

Е. А. Белых¹, М.Э. Скоробогатов¹

¹ *Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Россия*

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ОГНЯМИ СВЕТОФОРА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Аннотация. Используемые светофоры на железнодорожном транспорте в настоящий момент имеют существенный недостаток – большую жильность кабеля, соединяющего его с постом электрической централизации при малой информативности передаваемых через него сообщений. Поэтому для снижения стоимости оборудования станций устройствами автоматики и телемеханики требуется разработка и применение новых технических средств, исключающих указанные недостатки.

В данной статье предлагается решение для снижения указанных недостатков, построенное на базе микроконтроллера.

Ключевые слова: схема управления огнями светофора, протоколы передачи данных, Arduino, светофорная сигнализация, движение поездов

Е. А. Belykh¹, M.E. Skorobogatov¹

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia

DEVICE FOR MONITORING AND CONTROL OF TRAFFIC LIGHTS AT RAILWAY STATION USING MICROCONTROLLERS

Abstract. The traffic lights used in railway transport at the moment have a significant drawback - a large core of the cable connecting it to the electric interlocking post with low information content of the messages transmitted through it. Therefore, in order to reduce the cost of equipping stations with automation and telemechanics devices, it is necessary to develop and use new technical means that eliminate these shortcomings.

This article proposes a solution to reduce these shortcomings, built on the basis of a microcontroller.

Keywords: traffic light control circuit, data communication protocols, Arduino, traffic light signaling, train traffic

Введение

Светофор является неотъемлемой частью сигнализации на железнодорожном транспорте, так как он сигналами своих огней передаёт приказы машинисту об организации движения на ограждаемом им участке пути [1, 2]. Для включения соответствующего сигнала на светофоре, а также для контроля целостности нитей ламп применяется схема управления огнями светофора [3]. Существующие схемные решения предусматривают использование сигнально-блокировочных кабелей большой жильности (до 10-12 пар у входных светофоров), длина которых может достигать несколько километров. Указанные характеристики кабельной сети светофоров способствуют удорожанию проектов оборудования станций устройствами железнодорожной автоматики и телемеханики [4, 5].

Обзор существующих схемных решений для управления светофорами

В отличие от локомотивных светофоров, которые управляются с помощью устройств автоматической локомотивной сигнализации [6-9], управление напольными светофорами на станции, как правило, осуществляется с поста электрической централизации (ЭЦ). В кабельную сеть светофоров включают цепи выходных, маршрутных и маневровых светофоров; релейных шкафов входных светофоров и шкафов переездной сигнализации. В релейный шкаф входного светофора входят цепи управления и контроля входными светофорами, питания шкафа, увязки устройств ЭЦ с системами интервального регулирования движения поездов [2].

В настоящее время применяется сигнально-блокировочный кабель, имеющий медные токопроводящие жилы диаметром 0,9 мм, сечением 0,636 мм², сопротивлением 28,8 Ом/км при 20° С.

С увеличением сигнальных показаний светофоров увеличивается жильность кабеля, связывающего его с постом ЭЦ. Так, в маршрутно-релейной централизации МРЦН-10 для управления и контроля маневровым светофором необходимо 5 жил кабеля (3 основных и 2 запасных), а для входного светофора, расположенного на участке с высокоскоростным движением требуется кабель с жильностью не менее 31 (25 основных и 6 запасных). В случае применения микропроцессорной централизации стрелок и сигналов, например МПЦ-И, количество жил кабеля не изменяется.

Для линзовых светофоров применяют лампы с одной нитью накаливания ЖС 12-15 и ЖС 12-25 напряжением 12 В, мощностью 15 или 25 Вт, а также двухнитевые лампы ЖС12-15+15 и ЖС12-25+25 напряжением 12 В, мощностью 15 или 25 Вт.

В мачтовых светофорах могут применяться светодиодные модули двух типов: СЖДМ 1 или СССМ 200-1. Светодиодные модули мачтового светофора СЖДМ 1 предназначены для использования в железнодорожных системах механической блокировки, в железнодорожных светофорах электрической централизации и на подъездных путях промышленных предприятий. В качестве источника света в указанных модулях используются высокоэффективные светоизлучающие диоды, что позволяет снизить энергопотребление и обеспечить длительный срок службы. Светооптические системы светодиодные мачтового железнодорожного светофора СССМ 200-1, поставляемые на сеть железных дорог Российской Федерации, предназначены для установки в современный корпус мачтового светофора вместо линзового комплекта с лампами накаливания. СССМ 200-1 применяются в децентрализованных системах автоблокировки числового кода с трехзначной сигнализацией. В конструкции СССМ используются специально сконструированные светодиоды с линзой Френеля, что позволяет обеспечить оптическую видимость сигнала светофора как в ближней, так и в дальней зонах без применения специальных отклоняющих линз.

Алгоритм работы разработанного устройства

В проекте в качестве микроконтроллеров были использованы Atmega238p (Arduino) [10, 12]. Разработанное устройство строится на базе двух микроконтроллеров: один устанавливается на посту электрической централизации, а второй – в непосредственной близости около светофора.

Блок-схема алгоритма работы микроконтроллера, управляющего огнями светофора на примере одного огня представлена на рисунке 1. Условие X1 проверяет правильность замкнутых секций в маршруте, условие X2 контролирует состояние рельсовой цепи, условие X3 учитывает задание маршрута по отклонению на стрелочных переводах, условие Y1 проверяет целостность нити накаливания лампы светофора. Выходам блок-схемы соответствуют следующие состояния лампы светофора: S1 – не горит, S2 – горит, S3 – мигает. Указанные состояния лампы описываются следующими уравнениями алгебры логики:

$$\begin{cases} S1 = \overline{X1} \vee X2 \vee \overline{Y1} \\ S2 = X1 \wedge \overline{X2} \wedge X3 \wedge Y1 \\ S3 = X1 \wedge \overline{X2} \wedge \overline{X3} \wedge Y1 \end{cases}$$

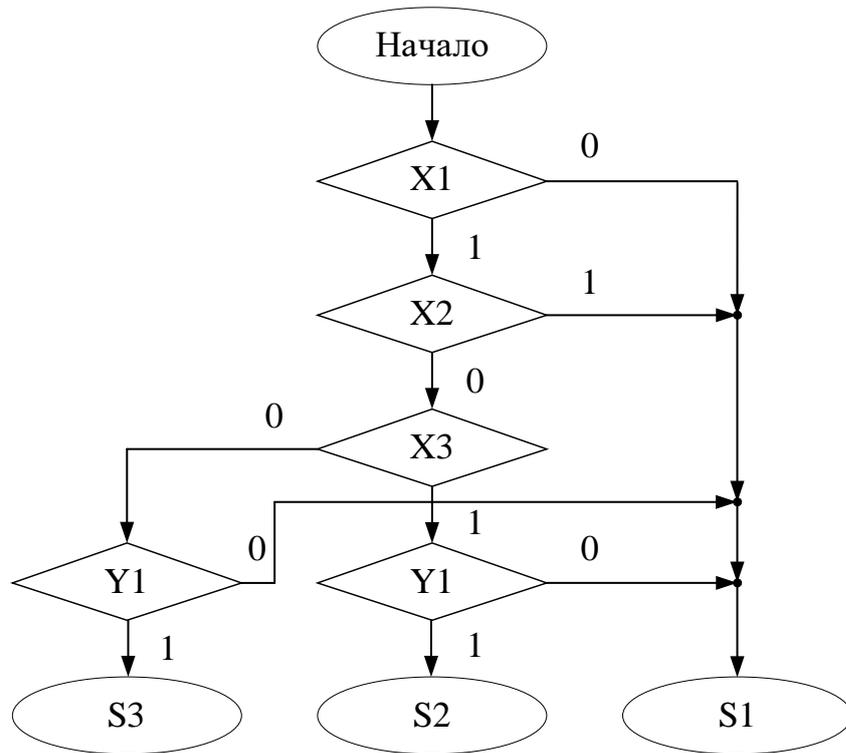


Рис 1. Блок-схема алгоритма работы

Описание работы разработанного устройства

Для организации связи Ардуино может поддерживать несколько протоколов передачи данных: I2C, SPI, UART. Принципиальная схема устройства указана на рисунке 2.

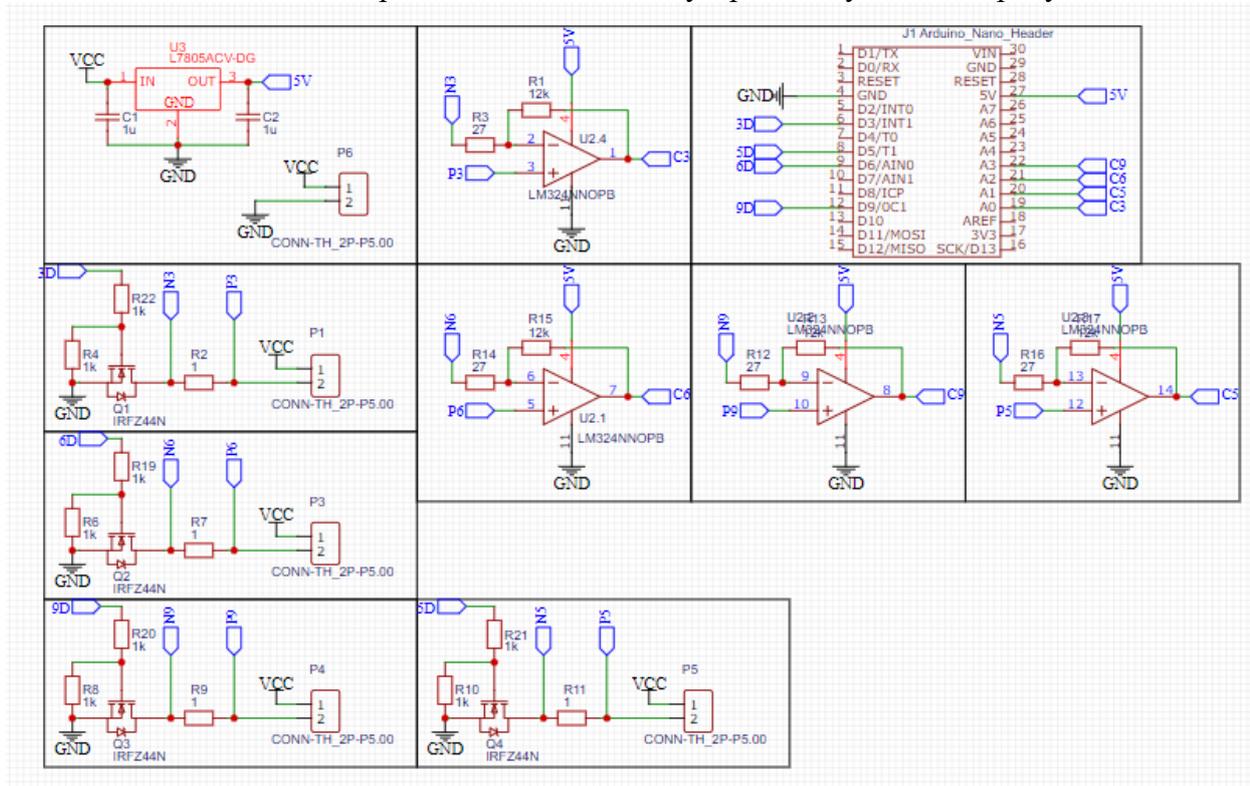


Рис 2. Принципиальная схема системы управления огнями светофора

Протоколы I2C и SPI предназначены для меж платной передачи данных в пределах одного устройства, дальность уверенного обмена данными этих протоколов составляет несколько метров. Протокол UART, в свою очередь, обладает преимуществом, заключающемся в отсутствии общего тактового сигнала приёмника и передатчика [13-15].

Для связи между микроконтроллерами поста ЭЦ и управления огнями светофора использовался протокол RS-485, которому для передачи данных необходимо всего 2 провода витой пары, что решает поставленный вопрос о снижении количества жил кабеля. Дальность передачи данных протокола RS-485 может достигать 1200м (и до 32 устройств), но передача может осуществляться только в полудуплексном режиме. Соответственно, микроконтроллер поста ЭЦ необходимо назначить master, а внешние устройства – slave. Slave в режиме покоя будут находиться в ожидании информации, master будут передавать данные и запрашивать ответ для обновления информации о состояниях внешних устройств. Помехозащищённость данного протокола обеспечивается за счет контроля не уровня напряжения, а его полярности. Master будет хранить в себе параметры, определяющие режим работы светофора, а также состояние самого светофора.

Для реализации функции контроля целостности нити накаливания ламп входного светофора в существующих схемах используется огневое реле типа О2-0,7/150, которое включается последовательно. Лампы разрешающих и лунно-белого огня контролируются при включении соответствующего огня, а исправность основной и резервной нитей красного огня проверяется и в холодном состоянии. Соответственно, в разработанном устройстве в связи с отсутствием указанного реле, а также из-за использования микроконтроллера задача стояла следующим образом: ток, протекающий в цепи лампы необходимо было преобразовать в напряжение уровнем не выше 5 вольт и подать на аналоговый вход микроконтроллера. Решения с использованием датчиков на основе эффекта Холла оказались неэффективными из-за низкой точности. Поэтому для контроля целостности нити лампы в её цепь последовательно был подключен резистор сопротивлением 1 Ом, падение напряжения на котором пропорционально силе тока, протекающего через него. N-канальный полевой транзистор, типа IRFZ44N, в разработанном устройстве предназначен для управления лампой.

Заключение

Проверка разработанного устройства показала, что он справился со своей задачей по управлению сигналами светофора с контролем целостности нити накаливания.

Практическая значимость от внедрения разработанного устройства состоит в том, что его применение позволит сократить затраты на оборудование светофоров схемами управления. Кроме того, использование микроконтроллеров позволяет обеспечить более полную унифицированность при реконструкции инфраструктуры участков железных дорог.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации (Приказ Минтранса России от 23.06.2022 N 250). - М.: ЦЕНТРМАГ, 2022. - 524 с.
2. Техническая эксплуатация устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики / В. В. Сапожников, Л. И. Борисенко, А. А. Прокофьев, А. И. Каменев. – Москва : Издательство Маршрут, 2003. – 336 с. – ISBN 5-89035-087-0. – EDN UNBCRN.
3. История сигналов на железнодорожном транспорте / С. А. Лунев, С. В. Гришечко, С. В. Власенко, С. А. Сушков // Автоматика, связь, информатика. – 2022. – № 4. – С. 27-32. – DOI 10.34649/AT.2022.4.4.006. – EDN KJXVSD.
4. Пузина, Е. Ю. Оценка эффективности энергосберегающих мероприятий на предприятиях электротехнической промышленности / Е. Ю. Пузина, Д. Б. Сарапульцев // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 21–24 апреля 2020 года. Том 1. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2020. – С. 267-271. – EDN GKBNFT.
5. Пузина, Е. Ю. Внедрение энергосберегающих мероприятий в районах электрических сетей / Е. Ю. Пузина // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири : Материалы Всероссийской научно-

- 15 практической конференции с международным участием, Иркутск, 20–24 апреля 2021 года. Том 1. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2021. – С. 344-348. – EDN QXICJS.
6. Пультяков, А. В. Комплексные решения по повышению устойчивости работы устройств автоматической локомотивной сигнализации на участках с электротягой переменного тока / А. В. Пультяков, Ю. А. Трофимов, М. Э. Скоробогатов // . – 2015. – Т. 1. – С. 328-332. – EDN UNWJAR.
7. Оценка эффективности локомотивного цифрового фильтра АЛСН при помощи полунатурных измерений / М. Э. Скоробогатов, А. В. Пультяков, В. В. Демьянов, В. А. Алексеенко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 1(81). – С. 62-69. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_1_62. – EDN НКUSLR.
8. Методика определения порогового значения отношения сигнал/помеха для систем автоматической локомотивной сигнализации / В. В. Демьянов, А. В. Пультяков, М. Э. Скоробогатов, В. А. Алексеенко // Автоматика на транспорте. – 2020. – Т. 6, № 2. – С. 149-164. – DOI 10.20295/2412-9186-2020-6-2-149-164. – EDN UXTRQX.
9. Скоробогатов, М. Э. Узкополосный цифровой фильтр для выделения сигналов АЛСН в условиях действия интенсивных помех / М. Э. Скоробогатов // Транспорт Урала. – 2019. – № 4(63). – С. 20-27. – DOI 10.20291/1815-9400-2019-4-20-27. – EDN NMFMBD.
10. Алисвьяк, А. А. Создание универсальной микроконтроллерной платформы - основы систем дистанционного мониторинга данных и управления / А. А. Алисвьяк, Д. Ю. Новиков, Ю. Н. Новиков // НЕДЕЛЯ НАУКИ ИФНиТ : сборник материалов Всероссийской конференции, Санкт-Петербург, 16–20 ноября 2020 года. – Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2020. – С. 44-47. – EDN BHA VBO.
11. Ковганов, З. В. Устройство и принцип работы микроконтроллера / З. В. Ковганов // Электроэнергетика и электротехника : Материалы 78-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Минск, 25–27 апреля 2022 года. – Минск: Белорусский национальный технический университет, 2022. – С. 181-182. – EDN CPDXEM.
12. Пультяков, А. В. Организация передачи и вывода данных удаленного контроля параметров устройств СЦБ / А. В. Пультяков, Ю. А. Сивакова // Молодая наука Сибири. – 2020. – № 3(9). – С. 95-101. – EDN LQHCR1.
13. Сети передачи данных для мониторинга объектов инфраструктуры / Г. Ф. Насонов, Г. В. Осадчий, Д. В. Ефанов, Д. В. Седых // Автоматика, связь, информатика. – 2017. – № 2. – С. 5-8. – EDN YIBZPV.
14. Артапов, М. М. Проблемы защищенности соединения в интернете вещей и способы их решения / М. М. Артапов // Проблемы автоматизации. Региональное управление. Связь и акустика : Сборник трудов XI Всероссийской научной конференции и молодежного научного форума, Геленджик, 01–03 ноября 2022 года / Сост. Ю.Б. Щемелева, С.В. Кирильчик, А.Я. Номерчук. – Ростов-на-Дону - Таганрог: Южный федеральный университет, 2022. – С. 157-162. – EDN EJPVRZ.
15. Fujiwara E. Code Design for Dependable Systems: Theory and Practical Applications / E. Fujiwara. - New York: John Wiley & Sons, 2006. - 720 p.

REFERENCES

1. Railway Operating Rules (Order of the Ministry of Transport of Russia dated June 23, 2022 N 250). - M.: CENTRMAG, 2022. - 524 p.
2. Technical operation of devices and systems of railway automation and remote control / V. V. Sapozhnikov, L. I. Borisenko, A. A. Prokofiev, A. I. Kamenev. - Moscow: Marshrut Publishing House, 2003. - 336 p. – ISBN 5-89035-087-0. – EDN UHBCRH.
3. History of signals in railway transport / S. A. Lunev, S. V. Grishechko, S. V. Vlasenko, S. A. Sushkov // Automation, communication, informatics. - 2022. - No. 4. - S. 27-32. – DOI 10.34649/AT.2022.4.4.006. – EDN KJXVSD.

4. Puzina, E. Yu. Evaluation of the effectiveness of energy-saving measures at the enterprises of the electrical industry
5. / E. Yu. Puzina, D. B. Sarapultsev // Improving the efficiency of production and energy use in Siberia: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, Irkutsk, April 21–24, 2020. Volume 1. - Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University, 2020. - P. 267-271. – EDN GKBHFT.
6. Pulyakov, A. V., Trofimov, Yu. A., Skorobogatov, M. E. Complex solutions for improving the stability of the operation of automatic locomotive signaling devices in areas with AC electric traction / A. V. Pulyakov, Yu. A. Trofimov, M. E. Skorobogatov // . - 2015. - Т. 1. - S. 328-332. – EDN UNWJAP.
7. Skorobogatov M. E., Pulyakov A. V., Demyanov V. V., Alekseenko V. A. Evaluation of the efficiency of the locomotive digital filter ALSN using semi-natural measurements // Bulletin of the Rostov State Transport University. - 2021. - No. 1 (81). - S. 62-69. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_1_62. – EDN HKUSLR.
8. Demyanov V. V., Pulyakov A. V., Skorobogatov M. E., Alekseenko V. A. Method of threshold determination of signal-to-noise ratio for automatic cab signaling systems// Transport automation research. - 2020. - V. 6, No. 2. - S. 149-164. – DOI 10.20295/2412-9186-2020-6-2-149-164. – EDN UXTQRX.
9. Skorobogatov, M. E. Narrow-band digital filter for separating ALSN signals under conditions of intense interference / M. E. Skorobogatov // Transport of the Urals. - 2019. - No. 4 (63). - S. 20-27. – DOI 10.20291/1815-9400-2019-4-20-27. – EDN NMFMBD.
10. Alisvyak, A. A. Creation of a universal microcontroller platform - the basis of remote data monitoring and control systems / A. A. Alisvyak, D. Yu. Novikov, Yu. Petersburg, November 16–20, 2020. - St. Petersburg: Polytech-Press, 2020. - P. 44-47. – EDN BHAVBO.
11. Kovganov, Z. V. The device and principle of operation of the microcontroller / Z. V. Kovganov // Power engineering and electrical engineering: Proceedings of the 78th scientific and technical conference of students and graduate students, Minsk, April 25–27, 2022. - Minsk: Belarusian National Technical University, 2022. - P. 181-182. – EDN CPDXEM.
12. Pulyakov, A. V. Organization of transmission and output of data for remote control of parameters of signaling devices / A. V. Pulyakov, Yu. A. Sivakova // Young Science of Siberia. - 2020. - No. 3(9). - S. 95-101. – EDN LQHCRI.
13. Nasonov G. F., Osadchiy G. V., Efanov D. V., Sedykh D. V. Data transmission networks for monitoring infrastructure facilities // Automation, communication, informatics. - 2017. - No. 2. - P. 5-8. – EDN YIBZPV.
14. Artapov, M. M. Problems of connection security in the Internet of things and ways to solve them / M. M. Artapov // Problems of automation. Regional management. Communication and acoustics: Proceedings of the XI All-Russian Scientific Conference and Youth Scientific Forum, Gelendzhik, November 01–03, 2022 / Comp. Yu.B. Schemeleva, S.V. Kirilchik, A.Ya. Numberchuk. - Rostov-on-Don - Taganrog: Southern Federal University, 2022. - P. 157-162. – EDN EJPVRZ.
15. Fujiwara E. Code Design for Dependable Systems: Theory and Practical Applications / E. Fujiwara. - New York: John Wiley & Sons, 2006. - 720 p.

Информация об авторах

Егор Александрович Бельх – студент группы СОД.2-18-1, Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск, e-mail: Eg.belih2016@gmail.com

Максим Эдуардович Скоробогатов – к. т. н., доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь», Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск, e-mail: Skor_maxim@mail.ru

Author information

Egor Aleksandrovich Belykh – student group SOD.2-18.1, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: Eg.belih2016@gmail.com

Maxim Eduardovich Skorobogatov – Ph.D. in Engineering Sciences, Associate Professor Department of Automation, Remote Control and Communication. Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: Skor_maxim@mail.ru

Для цитирования

Белых Е.А., Скоробогатов М.Э. Устройство контроля и управления огнями светофора на железнодорожной станции с применением микроконтроллеров // «Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами»: электрон. науч. журн. – 2023. – №1(17). – С.11-17– DOI: 10.26731/2658-3704.2023.1(17).11-17 – Режим доступа: <http://ismm-irgups.ru/toma/117-2023>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 31.03.2023)

For citations

Belykh E.A., Skorobogatov M.E. Device for monitoring and control of traffic lights at railway station using microcontrollers // *Informacionnyye tehnologii i matematicheskoe modelirovanie v upravlenii slozhnymi sistemami: elektronnyj nauchnyj zhurnal* [Information technology and mathematical modeling in the management of complex systems: electronic scientific journal], 2023. No. 1(17). P. 11-17. DOI: 10.26731/2658-3704.2023.1(17).11-17 [Accessed 31/03/23]