

1200 °С приводит к окислению нитридного слоя в случае двухслойной структуры $\text{SiN}_x/\text{SiO}_x$ в то время, как нитридный слой в трехслойной структуре $\text{SiO}_x/\text{SiN}_x/\text{SiO}_x$ не подвержен окислению. Продемонстрировано, что трехслойная структура характеризуется более сильным (в ~3 раза) сигналом фотолюминесценции от нитридного слоя, чем двухслойная.

Благодарности. Работа выполнена в рамках ГПНИ «Фотоника и электроника для инноваций» (задание 3.8.1), а также гранта молодых ученых по

проекту «Жас галым» на 2022-2024 гг. МОН РК, ИРН объекта: AP14972733.

Литература

1. Low-temperature and low-pressure silicon nitride deposition by ecr-pecvd for optical waveguides / D. B. Bonneville [et al.] // Applied Sciences. – 2021. – Vol. 11. – P. 2110.

2. Hegedüs, N. Silicon nitride and hydrogenated silicon nitride thin films: A review of fabrication methods and applications / N. Hegedüs, K. Balázs, C. Balázs // Materials. – 2021. – Vol. 14. – P. 5658.

УДК 681.322

ПРОГРАММИРОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В ATMEL STUDIO И ARDUINO IDE

Кондратьева Н.А., Линкевич С.В., Плиско Р.Г.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В данной статье рассматривается пример практической реализации программирования микроконтроллеров в ATMEL STUDIO. Описаны некоторые алгоритмы, предназначенные для создания и загрузки программ на ARDUINO-совместимые платы микроконтроллера.

Ключевые слова: микроконтроллер, микросхема, системы автоматического управления, программирование, печатная плата.

PROGRAMMING MICROCONTROLLERS IN ATMEL STUDIO AND ARDUINO IDE. CREATING

Kondratieva N., Linkevich S., Plisko R.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. This article discusses an example of the practical implementation of micro-controller programming in ATMEL STUDIO. Some algorithms designed to create and load programs on ARDUINO-compatible microcontroller boards are described.

Key words: microcontroller, microchip, automatic control systems, programming, printed circuit board.

*Адрес для переписки: Кондратьева Н.А., пр. Независимости, 65, Минск 220013, Республика Беларусь
e-mail: kondratyeva@bntu.by*

В настоящее время микроконтроллеры используются во всех сферах жизнедеятельности человека, во многих современных устройствах. Они отличаются простотой подключения и большими функциональными возможностями. С помощью программирования микроконтроллера можно решить многие практические задачи аппаратной техники. Микроконтроллер представляет собой компьютер, размещившийся в одной микросхеме. Его основные достоинства: малые габариты, высокая производительность, надежность, способность быть адаптированным для выполнения разнообразных задач. Основное назначение микроконтроллера – использование в системах автоматического управления, встроенных в самые различные устройства: кредитные карточки, сотовые телефоны, фотоаппараты, музыкальные центры, телевизоры, видеокамеры, стиральные машины, микроволновые печи, системы охранной сигнализации, холодильники, новогодние гирлянды, компьютеры, системы зажигания бензиновых двигателей, электроприводы локомоти-

вов, ядерные реакторы и др. Применение микроконтроллеров можно разделить на два этапа: первый - программирование, когда пользователь разрабатывает программу и прошивает ее непосредственно в кристалл, и второй – согласование спроектированных исполнительных устройств с программируемым микроконтроллером. На первом этапе отладки программы значительно облегчает действия симулятор, который наглядно моделирует работу микропроцессора [1].

Для программирования AVR микроконтроллеров существует немало средств разработки, однако, наиболее популярным считается пакет Atmel Studio. Это бесплатный пакет, который объединяет в себе текстовый редактор, ассемблер и симулятор, используется совместно с аппаратными средствами отладки. Atmel Studio является интегрированной платформой разработки, которая предоставляет возможность проектировать и отлаживать приложения, разработанные для микроконтроллеров Atmel на базе архитектуры ARM процессоров серии Cortex-M. Atmel Studio предоставляет воз-

возможность отладки и компоновки приложений, созданных на языке C/C++, либо на ассемблере. В платформу встроена объемная библиотека абсолютно бесплатного исходного кода Atmel Software Framework, в составе которой есть более 1600 проектов для ARM и AVR архитектур. Данную IDE можно применять для программирования разнообразных микроконтроллеров на основе AVR, а также флеш-микроконтроллеров на базе Atmel SAM3, в которых используются ядра Cortex-M3, Cortex-M4 [2]. Программирование микроконтроллера начинается в меню File New Project, где проводятся предварительные настройки проекта, например: тип файла: C/C++; компилятор: GCC; название проекта; путь хранения проекта. Далее выбирается интересующий микроконтроллер, например – ATmega32U2. При открытии окна разработки проекта добавляются строки кода. Подключаются необходимые библиотеки. Компиляция проекта в меню Build командой Rebuild Solution дает отчет в окне состояния. Приведем фрагмент программы (рис. 1) работы светодиода.

```

main.c
// подключаем необходимые библиотеки
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 16000000
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>

int main(void)
{
    // порт B в режим выхода
    DDRB = 0xFF;
    // устанавливаем нули на выходе
    PORTB = 0x00;
    while (1)
    {
        // зажигаем светодиод
        PORTB |= (1 << PB0);
        // ждем 1 секунду
        _delay_ms(1000);
        // гасим светодиод
        PORTB &= ~(1 << PB0);
        // ждем 1 секунду
        _delay_ms(1000);
    }
}

```

Рисунок 1 – Фрагмент программы в Atmel Studio

Arduino IDE – это инструмент для проектирования электронных устройств более плотно взаимодействующих с окружающей физической средой, чем стандартные персональные компьютеры, которые фактически не выходят за рамки виртуальности. Это платформа, предназначенная для «physical computing» с открытым программным кодом, построенная на печатной плате с современной средой для написания программного обеспечения. Arduino применяется для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными устройствами. Проекты устройств, основанные на Arduino, могут работать самостоятельно или взаимодействовать с программным обеспечением на компьютере (напр.: Flash, Processing, MaxMSP). Платы могут быть собраны пользователем самостоятельно или куплены в сборе. Среда разработки программ с открытым

исходным текстом доступна для бесплатного скачивания.

Результаты работы в среде Arduino IDE могут быть получены в разнообразном виде. Это может быть как простой скетч (имя, которое Arduino использует для программы или единица кода, которая загружается и запускается на плате Arduino) который выполняет простейшие функции, так и сложный многоуровневый скетч, позволяющий создать систему автоматического контроля, регулирования и(или) сигнализации. Кроме того, Arduino предоставляет пользователю возможности, которые позволяют создавать свои «конструкторы». В среде Arduino существуют стандартные библиотеки, которые устанавливаются вместе с Arduino IDE. Некоторые из них автоматически подключаются в скетч (Serial – библиотека для обмена данными через последовательный порт (UART). Servo – библиотека для легкого и точного управления сервоприводами. Wire – библиотека для работы с интерфейсами связи TWI/I2C. Упрощает обмен данными с устройствами, датчиками и сенсорами. И др.).

Arduino IDE отлично подходит для программирования микроконтроллеров. Можно создать устройства для удобства в быту, к примеру, сделать поддержку комфортной температуры в помещении, умную подсветку, электронные замки дверей, светомузыку и т.п.

Опишем алгоритм создания скетча в микроконтроллер и подключение к нему светодиодной ленты через электронный замок в виде транзистора. При запуске Arduino IDE появляется рабочая область. Все что находится под void setup () будет выполнено один раз при включении микроконтроллера. Все что находится под void loop () будет выполняться по порядку, а затем будет заново запускаться сверху вниз до момента пока микроконтроллер будет включен. Прописывается тип данных, название и значение (в данном случае номер пина с поддержкой ШИМ сигналов). Указывается «pinMode(№ пина, режим работы);», т.е. отмечается, какие выводы контроллера будут использоваться в качестве входа сигнала или его вывода. Далее записывается первое состояние выходов с помощью функции «analogWrite(pin, duty);», где pin номер вывода на который подается ШИМ, duty значение от 0 до 255 подающееся на выход. При значении 0 duty светодиод не будет гореть. Создается задержка в миллисекундах перед выполнением следующей операции с помощью функции «delay ()». Далее задается новое значение выхода для создания эффекта постепенного разгорания светодиода. Затем снова ставится задержка. Повторяется процесс с разными выходами, обеспечивая разгорание разноцветных светодиодов. Появляется постепенное потухание светодиодов для возвращения в исходное состоя-

ние, т.к. программа начнет заново воспроизводиться. В начале алгоритма задаются значения для всех выходов равные 0, в конце кода светодиод одного из цветов не обнуляется для запуска алгоритма по кругу. Далее проверяется верность написания скетча и он загружается в микроконтроллер, к нему подключается светодиодная лента через электронный замок в виде транзистора. Таким образом Arduino предоставляет

пользователю возможности, которые позволяют создавать свои «конструкторы».

Литература

1. Евстифеев, А. В. Микроконтроллеры AVR семейства Tiny и Mega фирмы "Atmel". / А. В. Евстифеев. – М : Издательский дом «Додэка-XXI», 2004. – 560 с.
2. Ревич, Ю. В. Практическое программирование микроконтроллеров AtmelAVR на языке ассемблера / Ю. В. Ревич. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 384 с.

УДК 678.057.9

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕДИЦИНСКИХ СРЕДСТВ РЕАБИЛИТАЦИИ ИЗ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ

Ксенофонтов М.А., Васильева В.С., Выдумчик С.В., Павлюкевич Т.Г., Понарядов В.В.

*НИУ «Институт прикладных физических проблем имени А.Н.Севченко» БГУ
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В работе представлено современное импортозамещающее производство колес для инвалидных колясок, каталок и медицинских тележек, пользующиеся повышенным спросом в медицинских учреждениях. Для достижения указанной цели разработаны специализированное автоматизированное оборудование и вспомогательная оснастка для реализации технологического процесса производства колес с заданным комплексом эксплуатационных характеристик. Освоение технологии производства колес с полиуретановыми шинами позволяет расширять номенклатуру изделий (размеры колес по ширине, высоте, цветовой гамме и т. д.) для улучшения потребительских свойств выпускаемых и разрабатываемых инвалидных колясок и других технических средств социальной реабилитации.

Ключевые слова: наукоемкое производство, шины из пенополиуретана, импортозамещающие изделия для технических средств реабилитации инвалидов.

AUTOMATED EQUIPMENT FOR MANUFACTURING MEDICAL REHABILITATION PRODUCTS FROM POLYURETHANE ELASTOMERS FOAM

Ksenofontov M., Vasilyeva V., Vy dumchik S., Pavlyukevich T., Ponaryadov V.

*A.N. Sevchenko Institute of Applied Physical Problems of BSU
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. The work presents the modern import-substituting production of wheels for wheelchairs, gurneys and medical carts, which are in high demand in medical institutions. To achieve this goal, specialized automated equipment and auxiliary equipment have been developed to implement the technological process of producing wheels with a given set of operational characteristics. Mastering the technology of producing wheels with polyurethane tires allows expanding the range of products (wheel sizes by width, you-cell, color scheme, etc.) to improve the consumer properties of wheelchairs produced and developed and other technical means of social rehabilitation.

Key words: science-intensive production, polyurethane foam tires, import-substituting products for technical means of rehabilitation of disabled people.

*Адрес для переписки: Ксенофонтов М.А., ул. Курчатова, 7, Минск 220045, Республика Беларусь
e-mail: lab_doza tor@mail.ru*

Колеса кресел-колясок, каталок и медицинских тележек являются наукоемким конструктивно сложным изделием, так как к ним предъявляется широкий комплекс противоречивых технических требований: механическая прочность, конструктивная жесткость в сочетании с хорошей амортизирующей способностью, высокой износостойкостью. Реализация приемлемого компромисса свойств колес требует усложнения конструкции и использование сложных ресурсоемких технологий и специализированных материалов.

Полиуретановые эластомеры, обладающие уникальным комплексом физико-механических и

технологических свойств, являются наиболее подходящими для получения формованных изделий [1].

Новизна разработки заключается в создании современного импортозамещающего производства колес для инвалидных колясок, каталок и медицинских тележек, пользующиеся повышенным спросом в медицинских учреждениях. Созданный инновационный продукт представляет собой колесо, состоящее из интегральной пенополиуретановой шины, обода из термопластичного композита, оборудованного подшипниками скольжения (рис. 1).

Для реализации технологического процесса производства шин из пенополиуретановых