

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică
Departament Informatica și Ingineria Sistemelor

Admis la susținere

Șef departament:

conf. univ., dr. V. Sudacevschi

„_” _____ 2024

SISTEM PENTRU MONITORIZAREA CALITĂȚII ENERGIEI ELECTRICE

Teză de master

Student:

**Tofan Dumitru,
gr. CRI-221M**

Conducător:

**Emilian Guțuleac,
prof. univ, dr.hab.**

Chișinău, 2024

ADNOTARE

În proiectul de diplomă a fost dezvoltat un sistem pentru monitorizarea calității energiei electrice. Acest proiect a fost elaborat de student al grupului CRI-221M, Tofan Dumitru, Universitatea Tehnică din Moldova. Proiectul include o introducere, trei capitole, concluzii, o bibliografie din 63 de surse și 32 figuri.

Cuvinte cheie: *software, monitorizare, energie electrică, microcontroler.*

Scopul proiectului de diplomă este dezvoltarea unui sistem de monitorizare a calității energiei electrice. Soluțiile existente necesită costuri economice foarte mari pentru implementare.

În această lucrare analizează soluțiile de monitorizare existente și evidențiază problemele și cerințele de sistem. Teza include selecția echipamentelor optime și dezvoltarea software-ului. Rezultatul execuției este un sistem capabil să monitorizeze, să analizeze și să documenteze continuu parametrii energetici. Experimentele efectuate au confirmat eficacitatea sistemului în diferite scenarii de utilizare. Sistemul dezvoltat are potențialul de aplicare largă în industrie și în alte domenii în care asigurarea unei energiei electrice de înaltă calitate este o prioritate.

Energie electrică joacă un rol cheie în societatea modernă și în economie, furnizând energie pentru iluminat, transport, industrie și consumul casnic. Importanța sa nu poate fi exagerată, deoarece formează baza pentru multe aspecte ale vieții noastre de zi cu zi. Cu toate acestea, în ciuda tuturor beneficiilor, energie electrică reprezintă și un pericol dacă nu sunt respectate măsurile de siguranță.

ABSTRACT

In the diploma project, a power quality monitoring system was developed. This project was developed by student of the CRI-221M group, Dumitru Tofan, Technical University of Moldova. The project includes an introduction, three chapters, conclusions, a bibliography from 63 sources and 32 figures.

Keywords: *software, monitoring, electricity, microcontroller.*

The objective of the diploma project is to develop a system for monitoring the quality of electricity. Existing solutions require very high economic costs for implementation.

The work provides a review of existing monitoring solutions, highlighting problems and system requirements. The graduate work includes the selection of optimal equipment and software development. The result of execution is a system capable of continuously monitoring, analyzing and documenting energy parameters. The experiments carried out confirmed the effectiveness of the system in various use scenarios. The developed system has the potential for wide application in industry and other areas where ensuring high quality power is a priority.

Electricity plays a key role in modern society and the economy, providing energy for lighting, transport, industry and home consumption. Its importance cannot be overstated, as it forms the basis for many aspects of our daily lives. However, despite all the benefits, electricity also poses a danger if safety precautions are not followed.

АННОТАЦИЯ

В дипломном проекте была разработана система мониторинга качества электроэнергии. Данный проект был разработан студентом группы CRI-221M, Тофаном Думитру, Технический Университет Молдовы. Дипломная работа включает в себя введение, три главы, выводы, библиографию из 63 наименований источников литературы и 32 фигур.

Ключевые слова: программное обеспечение, мониторинг, электроэнергия, микроконтроллер.

Цель дипломного проекта - разработка системы мониторинга качества электроэнергии. Существующие решения требуют очень высокие экономические затраты для внедрения.

В работе осуществлен обзор существующих решений для мониторинга, выделены проблемы и требования к системе. Дипломная работа включает выбор оптимального оборудования и разработку программных средств. Результатом выполнения является система, способная непрерывно отслеживать, анализировать и документировать параметры электроэнергии. Проведенные эксперименты подтвердили эффективность системы в различных сценариях использования. Разработанная система имеет потенциал для широкого применения в промышленности и других областях, где обеспечение высокого качества электроэнергии является приоритетом.

Электроэнергия играет ключевую роль в современном обществе и экономике, предоставляя энергию для освещения, транспорта, промышленности и домашнего потребления. Ее важность трудно переоценить, так как она является основой для многих аспектов нашей повседневной жизни. Однако, при всей пользе, электроэнергия также представляет опасность при несоблюдении техники безопасности.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ И РЕШЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	10
1.1 Обоснование, принципы электрификации строений и производств	11
1.2 Способы электрификации строений и производств	15
1.3 Принципы и способы прокладки проводов	19
1.4 Основные понятия и параметры для контроля системы мониторинга качества электроэнергии	20
1.5 Существующие системы мониторинга качества электроэнергии	24
2 МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	30
2.1 Существующие датчики и методы измерений	32
2.1.1 Измерение напряжения	32
2.1.2 Измерение тока	34
2.1.3 Измерение частоты	38
2.2 Существующие дисплеи для визуализации данных	41
2.3. Способы реагирования на отклонения	42
2.4. Существующие микроконтроллеры	44
2.5 Среды разработки IDE	45
2.6. Существующие программы для симуляции схемы	46
2.7 Существующие технологии и решения для веб-интерфейса	47
2.8 Способы хранения информации	48
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ	52
3.1 Выбор микроконтроллера	52
3.2 Выбор датчиков	54
3.1.1 Модуль для напряжения ZMPT101B	56
3.1.2 Модуль для измерения тока ACS712	57
3.1.3 Измерение частоты с помощью частотомера микроконтроллера	60
3.3 Отображение данных на дисплее	61
3.4 Среда разработки Arduino IDE и создание алгоритма программы	63
3.5 Определение программы симуляции электрической схемы	65
3.6 Построение принципиальной электрической схемы	66
ВЫВОДЫ	68
БИБЛИОГРАФИЯ	69
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	73

ВВЕДЕНИЕ

Современное общество невозможно представить без надежного и качественного электроснабжения. Электроэнергия является жизненно важным ресурсом в современном обществе для функционирования промышленных предприятий, жилищных комплексов и общественных учреждений. Однако, чтобы обеспечить стабильность и надежность электроснабжения, необходимо не только производить электроэнергию, но и контролировать ее качество.

Качество электроэнергии является важным аспектом в современной энергетике. Системы мониторинга качества электроэнергии стали неотъемлемой частью обеспечения надежности и безопасности электроснабжения в различных сферах деятельности, начиная с домашних потребителей и заканчивая крупными промышленными предприятиями. От качества электроэнергии зависят производительность оборудования, безопасность, энергосбережение и экологические аспекты электроэнергетики. Качество электроэнергии оценивается по ряду параметров таких, как напряжение, частота, ток, стабильность и другие показатели. Интерес к теме обусловлен рядом факторов, таких как стремление к энергосбережению, расширение использования возобновляемых источников энергии, цифровая трансформация энергетической инфраструктуры, а также растущие требования к экологической безопасности и эффективности использования ресурсов.

Контроль и анализ качества электроэнергии имеет критическое значение для обеспечения надежности работы электрооборудования, сохранности данных и предотвращения финансовых потерь. Электрические аномалии, такие как перенапряжения, перегрузки, обрыв фазы могут привести к серьезным последствиям, включая выход из строя оборудования, потерю производительности и пожары. Контроль качества электроэнергии стал обязательным компонентом в сферах, где энергетическая надежность имеет первостепенное значение, таких как больницы, финансовые учреждения, инфраструктура и многие другие.

Ключевые задачи систем мониторинга качества электроэнергии включают в себя непрерывный мониторинг и анализ электрических параметров, а также реакцию на аномалии. С помощью этих систем можно осуществлять сбор данных, их анализ и управление оборудованием, обеспечивая стабильность и надежность работы системы электроснабжения. Важным аспектом является возможность автоматической реакции на аномалии, например, отключение нагрузки при обнаружении перенапряжения или

перегрузки. Это способствует предотвращению повреждений оборудования и обеспечению безопасности.

Мониторинг качества электроэнергии не ограничивается только реакцией на аномалии. Эффективное управление энергопотреблением и оптимизация процессов требуют постоянного анализа и сбора данных. Микроконтроллерные системы могут помочь в оптимизации потребления электроэнергии, включая управление нагрузками и улучшение коэффициента мощности.

С ростом интереса к возобновляемым источникам энергии, таким как солнечные и ветровые установки, мониторинг качества электроэнергии становится необходимым для интеграции таких источников в существующую электросеть, что требует тщательного контроля и согласования энергетических параметров, чтобы избежать воздействия на качество электроэнергии.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. ABABII, V., SUDACEVSCHI, V., MUNTEANU, S., ALEXEI, V., MELNIC, R., TURCAN, A., STRUNA, V., Cognitive Distributed Computing System Based on Temporal Logic. *Proceedings of Workshop on Intelligent Information Systems WIIS-2021, October 14-15, 2021*, Chisinau, Republic of Moldova, pp. 16-25, ISBN: 978-9975-68-415-6.
2. ABABII V., SUDACEVSCHI V., BRANISTE R., TURCAN A., ABABII C., MUNTEANU S., Adaptive computing system for distributed process control. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies. Vol. 22, No 2, September 2020*, pp. 258-264. ISSN 2509-0119.
3. ABABII V., SUDACEVSCHI V., MUNTEANU S., TURCAN A., BOROZAN O., Decision-Making Support System for Quality Smart City Services. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies. Vol. 39, No 1, June 2023*, pp. 450-456. ISSN 2509-0119. (Impact Factor: ICV = 79.77; SJIF = 6.662; IFSIJ = 7.625; IJIFM = 7.36), DOI: 10.52155/ijpsat.v39.1
4. TURCAN, A.; ABABII, V.; SUDACEVSHI, V.; MELNIC, R.; ALEXEI, V.; MUNTEANU, S.; ABABII, C. Smart City Services based on Spatial – Temporal Logic. *Journal of Engineering Science 2022, 29 (3)*, pp. 78-85, ISSN: 2587-3474 / E-ISSN: 2587-3482, [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(3\).07](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(3).07).
5. V. ABABII, V. SUDACEVSCHI, A. TURCAN, R. MELNIC, V. CARBUNE, I. COJUHARI, Multi-Objective Decision Making System Based on Spatial-Temporal Logics. *Proceedings of the 24th International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS-2023), 24-26 May, 2023, Bucharest, Romania, pp. 6-10*, DOI: 10.1109/CSCS59211.2023.00010, (<https://ieeexplore.ieee.org/document/10214749>).
6. V. ABABII, V. SUDACEVSCHI, S. MUNTEANU, V. CARBUNE, R. MELNIC, V. LASCO. Synthesis of Agent-Based Decision-Making Systems with Multiple Coalitions. *Proceedings of the 14th IEEE International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN 2023) October 11-13, 2023, Craiova, România, pp. 1-5*, Publisher IEEE Xplore, DOI: 10.1109/SIELMEN59038.2023.10290825, (<https://ieeexplore.ieee.org/document/10290825>).
7. O. Borozan, C. Ababii, N. Roșca, I. Lungu. The Use of Emotions in Speech to Control Exceptional Situation in Robotic Systems, *Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference „Information Technologies and Automation-2023”, October 19-20, 2023, Odessa, Ukraine, pp. 313-315*.
8. O. BOROZAN. *Safety System for Robotic Processes Based on Voice Emotion Recognition, In Proceedings of Workshop on Intelligent Information Systems: WIIS-2023, October 19-21, 2023, Chișinău, pp. 55-61, ISBN: 978-9975-68-492-7*.
9. Управление качеством электроэнергии: учебное пособие / У 677 И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов и др.; под ред. Ю.В. Шарова. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Издательский дом МЭИ, 2017, — 347 с . ISBN 978-5-383-01074-7.
10. Электрические системы и сети: Учеб. пособие. – М.: Университетская книга / Лыкин А.В.; Логос, 2008. – 254 с. ISBN 978-5-98704-055-8.
11. Cf.ppt-online: Рисунок. Классификация электросетей [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://cf.ppt-online.org/files1/slide/j/jMxmfzYUvyPZ0rW5QLpieqdAbH3K28hJ7IcTG96VD/slide-12.jpg>
12. Stroychik: Рисунок. Способы установки стойки для воздушного ввода электричества в дом [цитировано 07.09.2023]. Доступен: https://stroychik.ru/wp-content/uploads/2015/08/elektichestvo_v_derev_dom-1.jpg

13. Avatars.dzeninfra: Рисунок. Подключение к столбу электропередач воздушным способом [цитировано 07.09.2023]. Доступен: https://avatars.dzeninfra.ru/get-zen_doc/1654945/pub_5eaf5ed3260ca90dc3984a5e_5eaf5ed9d3478357e02f0d96/scale_2400
14. Svet202: Рисунок. Ввод электричества в дом со столба через трубостойку [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://svet202.ru/wp-content/uploads/vozdushnyj-sposob.jpg>
15. A1.domaalfa: Рисунок. Скрытая проводка кабеля [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://a1.domaalfa.ru/img/2047008/image.jpg>
16. Sun9-10: Рисунок. Открытая проводка кабеля [цитировано 07.09.2023]. Доступен: https://sun9-10.userapi.com/impf/-aTWzKcl1gN9OsqPphfmcinEYOX2Xs0goKl60w/SKK8zST-L1M.jpg?size=584x357&quality=96&sign=837ada8be597605ee9d30ec317505c03&c_uniq_tag=WpXety7fII23yR118Wp0PT7wuVRn_ypaMYD-OGxQhrg&type=album
17. Elektrik.info: Ретро проводка в деревянном доме, © 2009-2023 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://elektrik.info/main/electrodom/529-retro-provodka-v-derevyannom-dome.html>
18. Teoria circuitelor electrice și magnetice: Analiza circuitelor electrice liniare în regim periodic sinusoidal și nesinusoidal: Ciclul de prelegeri / Arhip Potâng; Univ. Tehn. a Moldovei, Fac. Energetică și Inginerie Electrică, Dep. Electroenergetică și Electrotehnică. – Chișinău: Tehnica-UTM, 2018. - 196 p.
19. Ru.wikipedia: Постоянный ток, © 2023 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: https://ru.wikipedia.org/wiki/Постоянный_ток
20. Ru.wikipedia: Переменный ток, © 2023 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: https://ru.wikipedia.org/wiki/Переменный_ток
21. Profgbo: Рисунок. Формы электрического тока [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://profgbo.ru/wp-content/uploads/9/7/a/97afbda30715f93ffd8b09bc2810ac78.jpeg>
22. Fluke 430-II user manual January 2012, rev.1 06/12 / Fluke Corporation, 2012. – 174 p.
23. Amperkin: Рисунок. Анализатор качества электроэнергии РМ8000 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://www.amperkin.ru/upload/iblock/cde/6ksejcluk2riiz0asysatfw5vy6iro63.jpeg>
24. Designworldonline: Eaton представляет будущее мониторинга качества электроэнергии с помощью PXQ, © 2023 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://www.designworldonline.com/eaton-unveils-the-future-of-power-quality-monitoring-with-pxq/>
25. Siemens-SICAM-Serisi-PQA-Genel-Katalog / Energy Management Division, Siemens AG 2017. -152 p.
26. New.abb: Качество электроэнергии, © 2023 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://new.abb.com/low-voltage/launches/power-quality>
27. Program-plc.blogspot: Emerson Power Monitoring, полный набор компонентов мониторинга электроэнергии, которые интегрированы с нашими системами управления оборудованием [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://program-plc.blogspot.com/2017/10/emerson-power-monitoring-complete-suite.html>
28. Мониторинг качества электроэнергии: монография / В. И. Бирюлин, Д. В. Куделина. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 144 с. ISBN 978-5-9729-1247-6.

29. Controlengrussia: Мониторинг электроэнергии в эпоху IoT, © 2023 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://controlengrussia.com/otraslevye-resheniya/e-lektroenergetika/monitoring-jelektroenergii/>
30. Web-технологии: от теории к практике: учеб. пособие / Е.В. Киргизова, А. В. Рубцов. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2018. – 160 с. ISBN 978-5-7638-3808-4.
31. Vitavision: Способы измерения напряжения, © 2023 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://vitavision.ru/sposoby-izmereniya-napryazeniya>
32. Электрические измерения (с лабораторными работами): Учебник для техникумов/Р. М. Демидова-Панферова, В. Н. Малиновский, В. С. Попов и др.; Под ред. В. Н. Малиновского. - М.: Энергоиздат, 1982. - 392 с.
33. Habr: Датчики и микроконтроллеры. Часть 3. Измеряем ток и напряжение, © 2006-2023 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://habr.com/ru/articles/260639/>
34. Uptkenargo: Рисунок. Измерительный шунт [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://uptkenargo.ru/wp-content/uploads/17f8e77ba9a14fdd9498c74b0cf72640.jpg>
35. Mera-tek: Рисунок. Токовый шунт типа ШСМ [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://mera-tek.ru/upload/iblock/00e/8w1co1k0lqwx3xlvk7mi7q9ls6nm7mf3.jpg>
36. Upload.wikimedia: Рисунок. Классификация электросетей [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/53/Hall-Effect-diagram.svg/1200px-Hall-Effect-diagram.svg.png>
37. Cf.ppt-online: Рисунок. Устройство датчика тока на эффекте Холла открытого типа [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://cf.ppt-online.org/files/slide/4/4X1VNLr5pBab3t9z0lWHy6RAkxwvY8JimQgFjK/slide-11.jpg>
38. Mirmarine: Рисунок. Устройство датчика тока на эффекте Холла компенсационного типа [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://mirmarine.net/images/Statyi/Elektrooborudovanie/Sudovaya-avtomatika/987-datchik-toka/ris-2.92.jpg>
39. Uptkenargo: Рисунок. Датчик тока на эффекте Холла [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://uptkenargo.ru/wp-content/uploads/f91cd76cba59489497c7505c0462f6b4.jpg>
40. Uptkenargo: Рисунок. Датчик тока Allegro ACS754 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://uptkenargo.ru/wp-content/uploads/f4ce566391be4473979550557a4d3b0e.jpg>
41. Трансформаторы тока/В. В. Афанасьев, Н. М. Адоньев, Т65 В. М. Кибель и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энерго-атомиздат. Ленингр. отд-ние, 1989. - 416 с.: ил. ISBN 5-283-04444-0.
42. I.pinimg: Рисунок. Пример подключения токового трансформатора к микроконтроллеру [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://i.pinimg.com/736x/b1/2c/d8/b12cd88b6e2aef7e30b35b173e712fa0.jpg>
43. Nfs-xgame: Способы измерения частоты напряжения, © 2023 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://nfs-xgame.ru/elektrika/sposoby-izmereniya-castoty-napryazeniya>
44. Электрические измерения: учебник для студ. сред. проф.образования / В. А. Панфилов. - 3-е изд., испр. - М. : Издательский центр «Академия», 2006. - 288 с. ISBN 5-7695-3536-9.
45. Жидкокристаллические дисплеи. Схемотехника, конструкция и применение / А. В. Самарин - М.: СОЛОН-Р, 2002. 304 с. - (Серия «Библиотека инженера»). ISBN 5-93455-178-7.

46. Электромагнитные малогабаритные р-еле / Ройзен В. З. - Л.: Энерго-атомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. - 252 с.
47. Elektrik.info: Что такое твердотельное реле и как его правильно использовать, © 2009-2023 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://elektrik.info/main/school/1537-cto-takoe-tverdotelnoe-rele-i-kak-ego-pravilno-ispolzovat.html>
48. Tech-geek: Какой микроконтроллер выбрать, © 2023 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://tech-geek.ru/choosing-microcontroller/>
49. Prog-cpp: Классификация и выбор микроконтроллеров, © 2023 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://prog-cpp.ru/select-micro/>
50. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров. Изд. 2-е, переработанное и дополненное./ Сост. Ю.А. Шпак- К.: "МК-Пресс", СПб.: "КОРОНА-ВЕК", 2011. - 544 с. ISBN 978-5-7931-0842-3, ISBN 978-966-8806 -67-4.
51. Разработка устройств на микроконтроллерах AVR: шагаем от «чайника» до профи /Белов А. В. СПб.: Наука и Техника, 2013. - 528 с. ISBN 978-5-94387-825-1.
52. Schem.net: САД-программы, © 1999-2023 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: https://cxem.net/software/soft_CAD.php
53. Разработка и отладка микропроцессорных устройств в виртуальной среде моделирования Proteus [Электронный ресурс]: метод. указания / сост. В. Г. Иоффе. - Самара.: Изд-во Самарского университета, 2017.- 93 с.
54. Создание веб-сайта от замысла до реализации / Панфилов К. - М.: ДМК Пресс, 2009. - 440 с. ISBN 978-5-94074-555-6.
55. Веб-самоделкин. Как самому создать сайт быстро и профессионально / А. А. Гладкий. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2020. - 266 с. ISBN 978-5-4499-1220-6.
56. Translated.turbopages: SD-карта, © 2023 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.52e9b98b-6597c09e-9694a043-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/SD_card
57. Nauchniestati: Все, что вам нужно знать о хранении информации: определение, методы и преимущества [цитировано 07.09.2023]. Доступен: https://nauchniestati.ru/spravka/hranenie-informaczii/#Способы_хранения_информации
58. Введение в системы баз данных, 8-е издание /Дейт, К. Дж. М.: Издательский дом "Вильямс", 2005. - 1328 с. ISBN 5-8459-0788-8.
59. Drive.google: Рисунок. Основные физические величины и формулы расчета [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://drive.google.com/file/d/1qR5SYdIzexlJeBchTb-xMLO9Cja8TKOQ/view>
60. Xn--18-6kcdusowgbt1a4b: Подключение датчика ZMPT101B к Arduino, © 2016-2023 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://xn--18-6kcdusowgbt1a4b.xn--p1ai/zmpt101b-arduino/>
61. 3d-diy: Датчик тока ACS712, © 2013-2023 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/datchik-toka-ac712/>
62. Chipenable: Частотомер на микроконтроллере, © 2023 [цитировано 07.09.2023]. Доступен: <https://chipenable.ru/index.php/item/88>
63. Simvolnyy_displey_lcd1602_datasheet / Waveshare. waveshare.com