше за 8 – потрібно перейти на порт P2 і використати бітову маску для активації контактів цього порту, так як саме до них приєднані транзистори, які вмикають відповідні індикатори. В іншому випадку бітова маска застосовується для порту P3. Блок 3 закінчує виконання підпрограми і повертається до основної програми. Підпрограма виводу десятків має 11 команд та виконується за 16 циклів.

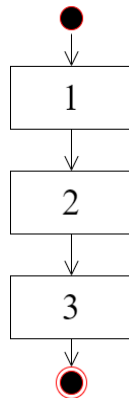


Рис. 3.3 Підпрограма виводу десятків

Підпрограма виводу одиниць (див. Рис. 3.) починається з Блоку 1 який завантажує бітову маску для виводу одиниць і записується в регістр R0. Виконується перевірка (Блок 2), якщо кількість одиниць числа, що виводиться на матрицю СД менше або дорівнює двом – активуємо увесь порт МК P0, що вимкне перших вісім СД, якщо більше – застосовуємо маску з регістра R0 для порту P0, а регістр обнуляємо. Далі Блок 3 завантажує бітову маску для активації потрібного сегменту.

Блок 4 виконує перевірку чи більша кількість десятків за 8 і завантажує маску до відповідного порту P2 або P3. Блок 5 застосовує маску до відповідного порту, якщо це порт P2 – виконуємо операцію логічного «АБО»

з регістром R0 для поєднання з маскою для активації СД. Блок 6 повертає до основної програми і збільшує змінну Tact на 1. Підпрограма виводу одиниць складається з 25 команд та виконується за 28 циклів на виконання.

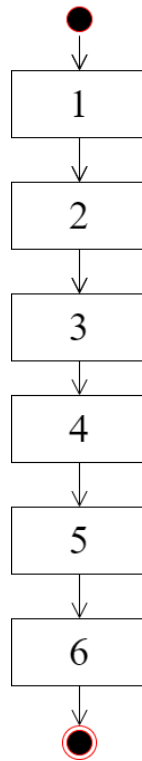


Рис. 3.4 Підпрограма виводу одиниць

Підпрограма перезапуску таймера складається з 3 блоків (Рис. 3.5). Блок 1 встановлює необхідний режим роботи таймера, відповідних бітів, налаштовує переривання від таймеру і переходить до підпрограми його ініціалізації та старту. Блок 2 налаштовує частоту таймеру та запускає його. Таймерний регістр, в режимі роботи таймеру 1, має розрядність 16 біт, що дозволяє встановити максимально довгу частоту – 65,5 секунд (всього 65 535 мілісекунд). Встановлюючи початкове значення молодшого та старшого байтів таймерного регістру, задаємо частоту оновлення таймеру в 16,6 мілісекунд.

Основний цикл програми (Блок 3) очікує переповнення таймерного регістру, що ініціалізує виклик переривання. Підпрограма перезапуску таймера має 4 команди та виконується за 7 циклів.

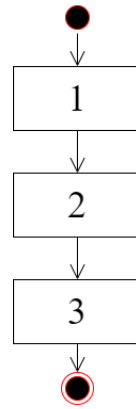


Рис. 3.5 Підпрограма перезавантаження таймера

Загальна кількість циклів – 101. При типовій тактовій частоті МК 12 мГц, цей код буде виконуватись 101 мкс. Помножимо це число на кількість тактів (10) і отримаємо час для формування повного зображення – 1010 мкс (0,00101 секунди) 105.

3.3.2. Визначення кількості машинних циклів двотактної програми по молодших розрядах

Аналогічним способом підрахуємо кількість машинних циклів для двотактової програми по молодших розрядах . Підпрограми можуть бути представлені як $\sum_{i=1}^4 b_i = b_1 + b_2 + b_3 + b_4$.

Підпрограма переривання складається з 8 блоків (Рис. 3.6). Алгоритм якої наведений нижче. Блок 1 виконує підготовку для виводу числа на матрицю, починається зі скидання таймеру та відповідного керуючого біту та ініціалізує змінні «Tact1» та «Tact2» з нульовими значеннями. Вони використовуються для розділення зображення на дві частини, що виводиться на матрицю відповідно до правил використовуваної двотактної ІМ. Блок 2 для всіх керуючих контактів P0, P2, P3 виставляє низький рівень, щоб вимкнути СД матрицю. Блок 3 відповідає за отримання і зберігання в ОЗП поточного

значення даних, які потрібно візуалізувати, що надходять із зовнішнього пристрою. В 4 блоці інкрементуємо лічильник циклів на 1 і виконуємо декілька перевірок: якщо кількість циклів більша за 60 – переходимо до підпрограми генерації наступного числа.

Блок 5 зберігає значення змінних Tact1 та Tact2, викликає підпрограму запуску таймеру, для його повторного старту і завершує обробку переривання, тобто повертається в основний цикл. Підпрограма переривання складається з 23 команд і виконується за 35 циклів.

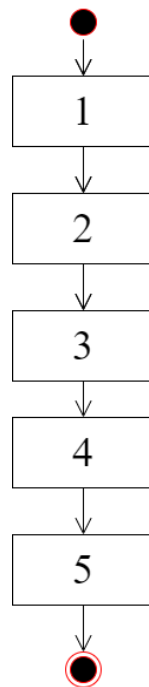


Рис. 3.6 Підпрограма переривання

Поділ на 2 такти дозволяє сформувати довільне зображення в динамічному режимі з двох непересічних множин збуджених елементів матриці. Цикли формуються шляхом обчислення значень старших і молодших розрядів матриці. Підпрограма першого такту складається з 5 блоків (

Рис. 3.)

Підпрограма починається з завантаження з пам'яті бітової маски для контролюючого порту МК і записується в регістр R0 (Блок 1). В блоці 2 перевіряється кількість десятків – якщо більша 8-ми, тоді маска використовується для порту P2, якщо менша – для P3. Така перевірка необхідна, так як один порт вміщає 8 контактів і керується за допомогою восьми бітів. В разі якщо кількість десятків більше за 8 – потрібно перейти на порт P2 і використати бітову маску для активації контактів цього порту, так як саме до них приєднані транзистори, які вмикають відповідні індикатори. В іншому випадку бітова маска застосовується для порту P3. Блок 3 виконує перевірку, якщо кількість одиниць числа, яке виводиться на матрицю менше або дорівнює двом – активуємо увесь порт МК P0, що вимкне перших вісім СД, якщо більше – застосовуємо маску з регістра R0 для порту P0, а регістр обнуляємо. Далі завантажуюмо бітову маску, для активації потрібного сегменту – Блок 4. Блок 5 закінчує виконання підпрограми і повертається до основної програми. Підпрограма першого такту має 14 команд та виконується за 21 цикл.

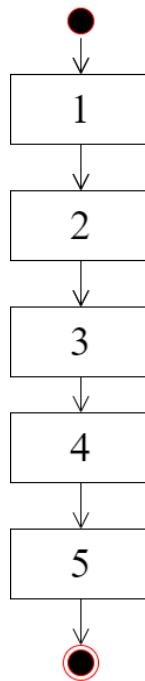


Рис. 3.7 Підпрограма першого такту

Підпрограма другого такту (Рис.3.) починається з Блоку 1. Завантажується бітова маска для виводу елементів другого такту і записується в регістр R1. Виконується перевірка (Блок 2), якщо кількість одиниць випадкового числа менше або дорівнює двом – активуємо увесь порт МК P0, що вимкне перших вісім СД, якщо більше – застосовуємо маску з регістра R1 для порту P0, а регістр обнуляємо. Далі завантажуюмо бітову маску, для активації потрібного сегменту – Блок 3.

Перевіряємо, чи більша кількість десятків за 8 і завантажуюмо маску до відповідного порту P2 або P3 (Блок 4). В 5 блоці застосовуємо маску до відповідного порту, якщо це порт P2 – виконуємо операцію логічного «АБО» з регістром R1 для поєднання з маскою першого такту для активації СД. Блок 6 повертає до основної програми. Підпрограма другого такту складається з 24 команд і виконується за 34 цикли.

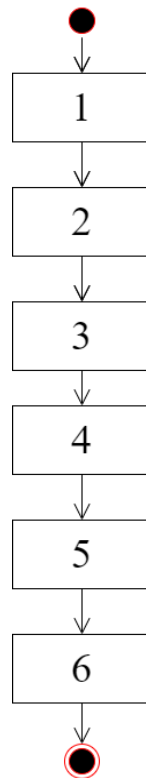


Рис.3.8 Підпрограма другого такту

Підпрограма перезапуску таймера не відрізняється від багатотактного аналога, отже теж виконується за 7 циклів і складається з 4 команд.

Загальна кількість циклів двотактового аналогу програми – 85. При типовій тактовій частоті МК 12 мГц, цей код буде виконуватись 85 мкс. Час формування повного зображення – 170 мкс (0,00017 секунди).

3.3.3. Визначення кількості машинних циклів двотактної програми по старших розрядах

Програма формування зображення по старших розрядах є на 60% уніфікованою з програмою по молодших розрядах, відмінності знаходяться лише у формуванні першого і другого такту. Підпрограма першого такту складається з 6 блоків (Рис 3.9).

Підпрограма починається з завантаження з пам'яті бітової маски для контролюючого порту МК і записується в регістр R0 (Блок 1). В блоці 2 перевіряється кількість десятків – якщо більша 8-ми, тоді маска використовується для порту P2, якщо менша – для P3. Блок 3 виконує перевірку на відповідність кратності десяти числа, яке виводиться на матрицю. Якщо воно кратне десяти – то повне зображення буде виведено за 1 такт, для цього активуємо порт МК P0 та P1. В іншому випадку за допомогою бітової маски старших розрядів формуємо елементи, які кратні кількості задіяних старших розрядів матриці. Далі завантажуюмо бітову маску молодших розрядів, для активації потрібного сегменту – Блок 4. Блок 5 накладає ці дві маски і виставляє їх у регістр R0. Блок 6 закінчує виконання підпрограми і повертається до основної програми. Підпрограма першого такту має 23 команд та виконується за 32 циклів.

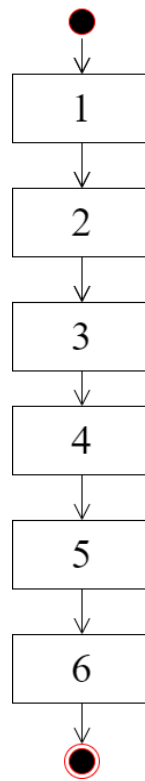


Рис. 3.9 Підпрограма першого такту

Підпрограма другого такту (Рис.3.10) починається з Блоку 1. Завантажується бітова маска для виводу елементів другого такту і записується в регістр R1. Виконується перевірка (Блок 2), якщо в першому такті кількість одиниць випадкового числа була кратна 10, то другий такт не буде виводити інформацію на ІП, так як все зображення було виведено за перший такт. В іншому випадку проводимо перевірку кількості десятків старших розрядів, якщо ≥ 8 – активуємо увесь порт МК P0, що вимкне перших вісім СД, якщо більше – застосуємо маску з регістра R1 для порту P0, а регістр обнуляємо. Далі завантажуюємо бітову маску, для активації потрібного сегменту – Блок 3.

Блок 4 завантажує маску до відповідного порту P2 або P3. 5 блок застосує маску до відповідного порту P2 і P3– виконуємо операцію логічного «АБО» з регістром R1 для поєднання з маскою першого такту для активації СД. Блок 6 виставляє їх у регістр R0 для подальшого відображення

Блок 7 повертає до основної програми. Підпрограма другого такту складається з 26 команд і виконується за 34 цикли.

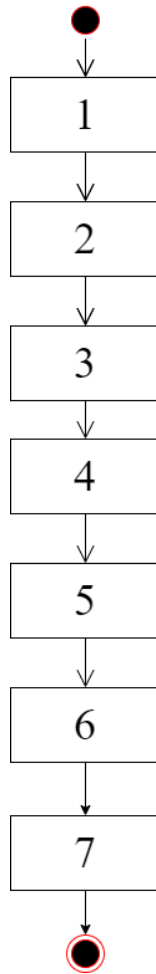


Рис. 3.10 Підпрограма другого такту

Загальна кількість циклів двотактового аналогу програми – 97. При типовій тактовій частоті МК 12 мГц, цей код буде виконуватись 97 мкс. Час формування повного зображення – 194 мкс (0,00019 секунди).

3.3.4. План експерименту та результати аналізу програм

Для перевірки результатів запропонованого підходу до зменшення критеріями споживання ресурсів мікропроцесорної системи було проведено експеримент на основі принципової схеми апаратної платформи зі шкалою на 100 світлодіодів, з'єднаних матрицею 10x10 (див. Додаток А).

Метою експерименту було порівняння багатотактної програми з їх двотактними аналогами та підтвердження їх переваг.

План експерименту:

1. Побудувати принципову схему апаратної платформи на основі МК MCS-51 зі шкалою на 100 світлодіодів, з'єднаних матрицею 10x10 для експерименту з тестування програм та оцінки їх параметрів у середовищі Proteus.
2. Створити програми для багатотактної та двотактної генерації зображення на ПВІ.
3. Провести порівняння розмір байт-коду програм.
4. Підрахувати швидкість виконання основного циклу – виводу інформації у багатотактному та двотактному режимах.
5. На основі отриманих результатів зробити висновки про доцільність використання двотактних програм генерації візуальних образів.

Для проведення експерименту було використано 3 програми: багатотактну, двотактний варіант по молодших розрядах та двотактний варіант по старших розрядах.

Байт-код – машино-незалежний код низького рівня, що генерується транслятором і виконується інтерпретатором. Більшість інструкцій байт-коду еквівалентні одній або кільком командам Асемблера. Трансляція в байт-код займає проміжне положення між компіляцією в машинний код і інтерпретацією 105.

Після компіляції програм отримали наступні дані:

- багатотактний варіант – 748 байт
- двотактний варіант по молодших розрядах – 814 байт
- двотактний варіант по старших розрядах – 876 байт

Провівши експеримент та підрахувавши кількість машинних циклів і розміри байт-коду трьох програм, отримано наступні дані (Таблиця 3.1):

Таблиця 3.1

Порівняння двотактних програм з багатотактною

| Параметр, за яким порівнюється | Багатотактна програма | Двотактна програма по молодших розрядах | Двотактна програма по старших розрядах |
|--|-----------------------|---|--|
| Розмір | 748 байт | 814 байт | 876 байт |
| Швидкість виконання переривання | 1010 мкс | 170 мкс | 194 мкс |

В результаті експерименту було визначено, що багатотактна програма має переваги в розмірі на 9% перед двотактною програмою по молодших розрядах, та на 15% перед двотактною програмою по старших розрядах тобто в пам'яті МК вона буде займати менше місця. Враховуючи невеликий розмір пам'яті МК, навіть невелика перевага може бути суттєвою. За швидкістю виконання переривання багатотактний варіант суттєво програє двотактним програмам, це зменшує максимальну частоту оновлення зображення. Двотактна програма по молодших розрядах є в 6 разів швидшою за багатотактний аналог. Двотактна програма по старших розрядах виявилася в 5 разів швидшою. Завдяки експерименту було встановлено, що варіант програми по молодшим розрядам є більш доречним для використання у ВС. Це дає змогу підтвердити, що зменшення кількості тактів формування ІМ на ІІ є одним із найефективніших шляхів підвищення надійності динамічних

ПВІ. Це функціональне рішення одночасно покращує ергономічні характеристики, спрощує конструкцію і знижує струмові навантаження на СД і вихідні ланцюги систем керування 10б.

3.3.5. Практичні рекомендації для побудови програмного забезпечення засобів шкальної індикації.

Зростаючі потреби підприємств в автоматизації складних систем управління технічними процесами і об'єктами, а також підвищення вимог до їх точності та швидкодії, в поєднанні з постійною модернізацією наукомістких технологій отримання, обробки та транспортування даних нерозривно пов'язані з постійним збільшенням обсягів інформації, що обробляється в інформаційно-вимірювальних комплексах. У переважній більшості випадків зусилля розробників таких систем зводяться до вирішення проблеми вдосконалення апаратної частини інформаційно-комунікаційних засобів. У той же час велика кількість зовнішніх впливів на технічну систему і багатоваріантність можливих шляхів досягнення оптимального кінцевого результату в більшості випадків передбачає наявність оператора для управління складними технологічними об'єктами та процесами. В результаті високий рівень відповідальності людини за прийняті рішення в сучасних ергатичних вимірювальних та керуючих системах при постійно зростаючих потоках інформації визначає особливу увагу до функціональної реалізації передачі системних повідомлень оператору. Ключовим фактором у побудові людино-машинного інтерфейсу є системний підхід, який інтегрує комплексну оптимізацію апаратних і програмних рішень, а також підвищення ефективності візуального каналу виведення даних в складних умовах експлуатації спеціалізованого інформаційного обладнання. Тому для побудови ефективних оптоелектронних шкальних індикаторних пристроїв для вбудованих систем на основі МК, які є незамінними у випадках де потрібна

висока інформативність, наочність і простота можна виділити такі рекомендації:

1. Використання статичного, або динамічного способу індикації. Для скорочення числа виходів у багаторозрядному індикаторі. Статичний спосіб доречний якщо кількість елементів індикатора менш 30. В разі необхідності побудови ШЗВІ більшої розрядності такий спосіб не забезпечує потрібний рівень надійності, тому що базується на формуванні окремих незалежних сигналів управління кожним з ЕІ, що вимагає відповідного збільшення числа каналів їх збудження, а також збільшує споживаний струм. Статична індикація алгоритмічно простіша, так як не потребує хитрощів, властивих динамічній індикації. Кожному окремому СД відповідає окремий ключ, і дані, що виводяться, змінюються лише при зсуві символів. Динамічний спосіб використовується для індикаторів з великою кількістю елементів. У випадку використання динамічної індикації для керування світінням якого-небудь ЕІ кожен СД має загальний вивід, який може бути загальним анодом або загальним катодом. Окрім того, що динамічна індикація дозволяє значно зменшити кількість ліній керування, вона є менш енергоємна в порівнянні зі схемами управління в статичному режимі. Це пояснюється тим, що зі зростанням пікового струму СД індикаторів світловіддача на одиницю струму збільшується. Таким чином, для забезпечення однієї і тієї ж яскравості світіння індикатора при управлінні ним в динамічному режимі, менше енергоспоживання, ніж в статичному безперервному режимі

2. Використання лінійного або матричного з'єднання елементів. При виборі лінійного з'єднання пристрій індикації буде потребувати більшої кількості каналів збудження, але керування ними більш простіше. Матричне з'єднання дозволяє зменшити кількість каналів збудження, та забезпечує більш інформативне двовимірне відображення даних. Але потребує більш складного алгоритму роботи, так як така побудова пристроїв породжує обмеження на реалізацію алгоритму формування сигналів управління ПВІ, так

як можливість незалежного збудження його окремих елементів відсутня. Це вирішується шляхом сканування матриці по одній з координат.

3. Для того, щоб підтримувати синхронізацію всіх процесів, переважній більшості ВС величезні обчислювальні потужності і вбудовані ОС не потрібні. Найбільш поширені ВС містять деякі типи датчиків, перетворювачів живлення, контурів регулювання або канали обміну даними. Це однозначно відносить їх до категорії «простих додатків». За наявності на кристалі периферії, всі ці завдання легко можуть бути вирішені недорогими 8-бітними мікроконтролерами. Вибір МК для управління індикацією. Однокристальні МК сімейства MCS-51 завдяки великій кількості різноманітних модифікацій, та невеликій вартості можуть бути використані як основа дискретно-аналогового індикатора.

4. Вибір типу шкал. У вимірювальній і керуючій апаратурі мають поширення різновиди вакуумних люмінесцентних, рідкокристалічних, плазмових і інших типів індикаторів. Але в даний час розвиток напівпровідникової технології сприяє перевазі використання СД індикаторів, так як вони мають цілу низку переваг, зокрема, відсутність рухомих механічних частин, великий термін служби, високий рівень електрооптичних параметрів, стійкість до механічних і кліматичних впливів.

5. Вибір кольору СД шкали. Правильний вибір кольорової гама індикаторів в засобах індикації багато в чому визначає ефективність роботи оператора при зчитуванні інформації. Існуючі стандарти чітко визначають призначення кожного кольору (червоний - небезпека, жовтий - увага, зелений - все в нормі).

6. Вибір мови програмування. Мова Асемблеру найбільш оптимальна для створення ПЗ систем індикації, оскільки команди мови один до одного відповідають командам процесора, що дозволяє більш раціонально використовувати ресурси МК. Така програма є більш ефективною, і займає менше місця в пам'яті МК, ніж ті, що генеруються компілятором з мов програмування високого рівня.

7. Вибір багатотактової або двотактової ІМ. При використанні багатотактової ІМ, ми будемо мати досить просту технічну реалізацію, менший розмір програми, але втратимо у швидкодії виконання програми.

Двотактна ІМ дозволяє швидше виводити повне зображення на ІІ, але при цьому вона займає більше місця в пам'яті МК ніж багатотактовий аналог.

8. Вибір варіанту двотактної ІМ. Є 2 варіанти двотактного збудження елементів ІІ: з розподілом на дві підмножини по молодшим або по старшим розрядам матриці. ІМ по молодших розрядах матриці має менший розмір програми, і є більш швидкою ніж ІМ старших розрядів. Обидві ІМ є в 6 разів швидшими, ніж багатотактовий аналог.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі проаналізувавши наявні технічні рішення для реалізації апаратно-програмної платформи інформаційної технології обробки даних пристроїв з можливістю симуляції реальної роботи та з наявністю інструментів налагодження, було обрано відповідні програмні засоби. Запропоновано, апробовано та практично реалізовано інформаційну технологію обробки даних у вбудованих системах на основі розроблених оригінальних алгоритмів синтезу адитивного шкального відліку з мінімальним числом тактів збудження електрооптичних елементів індикатора, що забезпечує високий рівень комплексу технічних та ергономічних характеристик засобів виводу інформації. Проведено комплексні дослідження порівняння багатотактної ІМ з двотактними аналогами. Було виявлено, що багатотактна ІМ має невеликі переваги в розмірі, але за швидкодією та споживанню ресурсів у 6 разів повільніша за двотактні ІМ. Було встановлено, що двотактна ІМ по молодших розрядах виявилась більш ефективною, ніж її аналог по старших розрядах. У пристроях відображення даних саме швидкодія відіграє вирішальну роль у виборі тієї, чи іншої ІМ. Це дає змогу підтвердити,

що для зменшення споживання ресурсів апаратної платформи на виконання програми підсистеми індикації саме двотактні ІМ є найбільш доречними для використання у вбудованих і автоматизованих системах шкального синтезу даних різного призначення. Отримані в роботі результати можуть послужити основою для створення теоретичних та методологічних основ програмної обробки інформації в пристроях індикації та ефективного вирішення проблем підвищення рівня техніко-економічних показників серійних та спеціалізованих пристроїв, а також сприятиме їх інтеграції та впровадженню в сучасні автоматизовані засоби управління та ВС.

ВИСНОВКИ

У дисертації теоретично узагальнено та виконано конкретне наукове завдання, яке має важливе значення в галузі технічних наук і полягає в створенні та дослідженні апаратно-програмної інформаційної технології обробки даних, яка оптимізована за критеріями споживання ресурсів мікропроцесорної системи. На основі системного підходу до побудови програмного забезпечення для ШЗВІ у роботі визначені їх основні технічні та програмні елементи, що відповідають за формування зображення на ПП. Узагальнення результатів проведених теоретичних і експериментальних досліджень та програмних розробок, дозволило реалізувати нові універсальні алгоритми дискретної обробки інформації оптоелектронних шкальних пристроїв відображення даних на основі дискретно-аналогових інформаційних моделей у вбудованих системах. На цій базі сформовані критерії, запропоновані й апробовані нові шляхи та методи програмної реалізації універсальної апаратно-програмної платформи, яка має високу надійність, та дозволяє формувати візуальні образи на дискретно-аналогових шкальних засобах, елементи яких з'єднані двовимірною матрицею довільної розмірності, та підтвердити доцільність використання двотактних інформаційних моделей. Проведені комплексні дослідження для виявлення параметрів, які впливають на споживання обчислювальних ресурсів, та здійснена їх оптимізація. Системний підхід став основою для мінімізації витрат машинного часу апаратної платформи на обслуговування підсистеми візуалізації даних при обмежених ресурсах вбудованих систем.

Найбільш істотні наукові та практичні результати дисертаційної роботи полягають у наступному:

1. На основі комплексного аналізу інформаційних моделей та принципів побудови апаратної платформи багатоелементних дискретних шкальних пристроїв відображення даних було визначено

функціональні підходи до реалізації програмної підтримки підсистеми виводу інформації у вбудованих системах і на цій основі запропоновано та досліджено оригінальний узагальнений алгоритм двотактного синтезу зображення. На запропонованих принципах було реалізовано відповідне програмне забезпечення, що дозволило мінімізувати потребу в ресурсах апаратної платформи інформаційної технології виводу даних при впровадженні розробленого коду у підпрограму обслуговування циклічного переривання підсистеми візуального виводу даних. Це дозволяє виконувати більшу кількість задач, завдяки меншим витратам часу обслуговування підсистеми індикації та сприяє спрощенню їх інтеграції в автоматизовані засоби контролю та управління складними об'єктами та виробничими процесами.

2. Проведено аналіз взаємодії функціональних елементів інформаційної технології обробки даних на основі дискретно-аналогових інформаційних моделей і визначено основні принципи шкального синтезу візуальних образів у засобах відображення даних. На цих засадах запропоновано та реалізовано комплекс універсальних алгоритмів програмного перетворювача кодів у системі відображення інформації шкального типу, який уніфікує будову програмної підтримки засобів дискретно-аналогового відображення даних, роблячи її незалежною від кількості елементів на шкалі. Це дозволяє створювати апаратно-програмні платформи інформаційної технології обробки даних шкального синтезу різної розмірності та класу точності, які забезпечують реалізацію мінімізованих за апаратними критеріями засобів виводу інформації у вбудованих системах, пультів керування складними та мобільними об'єктами різного призначення, які побудовані на однокристальних мікроконтролерах.

3. На основі системного підходу детально досліджено інформаційні моделі багатоелементних шкальних пристроїв відображення інформації та з урахуванням узагальнення результатів

проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблених рішень визначено шляхи, встановлено критерії та методи створення програмного забезпечення для оптимізованих шкальних засобів синтезу зображення, які дозволять спростити їх технічні реалізації, зменшити кількість часу для розробки та побудови апаратної платформи інформаційної технології виводу даних з довільним інформаційним полем та мінімізованим використанням ресурсів мікропроцесорної системи у промислових засобах автоматизації та вбудованих системах різного призначення.

4. Системний підхід став основою для формування цілісної картини резервів для покращення рівня експлуатаційних характеристик та часу генерації зображення багатоелементних дискретно-аналогових шкальних засобів виводу інформації. Було досліджено та визначено, що використання апаратно-програмної платформи інформаційної технології обробки даних в поєднанні з двотактною інформаційною моделлю та матричним з'єднанням елементів дозволяє покращити їх експлуатаційні характеристики та забезпечує швидшу генерацію зображення, розширюючи функціональні можливості вбудованих систем.

5. На підставі проведеного науково-технічного аналізу використання двотактної програмної підтримки шкальних засобів відображення інформації науково обґрунтовано і застосовано комплексний підхід до оптимізації дискретно-аналогових шкальних засобів синтезу зображення двотактними програмними засобами. Це дало змогу створити оригінальні алгоритми цифрової обробки даних для апаратно-програмної платформи виводу інформації довільної розмірності з мінімізованими витратами ресурсів мікроконтролера. В результаті створено фундамент для подальшого визначення шляхів комплексної оптимізації та уніфікації апаратно-програмної платформи

та інформаційних моделей, що використовуються в підсистемах виводу інформації вбудованих систем.

6. Розроблено та досліджено універсальні програмні рішення дискретно-аналогового шкального виведення даних на інформаційне поле індикатора, що дозволяє підвищити якісні параметри вбудованих систем різного призначення на етапі конструювання та в процесі розробки. Оптимізовані програмні рішення мінімізують витрати на обробку даних мікроконтролером та підвищують загальну надійність апаратно-програмної платформи інформаційної обробки та спектру завдань автоматизації та створення засобів виводу даних з високим рівнем ергономічних параметрів для вбудованих систем, де важлива швидкість сприйняття інформації, наочність і технічна простота.

7. Напрями подальших досліджень в області інформаційної технології обробки даних є:

– Створення теоретичних основ програмної обробки інформації в пристроях виведення даних, так як цьому напрямку не приділялася належна увага, а також в зв'язку з тим, що низька ефективність різнорідних методів оптимізації, що використовуються розробниками при побудові систем відображення з дискретно-аналоговими інформаційними моделями, в поєднанні зі зростанням кількості інформації яку необхідно контролювати оператору потребують більш ґрунтовних досліджень в цій області.

– Розробка теоретичних основ програмно-математичних моделей і технологій передачі інформації в дискретно-аналоговій формі людині, в тому числі, специфічних моделей, що описують взаємодію елементів цього виду оптоелектронної системи відображення інформації на різних рівнях її подання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Cranton W. Handbook of Visual Display Technology / Wayne Cranton, Janglin Chen, Mark Fihn. — [S. l.] : Springer, 2016. — 3608 p.
2. Електротехнічні пристрої радіоелектронних засобів: монографія / Є. О. Чемес, Ю. С. Ямпольський. - Одесса: Бахва, 2014. - 563 с.
3. Встраиваемые системы. Проектирование приложений на микроконтроллерах семейства 68HC12 / HCS12 с применением языка С. / Барретт С. Ф., Пак Д. Дж. — М.: Издательский дом «ДМКпресс», 2017 — 640 с.
4. Микросхемы для аппаратуры космического назначения. Практическое пособие. Издание 2-е, испр. И доп. / Под общ. ред. академика РАН А.Н.Саурова Москва: Техносфера, 2017. – 388с.
5. Важенин, В.Г. Аналоговые устройства на операционных усилителях: учеб. пособие / Ю.В. Марков, Л.Л. Лесная, В.Г. Важенин. — Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2016 .— 110 с.
6. Микроконтроллеры для систем автоматизации: учебное пособие / А.М.Водовозов. Изд. 3-е, доп. и перераб. — М.: Инфра-Инженерия, 2016. — 164 с.
7. *Computer Organization and Design RISC-V Edition: The Hardware Software Interface*. David A. Patterson, John L. Hennessy. Morgan Kaufmann, 2017. 696 p.
8. *Embedded Systems: A Contemporary Design Tool*. James K. Peckol. John Wiley & Sons, 2019. 1080p.
9. *Nitride Semiconductor Light-Emitting Diodes (LEDs): Materials, Technologies, and Applications*. Jian-Jang Huang, Hao-Chung Kuo, Shyh-Chiang Shen. Woodhead Publishing, 2017. 822p.
10. *Light-Emitting Diodes: Materials, Processes, Devices and Applications*. Solid State Lighting Technology and Application Series (Vol.4). Jinmin Li, G.Q. Zhang. Springer, 2019. 600p.

11. А.В. Бушма, В.П. Ярцев. Многофазное формирование дискретно-аналоговых форм представления сообщений на светодиодной шкале // Сучасний захист інформації №1, 2014. С. 4-9.
12. Андык В. С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на ТЭС : учебник для вузов / В. С. Андык. — М: Издательство Юрайт, 2018. — 407 с.
13. Юсупов, Р. Х. Основы автоматизированных систем управления технологическими процессами: Учебное пособие / Юсупов Р.Х. – М: Инфра-Инженерия, 2018. - 132 с.
14. Тетеревков, И.В. Надежность систем автоматизации: учеб. пособие / И.В. Тетеревков. - М: Инфра-Инженерия, 2019. - 356 с.
15. Підвищення надійності елементів дискретно аналогових структур / Турукало А.В.// X Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта 2019», 13-14 листопада 2019 року, НУБіП України, Київ. – С 187-188. (електронне видання).
16. *Integration Technologies for Industrial Automated Systems*. R. Zurawski. CRC Press, 2018. 600p.
17. Надійнісні параметри вбудованих систем / Турукало А.В.// IV Всеукраїнська науково-практична інтернет конференція студентів і аспірантів «Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем 2021», 29 квітня 2021 року, НУБіП України, Київ. – С. 62-63. (електронне видання).
18. *Automated Systems in the Aviation and Aerospace Industries*. T.Shmelova, Y.Sikirda, N.Rizun, D.Kucherov, K.Dergachov. IGI Global, 2019. 486p.
19. *Designing Human-machine Cooperation Systems*. P. Millot. John Wiley & Sons, 2014. 416p.
20. *Automation and Human Performance: Theory and Applications*. R.Parasuraman, M. Mouloua. Routledge, 2018. 536p.
21. Bushma O.; Turukalo A. «Багатоелементні шкальні індикаторні пристрої у вбудованих системах.» Кібербезпека: освіта, наука, техніка 2021, 3,

43-60. Accessed: May 9, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2021.11.4360>

22. LED-Based Visible Light Communications. Nan Chi. Springer, 2018. 245p.
23. A.V. Bushma. *Matrix models of bar graph data display for bicyclic excitation of the optoelectronic scale // Semiconductor physics, Quantum Electronics and Optoelectronics*. - 2008. – Vol. 11, № 2. – P. 188-195.
24. *Practical Electronics for Inventors, Fourth Edition*. P. Scherz, S. Monk. McGraw Hill Professional, 2016. 1072p.
25. Бушма А.В. Функциональная защита визуальной информации в эргатических системах с дискретно-аналоговым представлением данных / Цифрові технології. – 2010. – № 2. - С. 42-48.
26. А.В. Бушма, В.П. Ярцев. Методика оценки эффективности информационных моделей дискретно-аналоговых форм представления сообщений на светодиодной шкале // Системи управління, навігації та зв'язку, 2013, випуск 4(28) – С. 50-58.
27. *Standard Handbook for Electrical Engineers, Seventeenth Edition*. S. Santoso, H. Wayne Beaty. McGraw Hill Professional, 2018. 1633p.
28. Елементна база дискретних шкальних індикаторів / Турукало А.В. // Інформаційні технології в соціокультурній сфері, освіті та економіці : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. / М-во культури України; Київ. нац. ун-т культури і мистецтв.– Київ : Видавничий центр КНУКіМ, 2019. – с.178-180.
29. LED Solutions: High Brightness LEDs, Indicators and Displays // Selection guide. Broadcom Inc. – 2019. – P. 118-123.
30. Optoelectronic Components 2019-2021: Through-hole display // Selection guide. Kingbright Electronic Co. – 2019. – P. 39-41.
31. Ревич Ю. В. Занимательная электроника. — 4-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2017. — 640 с.

32. *Light-Emitting Diodes (3rd Edition)*. E. Fred Schubert. E. Fred Schubert, 2018. 672p.
33. *Light-Emitting Diode: An Outlook On the Empirical Features and Its Recent Technological Advancements*. J. Thirumalai. Books on Demand, 2018. 268p.
34. *Recent Development in Optoelectronic Devices*. R. Srivastava. Books on Demand, 2018. 242p.
35. *Semiconductor Packaging: Materials Interaction and Reliability*. A.Chen, R. Hsiao-Yu Lo. CRC Press, 2016. 216p.
36. Электроника: логические микросхемы, усилители и датчики для начинающих. Пер. с англ. -СПб.: БХВ-Петербург, 2015. - 448 с.
37. Юшин А.М. Оптоэлектронные приборы и их зарубежные аналоги Т. 3 / – М.: РадиоСофт, 2013. - 509 с.
38. Nagoorkani A. Microprocessors and Microcontrollers / A. Nagoorkani. – [S. l.]: Mc Graw Hill India, 2017.
39. Мікроконтролери для систем індикації / Турукало А.В.// Інформаційні технології – 2021: VIII Всеукраїнська науково-практична конференція молодих науковців, 20 трав. 2021 р., м.Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2021. – 233 с.
40. *Semiconductor Glossary: A Resource For Semiconductor Community (Second Edition)*. J. Ruzyllo. World Scientific, 2016. 264p.
41. *LED Lighting: Technology and Perception*. T. Q. Khan, P. Vodrogi, Q. T. Vinh, H. Winkler. John Wiley & Sons, 2015. 520p.
42. Фугелова, Т. А. Инженерная психология: учебное пособие для вузов / Т. А. Фугелова. — 2-е изд., испр. и доп. — М: Издательство Юрайт, 2019. — 316 с.
43. *Power Supplies for LED Driving*. S.Winder. Newnes, 2016. 320p.
44. Апаратно-програмна реалізація дискретно-аналогової шкальної індикації/ Турукало А.В., Бушма О.В. // Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. / М-во освіти і науки України; М-во культури

України; Київ. нац. ун-т культури і мистецтв.–Ч.1. – Київ : Видавничий центр КНУКіМ, 2019. – Ч.2. – с. 214-217.

45. *Lighting Design Basics*. M.Karlen, C.Spangler, J. R. Benya. John Wiley & Sons, 2017. 272p.

46. *Embedded Systems Fundamentals with ARM Cortex-M Based Microcontrollers: A Practical Approach*. Alexander G. Dean. ARM Education Media, 2017. 292p.

47. Электроника и схемотехника в 2 ч. Часть 2. / О. П. Новожилов. — М: Издательство Юрайт, 2018. — 382 с.

48. *Man–Machine–Environment System Engineering: Proceedings of the 17th International Conference on MMESE*. S.Long, Balbir S. Dhillon. Springer, 2018. 849p.

49. Шкальна індикація в автоматизованих та вбудованих системах / Турукало А.В. // Інформаційні технології – 2020: зб. тез VII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих науковців, 21 трав. 2020 р. – К. : Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2020. – 210 с. ISSN: 2664-2638.

50. *Human-Computer Interaction and Cybersecurity Handbook*. A.Moallem. CRC Press, 2018. 422p.

51. *New Directions in Third Wave Human-Computer Interaction: Vol 1 – Technologies*. M.Filimowicz, V.Tzankova Springer, 2018. 284p.

52. *The Wiley Handbook of Human Computer Interaction Set*. K.Norman, J.Kirakowski. John Wiley & Sons, 2017. 1040p.

53. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка. Том 1: Учебно-практическое пособие / Федоров Ю. Н. – М.: Инфра-Инженерия, 2018. - 448 с.

54. Інформаційні моделі у шкальних індикаторах / Турукало А.В. // Інформаційні технології – 2019: зб. тез VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих науковців, 16 трав. 2019 р., м. Київ / Київ. ун-т ім. Б. Грінченка; Відповід. за вип.: М.М.Астаф'єва, Д.М. Бодненко, О.М. Глушак,

Г.А. Кучаковська, О.С. Литвин, В.В.Прошкін.– К. : Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2019. – с. 166-168.

55. *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics: Vol 2.* D.Harris. Routledge, 2017. 488p.

56. *Handbook of Digital Human Modeling: Research for Applied Ergonomics and Human Factors Engineering.* Vincent G. Duffy. CRC Press, 2016. 1006p.

57. Психология труда: учебное пособие / Е.А. Пырьев. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 458 с.

58. Психология труда / В. А. Толочек. - 3-е изд., доп. - СПб.: Питер, 2020. - 480 с.

59. Гигиена труда. В 2 ч. Ч.1./ И.Г.Зорина, В.Д.Соколов – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2020. – 309с.

60. Общая психология в 3х тт. Том 2. Познавательные процессы и психические состояния / Р. С. Немов. — 6-е изд. — М.: Издательство Юрайт, 2015. — 1007 с.

61. Современные технологии промышленной автоматизации. / О.В.Шишов –М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015 – 368с.

62. Радиотехнические системы: основы теории. / В. Ш. Берикашвили. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 205 с.

63. Bushma A. V. Information security for optoelectronic ergatic system // Semiconductor physics, Quantum Electronics and Optoelectronics. - 2010. - Vol. 13, № 2. - P. 170-172.

64. Бушма А. В. Системное представление средств отображения информации на дискретных индикаторах // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. - 2008. - № 6. - С. 24-28.

65. Технология конструкционных электротехнических материалов: учебное пособие. В 2-х кн. /П.В.Горелов. [и др.] – 3-е изд. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015 – 239 с.

66. *Handbook of Optoelectronics: Enabling Technologies (Vol.2)*. John P. Dakin, Robert G. W. Brown. CRC Press, 2018. 705p.
67. Схемотехника аналого-цифровых преобразователей. Учебное издание
М.: ТЕХНОСФЕРА, 2014. – 288 с.
68. Теория электрических цепей в 2 ч. Часть 2. / В. А. Ляшев, Н. И. Мережин, В. П. Попов. — 7-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2018. — 323 с.
69. Руководство по микропрограммному обеспечению / под ред. Дж. Ганссала; пер. с англ. А.О.Семенкович. – М.: ДМК Пресс, 2016 – 408с.
70. Электроизмерения: учебник для СПО / В.Ю. Шишмарёв, В.И.Шанин. 3-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 336 с.
71. Основы теории цифровой обработки сигналов: Учебное пособие. Издание пятое, исправленное и дополненное / Умняшкин С.В. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2019. – 550 с.
72. Основы схемотехники микросистемных устройств / Белоус А.И., Емельянов В.А., Турцевич А.С. М.:Техносфера, – 2015. - 485 с.
73. *Printed Circuits Handbook, Seventh Edition*. Clyde F. Coombs, H. Holden. McGraw Hill Professional, 2016. 1504p.
74. Програмна реалізація двотактної логіко-часової інформаційної моделі шкальної індикації у вбудованих системах/ Бушма О.В., Турукало А.В.
// Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні 2019: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 15–16 травня 2019 року.
75. Бушма А.В., Ярцев В.П. Оценка эргономических характеристик шкальных индикаторов с различными формами представления информации // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2005. – № 1. – С. 56 – 63.

76. Алгоритм програмної реалізації шкального відображення даних на світлодіодах, з'єднаних матрицею / Турукало А.В.// XI Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта 2020», 10-11 листопада 2020 року, НУБіП України, Київ. – С 184-185. (електронне видання)
77. Оптоэлектронные элементы и устройства систем специального назначения: учебное пособие / В. Н. Легкий. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014.— 479 с.
78. Цифровые устройства и микропроцессоры / Микушин А.В., Сажнев А.М., Сединин В.И. СПб, БХВ-Петербург, 2014. – 312 с.
79. Self D. Small Signal Audio Design / Douglas Self. – [S. l.]: Taylor & Francis Group, 2020. – 746 p.
80. Lamothe A. J. Mastering Digital Electronics / Andre J. Lamothe. – [S. l.]: Prentice Hall Ptr, 2005.
81. Bishop O. N. Electronics: Circuits and systems / O. N. Bishop. – 4th ed. – Amsterdam: Newnes, 2011. – 370 p.
82. Platt C. Encyclopedia of Electronic Components Volume 2: LEDs, LCDs, Audio, Thyristors, Digital Logic, and Amplification / Charles Platt, Fredrik Jansson. – [S. l.]: Make, 2014. – 320 p.
83. A. V. Bushma and A. V. Turukalo. “Software controlling the LED bar graph displays” Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics, vol. 23, no. 3, pp. 329–335, Sep. 2020. Accessed: May 9, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.15407/spqeo23.03.329>
84. Універсальний світлодіодний шкальний індикаторний пристрій на основі апаратно-програмної логіки / Турукало А.В., Павленко Я.О. // Збірник тез конференції молодих вчених з фізики напівпровідників «Лашкарьовські читання» з міжнародною участю, Київ, 3-5 квітня 2019 року, Україна. – с. 77-78
85. Програмний перетворювач кодів шкальної індикації / Турукало А.В., Бушма О.В. // IX Міжн. наук.-практ. конф. "Глобальні та регіональні

проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні 2021", 13-14 травня 2021. – К.:НУБіП. – 2021. – С. 76-78.

86. Перетворення інформації код-символ у шкальних індикаторних пристроях/ Турукало А.В.// XII Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта 2021», 11-12 листопада 2021 року, НУБіП України, Київ. – С 200-201. (електронне видання).

87. Основи технічної електроніки : у двох кн. : підруч. для студ. вищ. техн. навч. закл. – Київ : Вища шк., 2007. – Т. 2 : Схемотехніка/Бойко В.І., Гуржій А.М., Жуйков В.Я., Зорі А.А., В.М. Співак та ін. – 510 с.

88. Reliability improvement for integrated thin film bar graph display devices/ Turukalo A.V., Bushma A.V. // XVII International Conference Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems. Materials. / Ed.by Prof. Prokopiv V.V. – Iv.-Frankivsk: Publisher Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, 2019.

89. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 113339. Комп'ютерна програма «Дискретно-аналоговий індикатор десятковий двотактний ДАІ-10.2.1» / А. В. Турукало, О. В. Бушма (Україна). Зареєстр. 16.06.2022. Опубл. 29.07.2022, Бюл. № 71.

90. Програмна реалізація збудження світлодіодної матриці у шкальних індикаторах/Турукало А.В., Павленко Я.О. // Збірник тез конференції молодих вчених з фізики напівпровідників «Лашкарьовські читання» з міжнародною участю, Київ, 3-5 квітня 2019 року, Україна. – с. 80-81 (електронне видання).

91. Lenk R. Practical Lighting Design with LEDs / Ron Lenk, Carol Lenk. – [S. l.]: Wiley & Sons, Incorporated, John, 2017. – 304 p.

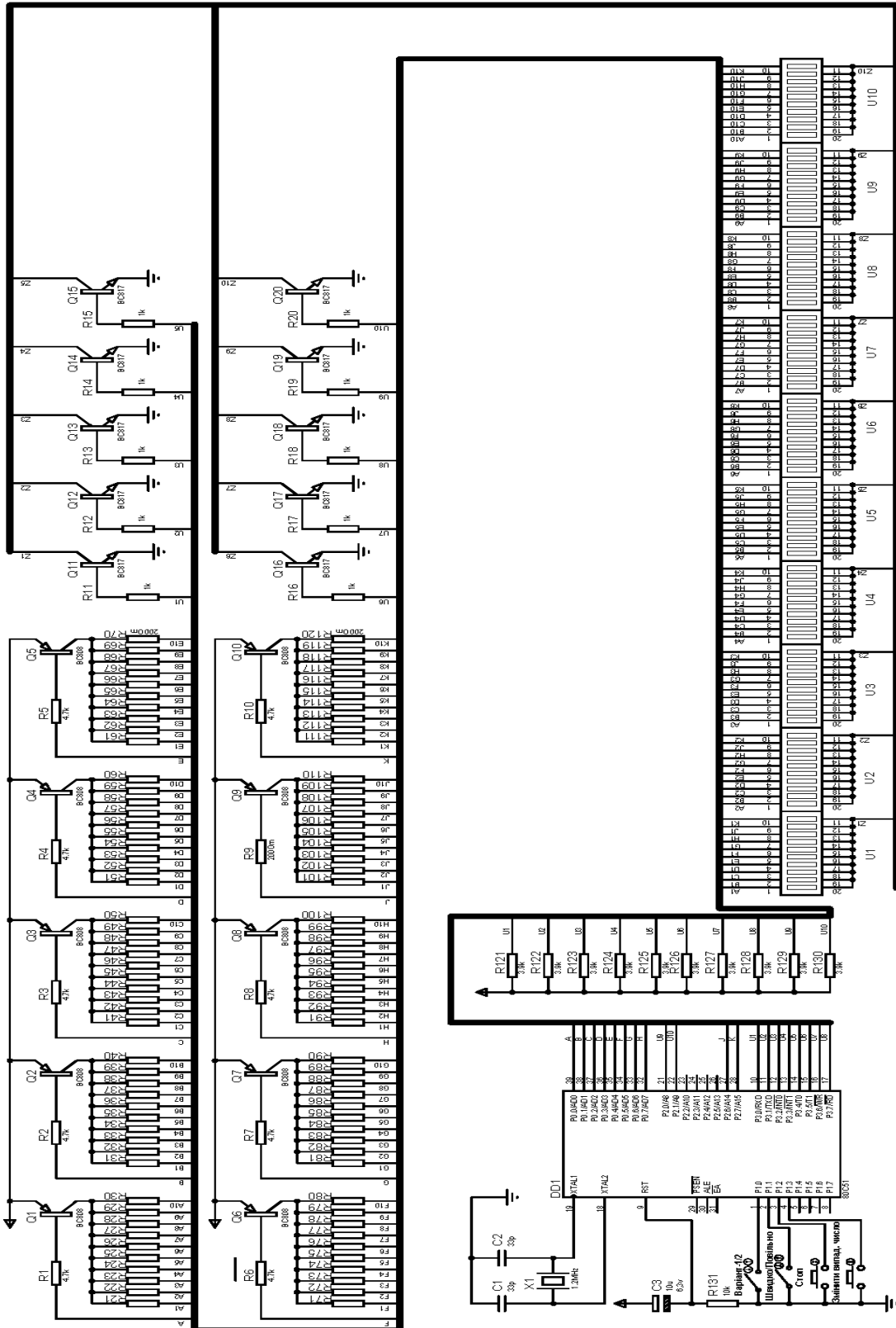
92. Мобільні цифрові засоби екологічного моніторингу міста / Турукало А.В., Бушма О.В.// Економіка, фінанси та управління сучасним містом : можливості, проблеми, перспективи : зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., 11 квітня 2019 р. – К.: КУБГ, 2019. – с. 66-68.

93. Bushma A. V. Information security for optoelectronic ergatic system [Електронний ресурс] / A. V. Bushma // Semiconductor physics, quantum electronics and optoelectronics. – 2010. – Т. 13, № 2. – С. 170–172. – Режим доступу: <https://doi.org/10.15407/spqeo13.02.170>
94. Electrical and Electronic Devices, Circuits, and Materials / ed. by S. L. Tripathi, P. A. Alvi, U. Subramaniam. – [S. l.]: Wiley, 2021. – Mode of access: <https://doi.org/10.1002/9781119755104>
95. White E. Making Embedded Systems: Design Patterns for Great Software / Elecia White. – [S. l.]: O'Reilly Media, Incorporated, 2011. – 330 p.
96. Bryant R. Computer systems: A programmer's perspective / Randal Bryant. – 2nd ed. – Boston: Prentice Hall, 2011. – 1043 p.
97. Shah R. Embedded Programming Using Intel 8051/ Raj Shah. – [S. l.]: AMS Publishing, 2005. – 285 p.
98. Advances in Computer Science, Environment, Ecoinformatics, and Education [Electronic resource] / ed. by S. Lin, X. Huang. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011. – Mode of access: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-23321-0>
99. Програмна реалізація двотактних інформаційних моделей у вбудованих системах/Турукало А.В., Бушма О.В. // Матеріали VIII Міжн. наук.-практ. конф. "Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні 2020", 14-15 травня 2020. – К.:НУБіП. – 2020.
100. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 113340. Комп'ютерна програма «Дискретно-аналоговий індикатор десятковий двотактний ДАІ-10.2.2» / А. В. Турукало, О. В. Бушма (Україна). Зареєстр. 16.06.2022. Опубл. 29.07.2022, Бюл. № 71.
101. Morton T. D. Embedded Microcontrollers / Todd D. Morton. – [S. l.]: Prentice Hall, 2001. – 694 p.
102. Automotive microcontrollers. – Warrendale, PA: SAE International, 2008. – 443 p.

103. Kumar M. S. Microprocessors and Microcontrollers, 2Ed / M. Saravanan N. Senthil Kumar. – [S. 1.]: OXFORD UNIVERSITY PRESS, 2016.
104. Microcontrollers in Practice [Electronic resource]. – Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. – Mode of access: <https://doi.org/10.1007/3-540-28308-0>
105. T V. Practical Electronics: 8085 Microprocessor & 8051 Microcontroller Laboratory Manual / Veeramanikandasamy T, Balamurugan A. – [S. 1.] : Independently Published, 2019. – 221 p.
106. Bushma O.; Turukalo A. «Оцінка параметрів програмної реалізації шкального відображення даних». Кібербезпека: освіта, наука, техніка 2022, 4, 142-158. Accessed: August 02, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2022.16.142158>

ДОДАТКИ

Принципова схема апаратної платформи зі шкалою зі 100 світлодіодів, з'єднаних матрицею 10x10, для експерименту з тестування програм та оцінки їх параметрів



Програмний код узагальненого обробника переривання

```

CSEG AT 0
USING 0
JMP INIZ
;-----
t0ISR:
  ORG 0Bh
  CLR TCON.4
  CLR TF0
  JNB P1.2,Ext
  MOV P0,#0xFF
  MOV P2,#0xFC
  MOV P3,#0x00
  JB P1.3,Dal
  SETB Takt
  MOV Zik1,#0x00
  LJMP Ext;
Dal:CPL Takt
  JB Takt,Tt2
  MOV A,Zik1
  JNZ Tt0;
  LCALL Random
Tt0:MOV A,Zik1
  ADD A,#0x01;
  MOV Zik1,A
  SUBB A,#0x3C
  JC Tt1;
  MOV Zik1,#0
Tt1:LCALL Takt1
  LJMP Ext;
Tt2:LCALL Takt2
  LJMP Ext;
Ext:LCALL TIM
  RETI;
;-----
INIZ:
  MOV Zik1,#0x00
  SETB Takt
  MOV P2,#0xFC
  MOV P3,#0x00
  MOV P0,#0xFF
  MOV P1,#0xFF
  MOV TMOD, #1h
  SETB ET0

```

```
    SETB EA
    LCALL TIM
;-----
MAIN:
    NOP;
    NOP;
    NOP;
    JMP MAIN
;-----
TIM:
    MOV TH0, #0xF9
    MOV TL0, #0x7E
    MOV TL0, #0xEB
;-----
    JB P1.1, KK
    MOV TH0, #0x3C
    MOV TL0, #0xB0
KK:  SETB TCON.4
    RET;
```




Акти впровадження

Погоджено

Проректор з науково-педагогічної
роботи та розвитку

 Сергій КВАША

« » _____

р.

« » _____

Затверджую

Проректор з наукової роботи
та інноваційної діяльності

 Валерія КОНДРАТЮК

р.

А К Т

 про впровадження/використання результатів
дисертаційної роботи у навчальний процес

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи на
тему:

«Дискретні шкальні засоби індикації вбудованих систем», що представлена
на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні
науки, виконаної Турукало Андрієм Валерійовичем, було впроваджено у
навчальну програму при викладанні дисципліни «Системи комп'ютерного
еколого-економічного моніторингу» на кафедрі комп'ютерних наук у
підготовці фахівців ОС «Бакалавр» у Національному університеті
біоресурсів і природокористування України.

 Декан факультету
інформаційних технологій



Олена ГЛАЗУНОВА

 Завідувач кафедри
комп'ютерних наук



Белла ГОЛУБ

ВИКОНАВЧИЙ ОРГАН КИЇВСЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ
(КИЇВСЬКА МІСЬКА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ)

**КИЇВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ БОРИСА ГРІНЧЕНКА**

Вул. Бульварно-Кудрявська, 18/2, м. Київ,
Україна, 04053, тел./факс: +380 44 272-19-02
kubg.edu.ua, e-mail: kubg@kubg.edu.ua
ЄДРПОУ 02136554



EXECUTIVE BODY OF KYIV CITY COUNCIL
(KYIV CITY STATE ADMINISTRATION)

**BORYS GRINCHENKO
KYIV UNIVERSITY**

18/2 Bulvarno-Kudriavska St., Kyiv,
Ukraine, 04053, tel./fax: +380 44 272-19-02
kubg.edu.ua, e-mail: kubg@kubg.edu.ua

07.09.2022 № 88-Н

На № _____ від _____

АКТ

**про впровадження результатів дисертації
Турукала Андрія Валерійовича
на тему «Дискретні шкальні засоби індикації вбудованих систем»
на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки**

Результати дисертації А.В. Турукала, аспіранта кафедри комп'ютерних наук Факультету інформаційних технологій Національного університету біоресурсів і природокористування України, протягом 2020-2022 років впроваджено в освітній процес підготовки здобувачів вищої освіти на другому (магістерському) рівні за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки (освітня програма 122.00.02 Інформаційно-аналітичні системи) Факультету інформаційних технологій та математики Київського університету імені Бориса Грінченка.

При викладанні фахової обов'язкової дисципліни «Комп'ютерні системи URBAN-моніторингу» та підготовці здобувачами вищої освіти магістерських робіт використовувалися розроблені А.В. Турукалом принципи побудови апаратно-програмних засобів для мобільних систем моніторингу та практичні рекомендації щодо створення програмного забезпечення оптимізованої підсистеми виводу інформації у вбудованих системах, що є актуальним як для освітнього процесу, так і для створення власних розробок магістрантами.

У процесі впровадження результатів дослідження А.В. Турукала відзначено, що перевагою використання запропонованих принципів побудови апаратно-програмних засобів моніторингу об'єктів є те, що магістранти ознайомилися не лише з сучасними методами розробки комп'ютерних систем на основі мікроконтролерів, а й отримали практичні рекомендації щодо їх застосування при реалізації власних проєктів. Теоретичні висновки та практичні результати дослідження отримали позитивні відгуки щодо доцільності їх використання у процесі підготовки майбутніх ІТ-фахівців. Використання запропонованих у дисертації підходів для вирішення практико-орієнтованих проєктних завдань на сучасній технічній базі продемонструвало позитивні результати та підвищений рівень зацікавленості студентів.

Результати впровадження дослідження А.В. Турукала було обговорено і затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних наук Факультету інформаційних технологій та математики Київського університету імені Бориса Грінченка (протокол № 1 від 01.09.2022) та рекомендовано до подальшого використання в освітньому процесі підготовки фахівців з розробки інформаційно-аналітичних систем.

Проректор з наукової роботи
доктор філологічних наук, професор



Наталія ВІННИКОВА

ДНІПРОВСЬКА РАЙОННА В МІСТІ КИЄВІ ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
УПРАВЛІННЯ ОСВІТИ
Спеціалізована школа ІІ-ІІІ ступеня №325 „Щастя”
пр-т. Р. Шухевича 22-Б, місто Київ, 02183, тел. (063) 319 83 01
E-mail: Shast_ye325@ukr.net код ЄДРПОУ 25761846

02.09.2022 № 01-18/68

А К Т

про впровадження/використання результатів дисертаційної роботи у навчальний процес

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи на тему:
«Дискретні шкальні засоби індикації вбудованих систем», що представлена на
здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки,
виконаної Турукало Андрієм Валерійовичем, було впроваджено у навчальну
програму при викладанні предмету «Технологія створення електронних
пристроїв» для учнів 9 класів спеціалізованої школи ІІ-ІІІ ступеня №325
«Щастя» м. Києва.

Директор



Володимир ПАНАСЮК

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

**Статті у наукових фахових виданнях України,
включених до міжнародних наукометричних баз даних:**

1. A. V. Bushma and **A. V. Turukalo**. “Software controlling the LED bar graph displays” *Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics*, vol. 23, no. 3, pp. 329–335, Sep. 2020. Accessed: September 23, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.15407/spqeo23.03.329> *(Здобувачем здійснено формування оптимізованого підходу до практичної програмної реалізації надійної інформаційної моделі для представлення даних на багатоелементних світлодіодних шкальних засобів відображення інформації та мінімізації ресурсів мікроконтролера.)*

Статті у наукових фахових виданнях України:

2. Bushma O.; **Turukalo A.** «Багатоелементні шкальні індикаторні пристрої у вбудованих системах.» *Кібербезпека: освіта, наука, техніка* 2021, 3, 43-60. Accessed: May 9, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2021.11.4360>

(Здобувачем визначено шляхи підвищення надійності та достовірності передачі інформації в ергатичній системі для вбудованого застосування у мобільних технічних засобах.)

3. Bushma O.; **Turukalo A.** «Оцінка параметрів програмної реалізації шкального відображення даних». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка* 2022, 4, 142-158. Accessed: August 02, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2022.16.142158>

(Здобувачем здійснено аналіз споживання ресурсів мікроконтролера для синтезу шкального дискретно-аналогового відображення даних на світлодіодному інформаційному полі в двотактному режимі.)

Тези наукових доповідей:

4. Універсальний світлодіодний шкальний індикаторний пристрій на основі апаратно-програмної логіки / **Турукало А.В.**, Павленко Я.О. // Збірник тез конференції молодих вчених з фізики напівпровідників «Лашкарьовські читання» з міжнародною участю, Київ, 3-5 квітня 2019 року, Україна. – с. 77-78 (електронне видання). *(Здобувачем продемонстровано пристрій шкального подання інформації на основі мікроконтролера, призначеного для обслуговування світлодіодного індикатора класу точності 1.0.).*

5. Програмна реалізація збудження світлодіодної матриці у шкальних індикаторах/Турукало А.В., Павленко Я.О. // Збірник тез конференції молодих вчених з фізики напівпровідників «Лашкарьовські читання» з міжнародною участю, Київ, 3-5 квітня 2019 року, Україна. – с. 80-81 (електронне видання). *(Здобувачем розроблений алгоритм реалізації адитивної інформаційної моделі у пристроях відображення даних на основі мікроконтролера).*

6. Мобільні цифрові засоби екологічного моніторингу міста / Турукало А.В., Бушма О.В.// Економіка, фінанси та управління сучасним містом : можливості, проблеми, перспективи : зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., 11 квітня 2019 р. – К.: КУБГ, 2019. – с. 66-68. *(Здобувачем визначено функціональні особливості будови надійних, компактних та економічних мобільних цифрових апаратно-програмних засобів для вимірювання параметрів та накопичення даних про стан навколишнього середовища).*

7. Елементна база дискретних шкальних індикаторів / Турукало А.В. // Інформаційні технології в соціокультурній сфері, освіті та економіці : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. / М-во культури України; Київ. нац. ун-т культури і мистецтв.– Київ : Видавничий центр КНУКіМ, 2019. – с.178-180. *(Здобувачем визначено в роботі найбільш*

ефективні шляхи побудови шкальних засобів відображення інформації, включаючи визначення критичних параметрів індикаторів та принципів їх використання).

8. Апаратно-програмна реалізація дискретно-аналогової шкальної індикації/ Турукало А.В., Бушма О.В. // Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. / М-во освіти і науки України; М-во культури України; Київ. нац. ун-т культури і мистецтв.–Ч.1. – Київ : Видавничий центр КНУКіМ, 2019. – Ч.2. – с. 214-217. *(Здобувачем визначено функціональні особливості будови шкальних засобів відображення інформації на базі мікроконтролера з використанням двотактної інформаційної моделі).*

9. Інформаційні моделі у шкальних індикаторах / Турукало А.В. // Інформаційні технології – 2019: зб. тез VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих науковців, 16 трав. 2019 р., м. Київ / Київ. ун-т ім. Б. Грінченка; Відповід. за вип.: М.М.Астаф'єва, Д.М. Бодненко, О.М. Глушак, Г.А. Кучаковська, О.С. Литвин, В.В.Прошкін.– К. : Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2019. – с. 166-168. *(Здобувачем проведено дослідження і вибір інформаційної моделі для використання в пристроях відображення даних з високою дискретністю).*

10. Програмна реалізація двотактної логіко-часової інформаційної моделі шкальної індикації у вбудованих системах/ Бушма О.В., Турукало А.В. // Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні 2019: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 15–16 травня 2019 року. *(Здобувачем розроблено алгоритм програми синтезу шкального відліку на пристрої відображення даних з матричним з'єднанням елементів у вбудованих системах на однокристальних мікроконтролерах).*

11. Reliability improvement for integrated thin film bar graph display devices/ Turukalo A.V.,Bushma A.V. // XVII International Conference Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems. Materials. / Ed.by Prof. Prokopiv V.V.

– Iv.-Frankivsk: Publisher Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, 2019. *(Здобувачем показані шляхи створення надійного інтегрованого пристрою відображення інформації на основі шкальних засобах відображення інформації, який керується мікроконтролером).*

12. Підвищення надійності елементів дискретно аналогових структур / Турукало А.В. // X Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта 2019», 13-14 листопада 2019 року, НУБіП України, Київ. – С 187-188. (електронне видання). *(Здобувачем в роботі було визначено найбільш вагомі параметри, які впливають на надійнісні параметри апаратно-програмної платформи інформаційної технології обробки даних пристроїв та знайдено шляхи підвищення надійності пристрою в цілому).*

13. Програмна реалізація двотактних інформаційних моделей у вбудованих системах/Турукало А.В., Бушма О.В. // Матеріали VIII Міжн. наук.-практ. конф. "Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні 2020", 14-15 травня 2020. – К.:НУБіП. – 2020. *(Здобувачем сформовано узагальнений підхід до програмної реалізації двотактних інформаційних моделей у шкальних засобах відображення інформації).*

14. Шкальна індикація в автоматизованих та вбудованих системах / Турукало А.В. // Інформаційні технології – 2020: зб. тез VII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих науковців, 21 трав. 2020 р. – К. : Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2020. – 210 с. ISSN: 2664-2638. *(Здобувачем сформовано узагальнений підхід до програмної реалізації двотактних інформаційних моделей у шкальних засобах відображення інформації).*

15. Алгоритм програмної реалізації шкального відображення даних на світлодіодах, з'єднаних матрицею / Турукало А.В. // XI Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта 2020», 10-11 листопада 2020 року, НУБіП України, Київ. – С 184-185. (електронне видання). *(Здобувачем обґрунтовано доцільність*

використання інформаційної технології обробки даних у вбудованих системах на основі шкального синтезу даних в складних виробничих автоматизованих пристроях і вбудованих системах).

16. Надійнісні параметри вбудованих систем / Турукало А.В.// IV Всеукраїнська науково-практична інтернет конференція студентів і аспірантів «Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем 2021», 29 квітня 2021 року, НУБіП України, Київ. – С. 62-63. (електронне видання). *(Здобувачем були визначені основні критерії, які впливають на надійнісні параметри вбудованих систем та вибір оптимального способу відображення інформації).*

17. Мікроконтролери для систем індикації / Турукало А.В.// Інформаційні технології – 2021: VIII Всеукраїнська науково-практична конференція молодих науковців, 20 трав. 2021 р., м.Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2021. – 233 с. *(Здобувачем висвітлено оптимальний підбір мікроконтролерів для систем індикації та управління).*

18. Програмний перетворювач кодів шкальної індикації / Турукало А.В., Бушма О.В. // IX Міжн. наук.-практ. конф. "Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні 2021", 13-14 травня 2021. – К.:НУБіП. – 2021. – С. 76-78. *(Здобувачем показані шляхи оптимізації будови програмних перетворювачів кодів для шкального виводу інформації у технічних засобах на основі мікроконтролера).*

19. Перетворення інформації код-символ у шкальних індикаторних пристроях/ Турукало А.В.// XII Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта 2021», 11-12 листопада 2021 року, НУБіП України, Київ. – С 200-201. (електронне видання). *(Здобувачем визначено основні способи кодування інформації у шкальних засобах відображення інформації, які підвищують надійність передачі й обробки інформації та спрощують пристрій в цілому).*

Свідоцтва про авторське право:

20. А.с. №113339 «Укрпатент», Комп'ютерна програма «Дискретно-аналоговий індикатор десятковий двотактний ДАІ-10.2.1» [Текст] / А. В. Турукало, О. В. Бушма (Україна).; зареєстр. 16.06.2022 ; опубл. 29.07.2022, Бюл. № 71.

21. А.с. №113340 «Укрпатент», Комп'ютерна програма «Дискретно-аналоговий індикатор десятковий двотактний ДАІ-10.2.2» [Текст] / А. В. Турукало, О. В. Бушма (Україна).; зареєстр. 16.06.2022 ; опубл. 29.07.2022, Бюл. № 71.