

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ
МАЛЫХ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ**

Ибрагимова Наргиза Аноровна

Преподаватель кафедры «Компьютерная и программная инженерия»
Джизакского политехнического института.

Бобур Умаров

Ассистент филиала Казанского федерального университета
(Приволжский регион) в г. Джизаке

**FUNDAMENTAL TECHNIQUES FOR PROGRAMMING SMALL
CONTROL DEVICES**

Ibragimova Nargiza Anorovna

Teacher of the Department «Computer and Software Engineering» of
Dzhisak Polytechnic Institute.

Bobur Umarov

Assistant at the branch of Kazan Federal University
(Volga region) in Jizzakh

Аннотация: Статья охватывает основные принципы и подходы, используемые при разработке программного обеспечения для встроенных систем и микроконтроллеров. Малые устройства управления широко применяются в различных областях — от бытовой электроники до промышленных систем автоматизации, что требует создания эффективных и надёжных программных решений.

Ключевые слова: встраиваемые системы, малые устройства управления, микроконтроллеры, низкоуровневое программирование, язык C++, ассемблер, энергосбережение, прерывания, реальное время.

Abstract: The article covers the basic principles and approaches used in software development for embedded systems and microcontrollers. Small control devices are widely used in various fields - from consumer electronics to

industrial automation systems, which requires the creation of efficient and reliable software solutions.

Keywords: embedded systems, small control devices, microcontrollers, low-level programming, C language, assembler, energy saving, interrupts, real time.

Введение: В работе рассматриваются ключевые методы программирования, такие как: управление ресурсами ограниченной вычислительной мощности и памяти, низкоуровневое программирование на языке ассемблера и C, взаимодействие с периферийными устройствами через порты ввода-вывода, а также вопросы энергосбережения и устойчивости к ошибкам. Особое внимание уделяется основам работы с реальным временем (real-time), использованию операционных систем реального времени (RTOS), а также оптимизации работы устройства для выполнения критически важных задач. Изучение фундаментальных методов программирования малых устройств управления помогает заложить основу для создания эффективных и надежных встроенных систем, обеспечивая оптимальное использование ресурсов устройства и соблюдение всех требований к его функционированию в условиях ограниченных вычислительных возможностей [2]. Малые устройства управления, или встраиваемые системы, играют важную роль в современном мире, выполняя функции в различных отраслях: от бытовой электроники и мобильных устройств до медицинской техники и промышленных систем автоматизации [4]. Эти системы требуют высокоэффективных, надежных и энергоэффективных решений, поскольку они работают в условиях ограниченных ресурсов — как вычислительных, так и энергетических. Программирование таких устройств требует использования специальных методов и подходов, обеспечивающих стабильную и безопасную работу в разнообразных условиях эксплуатации.

В данной статье мы рассмотрим фундаментальные методы программирования малых устройств управления.

1. Ограниченные ресурсы и их управление: Одной из ключевых характеристик малых устройств является их ограниченные ресурсы — процессорная мощность, объем оперативной памяти и энергоэффективность. Эти ограничения требуют особого подхода к программированию. Программисты должны разрабатывать программы, которые могут эффективно работать в условиях малой вычислительной мощности и минимального объема памяти. Это налагает необходимость тщательного планирования архитектуры программы и строгого управления памятью [7]. Одним из важнейших инструментов для работы с ограниченными ресурсами является низкоуровневое программирование, которое обеспечивает прямой контроль над аппаратным обеспечением. Чаще всего для этих целей используются языки программирования C и ассемблер, которые позволяют оптимизировать использование процессора и памяти.

2. Низкоуровневое программирование: Низкоуровневое программирование обеспечивает разработчику прямой доступ к внутренним ресурсам устройства, таким как регистры микроконтроллера, порты ввода-вывода, периферийные устройства и таймеры. Язык программирования C является наиболее популярным для программирования микроконтроллеров благодаря своей гибкости и доступности низкоуровневых конструкций. В случаях, когда требуется предельная производительность и точность управления аппаратными ресурсами, используют ассемблер. Работа на уровне аппаратуры требует знания архитектуры микроконтроллера и его периферийных устройств. Например, управление портами ввода-вывода требует прямого взаимодействия с регистрами управления периферийными модулями[3]. Такой подход позволяет добиться высокой

эффективности выполнения программ, но требует от разработчика глубокого понимания принципов работы конкретного устройства.

3. Взаимодействие с периферийными устройствами: Малые устройства управления часто оснащены разнообразными периферийными устройствами: датчиками, дисплеями, моторами и другими элементами системы. Программирование таких устройств требует точного и надежного взаимодействия с периферией через порты ввода-вывода и специальные интерфейсы (например, I2C, SPI, UART). Для оптимизации взаимодействия с периферийными устройствами используются прерывания, которые позволяют устройству мгновенно реагировать на события. Программирование прерываний требует тщательной настройки, так как их неправильная обработка может привести к нестабильной работе всей системы [6]. Важно также учитывать требования реального времени, что особенно актуально для задач управления в промышленных и критически важных системах.

4. Энергосбережение и устойчивость к ошибкам: Энергопотребление является критическим фактором для многих малых устройств, особенно тех, которые работают от батарей. Поэтому одной из ключевых задач программиста является оптимизация энергопотребления устройства [1]. Современные микроконтроллеры предоставляют различные режимы энергосбережения, которые позволяют временно отключать неиспользуемые модули или переводить процессор в пониженные режимы работы. Однако важно учитывать, что с понижением энергопотребления могут возрасти риски ошибок. Устойчивость к ошибкам и способность устройства к восстановлению после сбоев — еще один важный аспект программирования малых устройств. Для этого применяются методы проверки целостности данных, избыточность вычислений, а также регулярное тестирование критически важных частей программы.

5. Программирование в условиях реального времени: Многие малые устройства управления работают в режиме реального времени, где задержки в выполнении программ могут привести к критическим последствиям. Программисты, разрабатывающие такие системы, должны учитывать жесткие временные ограничения на выполнение задач и использовать специальные подходы для их соблюдения [5]. Операционные системы реального времени (RTOS) помогают организовать выполнение задач с различными приоритетами, обеспечивая их своевременную обработку. RTOS предоставляют механизмы планирования задач, управления прерываниями и синхронизации между ними, что делает разработку систем реального времени более структурированной и управляемой [8]. Программирование малых устройств управления требует особого подхода, связанного с ограниченными ресурсами, необходимостью взаимодействия с периферийными устройствами и задачами реального времени. Ключевые методы программирования включают низкоуровневую оптимизацию, управление энергопотреблением и устойчивость к ошибкам, что обеспечивает надежную и стабильную работу устройств. Эти фундаментальные принципы составляют основу для разработки эффективных встроенных систем, которые играют важную роль в самых разных сферах человеческой жизни.

Список литературы:

1. Ibragimov, Z., & Ibragimova, N. (2021). Информационные технологии в сфере туризма в Узбекистане. *Boshlang'ich ta'limda innovatsiyalar*, 2(2).
2. Yuldashev, F., & Bobur, U. (2020). Types of Electrical Machine Current Converters. *International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS) ISSN*, 162-164.

3. Ибрагимова, Н. А., & Ибрагимов, З. З. (2020). Анализ этапа программирования для определения погрешностей процесса обработки деталей с числовым программным управлением. *Энигма*, (25), 137-142.
4. Burliyev, A. U. (2024). Og'ir mehnat sharoitlarida ishlab chiqarishni avtomatlashtirish uchun robotlardan foydalanish.
5. Ибрагимов, З. З., & Ибрагимова, Н. А. (2020). Обзор методов трехмерного сканирования. *Энигма*, (27-3), 191-194.
6. Burliyev, A. U. qizi Akramova, MA (2023). Ishlab chiqarishning avtomatlashtirilgan raqamli texnologiyalari (sanoat 4.0).
7. Ibragimov, Z. Z., & Ibragimova, N. A. (2020). Overview of three-dimensional scanning methods. *Enigma*, (27-3), 191-194.
8. Умаров, Б., & Абдиев, Х. (2020). Устройство, размеры и параметры преобразователей тока большой емкости для систем регулирования