

Режим работы	Кнопка энкодера	Установка	Значение по умолчанию, диапазон регулирования
Ручной	Отпущена	Относительная мощность p , %	90 % (0...98 % с шагом 5 %)
Автоматический	Отпущена	Верхний уровень температуры T_{\max} , °C	60 °C (+10...80 °C с шагом 5 °C)
	Нажата	Нижний уровень температуры T_{\min} , °C	20 °C (20...40 °C с шагом 5 °C)

Заключение. Разработанная система регулирования температуры нагревательного элемента, основанная на косвенном измерении температуры посредством мониторинга силы тока и сопротивления, демонстрирует высокую эффективность и универсальность. Она может быть полезна в широком спектре применений, где требуется управление температурой распределенных нагревательных устройств без использования датчика температуры. Устройство может эффективно применяться в тепличных хозяйствах, системах подогрева трубопроводов и производственных ёмкостей, для обустройства тёплых полов и других распределенных обогревательных установок. Использование микроконтроллера Arduino в сочетании с полупроводниковым реле и энкодером позволяет гибко настраивать температурные параметры, обеспечивая управление нагревом в режиме реального времени. Такое решение открывает новые возможности для создания энергоэффективных и компактных систем обогрева, соответствующих современным требованиям.

Список цитируемых источников

1. Калькулятор для расчета греющего кабеля. — URL: <https://minifermer.ru/raschet-moshchnosti-greyushchego-kabelya> (дата обращения: 19.09.2024).
2. Терморегулятор для теплого пола. — URL: <https://teploluxe24.com/kontakty> (дата обращения: 19.09.2024).
3. Заяц, А. Е. Электрические элементные нагреватели: пособие / А. Е. Заяц, В. С. Корко, Р. И. Кустова. — Минск : БГАТУ, 2011. — 180 с.
4. Тиристорные регуляторы МЕАНДР ТРМ-1, 2, 3 и др. — URL: <https://ekm.nt-rt.ru/catalog/tiristornye-regulatory> (дата обращения: 19.09.2024).
5. Minco Heat 12k: Carbon Fiber Heating Film. — URL: <https://www.minco-heatingcable.com/carbon-fiber-heating-film> (дата обращения: 24.04.2025).

УДК 621.317.7

И. В. Дубень, Е. И. Дулько, Е. А. Титов

*Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,
Барановичи, Республика Беларусь*

РАЗРАБОТКА МИЛЛИСЕКУНДОМЕРА НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Введение. В современной электронике и автоматизированных системах управление временными параметрами работы электрических цепей играет ключевую роль. От точности измерения длительности импульсов и интервалов зависят эффективность промышленного оборудования, безопасность энергетических сетей и корректность функционирования электронных устройств.

В прикладных задачах часто возникает необходимость достаточно точного измерения интервалов времени работы устройств в десятых, сотых и тысячных долях секунды. Традиционно для решения таких задач используются специализированные приборы — миллисекундомеры и хронометры. Однако их высокая стоимость и ограниченная гибкость делают их малодоступными для образовательных учреждений. Кроме того, большинство подобных устройств имеют закрытую архитектуру, что исключает возможность их модернизации или адаптации под специфические требования.

Например, в практике испытания и сертификации автоматических выключателей используется измеритель параметров реле ЧИ 2400, который предназначен для измерения временных параметров переключения контактов реле и может использоваться в качестве миллисекундомера с пределом измерения до 100 с и минимальной единицей младшего разряда 0,1 мс [1]. Однако для использования в качестве учебного оборудования возможности данного прибора являются излишними, к тому же его стоимость составляет свыше 2500 бел. руб.

Основная часть. Нами разработана конструкция и изготовлен универсальный миллисекундомер на базе микроконтроллера Arduino Nano, способный измерять время работы цепи постоянного и переменного тока с напряжением до 250 В. Возможности прибора позволяют использовать его в учебной практике для измерения времени срабатывания тепловых и электромагнитных расцепителей автоматических выключателей с точностью порядка 1 мс.

Выбор платформы Arduino Nano обусловлен ее доступностью, открытому программному обеспечению и модульности [2, 3]. Микроконтроллеры семейства Arduino широко применяются в проектах «сделай

сам» (DIY), образовательных программах и при прототипировании промышленных устройств благодаря поддержке разнообразных датчиков и интерфейсов. Тактовая частота 16 МГц обеспечивает разрешение времени до 0,0625 мкс, что позволяет достичь допустимой погрешности 0,001 с.

Электрическая схема миллисекундомера (рисунок 1) выполнена на основе делителя напряжения с галетным переключателем S2, которые обеспечивают выбор одного из трех режимов работы устройства — 5, 50 или 250 В. Делитель напряжения на резисторах R3, R4 и R5 снижает входной сигнал до уровня, безопасного для оптрона PC814, что позволяет устройству адаптироваться к различным напряжениям без риска повреждения оптопары и низковольтной цепи микроконтроллера.

Функцию индикации полярности подключения выполняют светодиоды HL1 и HL2, при этом свечение одного из них указывает на полярность подключения на постоянном токе, свечение обоих — наличие в первичной цепи устройства переменного тока. Гальваническая развязка реализована на основе оптрона PC814, который обеспечивает изоляцию между цепью нагрузки с напряжением до 250 В и низковольтной измерительной цепью с напряжением 5 В, что защищает микроконтроллер от перенапряжений и импульсных помех [4].

Принцип работы устройства заключается в следующем. При протекании тока через цепь нагрузки активирует светодиод оптрона PC814, а его фотоприемник передает сигнал на аналоговый пин A5 микроконтроллера Arduino Nano.

Обработка входного сигнала осуществляется в основном цикле программы (функция loop()). При изменении состояния входного пина, подключённого к оптрону, в коде обозначен как *Opto*, определяется начало или окончание работы электрической цепи. При снижении уровня сигнала на *LOW* фиксируется старт измерения с помощью функции millis(), устанавливается флаг работы таймера, а дальнейшее измерение времени ведётся путём накопления разницы между текущим временем и временем старта.

Во время активного состояния цепи происходит периодическое обновление и вывод промежуточных значений измеренного времени на семисегментный индикатор посредством интерфейса SPI, управляемого чипом MAX7219. Для визуальной индикации активного режима реализовано мигание символа “P”. По завершении работы цепи, сигнал на пине Opto возвращается в HIGH, вычисленное время окончательного измерения фиксируется и выводится на дисплей. Дополнительно предусмотрена возможность сброса измерений посредством нажатия кнопки, что приводит к обнулению таймера и обновлению состояния дисплея.

Для отображения результатов измерения — времени работы цепи — используется 8-разрядный семисегментный индикатор через интерфейс SPI, что позволяет сократить количество задействованных пинов микроконтроллера с 16 до 3. Это решение позволяет оптимизировать использование ресурсов и упрощает монтаж схемы.

Питание микроконтроллера постоянным током осуществляется от стабилизированного импульсного блока питания с выходным напряжением 5 В.

Как показали испытания, выбранная архитектура устройства и разработанное программное обеспечение гарантируют надежность, точность и безопасность работы устройства в заявленной диапазоне напряжений переменного и постоянного тока.

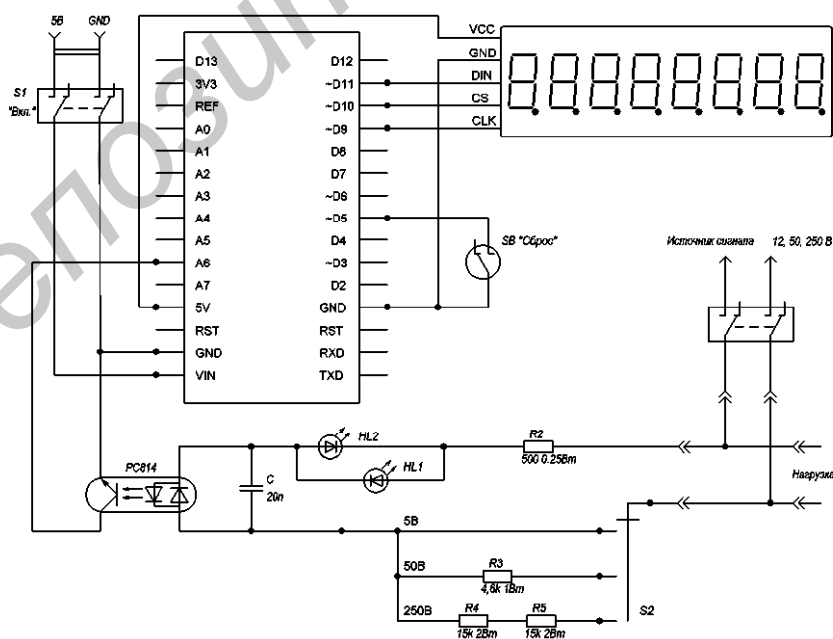


Рисунок 1 — Принципиальная электрическая схема универсального миллисекундомера на базе микроконтроллера Arduino Nano

Заключение. Разработанный миллисекундомер на базе Arduino Nano успешно решает задачу точного измерения времени работы электрических цепей в диапазоне от 0,001 до 1000 с с погрешностью $\pm 0,001$ с. Устройство демонстрирует надежность при работе с нагрузками до 250 В как переменного, так и постоянного тока, что подтверждено тестированием в условиях специализированного кабинета электропривода и оборудования университета.

Устройство применяется на практике в составе лабораторного стенда для исследования тепловых и электромагнитных расцепителей автоматических выключателей, а также устройства защитного отключения.

Таким образом, проект подтверждает, что микроконтроллеры Arduino Nano являются эффективным инструментом для создания недорогих, достаточно точных и адаптируемых измерительных систем. Разработанное устройство имеет значительно меньшую стоимость по сравнению промышленными аналогичными приборами, и становится экономически доступным для использования в учреждениях образования.

Список цитируемых источников

1. ЧИ2400 измеритель параметров реле миллисекундомер. — URL: <https://kip-expert.by/p107243028-chi2400-izmeritel-parametrov.-html> (дата обращения: 10.04.2025).
2. Петин, В. А. Микроконтроллеры Arduino : от азов до создания практических устройств / В. А. Петин. — М. : ДМК Пресс, 2021. — 384 с.
3. Официальная документация Arduino Nano. — URL: <https://docs.arduino.cc> (дата обращения: 10.04.2025).
4. Гальваническая развязка: принципы и применение. — URL: <https://example.com/galvanic-isolation> (дата обращения: 10.04.2025).

УДК 004.432

Н. С. Дубовик, Г. М. Раковцы
Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,
Барановичи, Республика Беларусь

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КОНТАКТАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

Введение. В условиях стремительного развития информационных технологий и цифровизации повседневной жизни управление контактами играет важную роль как в личной, так и в профессиональной сфере. Поддержание актуальной информации о людях, с которыми происходят взаимодействия, упорядочение данных и их структурирование становятся все более актуальными задачами. Это особенно важно для эффективного планирования времени и выполнения различных видов деятельности, таких как организация встреч, проведение деловых переговоров или поддержание связей с друзьями и родственниками. Поэтому наличие надежного и удобного приложения для управления контактами становится важным элементом организации рабочего процесса и личных дел.

В данной работе будет разработано приложение для управления контактами с использованием объектно-ориентированного подхода. Объектно-ориентированное программирование (ООП) — это парадигма, обеспечивающая существенные преимущества при разработке современных приложений [1]:

1. Модульность. Разбиение сложной системы на небольшие, независимые объекты упрощает понимание и отладку кода.
2. Инкапсуляция. Скрытие внутренних данных и методов объектов защищает их от случайных изменений и упрощает взаимодействие с ними через четко определенный интерфейс.
3. Наследование. Возможность создания новых классов на основе существующих позволяет повторно использовать код и избегать дублирования.
4. Полиморфизм. Возможность обработки объектов разных классов единообразно упрощает разработку гибких и расширяемых систем.

Для разработки приложения был выбран язык программирования C#. Он выделяется рядом преимуществ. К ним относятся: строгая типизация, обеспечивающая надежность и предотвращающая ошибки; объектно-ориентированная парадигма, упрощающая структуру и поддержку кода; автоматическое управление памятью (сборка мусора), освобождающее разработчиков от ручной работы; широкая поддержка от Microsoft, включающая документацию, инструменты и сообщество; и кроссплатформенность (.NET Core/.NET), позволяющая запускать приложения на Windows, Linux и macOS [2].

Visual Studio — отличный выбор для данной работы благодаря поддержке множества языков программирования, интуитивно понятному интерфейсу и мощным инструментам отладки. Она интегрируется с системами контроля версий, что упрощает совместную работу, и предлагает множество расширений для улучшения функциональности.

Основная часть. Приложение должно эффективно хранить и обрабатывать информацию о контактах, добавлять, редактировать и удалять записи, искать нужные данные, а также устанавливать напоминания о взаимодействиях, таких как звонки, встречи и другие события.